

BAB I

AKTIVITAS INDUSTRI KIMIA

1.1. Industri

Industri adalah suatu organisasi yang beraktivitas dalam bidang bisnis, dimana aktivitasnya dapat menggerakkan roda perekonomian daerah. Aktivitas yang dikatakan industri bidang bisnis adalah industri yang menghasilkan produk barang juga jasa. Industri-industri penghasil produk barang yang dimaksud terdiri dari golongan industri kimia dan logam seperti industri pengolahan hasil tambang. Contoh industri agro antara lain, industri kertas (*pulp*), sawit, minyak kelapa dan lain-lain. Industri yang dikatakan menghasilkan produk jasa dalam teori ekonominya dikatakan industri nirlaba contohnya rumah sakit, perguruan tinggi atau sekolah dan lainnya.

Dalam sub-sub bab 1.1.2 sampai dengan 1.2.2, beberapa paragraph, sebagian kalimat, dan gambar, baik dikutip secara langsung maupun diringkas diambil dari buku pengetahuan lingkungan Hasmawaty, (2015).

1.1.1 Pembangunan Industri

Industri tidak dapat direm perkembangan pembangunannya karena, salah satu ciri kemajuan suatu wilayah adalah semakin meningkatnya peranan sektor industri di wilayah tersebut. Tujuan dari pembangunan kawasan industri adalah agar wilayah dapat berperan menjadi sebuah kawasan yang beratraktif bagi investasi yang dapat mengangkat perekonomian wilayah maupun nasional, hingga bersekala internasional. Apabila adanya pengembangan kawasan industri suatu daerah merupakan bagian penting dari kebijakan pembangunan nasional, karena kegiatan industri adalah kegiatan yang strategis, baik bagi pengembangan wilayah, peningkatan kesejahteraan masyarakat, yang akhirnya berdampak pada peningkatan pendapatan asli daerah.

Pembangunan industri harus memenuhi surat izin usaha kegiatan yang merujuk keputusan menteri perindustrian dan perdagangan, dan harus tetap dikontrol polusi udara, tanah dan airnya dengan Baku Mutu Lingkungan (BML) yang dikeluarkan oleh gubernur daerah setempat, setiap tahapan kegiatan harus dianalisis dampak lingkungannya. Apabila kegiatan industri dalam tahap operasional dampak lingkungan tetap dilakukan persemester.

1. Klasikasi dan Syarat Pendirian Industri

Secara umum klasifikasi industri dikelompokkan menjadi dua:

a. Industri Hulu

Industri hulu disebut dengan industri primer adalah industri memproduksi bahan mentah menjadi bahan setengah jadi. Contohnya: Industri *rubber* yaitu merubah karet mentah (*latex*) dari petani menjadi *rubber*.

b. Industri Hilir

Industri hilir disebut industri sekunder adalah industri yang memproduksi suatu barang dari industri hulu. Contohnya: produk dari industri hulu yang sudah menjadi *rubber* diolah menjadi bahan jadi seperti, ban, peralatan bayi (dot, empeng dan yang lainnya), kondom, bahan rumah tangga, dan lainnya.

Berdasarkan Keputusan Menteri Perindustrian dan Perdagangan, (2001), menjelaskan tentang ketentuan standar pemberian surat ijin usaha perdagangan dalam pengolahan industri, berikut tentang penjelasan syarat modal dan kekayaan bersih perusahaan yang dikelompokkan kedalam:

a. Industri Besar

Industri besar adalah industri dengan jumlah tenaga kerja 100 orang atau lebih. Usaha industri besar mempunyai modal dan kekayaan bersih perusahaan seluruhnya diatas Rp 500 juta,

besarnya modal ini diluar nilai tanah dan bangunan tempat usaha.

Contohnya:

- 1) Industri makanan dan minuman
- 2) Industri tekstil dan pakaian jadi
- 3) Industri kelompok; (kayu, barang dari kayu dan gabus); (kertas dan barang dari kertas), dan (percetakan dan reproduksi media rekaman)
- 4) Industri produk energi; dari batubata dan pengilangan minyak bumi
- 5) Industri kelompok; (bahan kimia dan barang dari bahan kimia); industri farmasi (produk obat kimia, dan obat tradisional); dan industri karet (barang dari karet dan plastik)
- 6) Industri barang galian bukan logam; logam dasar; (barang bukan logam, bukan mesin dan peralatannya).
- 7) Industri kendaraan; (bermotor, trailer, dan semi trailer); industri alat angkutan lainnya.
- 8) Industri furniture dan jasa; (reparasi, pemasangan mesin dan peralatan).

b. Industri Sedang

Industri sedang adalah industri dengan jumlah tenaga kerja 20-99 orang. Usaha industri dengan modal dan kekayaan bersih perusahaan seluruhnya Rp 200 juta sampai dengan Rp 500 juta, besarnya modal ini diluar nilai tanah dan bangunan tempat usaha.

Contoh industri sedang bisa sama dengan industri besar, tetapi tergantung modal dan tenaga kerjanya.

c. Industri Kecil

Industri kecil adalah industri dengan jumlah tenaga kerja 5-19 orang. Usaha industri dengan modal dan kekayaan bersih perusahaan seluruhnya sampai dengan Rp 200 juta. Besarnya modal kelompok industri ini diluar nilai tanah dan bangunan tempat usaha. Contohnya seperti industri; pangan, sandang, kerajinan, logam dan jasa industri kimia dan bahan bangunan, dan industri lainnya. Contoh industri kecil bisa sama dengan industri sedang dan industri rumah tangga, yang membedakannya adalah besarnya modal dan jumlah tenaga kerjanya.

d. **Industri Kerajinan Rumah Tangga**

Industri kerajinan rumah tangga adalah industri dengan jumlah tenaga kerja 1-4 orang, dan jumlah modalnya tergantung dari usahanya.

Contoh industri kerajinan:

- 1) Industri furniture dari rotan, bambu, enceng gondok dan lainnya.
- 2) Industri alat rumah tangga dari limbah; macam-macam perabotan rumah tangga, danlainnya.
- 3) Industri pangan; macam-macam makanan daerah, dan lainnya
- 4) Industri sandang; songket, cendarmata, dan lainnya
- 5) Industri lainnya.

2. Contoh Klasifikasi Industri

Pada subbab ini ditampilkan contoh penggolongan industri menurut klasifikasi industri berdasarkan Badan Pusat Statistik (BPS), (2015), diantaranya:

- a. Makanan, minuman, dan tembakau.
- b. Tekstil, pakaian jadi dan kulit.
- c. Kayu dan barang-barang dari kayu, termasuk perabot rumah tangga.

- d. Kertas dan barang-barang dari kertas, percetakan dan penerbitan.
- e. Kimia dan barang-barang dari bahan kimia, minyak bumi, batu bara, karet dan plastik.
- f. Barang galian bukan logam, kecuali minyak bumi dan batu bara.
- g. Logam dasar dan barang dari logam, mesin dan peralatannya.
- h. Pengolahan lainnya.

Sedangkan kelompok industri dasar, diantaranya:

- a. kertas dan barang cetakan
- b. pupuk kimia dan barang dari karet
- c. semen dan galian non logam
- d. logam dasar, besi dan baja
- e. alat angkut, mesin, peralatan
- f. barang lainnya

Adanya sumber daya alam dan berdirinya beberapa industri besar sampai kecil disuatu daerah, selain berdampak positif seperti memberikan devisa negara khususnya untuk pembangunan daerahnya sehingga mendorong pertumbuhan ekonomi masyarakat, seperti; (1) meningkatkan pendapatan masyarakat dalam upaya pengentasan kemiskinan. (2) penyerapan tenaga kerja seperti di sektor energi, ketenagalistrikan, dan industri.

1.1.2 Dampak Aktivitas Pembangunan Industri

Dampak dari aktivitas suatu pembangunan industri akan memberikan keuntungan dan kerugian bagi daerah, provinsi dan negaranya, oleh sebab itu pembangunan kawasan industri mempunyai syarat tata letak di antaranya, dekat dengan kompleks pelabuhan, dekat dengan badan air seperti sungai, berada di luar hutan lindung, dan aktifitasnya harus efisien juga efektif. Kegiatan pada kawasan industri

harus dikelola oleh suatu badan yang professional, baik oleh pemerintah ataupun dari pihak swasta, karena ekosistem disekitar kegiatan atau usaha harus tetap dijaga, tujuannya adalah untuk menjaga kelestarian lingkungan hidup wilayah tersebut.

1. Konsep Pembangunan Berwawasan Lingkungan

Konsep pembangunan industri berwawasan lingkungan harus memperhatikan hubungan antara:

- a. Kemajuan teknologi dengan keberadaan ekologi sekitar, artinya saat membangun kawasan industri harus memperhatikan tata ruang bangunan untuk industri dan bangunan untuk instalasi pengolahan limbahnya.
- b. Sosial masyarakatnya, perekonomiannya, dan budaya setempat. Hubungan antar ketiga tersebut disingkat dengan sosekbud, yang artinya pembangunan industri hendaknya untuk memenuhi kebutuhan pokok dalam meningkatkan kesejahteraan provinsi khususnya daerah setempat, serta memajukan penduduk yang terisolir di wilayah kegiatan atau usaha.

Menjadi perhatian apabila suatu wilayah yang akan dialih fungsikan untuk kawasan industri adalah wilayahnya merupakan area tertutup yang terisolasi dari kehidupan dunia luar. Apa lagi kondisi wilayah adalah rawa yang sangat dipengaruhi pasang surut. Ditambah lagi kehidupan sosialnya selama ini diwarnai hanya pada sektor pertanian atau peladang, perkebunan rakyat, dan nelayan. Sehingga perkembangan daerahnya sangat lamban. Adanya pembangunan industri, dampaknya diharapkan akan terjadi perubahan besar dalam kehidupan masyarakat setempat, juga diharapkan akan membawa segmen masyarakat buruh menjadi lebih maju.

2. Potensi Permasalahan Lingkungan

Potensi pengembangan kawasan industri dengan sumber daya alam yang melimpah menjadi daya tarik pengembangan ekonomi sektoral,

dalam hal ini sektor industri akan berimplikasi pada peningkatan kapasitas ekonomi daerah, otomatis pendapatan daerahnya akan meningkat sehingga kesejahteraan masyarakatnya meningkat pula. Pembangunan industri dapat menciptakan potensi permasalahan lingkungan, karena akan terjadi:

a. Penurunan Kuantitas dan Kualitas Air Bersih

Penurunan kuantitas dan kualitas air bersih akibat terganggunya siklus hidrologi dan pola tata air. Konsep utilitas tidak lepas dari pekerjaan sanitasi air dan limbah, dengan kondisi muka air tanah dangkal dan kemungkinan adanya perluasan zona genangan, oleh karena itu penyediaan air bersih dan pengolahan limbah harus direncanakan secara matang.

b. Pengurangan Masa Vegetasi

Pengurangan massa vegetasi dari ekosistem hutan dan Ruang Terbuka Hijau (RTH) secara umum mengakibatkan perubahan iklim mikro kawasan serta secara menyeluruh berpengaruh negatif terhadap habitat asli, pergeseran siklus hidro-orologis, berkurangnya keaneka ragaman biologi dan penurunan populasi organisme yang selama ini menjadi bagian penting dalam siklus ekologi kawasan setempat.

Terputusnya siklus ekologi ini menyebabkan rusaknya rantai makanan alam yang selama ini menjadi sumberdaya hayati kawasan. Apa lagi adanya degradasi sungai maupun lahan termasuk hutan (deforestasi). Menurut Agung Nugroho (2007) bahwa hutan terus mendapat tekanan seperti dari kebijakan-kebijakan ekonomi, sosial, konversi di berbagai tingkatan.

Pembangunan kawasan industri memerlukan kehati-hatian dalam menentukan lingkup keruangannya, karena berpotensi terjadi kerancuan batas pengembangan secara langsung, dan dapat mempengaruhi keberadaan kawasan lindung. Beberapa hal yang cukup penting menjadi

perhatian dari keberadaan industri-industri, selain permasalahan kondisi lahannya ada faktor yang lain yaitu, setiap pembangunan dengan kegiatan industrinya akan menimbulkan isu regional seperti adanya kepadatan penduduk yang akan terus meningkat, adanya pembangunan industri yang menimbulkan konflik sosial-ekonomi dan sosial-budaya, dan adanya pencemaran seperti air limbah yang dapat mengakibatkan lahan khususnya lahan basah di wilayah kegiatan akan terdegradasi.

Kondisi lahan di kawasan industri yang khususnya berada di daerah pasang surut, dengan topografi areal pada beberapa tempat yang relatif datar dengan posisi landai ke arah sungai setempat, maka dalam merencanakan unit Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) untuk industri hendaklah benar-benar diperhitungkan pengaturan debit (Q) air limbah yang akan dikeluarkan nantinya, karena mengingat IPAL industri adalah kolam-kolam terbuka yang rawan akan tersapu oleh adanya air laut pasang.

Gambar 2.1 contoh salah satu industri yang berada di wilayah lahan basah (*lowland*), yang memanfaatkan sungainya sebagai transportasi air dalam distribusi produk dan aktifitas lainnya termasuk aktifitas tempat membuang limbah cairnya (dari *effluent* atau *output* IPAL) ke badan air tersebut dalam hal ini sungai.



Photo oleh: Rengga, Tri dan Velza

Gambar 1.1. Contoh Industri di Wilayah *Lowland*

Beberapa industri yang memanfaatkan SDA daerahnya baik proses yang dihasilkan industrinya berbentuk bahan setengah jadi maupun bahan jadi. Dibangunnya industri tersebut jelas akan berdampak pada lingkungan. Oleh sebab itu pada bab ini ditampilkan permasalahan masing-masing fase.

1.1.3. Kondisi dan Permasalahan Industri

Kondisi dan permasalahan yang terjadi dibagian hilir DAS sering terjadi banjir, kekeringan, sedimentasi yang tinggi, kualitas air menurun, sanitasi terganggu, abrasi sungai, dan lainnya. Mengatasi permasalahan tersebut, perlunya manajemen DAS dari hilir sampai hulu. Berikut ini contoh 2 wilayah kawasan industri yang dilalui aliran sungai.



Sumber: Bappeda Banyuasin, (2008) dalam Hasmawaty, (2015)

Gambar 1.2 Contoh Kawasan Industri Dekat Aliran Sungai

Contoh kawasan industri seperti Gambar 1.2 tersebut diapit oleh beberapa sungai, aliran sungai-sungai tersebut berkumpul di muara sungai yang lebih besar dan mengalir menuju ke laut. Sludge yang ada dalam aliran sungai akan mengakibatkan penumpukan sediment di dasar laut.

Bayangkan apabila sungai membawa *sludge* baik akibat proses alam (gesekan air di dasar sungai dan pinggir-pinggir sungai), dan bergabung dengan *sludge* yang berasal dari IPAL industri yang membuang ke sungai

(industri dimaksud yang dibangun dibagian hilir sungai), dengan didukung kondisi alam di wilayah hulu sungai (pinggir laut), akan mempercepat penumpukan sediment. (Hasmawaty, 2015)

1. Kendala Sediment Merubah Ekosistem

Banyaknya sediment dapat megakibatkan ekosistem perairan sungai terganggu, karena :

- a. Mempercepat terbentuknya delta-delta baru di hulu sungai yang dimaksud, sehingga mengganggu aktivitas pelabuhan di masa yang akan datang,
- b. Memerlukan biaya yang cukup tinggi untuk pengerukan sediment-sediment tersebut, dan berkurangnya biota sungai.

Mengatasi hal seperti ini hendaklah, pihak industri cepat tanggap menyikapinya, di antaranya dengan memaksimalkan *treatment* IPAL, sehingga *sludge* yang terbuang ke sungai limit mendekati nol (0). Dan kawasan industri harus di kelompokkan (dibuat zona) industri yang sejenis, sehingga IPALnya dapat dibuat secara terpadu, dengan empat tingkatan pengolahan air limbah untuk industri agro secara maksimal. (Hasmawaty. AR, 2015).

Air limbah dari industri sebelum dibuang ke badan air harus diolah terlebih dahulu karena mengandung bahan pencemar yang mengakibatkan rusaknya lingkungan. Jenis limbah setelah diolah ada yang dapat didaur ulang, dan hasilnya dimanfaatkan kembali oleh industri tersebut. Akan tetapi ada limbah yang tidak dapat dimanfaatkan, oleh sebab itu diperlukan *treatment* yang tepat untuk meminimalisasi air limbahnya, dengan cara dicarikan metode serta teknologi yang lebih efektif untuk menjadikan kadar air limbah menjadi benar-benar limit mendekati nol. Air limbah mungkin terdiri dari satu atau lebih parameter pencemar yang melampaui ambang batas yang telah ditetapkan. Kemungkinan di dalam air limbah terdapat minyak, lemak, klor, fosfat, nitrat-nitrit, sulfat, fenol, dan lain-lain, sehingga dalam proses pengolahannya dibutuhkan kombinasi dari beberapa metode dan peralatan.

2. Sistem dan Penetapan Pengelolaan Limbah Industri

Sistem pengolahan limbah industri merupakan sistem *input-output*, dimana bahan buangan sebagai *input* sedangkan buangan yang telah memenuhi syarat sebagai *output*-nya. Sebelum membuat desain sistem pengolahan air limbah untuk industri banyak hal yang akan dipersiapkan, karena air limbah sebagai *input* membutuhkan perlakuan pendahuluan seperti pencucian, penyaringan, pemotongan, agar dalam proses selanjutnya lebih memudahkan pengolahannya.

Penetapan lokasi, pemilihan metode, kondisi lapangan, dan pemilihan peralatan merupakan proses manajemen yang akan menentukan hasil akhir, yaitu *effluent* yang memenuhi syarat buangan. Penetapan lokasi, baik lokasi pengolahan maupun lokasi pembuangan, merupakan prioritas pendahuluan sebelum penetapan metode. Bila pemilihan metode tidak memungkinkan untuk menyesuaikan diri dengan pilihan lokasi, maka prioritas pilihan harus ditinjau kembali.

Lokasi pengolahan dan lokasi pembuangan sedapat mungkin berdekatan, artinya lokasi pengolahan limbah dan sarana penampungan seharusnya merupakan bagian dari sistem industri, maka diupayakan semua pusat operasi berada di dalam lingkungan industri. Hal ini disyaratkan berdasarkan pertimbangan kemudahan dalam melakukan pengawasan dan pemantauan lingkungan. Apabila sarana pembuangan air limbah cukup jauh, maka perlu dibuatkan saluran yang panjang.

Kondisi lahan seperti lahan dengan tanahnya berpasir, lahan dengan posisi tanahnya miring, dan lahan daerah pasang surut atau di daerah lahan basah sangat mempengaruhi pemilihan lokasi dan pemilihan metode. Kondisi yang posisi tanahnya miring dapat dimanfaatkan untuk pembuatan lagun. Tanah miring tidak memerlukan lagi pompa, karena air limbah dapat mengalir secara alami yaitu mengalir ke tempat yang lebih rendah. Pembuatan untuk pengolahan limbah seperti; kolam oksidasi, kolam aerasi, dan yang lainnya dapat dilakukan langsung di tempat yang telah direncanakan disesuaikan dengan kondisi wilayahnya.

Sebelum dilaksanakan pengadaan peralatan dan pemilihan metode, perlu dilakukan penelitian lapangan terlebih dahulu, dengan maksud untuk mengetahui kondisi dan situasi limbah serta segala sesuatu yang berkaitan dengan pengaliran limbah. Penelitian yang dilakukan dapat dibedakan menjadi 2 (dua) macam, yaitu penelitian terhadap air limbah industri yang sudah beroperasi (berproduksi) dan penelitian terhadap industri yang sedang dalam taraf perencanaan. Perbedaannya terletak pada tingkat kesulitan dalam menetapkan parameter limbah. Berdasarkan beberapa referensi dari industri sejenis yang jauh sebelumnya sudah beroperasi dan berproduksi, maka parameternya akan dapat ditentukan kemudian.

Tempat pembuangan akhir air limbah dari IPAL setiap industri-industri, biasanya memanfaatkan perairan terdekat. Oleh sebab itu hendaklah adanya pengawasan dari pihak-pihak terkait untuk tetap melestarikan perairan (sungai). Apabila adanya program pemerintah untuk pengembangan kawasan industri, hendaklah industri yang akan dibangun dimasa yang akan datang dikelompokkan dalam satu zona industri sejenis. Sehingga IPAL industri-industri yang sejenis dapat dibuat secara terpadu. Selain lebih efisien juga mudah untuk mengontrol air limbah yang akan dibuang ke perairan (sungai) setempat, sehingga pihak manajemen lingkungan dari masing-masing industri tidak saling lempar tanggung jawab.

1.2. Industri Kimia

Industri kimia adalah bagian dari sekian banyak industri yang digalakan. Industri-industri yang dikategorikan industri kimia, karena apapun bahan baik sebagai bahan baku, bahan pendukung dalam prosesnya maupun hasil proses atau salah satunya menggunakan bahan atau zat kimia yang terdapat pada alam.

1.2.1 Aktivitas Industri Kimia

Aktivitas industri-industri kimia seperti industri pertambangan maupun non pertambangan, menghasilkan limbah yang sangat dominan

terhadap perubahan ekosistem dan tidak mudah dalam mengendalikannya. Perubahan ekosistem yang dimaksud adalah air, tanah dan udara, yang akhirnya berdampak terhadap manusia, hewan dan tumbuhan.

1. Dampak Kegiatan Industri

Kemajuan teknologi industri seperti pada aktivitas pertambangan dan industri yang lainnya menurut Hasmawaty (2015), akan menghasilkan limbah yang tidak terkendali sehingga akan berdampak negatif terhadap:

a. Badan Air

Salah satu komponen lingkungan yang mempunyai peranan cukup besar dengan kehidupan adalah air. Badan air atau dalam hal ini khususnya sungai, apabila adanya aktivitas industri seperti pertambangan atau industri, akan mengganggu kehidupan biota air. Akibat sungai tercemar oleh kegiatan industri dapat menurunkan kualitas sungai sehingga berdampak pada menurunnya atau punahnya populasi biota atau keanekaragaman spesiesnya. Perkembangan industri-industri mengancam kelestarian air bersih. Menurunnya kualitas air dapat berdampak pada kesehatan seperti

1) Jangka Pendek

Kualitas air yang buruk dapat mengakibatkan muntaber, diare, kolera, tipus, disentri, sakit mata (*terachorm*), dan sakit kulit (kudis, kurap dan borok). Air yang mengandung bahan iritasi terhadap kulit, seperti kandungan karbon garam rendah, mengakibatkan kulit kering.

2) Jangka Panjang

Kualitas air yang kurang baik dapat mengakibatkan penyakit keropos tulang, korosi gigi, anemia, dan kerusakan ginjal. Hal ini dapat terjadi karena adanya logam-logam berat yang bersifat racun (toksik) dan pengendapan pada

ginjal. Keterbatasan penyediaan air bersih yang memenuhi syarat BML perlu adanya teknologi tepat guna yang disesuaikan dengan keadaan lingkungan untuk pengolahan air. Oleh sebab itu perlu perhatian dari institusi ataupun dari pihak akademisi untuk mensosialisasikan cara pengolahan air bersih dan dampak air yang kurang baik terhadap kesehatan.

b. Manusia

Manusia dalam hal ini dicontohkan berdampak pada masyarakat yang memanfaatkan sungai untuk keperluan mencuci atau mandi. Adanya kegiatan seperti industri pertambangan atau industri yang lainnya masyarakat atau penduduk yang memanfaatkan sungai terpaksa mengeluarkan biaya ekstra atau mengeluarkan biaya lebih banyak setelah sungai mengalami pencemaran. Contohnya penduduk untuk mendapatkan air, terpaksa membuat sumur dengan biaya sendiri. Bagaimana akan adanya keserasian dalam lingkungan kalau pihak pemrakarsa tidak peduli dengan masalah limbah seperti aktivitas ini? Sedangkan air yang sangat kotor sebagai akibat pencemaran, memerlukan biaya ekstra (besar) untuk membersihkannya, dibandingkan apabila tidak adanya pencemaran.

c. Udara.

Udara yang tercemar oleh industri akan memberikan dampak negatif terhadap flora dan fauna. Pencemaran udara juga menyebabkan dampak terhadap kesehatan masyarakat, diantaranya timbulnya penyakit saluran pernapasan sebagai akibat pencemaran oleh debu dari pabrik.

d. Kebisingan.

Kebisingan pabrik atau kebisingan yang berasal dari kegiatan pertambangan dapat menyebabkan gangguan pada pendengaran, dan mengganggu konsentrasi.

Menurut Hasmawaty (2015), air limbah oleh suatu aktivitas industri baik yang disengaja maupun yang tidak disengaja akan mengakibatkan pencemaran. Pencemaran air dapat diidentifikasi melalui beberapa cara, antara lain

- a. Keluhan Warga
Adanya keluhan warga setempat khususnya yang memanfaatkan lahan seperti air, tanah, dan juga udara sekitar tempat tinggalnya dirasakan sudah mulai berubah.
- b. Pengamatan
Dengan secara pengamatan langsung fisiknya seperti bau busuk, rasa tidak enak, kekeruhan pertumbuhan algae atau rupert, dan kematian ikan, atau adanya keluhan penduduk pemakai air Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM).
- c. Laporan
Dari laporan hasil penelitian dan pemantauan yang dilakukan oleh satu instansi pemerintah maupun swasta.

Dari ke 2 cara diatas, dapat menjadi titik tolak untuk melakukan analisis air. Dampak pencemaran air limbah industri terhadap lingkungan harus dilihat dari banyaknya jenis dan konsentrasi parameter pencemar air limbah, karena satu sisi limbah mempunyai hanya satu parameter dengan konsentrasi yang relatif tinggi, dan disisi lain ada limbah dengan beberapa parameter tetapi konsentrasinya tidak melewati ambang batas, maka yang harus menjadi perhatian adalah pengaruh dampak yang positif cukup penting



Sumber: Hasmawaty. 2015

Gambar 1.3 Air Limbah *Inlet-Outlet* Salah Satu Industri

2. Pengukuran Kualitas Air Limbah

Kualitas air limbah seperti Gambar 1.3, dapat diteliti dengan melakukan analisis beberapa parameter air seperti; (Hasmawaty, 2015)

a. Parameter Fisika

Parameter fisika adalah suatu ukuran untuk mengetahui berbagai sifat air yang dapat ditetapkan dengan cara pengukuran secara fisis seperti kekeruhan, salinitas, daya hantar listrik, bau, suhu, lumpur (*sludge*) dan lain-lain.

Kekeruhan air akibat banyaknya partikel atau senyawa yang larut, terendap, melayang, dan terapung. Partikel ini berupa peruraian dari zat organik, jasad renik, lumpur, tanah liat, dan yang lainnya. Adanya partikel mengakibatkan terhambatnya reaksi fotosintesis, dan partikel-partikel tersebut ada yang bersifat membawa kesuburan bagi beberapa tanaman air.

Salinitas adalah kadar garam dalam air. Semakin tinggi kadar garam dalam air, maka air semakin asin dan air tersebut mempunyai tingkat konduktivitas. Tingginya konduktivitas air menyatakan bahwa terdapat ion yang cukup baik mengantarkan listrik terutama ion logam.

Padatan dalam air berasal dari hasil pengolahan yang membentuk endapan (sisa saringan), yang ukurannya lebih kecil

dari saringannya. Macam padatan terdiri dari padatan terlarut, mengendap dan tercampur. Jenis parameter pencemar secara fisis dalam kapasitas tertentu mengakibatkan badan penerima akan berubah, akibat perubahan itu maka fungsi penggunaan air tidak sesuai lagi dengan peruntukannya. Keruh, berbau, berwarna, rasa asin, dan lain-lain adalah indikasi yang menyatakan perubahan kualitas kadar penerima. Apabila kondisi pencemaran ini tidak mengalami perubahan, berarti daya dukung lingkungan tidak mampu menetralisasi parameter pencemar tersebut.

b. Parameter Kimia

Parameter kimia adalah suatu ukuran untuk mengetahui kondisi badan air akibat buangan industri. Sebagian besar senyawa kimia dalam air termasuk dalam kategori kimia organik maupun anorganik. Sebagaimana diterangkan dimuka bahwa oksigen mempunyai peranan penting dalam air, kekurangan oksigen dalam air mengakibatkan tumbuhnya mikro organisme dan bakteri.

Bakteri ini berfungsi untuk menguraikan zat organik dalam air. Dalam air terjadi reaksi oksigen dengan zat organik oleh adanya bakteri aerobik. Atas dasar reaksi yang terjadi dapat diperkirakan bahwa bahan pencemar berasal dari zat organik.

Beberapa contoh parameter yang dianalisis pada laboratorium, di antaranya

1) *Chemical Oxygen Demand*

Chemical Oxygen Demand (COD) adalah suatu analisis parameter kimia dengan cara pengukuran zat organik dalam air limbah.

2) *Biochemical Oxygen Demand*

Biochemical Oxygen Demand (BOD) adalah suatu cara analisis parameter biokimia dengan melibatkan

mikroorganisme. *BOD* dipakai sebagai ukuran atau bilangan yang menyatakan ukuran zat organik total yang berada dalam air limbah, dihitung dari banyaknya oksigen yang dibutuhkan. Istilah *BOD₃* atau *BOD₅*, adalah masing-masing angka 3 dan 5 menyatakan 3 hari atau 5 hari, artinya oksigen yang diperlukan untuk proses peruraian selama 3 hari atau 5 hari.

3) pH

pH adalah nilai keasaman air yang ditentukan oleh banyaknya ion hydrogen yang terlarut dalam air. Keasaman mempunyai nilai antara 1-14 dengan kondisi air normal, bila tingkat keasaman lebih dari angka tersebut, artinya air mempunyai tingkat keasaman tinggi yang dapat mengakibatkan kehidupan makhluk dalam air menjadi terancam. Air menjadi asam akibat adanya buangan yang mengandung asam, seperti asam sulfat dan klorida. Keasaman air yang rendah dapat membuat air sukar berbuih, karena mengandung zat seperti kalium, natrium. Keasaman air yang tinggi maupun rendah membuat air menjadi steril, sehingga air tidak baik untuk dipergunakan.

4) *Total Suspended Solid*

Total Suspended Solid (TSS) adalah banyaknya zat padat yang tersuspensi, atau merupakan residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran pori maksimal 0,45 μm atau lebih besar dari ukuran partikel koloid. Partikel-partikel tersebut dapat berupa bahan organik atau anorganik yang berbentuk lumpur (*sludge*). Metode yang

dipakai untuk menganalisis TSS adalah gravimetrik, sedangkan alat yang digunakan seperti *oven*, neraca analitik, dan kertas saring 0,45 um.

Sludge yang keluar dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) industri agro akan menjadi masalah besar apabila terbuang ke sungai, karena *sludge* yang tinggi akan terus mengikis tanah yang dilalui dibawahnya. Pengendapan *sludge* di sungai dapat terjadi apabila daya angkut air berkurang. Apabila air sungai deras maka daya angkutnya tinggi, sehingga tidak terjadi pengendapan.

Pengendapan *sludge* pada umumnya terjadi pada zona datar atau zona endapan, apabila pengendapan *sludge* dari limbah industri agro terjadi pada air yang tenang, di tempat sungai ber muara, seperti di tepi laut maka akan mempercepat terjadinya sebuah delta di tepi laut tersebut (hulu sungai). Peristiwa seperti ini akan berdampak terhadap aktivitas seperti pelabuhan. Limbah mengandung *sludge* dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) khususnya dari industri agro, dapat ditampung pada *sludge removal facilities*, sekarang ini *sludge* dapat dimanfaatkan untuk produk yang lebih bernilai, contohnya untuk pembuatan pupuk.

5) Logam Berat

Logam berat adalah bahan logam yang sangat berbahaya seperti besi, air raksa (merkuri), cadmium, chromium, nikel, plumbum, dan lain-lain. Sebagian besar logam ini ditemukan dalam air buangan industri berbentuk anorganik. Logam termasuk bahan beracun, dalam konsentrasi tertentu

bila termakan manusia membahayakan kesehatan, contohnya:

a) Plumbum

Plumbum merupakan racun yang berakumulasi, karena plumbum sangat beracun maka, dalam air minum hanya diizinkan >50 mg/L. Plumbum dapat diendapkan dengan CaOH atau NaOH dalam bentuk $PbCO_3$.

b) Nikel dan chrom

Nikel dan crom juga bersifat racun yang dapat menyebabkan kanker, adanya logam tersebut mengakibatkan terganggunya kehidupan dalam air, dan tidak dapat digunakan untuk air minum, pertanian, dan perikanan.

c) Merkuri sangat beracun dalam air minum, Untuk menghilangkan merkuri dalam air dilakukan penyesuaian pH 5-6 dengan asam sulfur, kemudian ditambahkan sodium sulfida, apabila sulfida tidak larut lagi maka dilakukan filtrasi.

6). Minyak dan Lemak

Dalam gugusan ester, minyak dan lemak pada suhu tinggi melalui reaksi kimia akan terdekomposisi menjadi unsur karbon, hydrogen dan oksigen. Sebagian dari minyak dan lemak mengapung dan menutup permukaan air sedangkan sebagian lagi mengendap berbentuk lumpur.

7) F e n o l

Zat kimia dengan konsentrasi fenol dalam air limbah ada beberapa metode perlakuannya antara lain *incineration*, *absorbtion*, *chemical oxidation*, *biological*, daur ulang dan lain-lain. Keberadaan fenol dalam perairan dapat meracunin ikan walaupun dalam konsentrasi kecil. Apabila dalam air minum sudah terasa baunya maka jelaslah bahwa kadar fenol sudah melebihi konsentrasi yang di tetapkan.

Alat yang digunakan untuk menganalisis beberapa parameter air limbah industri menurut Hasmawaty (2015), seperti: (a). alat analisis *BOD*, (b). alat analisis pH, (c). alat analisis *TSS*, dan (d). alat analisis *COD*. Alat analisis parameter air limbah industri dapat dilihat pada Gambar 1.4.



(a)



(b)



(c)



(d)

Photo oleh: Atep dalam Hasmawaty, 2015

Gambar 1.4 Alat Analisis Parameter Air Limbah

1.2.2. Kegiatan Industri Menghasilkan Limbah Cair

Kegiatan industri menghasilkan limbah cair harus menjadi perhatian serius karena beberapa pertimbangan; pertama *output* dari setiap instalasi pengelolaan air limbah biasanya dibuang ke badan sungai, sedangkan air sungai juga menjadi andalan kehidupan masyarakat secara umum; kedua saat industri tidak sedang beroperasi biasanya dimanfaatkan oleh pihak pabrik untuk mencuci alat-alat yang digunakan, kondisi ini sangat memungkinkan akan mencemari badan air baik di hilir sungai maupun hulu sungai, karena sisa-sisa zat kimia² banyak terbawa ke badan air.

1. Permasalahan Limbah Cair

Banyak kegiatan industri yang dapat menghasilkan air limbah pada perairan, seperti (Hasmawaty, 2015):

a. Aktivitas Pemakaian Bahan Bakar

Aktivitas transportasi baik kendaraan memakai Bahan Bakar (B-2) seperti bensin atau solar dan yang sejenis lainnya, akan menyebabkan meningkatnya limbah gas udara. Limbah gas ini terutama CO₂ dan NO_x bereaksi dengan uap air akan menyebabkan terjadinya hujan asam seperti H₂SO₄ dan HNO₃. Hujan asam apabila jatuh keperairan akan menurunkan tingkat keasaman air, sehingga pH air akan turun. Penurunan pH air berarti menurunkan kualitas air.



Sumber: Hasmawaty, 2015

Gambar 1. 5 Aktivitas Pemakai B-2

b. Penggunaan Bahan Beracun Berbahaya

Bahan Beracun Berbahaya (B-3) berasal dari limbah industri seperti pengguna B-3 di antaranya pabrik batre, zat tersebut yang bersifat racun yang berbahaya terhadap biota perairan. Bahan peledak seperti potas yang digunakan untuk menangkap ikan, juga merupakan kegiatan yang langsung mengurangi populasi ikan secara besar-besaran dan langsung mengurangi kualitas perairan.



Gambar 1.6 Tangki Penyimpan B-3

Kandungan limbah dari industri didominanin bersifat cair. Pada umumnya limbah cair industri kimia mengandung logam berat, zat organik dan anorganik yang tinggi. Karakteristik air limbah industri tergantung dari jenis industri itu sendiri. Contoh limbah cair industri antara lain; fenol, amonia, fosfat, khromat, klor, sulfat dan lain-lain. Berikut ini contoh salah satu industri penghasil air limbah (limbah cair).



Photo oleh; Feliza dalam Hasmawty, 2015

Gambar 1.7 Salah Satu Aktivitas Industri

Bermacam–macam air limbah berasal dari industri, dapat menurunkan kualitas perairan sehingga air tersebut tidak dapat memenuhi fungsinya sesuai dengan peruntukkannya. Contoh limbah dari industri di antaranya

- a. Limbah panas (kalor), zat yang mengandung panas dapat mempengaruhi kehidupan biota air.
- b. Limbah anorganik mengandung logam berat, yaitu Bahan Beracun Berbahaya (BB) seperti Hg, Pb, Cr^{VI}, dan yang lainnya.
- c. Limbah organik seperti *sludge*. Jumlah bahan organik yang dijumpai di alam pada perairan sangat sedikit. Adapun sumber bahan organik tersebut adalah dari peruraian secara mikrobiologis biji tanaman, batang dan daun. Bahan organik dalam perairan pada umumnya disebabkan oleh aktifitas manusia (adanya industri).

Senyawa organik dalam air pada umumnya berasal dari jumlah limbah cair yang senyawanya tersusun dari carbon, hidrogen, nitrogen, fosfor, dan sulfur. Unsur-unsur tersebut dalam bentuk persenyawaan berupa protein, karbohidrat dan lipida, dimana protein terdapat pada hewan dan tanaman. Senyawa ini selain tersusun dari unsur C, H, dan O juga tersusun di alam berupa produk tanaman. Beberapa contoh senyawa yang termasuk karbohidrat adalah tepung, gula dan cellulose. Lipida merupakan senyawa yang menyusun jaringan pada hewan dan tanaman.

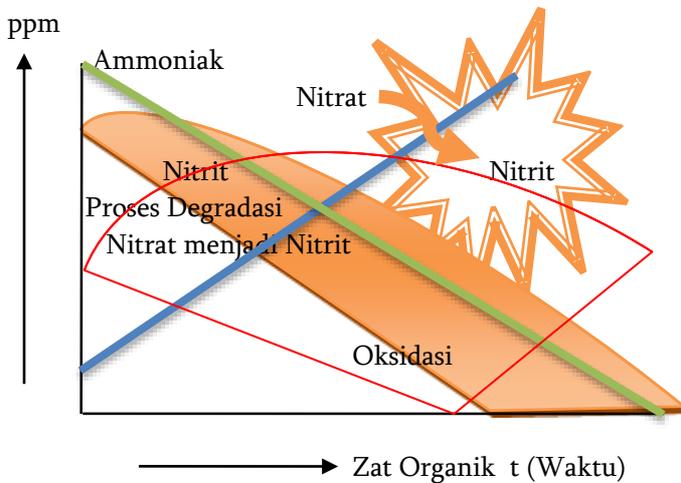
Senyawa ini berupa lemak, minyak dan lilin. Industri yang mengeluarkan limbah organik adalah berasal dari industri karet, industri minyak kelapa sawit, industri kertas, industri tapioka, dan industri lainnya. Kehadiran bahan organik dalam air, dapat mengganggu kualitas air, karena terjadinya warna, bau rasa yang tidak enak.

2. Perjalanan Limbah Cair Industri

Perjalanan limbah organik dalam perairan, baik berasal dari limbah industri karet, kelapa sawit, dan lain-lain maupun dari RT akan mengalami proses biokimia dalam air, dan lamanya waktu proses tergantung kondisi perairan juga limbah yang ada. Limbah organik yang jatuh ke air akan mengalami perubahan secara biokimia yang disebut dengan proses degradasi, pada proses ini zat organik akan mengurai, lalu terbentuk amoniak yang berbau merangsang.

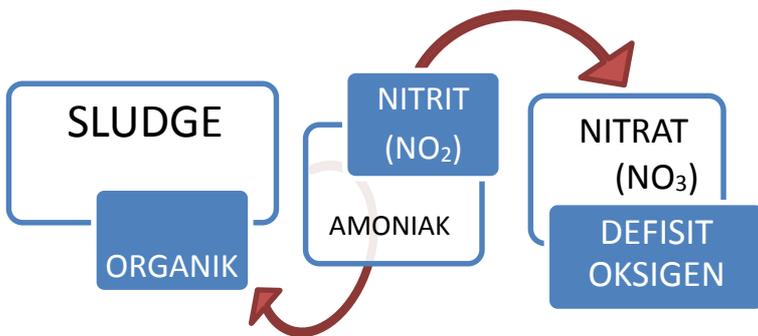
Udara yang mengandung oksigen menyebabkan terjadinya proses aerobik. Dimana amoniak yang terjadi akan mengalami oksidasi sehingga terbentuk nitrit (NO_2). Selanjutnya nitrit akan mengalami oksidasi lebih lanjut, sehingga akan terbentuk nitrat (NO_3). Proses ini berlangsung selama beberapa hari. Jika diperhatikan proses oksidasi yang terjadi, oksigen dalam air akan terambil untuk mengoksidir amoniak menjadi nitrit, kemudian oksigen akan terambil lagi untuk mengoksidir nitrit menjadi nitrat. Oksigen dalam air terpakai untuk kelangsungan proses oksidasi yang terus menerus.

Makin banyak limbah organik yang dibuang ke perairan, maka makin banyak limbah organik yang mengurai proses degradasi, sehingga makin banyak pula amoniak yang terbentuk. Amoniak yang terbentuk akan berkurang terus karena teroksidasi menjadi nitrit. Makin banyak limbah yang dibuang ke perairan, maka makin banyak berlangsungnya proses oksidasi, makin banyak pula oksigen terambil dari dalam perairan (sungai). Proses berlangsungnya kadar oksigen dalam air disebut *deoksigenasi*.



Sumber: Hasmawaty, 2015

Gambar 1.8 Grafik Proses Degradasi Limbah Organik Dalam Air



Sumber: Hasmawaty, 2015

Gambar 1.9. Contoh Ilustrasi Defisit Oksigen Akibat Limbah *Sludge*

Proses degradasi limbah organik dalam air seperti pada Gambar 1.9.

1. Jumlah zat organik menurun secara drastis

2. Pembentukan amoniak mengalami kenaikan, kemudian turun kembali karena teroksidir menjadi nitrit (NO_2)
3. Pembentuk nitrit terus naik dalam proses pembentukan, kemudian turun pada proses oksidasi
4. Jumlah nitrat (NO_3) akan meningkat

Adanya peristiwa seperti pada gambar tersebut, air akan mengalami defisit oksigen, jika defisitnya sangat besar dan berlangsung lama, dapat mengancam kehidupan biota air, dan ikan akan mati. Defisit O_2 adalah air yang jenuh dengan oksigen dikurangi dengan kadar oksigen terlarut yang tertinggal setelah diambil untuk oksidasi biokimia.

Setelah oksigen dalam air terkonsumsi, ada dua kemungkinan yang akan terjadi akibat pemakaian oksigen dalam air:

1. Penguraian O_2 dalam air secara perlahan dapat dipulihkan kembali, karena O_2 dalam udara secara perlahan-lahan akan larut kembali dalam air yang disebut proses *reoksigenasi*. Ini hanya mungkin terjadi apabila limbah yang dibuang sedikit dan debit perairannya besar, sehingga bahan organik tidak banyak memerlukan oksigen.
2. Perairan tidak mampu lagi memulihkan O_2 saat proses degradasi, terjadilah defisit O_2 sampai 100%, mungkin pulih kembali tetapi dalam waktu sangat lama.

Dampak defisit O_2 yang terjadi akibat adanya air limbah dalam badan air, dapat mengakibatkan terputusnya siklus ekologi lahan, rusaknya hutan-hutan mangrove disekitarnya, dan tercemarnya badan air (sungai) karena kualitasnya airnya menurun.

Berikut ini ditampilkan kondisi di daerah hulu sungai yaitu Sungai Aur yang tercemar karena adanya pembuangan limbah cair baik dari industri di hilir dan banyaknya sampah yang dibuang oleh masyarakat yang tidak bertanggung jawab. Kondisi disini banyak ikan sungai tersebut yang mati.



Photo oleh: M Fatoni dalam Hasmawaty, 2015
Gambar 1.10. Banyaknya Ikan Mati di Hulu Sungai

1.2.3 Kegiatan Industri Menghasilkan Limbah Gas

Kegiatan industri menghasilkan limbah gas menjadi permasalahan nomer dua. Seperti dalam buku Hasmawaty (2015) bahwa: *Environmental Protection Agency* (EPA) yaitu suatu badan perlindungan lingkungan yang dinamai *clean air act* adalah untuk mengawasi pelaksanaannya dalam menetapkan batas berbagai gas buang. Sekarang dengan adanya undang-undang yang berlaku industri-industri penghasil populasi harus memasang penghisap, kantung-kantung penyaring, peredam elektrostatik, dan pemisah siklon untuk membersihkan asap pabrik.

EPA menetapkan batas-batas gas buang untuk berbagai jenis industri seperti zat kimia yang bersifat racun, contohnya sianida walaupun berdosisi rendah, bahan ini akan berakibat fatal bagi manusia. EPA melarang membuang sianida ke gorong-gorong, begitu juga dengan limbah berbahaya seperti bahan-bahan sampah yang dapat terbakar, zat untuk melarutkan sesuatu, bahan mudah meledak, zat mengakibatkan iritasi, atau mengakibatkan reaksi alergi misalnya asam sulfat, gas karsinogen yang dapat meningkatkan resiko kanker. Bahan-bahan jenis kimia ini dapat melepas radiasi.

1. Permasalahan Limbah Gas

Bahan beracun menjadi masalah tersembunyi yang mengintai udara, karena berterbangan berada di sekeliling kita. Contohnya hasil pembakaran yang berasal dari bahan bakar fosil, yaitu dari pabrik-pabrik seperti, nitrogen oksida (NO₂), sulfur dioksida (SO₂), karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), dan banyak bahan kimia industri yang berwujud gas lainnya. Polusi dari pembakaran ini dampaknya langsung terasa pada manusia.

Pesatnya kemajuan teknologi yang menuntut aktivitas manusia cukup tinggi. Apabila tidak terkontrol akan mengakibatkan sirkulasi atmosfer yang bersifat global, karena adanya proses kimiawi atmosfernya yang cukup kompleks. Salah satu contoh adalah beredarnya gas-gas polutan yang mengubahnya dari kabut asap lokal menjadi kabut asap regional dan bahkan menjadi kejutan global, fenomenanya dapat kita rasakan seperti adanya panas global yang mengakibatkan perubahan iklim atau perubahan musim sehingga terjadi penurunan kualitas udara. Apabila tidak ada tindakan yang dapat kita lakukan untuk mengurangi polusi-polusi tersebut yang dapat meningkatkan gas rumah kaca, maka pertanyaannya adalah apakah pulau-pulau kecil akan segera tenggelam dalam kurun waktu yang tidak lama lagi?

Apabila dampak panas bumi tidak dapat dikendalikan, maka kemungkinan dimasa depan bisa saja akan terjadi perubahan, seperti:

- a. Tempat-tempat bermain ski di beberapa pergunungan akan ditutup karena kekurangan salju.
- b. Pantai-pantai akan hilang dengan meningkatnya permukaan air laut.
- c. Gurun-gurun akan terus bergerak.
- d. Hutan-hutan akan rusak akibat panas dan kekeringan.
- e. Pencairan es di kutub dapat mengakibatkan banyaknya beruang kutub yang punah.
- f. Kekurangan air dimana-mana.
- g. Hilangnya beberapa delta dan pulau-pula.
- h. Pelelehan es disertai tanah longsor.

- i. Rusaknya fondasi pipa saluran baik air maupun minyak, rumah dan jalan.
- j. Ancaman topan atau badai.
- k. Perusahaan asuransi akan mengalami kebangkrutan.

2. Limbah Gas Industri Perusak Ozon

Secara global aktivitas industri, banyak yang menghasilkan emisi gas buang diluar ambang batas dan berdampak luas terhadap kehidupan secara internasional. Contoh aktivitas industri yang menimbulkan Efek Rumah Kaca (ERK), yang mengakibatkan peningkatan suhu global, dan terjadinya peningkatan air laut akibat melelehnya gunung es yang ada dikurub-kutub. Ini semua erat kaitannya dengan menipis atau terjadinya pelebaran lubang yang semakin besar pada lapisan ozon di atmosfer. Beberapa limbah gas dari industri diantaranya:

a. Chloro Fluoro Carbon

Zat Chloro Fluoro Carbon (CFC) yang dipakai dalam produk industri bermacam-macam, di antaranya

1) Alat Penyemprot

Senyawa CFC digunakan oleh industri karena sebagai salah satu bahan untuk pendorong (bertekanan) pada alat penyemprot dengan bantuan gas aerosol. Contoh produk industri yang memakai CFC seperti *hairspray*, pencegah peluh, penyemprot lalat, penyemprot cat, parfum, deodorant, alat pemadam kebakaran, dan yang lainnya. Cara kerjanya adalah jika tombol ditekan, akan membuka sebuah katup sehingga gas yang termampatkan mendorong cairan ke atas melalui suatu tabung yang sempit (melalui sebuah pancaran dalam bentuk semprotan yang halus).

2) Kemasan Busa

Industri banyak juga menggunakan CFC untuk pembuatan beberapa kemasan busa, zat ini dipakai untuk mengembangkan kemasan busa. Kadang-kadang CFC

masih terjebak didalam gelembung kemasan busa dan terlepas ketika dihancurkan dan dibakar.

3) Pendingin

Di dalam kulkas (lemari es) dan beberapa unit penyejuk udara seperti AC, terutama dipakai di rumah dan di mobil-mobil pada daerah beriklim panas. Senyawa CFC dipakai sebagai cairan pendingin yang berputar untuk menurunkan temperatur. Sangatlah perlu untuk menemukan pengganti senyawa tersebut, untuk mencegah terlepasnya CFC ke dalam atmosfer.

b. Carbon Dioksida

Selain dari CFC ada zat polutan lain yang sangat mengancam lapisan atmosfer adalah senyawa carbon dioksida (CO_2). Zat ini juga sangat beracun di dalam darah dapat memecah butir-butir darah. Berikut ini di visualisasikan senyawa berbentuk gas-gas yang banyak mendominasi di udara adalah gas CO_2 , gas tersebut yang dapat menjadikan suhu lebih panas, panas radiasi itu tidak dilepaskan kembali ke angkasa, semakin banyak CO_2 diudara semakin tinggi suhu bumi, dan hasilnya seperti panas yang terjebak dalam rumah kaca. Proses terjadinya peningkatan suhu global akhir-akhir ini populer dengan istilah yang disebut ERK atau dengan istilah *green house effect*.

Beberapa sumber gas karbondioksida diantaranya;

- 1) Pembangkit listrik
- 2) Pabrik-pabrik
- 3) Rumah-rumah
- 4) Kendaraan bermotor
- 5) Kebakaran hutan.

c. Methan

Methan (CH_4) berasal dari beberapa bahan pertanian, sendawa sapi, sampai fermentasi alami, juga yang paling dominan berasal dari industri-industri memakai bahan fosil seperti industri pertambangan.

d. Natrium Dioksida

Disamping zat-zat kimia tersebut diatas, masih banyak lagi terdapat zat polutan yang lain diudara seperti senyawa gas natrium dioksida (NO_2). Contoh gas NO_2 salah satunya berasal dari pemanfaatan batubara. Gas NO_2 juga membuat polusi udara sehingga dapat mengikis ozon. Beberapa asal sumber gas N_2O diantaranya berasal dari; tanah dan laut alami, penggunaan pupuk kimia, dari perindustrian yang memakai bahan baku fosil.

e. Karbon Tetra Chlor.

Zat kimia lainnya yang juga mengancam ozon adalah karbon tetra chlor, sebuah senyawa kimia yang dipakai dalam pembuatan CFC. Di beberapa negara zat tersebut dijual sebagai sebuah pelarut, sekarang ini telah dilarang pengguna zat tersebut karena dapat menyebabkan kanker hati.

f. Sulfur Dioksida

Sulfur Dioksida (SO_2) apabila terlepas ke udara dikatakan sebagai emisi (limbah gas yang berbahaya). Senyawa gas SO_2 berasal dari hasil pembakaran batubara.

g. Halon

Halon yang dipakai untuk pemadam kebakaran juga merupakan zat pengikis ozon.

h. Metilchloroform

Metilchloroform adalah zat pengikis ozon yang lainnya, yang digunakan sebagai pelarut, pelarut ini dipakai didalam banyak produk yang dapat kita gunakan sehari-hari seperti pelarut tinta pena, didalam cat, dan trichloretana biasanya dipakai dalam cairan penghapus tulisan.

Beberapa dampak dari kegiatan industri yang dapat dirasakan sekarang ini diantaranya;

a. Kualitas dan Kuantitas Air Menurun

Limbah industri baik yang berasal dari IPAL berupa limbah cair maupun gas, dapat menyebabkan kuantitas air berkurang (kekurangan air), baik untuk konsumsi maupun untuk pertanian umumnya. Selain itu kemarau dapat menyebabkan kualitas air memburuk bahkan dibeberapa tempat beracun dan tidak bisa dikonsumsi, juga tidak dapat untuk pertanian, perikanan, ataupun peternakan terutama bila kandungan sulfatnya tinggi. Air yang mengandung sulfat tinggi, salah satu akibat adanya hujan asam.

Hujan asam dapat terjadi apabila sulfur dioksida (SO_2) dan oksida nitrogen (N_2O , NO , dan NO_2). Zat-zat tersebut di udara bereaksi dengan gas-gas lain yang membentuk asam sulfat (H_2SO_4) dan asam nitrat (HNO_3). Dua asam pekat ini bergabung dengan gumpalan-gumpalan awan yang siap menjadi butir-butir atau titik-titik air hujan. Asam-asam yang telah larut dalam air hujan, dan ketika jatuh ke tanah disebut air hujan asam, yang akan membebaskan ion-ion logam dalam tanah contohnya ion logam dari aluminium, cadmium, merkuri, dan timbal. Ion-ion tersebut kemudian larut di air dan meracuni ikan, termasuk manusia yang memakan ikan tersebut. Walaupun dalam perairan tidak ada ion-ion logam yang dimaksud, tetapi ikan tetap tidak dapat bertahan hidup di lingkungan asam pekat. Apabila adanya konsentrasi zat-zat pencemar air semakin tinggi dan mencapai

keadaan sungai sudah tidak mampu lagi untuk menetralsir, maka akibatnya terjadi perusakan ekosistem didalam sungai.

Karena turunnya debit pada musim panas yang berkepanjangan, banyak air sungai berwarna hitam dengan bau yang menyengat, sehingga menjadikan kelangkaan beberapa species ikan. Apabila keadaan seperti ini tidak segera dikendalikan akan menjadikan tingkat kematian ikan terus meningkat dan sampai ke tingkat kepunahan, sehingga menjadikan kelangkaan beberapa spesies ikan. Dan Berkurangnya jumlah dan mutu air dapat menyebabkan banyak berjangkitnya penyakit seperti kolera, disentri dan diare.

Bahan pencemar perairan dimusim kering, sering diperparah oleh kegiatan *shut down* (yang dilakukan oleh industri, yaitu menghentikan kegiatan produksi untuk melakukan perbaikan dan pembersihan mesin-mesin pabrik). Pada waktu *shut down* pabrik akan menghasilkan limbah yang jumlahnya lebih banyak dari keadaan normal. Limbah yang dihasilkan tersebut konsentrasinya juga lebih tinggi dan akan menurunkan kualitas air perairan disekitarnya. Selesai *shut down* pabrik menghasilkan limbah relatif banyak karena pada waktu *start up* proses belum berjalan normal dan setelah itu beroperasi diatas kapasitas biasanya untuk mengejar *stock*.

Alasan pihak pabrik memilih waktu musim kemarau untuk melakukan kegiatan *shut down*, karena:

- 1) mudah untuk mendapatkan tenaga kasar, yang banyak diperlukan dalam kegiatan ini (pada musim kemarau biasanya banyak petani yang tidak turun kesawah).
- 2) tidak terganggunya kegiatan *shut down* karena tidak ada hujan yang dianggap menghambat kegiatan tersebut.
- 3) beberapa bahan kimia seperti katalis juga sangat peka terhadap udara lembab, sehingga apabila dilakukan di musim hujan akan beresiko. Oleh sebab itu dipilahlah kegiatan *shut down* dimusim panas yang panjang.

Upaya penanggulangan musim panas yang panjang (kemarau) di antaranya

- 1) Membuat hujan buatan, tetapi cara ini relatif mahal dan cukup sulit karena harus adanya awan *cumulus* yang berpotensi untuk disemai, kekerasan awan tersebut antara *medium* hingga *hard*, dan ketebalan awan sekitar 2.000 kaki. Mengurangi beberapa pencemaran di perairan (sungai) yang debitnya sudah kritis, maka musim kemarau panjang dihindari:
 - a) pihak industri dituntut kesadarannya untuk mengendalikan pembuangan limbah,
 - b) para perusahaan diharapkan menjaga jangan sampai terjadi gangguan operasi instalasi pengolahan limbah,
 - c) tidak melakukan *shut down* pada saat kondisi kemarau (krisis air). Tujuan himbuan ini agar industri tidak memperparah kondisi sungai sekitarnya.
- 2) Perlu penghematan penggunaan air. Penyedotan air tanah yang berlebihan akan mengakibatkan turunnya permukaan air tanah sehingga banyak sumur yang kekeringan seperti kota-kota yang terletak didekat pantai hal ini menyebabkan terjadinya intrusi air laut.
- 3) Mengubah perilaku manusia agar cinta lingkungan, yang dimulai dari diri sendiri.
- 4) Peran dan kinerja AMDAL agar lebih ditingkatkan.
- 5) Pihak institusi hendaknya merealisasikan hukum/undang-undang yang telah dibuat dengan bijaksana, untuk benar-benar diterapkan. Bila perlu koordinasi dengan pihak kepolisian untuk menindak yang melanggar UU lingkungan yang berlaku.

b. Terjadinya Efek Rumah Kaca dan Peningkatan Air Laut

Efek Rumah Kaca (ERK) dan Peningkatan Air Laut (PAL) yang menjadi masalah pada ekosistem bumi sampai sekarang masih permasalahan internasional. Berikut dijelaskan pengertian keduanya.

a. Efek Rumah Kaca

ERK adalah suatu bentuk teknik modifikasi untuk iklim dibidang pertanian dengan membangun rumah yang secara keseluruhan terbuat dari kaca, kenapa juga harus dari kaca? Karna kaca adalah suatu benda yang sangat mudah menyerap panas, dan panas kaca adalah media kompak yang bisa berfungsi sebagai penyekat perpindahan panas satu arus yang efektif, sedangkan panas matahari yang terperangkap dalam rumah kaca akan sulit keluar. Teknik menyekat panas dalam rumah kaca, digunakan untuk menanam holtikultura di daerah beriklim dingin. Sehingga bisa tumbuh baik sebagaimana didaerah beriklim tropis. Lalu bagaimana jika prinsip rumah kaca itu terjadi secara global? Jika atmosfer telah terpenuhi gas-gas polutan, yang kian hari kian membentuk selimut yang menyerupai kaca, dan menyelubungi bumi, maka akan tercipta efek rumah kaca secara global.

Apabila kondisi seperti ini rumah kaca tidak lagi berfungsi sebagai penyerap panas, tetapi telah berubah menjadi penyekat panas. Kalau sudah demikian objek efek rumah kaca tak lagi hanya pada tanaman, tetapi efeknya berdampak pada semua kehidupan di bumi ini. Karena manusia makhluk yang paling peka dengan panas, maka kita akan terlebih dahulu merasakan panas tersebut. Jadi dapatlah disimpulkan bahwa, adanya peningkatan suhu global disebabkan oleh adanya efek rumah kaca,

penyebab utama timbulnya adalah polusi gas hasil pembakaran yang kian menumpuk di atmosfer.

Beberapa gas di atmosfer yang membuat lubang ozon, sehingga sinar ultra violet dari matahari masuk tanpa ada penyaringan untuk menghangatkan bumi dan terperangkap karena radiasi tidak mudah untuk dipantulan kembali keluar keruang angkasa. Efek ini disebut sebagai Efek Rumah Kaca, dimana gas-gas rumah kaca dalam atmosfer berlaku seperti kaca pada sebuah rumah kaca. Gas-gas ini membiarkan berkas sinar matahari masuk untuk menghangatkan bumi, tetapi gas tersebut menyebabkan sebagian panas yang akan terlepas ke sekeliling bumi. Sebagai ilustrasi ERK, dapat dilihat pada Gambar 1.11:



Sumber: Hasmawaty, 2015

Gambar 1.11 Panas Radiasi Terjebak Dalam Rumah Kaca

Kenaikan suhu global atau terjadinya pemanasan global, diakibatkan oleh emisi gas buang atau polutan-polutan di dalam atmosfer yang sangat berbahaya, seperti karbon dioksida, metan dan nitrit oksida. Kondisi

atmosfir akan menjadi rusak, apabila adanya peningkatan uap air. Ke-4 gas tersebut berlomba bergentayangan di udara kota-kota besar yang berasal dari banyaknya gas buang kendaraan bermotor, dan dari pabrik-pabrik, seperti berasal dari pusat listrik yang membakar batu bara ataupun minyak serta berbagai bahan energi yang lainnya, juga adanya pembakaran daerah hutan.

Sifat gas-gas ini mengikat panas, sehingga semakin tinggi jumlah gas tersebut, maka suhu udara akan semakin tinggi dan juga akan merubah jumlah curah hujan. Panasnya bumi mengakibatkan gunung-gunung es mencair, sehingga kondisi-kondisi tersebut akan meningkatkan permukaan air laut, serta merubah cuaca, dan mengakibatkan frekuensi badai dahsyat.

2) Meningkatnya Air Laut

Beberapa contoh kejadian yang belum dapat diantisipasi sehingga mengakibatkan air laut meningkat dan terjadi banjir, gunung es mencair, diantaranya; (Hasmawaty, 2015)

- a) Mencairnya gunung-gunung es seperti salah satu contohnya adalah Gunung Es Hood, sejak 2002.
- b) Mencairnya Glacier di Argentina, sejak 2004
- c) Meleleh es di Pulau *Green (Green Land)*, sejak 1992
- d) Banjir di beberapa wilayah kota Jakarta, sejak 2007
- e) Air laut masuk ke Pulau Jawa
- f) Dan lain-lain.

Mengatasi panas globalisasi dapat dilakukan dengan beberapa upaya, yang sekarang tidak dapat ditunda lagi. Upaya untuk melindungi lapisan ozon, dengan beberapa alternatif:

- a. Industri yang produknya menggunakan CFC, wajib menggantinya dengan zat lain yang ramah lingkungan.
- b. Pembuangan peti es merupakan masalah besar karena dengan membiarkannya roboh menyebabkan CFC lepas ke atmosfer, jika lemari pendingin yang terlanjur memakai CFC dan tidak dipakai lagi, maka kontainer pendinginnya dapat diambil dan disimpan.
- c. Gas-gas alternatif seperti CO₂ selama ini banyak dipakai untuk buih pemadam kebakaran, maka gas tersebut dapat diganti dengan alat semprotan yang paling aman yaitu dengan pompa aksi.

1.3 Analisis Kegiatan Industri

Kegiatan industri menghasilkan dampak baik berupa limbah cair, gas maupun padatan. Asal limbah dari industri; kecil (termasuk rumah tangga), sedang, dan besar dampaknya mengganggu ekosistem air, udara, dan tanah. Kegiatan industri ada yang perlu dianalisis dengan Analisis Dampak Lingkungan (AMDAL), ada yang cukup dengan Upaya Pengelolaan Lingkungan (UKL) dan Upaya Pemantauan Lingkungan (UPL). Penentuan analisis AMDAL, UKL dan UPL dengan melihat rencana kapasitas kegiatannya. Aktivitas industri yang perlu di AMDAL adalah aktivitas industri yang berdampak langsung maupun tidak langsung terhadap air, udara dan tanah yang akhirnya berdampak pada manusia.

Aktivitas kelompok pembangunan dikategorikan termasuk industri yang berdampak pada air, udara, dan tanah diantaranya pembuatan industri;

- a. Besar seperti industri kilang minyak, batubara, pupuk kimia, semen, dan lainnya,
- b. Sedang seperti, hotel, rumah sakit, sekolah, pasar, mall, dan lainnya.
- c. Kecil seperti, bengkel kendaraan, dan lainnya.

- d. Rumah tangga seperti, pembuatan roti, tahu, tempe, kecap, dan lainnya.

Dalam sub bab ini akan membahas dampak negatif yang ditimbulkan oleh industri pertambangan, karena industri pertambangan yang paling dominan berdampak pada lingkungan. Industri-industri pertambangan walaupun memberikan dampak positif seperti meningkatkan perekonomian (devisa negara) khususnya untuk Pendapatan Asli Daerah (PAD) setempat. Tetapi industri pertambangan memberikan dampak negatif terhadap perubahan ekosistem sekitar industri pertambangan,

Dampak negatif yang ditimbulkan oleh industri pertambangan mungkin lebih luas dari sekitar wilayah industri pertambangan yang akan dibangun. Oleh sebab itu apa bila dampaknya terhadap udara, maka haruslah diperhitungkan kondisi udara saat kegiatan berlangsung, termasuk arah anginnya haruslah diperhitungkan. Begitu juga terhadap badan air penerima limbah, haruslah diperhitungkan hulu dan hilir dari badan air tersebut.

Sebagai acuan dalam menganalisisnya menggunakan AMDAL. AMDAL adalah suatu instrument untuk pengendalian dampak lingkungan yang lahir tahun 1982. Sosialisasi AMDAL sampai sekarang ini dengan cara mengadakan kursus-kursus seperti AMDAL tipe A, B dan C, baik dikalangan industri, pemerintahan, perguruan tinggi, bahkan untuk siapa saja yang merasa ada kepentingan seperti membuka aktivitas non usaha (kolam ikan, taman keluarga, dan yang lainnya).

Jenis kegiatan atau usaha yang tergolong wajib AMDAL adalah apabila proyeknya menimbulkan dampak besar dan penting (sesuai yang tercantum pada undang-undang (1997) dan Kep Men (2001). Apabila kegiatan atau usaha wajib AMDAL maka kegiatan atau usaha wajib pula melakukan UKL dan UPL.

AMDAL pada industri sangat diperlukan untuk mengkaji besar dan penting dampak dari suatu kegiatan atau usaha yang direncanakan pada lingkungan hidup yang diperlukan sebagai proses pengambilan keputusan, apakah industri tersebut layak atau tidak dibangun disuatu daerah.

Dampak besar dan penting yang dimaksud adalah terjadinya perubahan lingkungan hidup yang sangat mendasar yang diakibatkan oleh suatu kegiatan industri apabila dibangun nantinya.

1.3.1 Dampak Kegiatan Industri

AMDAL industri ditetapkan dalam undang-undang, karena AMDAL sebagai salah satu instrumen dalam melestarikan lingkungan hidup disekitar wilayah industri yang akan dibangun, agar pembangunan industri tetap berwawasan lingkungan. Materi AMDAL yang di pertimbangkan adalah data-data dari rona lingkungan yang di bandingkan dengan komponen yang akan dinilai seperti komponen pra konstruksi, konstruksi, operasi dan pasca operasi. Data rona lingkungan yang dimaksud termasuk rona awal, perlunya ronal awal adalah untuk menentukan nilai proyeksi apabila industri beroperasi dimasa depan. Contohnya; apabila akan dibangun suatu kawasan industri, maka perlunya data rona awal sungai yang terdekat kawasan industri, termasuk juga data rona awal hulu sungai sebelum kawasan industri dibangun. Dari data rona awal yang ada maka pemerintah atau team AMDAL akan membuat suatu keputusan apakah wilayah tersebut dimungkinkan untuk dijadikan kawasan industri.

Apa bila data rona awal sungai yang ada sudah terlalu berat dengan limbah dari aktivitas yang sudah ada, maka rencana kawasan untuk industri dibatalkan atau Baku Mutu Limbah (BML) air untuk Industri terhadap sungai akan ditinjau ulang. BML baik untuk air, tanah dan udara ditetapkan oleh pemerintah provinsi setempat dan BML dapat berubah apabila adanya kondisi wilayah dan ekosistem lingkungannya berubah. Kondisi yang dimaksud adalah apabila kapasitas sungai sudah berubah, kondisi ini diakibatkan kemungkinan kapasitas sungai mengecil. Kapasitas sungai mengecil mungkin saja, karena sungai tertimbun lahan akibat dari tingginya jumlah penduduk sehingga warga menimbun pinggiran sekitar sungai didekat bangunan rumahnya. Oleh sebab itu

BML setiap daerah provinsi berbeda, karena disesuaikan dengan kondisi wilayah dan ekosistem lingkungan masing-masing provinsi.

Makna AMDAL untuk industri adalah sebagai bagian dari studi kelayakan, apabila ada keputusan menolak proyek dimulai dari kajian kelayakan teknis alternatif lokasi, teknologi yang dipakai atau sumber daya yang digunakan, dan pencegahan yang efektif setelah adanya studi kelayakan, maka ditetapkan keputusan atas kelayakan teknis dan ekonomi.

1. Perlunya AMDAL Industri

Perlunya tujuan AMDAL untuk industri karena:

- a. Menunjang pembangunan industri yang berwawasan lingkungan
- b. Sebagai dasar pengambilan keputusan, layak tidaknya suatu industri yang akan dibangun.
- c. Sebagai acuan dalam pengelolaan lingkungan
- d. Bagian dari proses perizinan suatu industri.

Manfaat AMDAL untuk industri karena:

- a. Sejak dini operasi kegiatan industri dapat dijalankan dengan ramah lingkungan.
- b. Memenuhi persyaratan izin pendirian industri dan operasi.
- c. Meningkatkan mutu kehidupan di sekitar kegiatan industri.
- d. Meningkatkan hubungan sosial yang positif dengan masyarakat sekitar.
- e. Pelaksanaan kegiatan wajib melaksanakan Rencana Pengelolaan Lingkungan (RKL) dan Rencana Pemantauan Lingkungan (RPL).

Fungsi Amdal untuk indutri diantaranya:

- a. Mencegah timbulnya perubahan (negatif) yang mendasar terhadap lingkungan sedini mungkin diwilayah berdirinya kegiatan industri.

- b. Bahan masukan untuk pengambilan keputusan atas kelayakan lingkungan dari rencana berdirinya industri.

2. Tahapan Komponen Kegiatan Menimbulkan Dampak

Beberapa Kegiatan industri yang kemungkinan dapat menimbulkan dampak besar dan penting terhadap lingkungan hidup meliputi:

- a. Perubahan bentang alam menjadi infrastruktur; pembuatan bangunan; gedung, jalan dan utilitas lainnya.
- b. Eksploitasi SDA baik yang dapat diperbaharui dan yang tidak dapat diperbaharui, dapat berdampak pada berkurangnya SDA.
- c. Kegiatan industri yang secara potensial dapat menimbulkan pencemaran, sehingga terjadi kerusakan lingkungan. Pada akhirnya dapat mempengaruhi lingkungan alam, dan lingkungan buatan (jika ada).

Komponen-komponen kegiatan yang menjadi objek kajian sebagai sumber penyebab dampak industri, dibagi empat tahapan kegiatan, sebagai berikut

- a. Tahap Pra-Konstruksi
 - 1) Penetapan lokasi untuk kawasan industri.
 - 2) Membebaskan lahan milik penduduk, dilokasi untuk dijadikan lokasi industri.

- b. Tahap Konstruksi
 - 1) Pengangkutan alat-alat berat dan material bangunan.
 - 2) Mobilitas tenaga kerja konstruksi.
 - 3) Pematangan tanah (*grading*).
 - 4) Pembangunan infra-struktur atau konstruksi fisik pabrik

- c. Tahap Operasional
 - 1) Penjualan kapling tanah untuk kawasan industri.
 - 2) Produksi dari proses bahan baku menjadi bahan jadi.
 - 3) Mobilitas buruh atau karyawan pabrik.
 - 4) Pengoperasian utilitas kawasan industri.

- 5) Penyimpanan bahan baku dan bahan hasil produksi.
- 6) Penanganan limbah padat baik yang memakai B-3 maupun juga yang memakai non B-3.

d. Tahap Purna Operasi

Bila industri tidak lagi beroperasi artinya tidak lagi berproduksi. Pengelolaan lingkungannya untuk pemantauan tujuannya agar dapat meminimalkan dampak negative penting dan memaksimalkan dampak positif penting, dengan cara mereklamasi wilayah tersebut.

Tahapan-tahapan yang berdampak positif penting yang terjadi apabila industri dibangun antara lain,

a. Tahap Pra-Konstruksi

Dampak positif penting pada tahap pra-konstruksi hanya terjadi pada aspek sosekbud, yaitu

1) Pada Skala Pabrik

Pada skala pabrik belum ada dampak, karena belum ada aktivitas.

2) Pada Sekala Tapak.

Pada skala tapak adanya aspek teknis, diantaranya:

- a) Aspek teknis, contohnya; tata ruang, perubahan tata-guna lahan dari wilayah rawa atau perumahan menjadi kawasan industri.
- b) Aspek sosekbud, contohnya; 1) adanya perubahan struktur mata pencaharian dan tingkat pendapatan yang lebih baik. 2) adanya persepsi positif dari penduduk setempat yang dibebaskan, karena adanya pembebasan lahan penduduk dengan nilai ganti rugi yang sesuai dan dapat dimanfaatkan untuk mencari mata pencaharian baru yang tingkat pendapatannya jauh lebih baik,

sehingga dapat meningkatkan taraf hidup mereka yang terkena pembebasan lahan.

3) Pada Sekala Regional

Pada skala regional. Persepsi positif masyarakat sekitar dampak, muncul dari kegiatan penetapan tapak sebagai kawasan industri dimana mereka memiliki sejumlah harapan ingin memanfaatkan kesempatan kerja dan kesempatan berusaha bila nanti dibangun kawasan industri.

b. Tahap Konstruksi

Dampak positif penting pada kegiatan konstruksi kawasan industri pada skala mikro yaitu aspek teknis (tata ruang) dan pada skala regional yaitu aspek sosekbud, contohnya:

1) Pada Sekala Pabrik

Pada skala pabrik belum ada dampak, karena belum adanya aktifitas industri

2) Pada Sekala Tapak

Pada skala tapak, aspek tata ruang mikro adalah penataan rencana tapak. Contohnya: adanya kegiatan seperti pematangan tanah, pembangunan infrastruktur dan utilitas pada kawasan, seperti masalah drainase karena belum ada dan terjadinya penimbunan sungai-sungai yang ada.

3) Pada Sekala Regional

Pada skala regional dampak yang terjadi seperti aspek sosekbud, contohnya; ada peluang kerja bagi penduduk, yang dapat merubah struktur mata pencaharian mereka, sehingga tingkat pendapatan penduduk jauh lebih baik. Pada skala ini sangat berdampak positif karena diikuti dengan meningkatnya jumlah tenaga kerja.

c. Tahap Operasional

Dampak positif pada tahap operasional kawasan atau perusahaan industri terjadi pada beberapa aspek lingkungan, yaitu

1) Pada Skala Pabrik

Pada skala pabrik yang menjadi pertimbangan adalah aspek tata ruang mikro, contohnya penataan peraturan bangunan. Apabila peraturan bangunan ditaati saat adanya kegiatan konstruksi industri (pabrik), maka masalah dengan pabrik yang bersebelahan atau dengan kepentingan kawasan tidak akan terjadi. Maka pada skala ini menjadi positif penting.

2) Pada Skala Tapak

Pada skala tapak, contohnya aspek tata ruang mikro yaitu peningkatan estetika lingkungan dan aspek biologi adalah revegetasi dan rehabilitasi fauna darat tertentu. Kedua aspek ini berdampak positif jika terjadi sebagai hasil dari kegiatan konstruksi pabrik dan pembangunan fasilitas penunjang kawasan yang dilengkapi dengan penghijauan pada kawasan industri.

3) Pada Skala Regional

Pada skala regional, contohnya aspek sosekbud adalah kesempatan peluang berkerja. Skala ini berdampak positif penting karena adanya perubahan struktur mata pencaharian yang lebih baik, kenaikan tingkat pendapatan, perubahan cara atau sikap hidup yang lebih positif dan perbaikan tingkat pendidikan maupun keterampilan penduduk.

Contoh adanya dampak positif penting pada aspek ekonomi karena disebabkan kegiatan operasional kawasan yang banyak menyerap tenaga kerja sekitar,

seperti memberi peluang berusaha baik langsung maupun tidak langsung, dan peningkatan aktifitas ekonomi daerah.

Contoh adanya dampak positif penting pada aspek sosial budaya, contohnya keberadaan kawasan atau perusahaan industri telah diikuti dengan penyediaan fasilitas sosial dan umum bagi penduduk sekitar, sehingga sikap dan taraf hidup menjadi lebih baik.

d. Tahap Purna Operasi

Dampak positif penting pada kegiatan purna operasi terjadi pada aspek fisika, kimia, biologi dan sosekbud, di antaranya:

1) Pada Skala Pabrik

Pada skala pabrik kondisi aspeknya meliputi:

- a) aspek fisika dan kimia: Pada aspek ini debu diudara sekitar pabrik, emisi gas yang berbahaya di sekitar pabrik berkurang, begitu juga dengan kebisingan disekitar pabrik bias dikatakan tidak ada lagi sedangkan kualitas air sungai sekitar pabrik sudah mulai membaik.
- b) aspek biologi, tidak ada lagi gangguan kehidupan biota air pada sungai yang ada dekat pabrik.
- a) aspek sosekbud, tidak ada lagi terjadi gangguan kesehatan pekerja pabrik.

2) Pada Skala Regional

Pada skala regional ditinjau dari beberapa aspek di antaranya:

- a) Aspek tata ruang: selama tahap operasional. Dampak negatif penting yang ditimbulkan. Contohnya: gangguan pada sistem transportasi, baik pada angkutan darat dan air, yaitu ketika

terjadi peningkatan jumlah kendaraan untuk mengangkut karyawan, bahan baku atau produk, dan lainnya. Apalagi bila jumlah jalan akses menuju kawasan industri tersebut hanya satu, dengan kondisi yang sempit pula.

Tetapi saat purna operasi, tidak ada lagi terjadi gangguan sistem transportasi tersebut.

- b) Aspek fisika dan kimia: pada tahap oprasional, terjadinya kebisingan yang disebabkan nilai akumulatif bising dari tapak ditambah kendaraan yang keluar masuk kawasan, juga terjadi penurunan kualitas air sungai. Sehingga menyebabkan gangguan terhadap biota air yang ada, serta akan mengganggu kesehatan bagi penduduk pengguna air tersebut.

Tetapi pada tahap purna operasi, tidak terjadi lagi kebisingan dan penurunan kualitas air.

- c) Aspek biologi: pada tahap purna operasi tidak lagi terjadi gangguan biota air.

- d) Aspek sosekbud, pada tahap operasi terjadi gangguan kesehatan masyarakat akibat pencemaran atau adanya limbah, dan gangguan kesehatan telinga dan lainnya dikarenakan adanya nilai bising yang tinggi, dari kendaraan yang keluar masuk juga dari bising pabrik.

Tetapi pada tahap purna operasi tidak akan terjadi lagi gangguan kamtibmas, seperti muncul akibat ketidakpuasan masyarakat sekitar terhadap kawasan industri.

1.3.2 Kegiatan Industri Berdampak Negatif Penting

Dampak negatif penting yang dimaksud adalah dampak dari suatu kegiatan industri yang memenuhi 7 faktor dampak. Dampaknya akan menjadi penting karena akan menimbulkan kriminalitas atau punahnya suatu habitat juga merusak ekosistem permanen.

1. Tahapan Kegiatan Terhadap Dampak Negatif

Dampak suatu kegiatan industri yang berupa dampak negatif dapat terjadi pada beberapa tahap.

a. Pra-konstruksi

Pada tahap pra-konstruksi ada beberapa aspek yang akan mengalami dampak, contohnya pada sekala:

1) Pabrik

Pada sekala pabrik, belum ada dampak, artinya dapat dikatakan dampak kegiatan pada tahap ini negatif.

2) Tapak

Pada skala tapak, aspek sosekbud adalah peluang gangguan kamtibmas. Dampak negatif ini disebabkan adanya perbedaan persepsi antara penduduk, nilai ganti rugi yang kurang layak, kemungkinan perebutan lahan atau batas lahan, spekulasi tanah, dan pembongkaran paksa rumah.

b. Tahap Konstruksi

Pada tahap konstruksi ada beberapa aspek yang akan mengalami dampak pada sekala:

1) Pabrik

Pada sekala pabrik, belum terjadi dampak, artinya dapat dikatakan dampak kegiatan pada tahap ini negatif

2) Tapak

Pada sekala tapak aspek fisika dan kimia: contohnya ada peningkatan debu dalam tapak. Terjadinya Dampak

negatif, seperti peningkatan debu akibat kegiatan pematangan tanah pada pembangunan infrastruktur kawasan, dan ceceran angkutan tanah urug, atau adanya gali timbun pondasi pada pembangunan utilitas.

Keberadaan debu karena adanya kendaraan yang lewat, dan adanya tiupan angin pada lahan yang terbuka (lahan berdebu), sehingga mengganggu kenyamanan dan kesehatan pekerja saat perubahan fisiografi lahan. Terjadinya dampak negatif perubahan fisiografi lahan akibat adanya kegiatan pematangan tanah (perataan) dan pemadatan tanah oleh tiang pancang atau tekanan alat-alat berat. Aktifitas tersebut dapat menyebabkan aliran darinasase terganggu, terjadinya limpasan air, tingkat resapan tanah turun, dan dapat mengakibatkan kurang suburnya tanah.

c. Tahap Operasi

Pada tahap operasi ada beberapa aspek yang akan mengalami dampak pada sekala:

1) Pabrik

Pada skala pabrik kondisi aspeknya: Aspek fisika dan kimia. Contohnya;

- a) peningkatan debu di udara sekitar pabrik yang berasal dari jenis pabrik yang menghasilkan limbah debu, serbuk atau pertikulat. Dan adanya debu ke udara sekitar pabrik ini dikatakan berdampak negatif penting.
- b) adanya gas berasal dari jenis industri yang menggunakan mesin atau proses produksi yang menghasilkan gas emisi berbahaya. Dan adanya Emisi gas berbahaya ke udara sekitar pabrik ini dikatakan berdampak negatif penting.
- c) adanya kebisingan di sekitar pabrik. Kebisingan berasal dari jenis industri yang menggunakan

mesin, atau proses produksi yang menimbulkan bising, sehingga menimbulkan dampak negatif penting.

- d) adanya penurunan kualitas air sungai dekat pabrik. Ini berasal dari jenis pabrik yang menghasilkan limbah cair B3 dan cecekan bahan baku atau produk yang menuju sungai terdekat. Beberapa dampak ini akan mengganggu kesehatan pekerja pabrik sekitar atau pengunjung. Akibat penurunan mutu air sungai secara mendasar, akibat adanya kandungan B3 yang akan mengancam kehidupan biota air sungai terdekat. sehingga penurunan kualitas air ini berdampak negatif penting.
- 2) aspek biologi seperti, gangguan kehidupan biota air pada sungai terdekat.
 - 3) aspek sosekbud seperti, gangguan kesehatan pekerja pabrik terdekat.
 - 4) Tapak. Pada skala tapak kondisi aspeknya:
 - a) aspek fisika dan kimia. Contohnya: adanya peningkatan kebisingan pada lingkungan tapak, peningkatan kandungan gas pada udara tapak dan penurunan mutu sungai dalam tapak. Dampak penting gas dan kebisingan udara tapak disebabkan dari limbah pabrik dan ditambah dari kendaraan yang bergerak dalam kawasan.

Demikian juga pada penurunan air sungai dalam tapak disebabkan limbah cair pabrik yang belum berhasil dikelola secara baik dan cecekan kandungan berbahaya yang terbawa bersama air hujan menuju sungai.

Penurunan terhadap kedua media lingkungan air dan udara sangat berbahaya bagi kesehatan manusia, khusus kualitas air disamping berbahaya bagi kesehatan manusia juga akan mengancam kehidupan biota air yang ada.

- b) aspek biologi. Contohnya adanya gangguan kehidupan biota akuatik.
- c) aspek sosekbud. Contohnya adanya gangguan kesehatan masyarakat dan gangguan kantibmas.

c. Regional

Pada skala regional kondisi aspeknya:

1) Aspek Tata Ruang.

Aspek tata ruang, contohnya aspek tata ruang: gangguan sistem transportasi. Dampak penting gangguan pada sistem transportasi terjadi pada angkutan darat dan air. Pada angkutan darat terjadi peningkatan jumlah kendaraan untuk mengangkut karyawan, bahan baku atau produk, dan lainnya. Apalagi jumlah jalan akses menuju kawasan industri tersebut hanya satu dengan kondisi yang sempit pula.

2) Aspek Fisika dan Kimia.

Aspek fisika dan kimia, contohnya:

- a) adanya kebisingan yang disebabkan terjadi nilai akumulatif bising dari tapak, apalagi bertambah banyaknya kendaraan yang keluar masuk kawasan.

2) adanya penurunan kualitas air sungai, penurunan kualitas air disekitar tapak disebabkan badan air yang ada menyatu dengan sungai di dalam tapak sangat tinggi. Kondisi ini menyebabkan gangguan terhadap biota air

yang ada serta gangguan kesehatan bagi penduduk pengguna air tersebut.

3) Aspek Biologi.

Aspek biologi, contohnya terjadi gangguan biota air.

4) Aspek Sosekbud.

Aspek sosekbud, contohnya: a) terjadi gangguan kesehatan masyarakat oleh nilai bising yang tinggi dari kendaraan yang keluar masuk dan dari bisingnya pabrik dalam tapak. b) Gangguan kamtibmas, muncul akibat ketidak-puasan masyarakat sekitar terhadap kawasan industri, antara lain dari pencemaran yang ditimbulkan terhadap air dan udara.

Keseringan kecelakaan lalu lintas yang dialami penduduk sekitar oleh kendaraan kawasan industri, perebutan ruang usaha disekitar kawasan industri, dan sikap buruh atau karyawan kawasan industri yang kurang berkenaan bagi penduduk sekitar.

d. Tahap Purna Operasi

Dampak negatif penting pada kegiatan purna operasi terjadi pada aspek sosekbud yaitu, pada skala regional seperti aspek sosekbud, contoh; hilangnya kesempatan kerja penduduk setempat dan perubahan struktur mata pencaharian penduduk, sehingga tingkat pendapatan penduduk akan berkurang.

Dampak suatu kegiatan industri yang berupa dampak negatif tidak penting dapat terjadi pada beberapa tahap.

a. Pra-Konstruksi

Pada tahap pra-konstruksi ada beberapa aspek yang akan mengalami dampak negative kurang penting, contohnya pada sekala pabrik: belum ada kegiatan fisik sehingga dapat dikatakan dampak kegiatan pada tahap ini negative kurang penting.

b. Tahap Konstruksi

Pada tahap konstruksi ada beberapa aspek yang akan mengalami dampak pada sekala:

1) Pabrik

Pada sekala pabrik, belum terjadi dampak, artinya dapat dikatakan dampak kegiatan pada tahap ini belum ada sehingga dikatakan dampaknya negative kurang penting.

2) Tapak

Pada sekala peningkatan debu dalam tapak. Terjadinya Dampak negatif, seperti peningkatan debu akibat kegiatan pematangan tanah pada pembangunan infrastruktur kawasan, dan cecceran angkutan tanah urug, atau adanya gali timbun pondasi pada pembangunan utilitas, namun sifatnya sementara jadi termasuk dampak negative kurang penting. Contohnya keberadaan debu karena adanya kendaraan yang lewat, dan adanya tiupan angin pada lahan yang terbuka (lahan berdebu), sehingga mengganggu kenyamanan dan kesehatan pekerja saat perubahan fisiografi lahan.

c. Tahap Purna Operasi

Pada tahap ini dampak yang terjadi adalah negatif kurang penting, karena pada kegiatan purna operasi terjadi pada aspek sosekbud yaitu, pada skala regional seperti aspek sosekbud, contoh; hilangnya kesempatan kerja penduduk setempat dan perubahan struktur mata pencaharian penduduk, sehingga tingkat pendapatan penduduk akan berkurang, namun jika

pihak pabrik mensosialisasi dari jauh hari harus dampak tersebut akan menjadi kurang penting.

2. Proses Perkiraan dan Penentuan Dampak Industri

Pada subbab ini, hanya dicontohkan cara membuat matrik intraksi sebagai informasi penting dalam pembuatan laporan atau dokumen AMDAL, dengan cara membuat matrik intraksi antara komponen kegiatan dengan komponen lingkungan dari suatu kegiatan industri. Sampel kegiatan adalah industri agro, dipilihnya sampel tersebut karena industri di Sumatera Selatan mayoritasnya adalah industri agro. Penyajiannya dalam bentuk Tabel 4.1.

Pada tabel intraksi akan menentukan tingkat pentingnya dampak (*significant impact*). Mengidentifikasi dampak dapat dipelajari dari diskripsi proyek, diawal kita sudah dapat menentukan sumber dampak, penyebab dampak, berdasarkan limbah terbuang. Pada identifikasi dampak ini akan diteliti parameter limbah dari industri agro seperti limbah cair, limbah padat, dan limbah gas termasuk debu yang ditimbulkan apa saja yang diperkirakan akan berintraksi dengan parameter air.

Apabila limbahnya cair yang mengandung bahan organik yang tinggi, berarti akan terjadi proses biodegradasi yang menyebabkan berkurangnya oksigen terlarut, maka sudah dapat diidentifikasi bahwa aktivitas membuang limbah organik akan berintraksi dengan komponen lingkungan fisik dan komponen lingkungan biotik.

Pada penjelasan di muka telah diuraikan akibat limbah organik menyebabkan kelarutan oksigen dalam air berkurang, jadi ada intraksi antara aktivitas dalam membuang limbah dengan parameter kelarutan oksigen pada sungai. Air yang mengalami devisit oksigen akan berpengaruh terhadap kehidupan biota perairan. Ikan dapat mati atau berkurang populasinya apabila devisit oksigen berlangsung lama.

Semua identitas dibuat dalam bentuk matriks, khusus untuk kegiatan membuang limbah berorganik tinggi dengan sub-komponen lingkungan

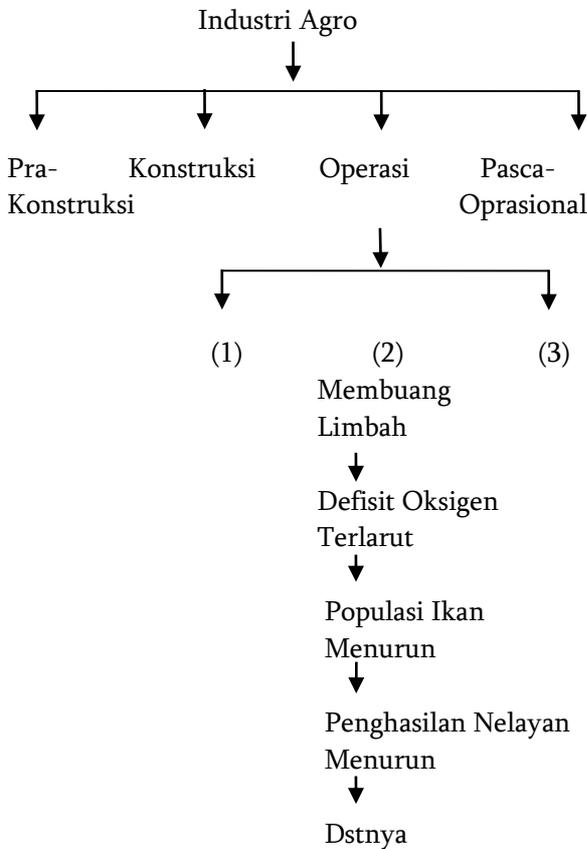
perairan Tabel 1.1. Dilanjutkan melihat dampak orde berikutnya dari suatu dampak dengan menggunakan bagan alir (Gambar 1.12). Mengintraksikan antara kegiatan membuang limbah dengan parameter oksigen terlarut dalam air dapat dirunut dampak selanjutnya, yaitu penurunan populasi ikan dan penghasilan nelayan.

Tabel 1.1 Matrik Intraksi Kegiatan dan Lingkungan

Aspek Lingkungan \ Kegiatan	Pra-Konstruksi			Kons-truksi			Ope-rasi			Pasca Operasional		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Fisika-Kimia												
Biotik												
Sosial-Budaya												
Ekonomi												
Dan lain-lain												

Kegiatan lingkungan yang dimaksud, contohnya; 1) Fisika Lingkungan seperti air, udara dan lainnya; 2) Biotik seperti biota air, biota darat, dan lainnya; 3) Sosial budaya seperti cagar budaya, dan lainnya; 4) Ekonomi seperti roda perekonomian dan lainnya; 5) dan lain-lain.

Penentuan dampak dapat dimulai dengan pembuatan matrik intraksi kegiatan dan lingkungan, dan dilanjutkan dengan pembuatan bagan alir penentuan dampak seperti Gambar 1.12. Atau sebaliknya buat bagan alir penentuan dampak dari suatu industri terlebih dulu dan dilanjutkan dengan membuat tabel matriknya seperti contoh Tabel 1.1. Penentuan dampak dapat dilihat pada contoh bagan alir Gambar 1.12:



Gambar 1.12 Bagan Alir Penentuan Dampak

Penentuan besarnya dampak dapat dilakukan dengan berbagai cara. Setelah identifikasi dampak kemudian menentukan parameter air yang diperkirakan akan mengalami perubahan. Untuk mengetahui besarnya perubahan parameter masih perlu diteliti 2 hal yang penting yaitu,

- a. berapa besarnya parameter air sebelum berubah disebut dengan parameter rona awal, dan

- b. berapa besarnya parameter pada keadaan setelah tercemar oleh adanya kegiatan. Pengukuran parameter dilakukan di laboratorium, maupun dilakukan langsung di lapangan.

Mendapatkan data yang memadai sebanyak jumlah yang kita perlukan dengan cara melakukan pelingkupan (*skoping*), tujuannya untuk:

- a. menghindari pengeluaran biaya yang tidak diperlukan (biaya yang mubasir).
- b. mendapatkan tingkat kepercayaan yang tinggi dari data *sampling*. Perlu memperhatikan cara *sampling* yang baik dan benar, sedangkan untuk menilai apakah pada rona awal sudah ada perubahan parameter, berarti diperlukan BML yang berlaku atau BML yang disepakati untuk diperlukan, pada prakiraan besarnya dampak diprakirakan secara kuantitatif besarnya selisih parameter sebelum dan sesudah adanya proyek.

Metode prakiraan besarnya dampak dapat menggunakan metode informal (berdasarkan intuisi atau pengalaman), seperti metode *Matriks Leopold* yaitu melihat besarnya dampak yang dinyatakan dengan bilangan dengan nilai (1-5), yang artinya nilai 1 adalah nilai perubahan parameter yang terjadi kecil, sedangkan nilai 5 artinya perubahan parameter yang terjadi terbesar.

Hasil prakiraan yang diperoleh cara ini sangat subjektif, sebagai pernyataan dampak model ini dapat dilihat contoh modifikasi pada Tabel 1.2 yaitu modifikasi untuk mengurangi hal-hal yang bersifat subjektif. Formal adalah suatu metode prakiraan besarnya dampak untuk mendapatkan hasil prakiraan yang lebih baik, yaitu model konseptual yaitu merupakan intuisi yang dituang dalam model verbal tujuannya untuk menjawab pertanyaan dalam daftar uji atau untuk mengisi sel matriks, dengan model matematik.

Tabel 1.2 Nilai dan Besar Dampak

Perubahan Parameter	Nilai Perubahan Parameter	Besar Dampak	Nilai Besar Dampak
-	-	Sangat kecil	1
-	-	Kecil	2
-	-	Sedang	3
-	-	Besar	4
-	-	Sangat Besar	5

Keterangan pada Tabel 1.2, lambang (-) pada kolom perubahan parameter, diisi parameter yang disesuaikan dengan temuan dilapangan, begitu juga lambang (-) pada kolom nilai perubahan parameter, diisi besarnya perubahan parameter yang dinilai dengan angka.

Bagian yang terpenting dalam prakiraan dampak adalah menentukan tingkat kepentingan dampak (*significane impact*). Ada dampak yang terjadi tidak begitu penting, ada pula dampak yang sangat penting yang perlu diperhatikan. Perubahan suatu parameter yang besar, artinya dampaknya besar belum tentu dampak tersebut penting. Bisa saja terjadi dampaknya besar tetapi tidak penting, sebaliknya bisa saja dampaknya kecil tetapi sangat penting.

1.3.3 Penentuan Dampak Penting Berdasarkan Karakteristik Limbah

Penting atau kurang pentingnya dampak dilihat dari segi kepentingan manusia, dan penting atau tidak pentingnya dampak akan menentukan jenis studi yang perlu dilakukan. Apabila ternyata tidak ada dampak penting terjadi pada berbagai komponen lingkungan, tentu bentuk studinya hanya batas PIL dan PEL saja, sedangkan apabila banyak terjadi dampak penting, bentuk studinya menjadi ANDAL atau SEL. Demikian pula dalam pelaksanaan RKL tergantung sekali pada tingkat pentingnya dampak.

1. Perlu Analisis Dampak

Luas, besar dan pentingnya dampak dalam pengertian, apabila suatu aktivitas dari kegiatan/usaha (industri) dapat mengganggu:

- a. Ekologi seperti terganggunya habitat spesies dan populasi; habitat dan komonitas; dan ekosistem
- b. Kualitas lingkungan seperti air, udara, lahan, dan kebisingan.
- c. Estetika seperti lahan, udara, air, biota, objek buatan, dan komposisi.
- d. Kepentingan manusia seperti pendidikan paket ilmiah, paket sejarah, kebudayaan, perasaan kenyamanan, dan pola hidup

Kriteria yang menentukan tingkat pentingnya dampak ada 7 faktor. Dari ke-7 faktor tingkat pentingnya (signifikan) dampak terhadap manusia dapat dilihat pada Tabel (1.3-1.9), yang diringkas dari buku Peoman Pelaksanaan AMDAL, (1986).

Dari karakteristik limbah cair industri perlu di pahami benar demikian juga penyebarannya. Lalu dengan hasil prakiraan besar dampak, setiap dampak dicoba untuk dikaitkan dengan faktor-faktor tersebut diatas dalam menentukan signifikansinya. Tentunya masih banyak kesulitan yang dihadapi namun apa yang dicantumkan dalam tabel sekedar tuntunan dalam menilai tingkat pentingnya dampak. Faktor-faktor yang bersifat subyektif tetap masih akan muncul dalam proses evaluasi ini.

2. Analisis 7 Faktor Dampak

Berikut ini diberikan beberapa contoh penelusuran dampak penting dengan menggunakan 7 faktor dampak, karakteristik limbah cair dan perilaku perairan.

Tabel 1. 3 Jumlah Manusia Terkena Dampak

Prosentase Kelompok	Signifikan Dampak
< 10%	Kurang Penting
10-20%	Cukup Penting
21-30%	Penting
31-50%	Lebih Penting
> 50%	Sangat Penting

Keterangan pada presentase kelompok pada Tabel 1.3, sebagai berikut,

- a. kelompok, manusia terkena dampak tetapi tidak termasuk yang menjadi sasaran menikmati manfaat kegiatan, dan
- b. kelompok, manusia yang menjadi sasaran menikmati manfaat kegiatan.

Dampak penting berdasarkan jumlah manusia yang akan terkena dampak. Hal ini mudah dimengerti karena bobot dampak penting atau tidak penting diukur dari kepentingan manusia. Apabila limbah yang jatuh keperairan, airnya tercemar sehingga air tersebut tidak dapat memenuhi fungsi sesuai peruntukannya sehingga banyak orang yang akan sakit akibat menggunakan air tersebut, tentunya dampaknya menjadi negatif penting. Misalnya limbah industri yang mengandung logam berat jatuh keperairan, apabila banyak orang menggunakan air yang mengandung logam berat yang berbahaya bagi kesehatannya, tentu saja terjadi dampak negatif penting.

Tabel 1.4 Luas Wilayah Persebaran Dampak

Perbandingan LWPD dan LWRK	Signifikan Dampak
LWPD <<<LWRK	Kurang Penting
LWPD <LWRK	Cukup Penting
LWPD L>WRK	

(tetapi masih lebih sempit dari luas wilayah administratif tingkat kabupaten)	Penting
LWPD > LWRK (sudah melampaui administrative wilayah administratif tingkat kabupaten)	Lebih Penting
LWPD > LWRK (melampaui batas wilayah RI)	Sangat Penting

Keterangan:

- a. LWPD adalah Luas Wilayah Pesebaran Dampak
- b. LWRK adalah Luas Wilayah Rencana Kegiatan.

Dampak penting berdasarkan luas wilayah pesebaran dampak. Pemahaman tentang karakteristik limbah penting sekali. Walaupun parameter air dalam limbah cukup berbahaya, tetapi apabila limbahnya tidak stabil, walaupun daerah pesebaran sudah berubah. Misalnya nitrit (NO_2) yang jatuh ke perairan, merupakan parameter air yang berbahaya bagi kesehatan manusia. Namun nitrit dalam air berubah dengan cepat menjadi nitrat (NO_3) yang tidak begitu berbahaya terhadap kesehatan bila dibandingkan dengan nitrit. Untuk bahan berbahaya yang relatif stabil apabila dapat tersebar luas, berarti akan banyak manusia yang terkena dampak, maka dampaknya menjadi penting.

Tabel 1.5 Lamanya Dampak Berlangsung

Lamanya Dampak	Signifikan Dampak
Sangat singkat mulai dari tahap pra-rencana sampai ke tahap rencana	Kurang Penting
Singkat mulai tahap pra-rencana sampai pada tahap konstruksi, tetapi tidak seluruh masa berlangsung, kadang ada kadang juag tidak ada dampak.	Cukup Penting
Cukup lama mulai tahap pra-rencana sampai pada tahap	

konstruksi, jadi ada 3 tahap. Dampak muncul untuk 1-2 tahap dan berlangsung selama ke-2 tahap tersebut	Penting
Waktunya panjang, mulai dari tahap pra-rencana sampai tahap operasi, tetapi pada tiap tahap ada yang tidak terjadi dampak atau berlangsung tidak selama tahapan.	Lebih Penting
Sangat panjang, berlangsung sepanjang tahap dari pra-rencana hingga tahap operasi.	Sangat Penting

Dampak penting ditentukan pada lamanya dampak berlangsung. Pada pembicaraan tentang defisit oksigen terlarut telah dijelaskan. Apabila kadar oksigen terlarut dalam air sangat rendah dan berlangsung lama, kejadian ini dapat membunuh ikan diperairan. Jadi apabila defisit oksigen berlangsung sebentar, hal ini tidak berpengaruh terhadap kehidupan biota perairan. Apabila banyak limbah dibuang, akibatnya defisit oksigen berlangsung lama, tentu terjadi dampak yang termasuk dampak penting. Kalau defisit oksigen menyebabkan DO sangat rendah tetapi hanya sebentar, belum sempat mematikan banyak ikan diperairan dampak yang terjadi dampak kurang penting.

Tabel 1.6 Intensitas Dampak.

Intensitas Dampak	Daya Toleransi Kena Dampak	Populasi Terpengaruh	Signifikan Dampak
Sangat Ringan	Tetap Tinggi	Tidak Ada	Kurang Penting
Ringan	Masih Tinggi	Sedikit Terpengaruh	Cukup Penting
Sedang	Mulai Menurun	Masih Di bawah 50%	Penting
Berat	Menurun Dengan Nyata	Berkisar 50-70%	Lebih Penting
Sangat	Menurun	Lebih dari	Sangat

Berat	Derastis	75%	Penting
-------	----------	-----	---------

Penentuan dampak penting berdasarkan intensitas dampak. Intensitas dampak ini dilihat dari daya toleransi populasi dalam perairan yang terpengaruh. Kalau ada perubahan parameter air, misalnya terjadi penurunan pH, bagaimana melihat intensitas dampaknya? Intensitas sangat ringan, apabila daya toleransi kena dampak tetap tinggi, populasi biota perairan yang terpengaruh tidak ada, sehingga dampaknya kurang penting. Mungkin juga karena pHnya rendah sekali, intensitas dampak menjadi besar, daya toleransi yang kena dampak menurun dengan nyata. Populasi biota perairan akan terpengaruh 50 sampai 70%, dampaknya menjadi lebih penting.

Tabel 1.7 Banyak Komponen Terkena Dampak.

Komponen Kena Dampak	Wilayah Penyebaran	Lama Berlangsung	Signifikan Dmpak
Sangat Sedikit	Sangat sempit dibanding luas kegiatan	Hanya pada tahap pra-rencana	Kurang Penting
Relative Sedikit	Relativ kegiatan lebih sempit dari luas rencana	Pada tahap pra-rencana dan konstruksi	Cukup Penting
Cukup Banyak	Sama/ lebih luas dari luas rencana kegiatan.	Terus berlangsung dari tahap prarencana sampai tahap konstruksi	Penting
Sangat Banyak	Jauh lebih luas dari rencana kegiatan	Walau tidak terus berlangsung tetapi berlangsungnya mulai tahap pra-rencana sampai	Lebih Penting

		tahap operasi	
Semua Komponen	Sangat luas dibandingkan rencana kegiatan	Berlangsung terus pada setiap tahap	Sangat Penting

Menentukan dampak penting dari banyaknya komponen lingkungan yang terkena dampak.

- a. Perhatikan uraian berikut. Adanya limbah yang jatuh ke perairan yang menyebabkan dampak pada perairan saja dan tidak berlangsung lama, tidak menyebabkan dampak pada komponen lingkungan yang lain, atau hanya sedikit komponen lingkungan yang kena dampak, maka dampak yang terjadi adalah kurang penting. Mungkin juga sebagai akibat limbah yang jatuh ke perairan menyebabkan menurunnya populasi ikan diperaian atau hilangnya hewan langka di perairan tersebut. Pengurangan populasi ikan dapat berpengaruh pada pendapatan nelayan, penghasilan nelayan secara drastis menurun.
- b. Dari dampak yang terjadi pada komponen fisik yaitu perairan, akan menyebabkan dampak pada komponen biotik, yaitu penurunan populasi ikan dan selanjutnya terjadi pula dampak pada komponen sosial, yaitu menurunnya penghasilan nelayan.

Tabel 1.8 Sifat Kumulatif Dampak.

Sifat Kumulatif Dampak	Signifikan
Dampak kumulatif antagonis dengan munculnya dampak lain	Kurang Penting
Dampak kumulatif agak lama barulah memberi dampak yang berarti	Cukup Penting
Dampak kumulatif tak terlalu lama untuk memberi dampak yang berarti. Wilayah	Penting

persebaran dampak tidak luas.	
Dampak kumulatif terjadi dalam waktu singkat dan daerah persebaran luas.	Lebih Penting
Dampak kumulatif terjadi dalam waktu sangat singkat dan daerah persebaran dampak sangat luas.	Sangat Penting

Komponen yang kena dampak sangat banyak, maka dampaknya menjadi sangat penting:

- a. Penentuan dampak penting dari sifat kumulatif dampak. Dampak kumulatif apabila bersifat antagonis, yaitu dampak yang dapat dinetralkan oleh dampak lain sehingga dampak yang semula terjadi akan terhapus.
- b. Kalau dampak yang terjadi segera terhapus oleh dampak yang lain, tentu saja dampak yang terjadi menjadi kurang penting. Kalau dampak kumulatif tadi dalam waktu yang sangat singkat intensitasnya naik, berarti dampaknya menjadi sangat penting.

Tabel 1.9 Berbalik (*Reversible*)/Tidak Berbalik (*Irreversible*) Dampak.

Dampak Reversibel/Irreversibel dan Intensitasnya	Signifikan Dampak
Dampak lingkungan reversible	Kurang Penting
Dampak lingkungan irrevesibel namun identitas dampaknya terkendali.	Cukup Penting
Dampak lingkungan irreversible intensitas dampaknya agak sukar terkendali.	Penting
Dampak lingkungan irreversebel intensitas dampak tinggi tetapi efeknya terhadap komponen lingkungan yang lain tidak ada.	Lebih Penting
Dampak lingkungan irrevesibel dengan identitas	

dampak sangat tinggi dan mempunyai efek terhadap banyak komponen lingkungan lainnya.	Sangat Penting
--	----------------

Penentuan dampak penting dari sifat dampak berbalik (*reversible*) dan tidak berbalik (*irreversible*). Kita diminta betul-betul memahami apa itu dampak sebelum kita mempelajari sifatnya yang reversible dan irreversible. Secara sederhana dapat kita katakan dampak satu arah (*irreversible*) dan dampak dua arah (*reversible*), yaitu arah terjadi dan tidak terjadinya dampak.

Berikut ini diberikan beberapa contoh; pada suatu perairan yang banyak mengandung limbah organik, apabila jumlah limbahnya besar, maka dampak berupa defisit oksigen terlarutnya besar pula, tetapi apabila pembuangan limbah organiknya diperkecil atau dihentikan, terjadi defisit. Dampak defisit oksigen terlarut dalam air, merupakan dampak *reversible* (berbalik).

Sebaliknya apabila pembuangan limbah, misalnya limbah mengandung B3 yang sifat toksisitasnya tinggi, dapat menyebabkan kepunahan spesies perairan ini merupakan dampak *irreversible* spesies yang sudah punah tidak dapat muncul kembali walaupun pembuangan limbah cair yang mengandung B3 yang berbahaya dihentikan. Dari contoh singkat tersebut sudah jelas dari segi prakiraan dampak singkat tersebut sudah jelas dari segi prakiraan dampak penting, dampak *irreversible* lebih penting dari dampak *reversible*.

Contoh dampak *irreversible* lainnya, misalnya akibat pembangunan industri terjadi dampak *irreversible* berupa dampak pengusuran penduduk, dampak kenaikan kepadatan penduduk dan dampak penurunan hasil pertanian. Dampak *reversible* ini kurang penting. Apabila dampak *reversible* memiliki intensitas dampak tetapi intensitasnya terkendali, maka dampaknya cukup penting.

Dampak lingkungan *irreversible* dengan intensitas agak sukar dikendalikan, maka menjadi dampak penting. Dampak *irreversible* ini akan menjadi lebih penting bila intensitasnya tinggi tetapi efeknya

terhadap komponen lain belumlah merupakan efek majemuk. Dampak *irreversible* menjadi sangat penting apabila intensitasnya tinggi dan terjadi efek majemuk terhadap komponen lingkungan lainnya.

1.4. Pengelolaan Sumber Daya Air

Bagian ini berisi uraian sekedar untuk menambah wawasan kita tentang air di tinjau dari segi sumber daya. Jadi pembahasan lebih dititik beratkan pada aspek kuantitatif.

1.4.1. Azas Pengelolaan Sumber Daya Air

Dalam Undang-undang Dasar, (1945) menyebutkan bahwa bumi dan air serta kekayaan alam yang terkandung didalamnya dikuasai oleh negara dan dipergunakan untuk sebesar-besarnya bagi kemakmuran rakyat.

Dengan demikian:

- a. Air beserta sumber-sumbernya, termasuk kekayaan alam yang terkandung didalamnya adalah karunia Tuhan YME yang mempunyai manfaat serba guna dan dibutuhkan oleh manusia sepanjang masa, baik dibidang ekonomi, sosial, maupun budaya.
- b. Bumi dan air dan kekayaan alam yang terkandung di dalamnya, dikuasai oleh negara dan dipergunakan untuk sebesar-besarnya bagi kemakmuran rakyat secara adil dan merata.

Berdasarkan konsideran UU RI, (1974) secara hukum tidak seorangpun mempunyai hak milik atas air. Apabila ada pembayaran harga air, bukanlah berarti air tersebut dijual, tetapi sebagai imbalan jasa atas pengelolaan dan pengaturan pendayagunaan air tersebut. Peraturan yang dikeluarkan oleh pemerintah akan memberikan wewenang pada pemerintah untuk mengatur air dan sumber-sumber air sebagai berikut:

- a. Mengelola serta mengembangkan kemanfaatan air atau sumber daya air.
- b. Menyusun, mengesahkan, dan atau memberi izin berdasarkan perencanaan teknis tata air.

- c. Mengatur, mengesahkan, dan atau memberi izin peruntukkan, penggunaan, penyediaan air, dan atau sumber-sumber air.
- d. Mengatur, mengesahkan, dan atau memberi izin penguasaan air dan atau sumber-sumber air.
- e. Menentukan dan mengatur perbuatan hukum antara orang dan atau badan hukum dalam persoalan air dan atau sumber-sumber air.

Dalam UU RI, (1974) tentang perairan antara lain disebutkan;

- a. Melakukan pencegahan terhadap terjadinya pengotoran air, yang dapat merugikan penggunaan serta lingkungannya.
- b. Melakukan pengamanan dan perlindungan terhadap bangunan pengairan, sehingga tetap berfungsi sebagaimana mestinya.

Azaz pengelolaan sumber daya air haruslah sejalan dengan azaz pengelolaan lingkungan pada umumnya, yaitu upaya terpadu dalam pemanfaatan, penataan, pemeliharaan, pengawasan, pengendalian, pemulihan, dan pengembangannya. Dalam hal ini menurut Undang-Undang RI (1974), pengelolaan sumber daya air yang sangat erat kaitannya dengan pengairan, disebutkan bahwa pengairan merupakan bidang pembinaan atas air dan sumber-sumber air, termasuk kekayaan alam bukan hewani yang terkandung di dalamnya, baik hewan yang masih alami maupun yang sudah dibudidayakan oleh manusia.

Pengairan yang dimaksud dalam Undang-Undang tersebut diatas mempunyai arti yang sangat luas dan meliputi berbagai bidang, yaitu bidang irigasi, drainase, reklamasi daerah rawa, pengaturan dan pengendalian banjir, pengendalian kualitas air, penyediaan air, air untuk industri, air untuk pembangkit tenaga listrik dan lain sebagainya.

1. Ruang Lingkup Pengelolaan Sumber Daya Air

Ruang lingkup pengelolaan Sumber Daya Air (SDA) harus dipahami batas-batas dan daerah yang perlu dikelola dan bagaimana kondisinya

juga apa yang harus dilakukan atau bagaimana cara mengatasi dampaknya;

a. Pengelolaan SDA dengan Pengendalian Banjir

Banjir adalah suatu kapasitas air yang bertambah dari yang seharusnya. Dikatakan banjir apabila kapasitas penampungan air terjadi perubahan dari kapasitas penampungan air yang tadinya besar berubah menjadi lebih kecil. Perubahan ini bisa terjadi karena dua sebab yaitu; (1) adanya perubahan secara alami alam sendiri. (2) adanya aktivitas dari manusia seperti karena perilaku manusia yang membuang sampah langsung ke badan air, (3) adanya aliran dari limbah domestik maupun industri dan lainnya yang mengeluarkan sludge yang banyak secara terus menerus sehingga terjadi penumpukan sediment di dasar badan air seperti danau, sungai, atau laut. Sehingga akan terjadinya luapan air, danau, sungai atau laut.

Pengelolaan atau pengendalian harus dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan cara;

- 1) meningkatkan kapasitas badan air kembali seperti semula atau untukantisipasi panas bumi kapasitasnya diperbesar lagi,
- 2) pengerukan dasar badan air apabila dipenuhi sampah dan sludge,
- 3) 3) dibangun bendungan atau dibuatkan tanggul, dan lain lain.
- 4) 4) Sedangkan pengelolaan daerah badan air seperti sungai, maka haruslah dipelajari juga pengaliran sungainya, karena adanya air hujan yang jatuh ke dalam Daerah Aliran Sungai (DAS) yang harus diperhitungkan laju air hujan yang membawa bahan akibat timbulnya erosi maupun sediment yang mengalir.

b. Pengelolaan SDA Domestik

Pengelolaan air untuk domestik sekarang ini masih mengandalkan Perusahaan Air Minum Daerah (PDAM). SDA

Domestik yang dimaksud disini adalah air untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga yang harusnya memenuhi standard persyaratan air bersih dan sehat, yaitu secara fisik, kimia, dan biologi.

Sebagai bahan baku SDA domestik adalah air sumur atau sungai. Dengan cara beberapa *treatment* yang dilakukan dengan benar oleh perusahaan air minum. *Treatment* yang dilakukan melalui proses fisik, proses kimia, dan proses biologi.

c. Pengelolaan SDA Irigasi

Pengelolaan air untuk irigasi dengan SDA yang ada untuk pengairan irigasi pertanian. Dibangunnya irigasi bertujuan untuk meningkatkan penyediaan air setiap harinya yang diperlukan petani setempat, terutama saat kekurangan air pada musim panas yang panjang (kemarau). SDA yang ada dikelola dengan cara membangun bendungan air, dilengkapi dengan pintu pengaliran air dengan membuat saluran-saluran air, diantaranya saluran-saluran air induk dan saluran-saluran air tersier.

Pembangunan bendungan, selain untuk mengendalikan banjir seperti point 1.a (3), juga sangat bermanfaat untuk tempat rekreasi dan untuk pariwisata khususnya bagi daerah setempat. Dan manfaat yang cukup besar adalah untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA).

d. Pengelolaan SDA Tanah

Pengelolaan sumber air tanah dengan cara memperhatikan kapasitas air di dalam tanah yang akan dikelola dengan memperhitungkan kuantitas maupun kualitas air tanah setempat. Penyebab air tanah kuantitasnya berkurang, karena adanya aktifitas manusia mengambil air tanah dengan pemompaan besar-besaran dan tidak mengitung dimensi-dimensinya seperti yang

dilakukan oleh bangunan perhotelan, apartement-apartement dan kawasan perumahan atau pertokoan sekarang ini.

Aktifitas dari bangunan tersebut untuk operasional kehidupannya, bukan saja dapat mengakibatkan terjadinya penurunan permukaan air tanah secara dratis, yang berdampak pada air tanah menjadi sangat minim sekali, sehingga dapat menghilangkan daya dukung tanah karena tanahnya kropos, juga akan terjadi miskinnya unsur hara dalam tanah yang dapat menyebabkan tanaman-tanaman di atas tanah tersebut mati.

Pengelolaan SDA Tanah yang harus dilakukan adalah;

- 1) pengawasan dari pemerintah setempat dalam setiap penggunaan air tanah khususnya pada pengembang bangunan seperti tersebut diatas salah satunya pengontrolan dengan AMDAL,
- 2) pemerintah mengajak masyarakat atau warga setempat untuk membuat sumur-sumur resapan sebagai wadah air limbah yang dipakai dalam kesehariannya dengan istilah untuk daur ulang air dalam tanah. Sekaligus untuk mengantisipasi banjir apabila hujan datang.

2. Pengelolaan dan Pengembangan SDA

Pengelolaan dan pengembangan SDA, tahapannya harus benar-benar direncanakan. Tahapan perencanaan untuk berhasilnya pengelolaan dan pengembangan SDA meliputi:

- a. Mengumpulkan data potensi SDA pada daerah setempat
- b. Mempelajari kondisi alamnya yang mempengaruhi SDA tersebut di wilayahnya.
- c. Mengidentifikasi kemungkinan pemanfaatan serta pendayagunaan sumber air.
- d. Mengidentifikasi terhadap kebutuhan untuk peningkatan kemakmuran dan kesejahteraan masyarakat.
- e. Dalam implementasinya, program pengaturan waktunya secara bertahap.

- f. Menetapkan organisasi beserta struktur organisasi dengan personalianya untuk proyek pengembangan SDA sampai perawatannya.
- g. Menyiapkan kebijakan dalam cara kerja dan ketentuan lainnya yang terkait pengelolaan SDA setempat.
- h. Pengaturan personalia, terutama pimpinan organisasi dan tenaga inti yang dianggap mampu untuk memimpin penyelenggaraan proyek pengembangan sumber-sumber air.
- i. Melakukan persiapan teknis untuk melaksanakan proyek .
- j. Dalam melaksanakan kegiatan pengelolaan SDA, harus menetapkan anggaran beserta sarana penunjang yang dibutuhkan.

1.4.2. Neraca Air

Perlunya neraca air diperhitungkan karena untuk memenuhi kebutuhan dan persediaan air dimasa yang akan datang.

1. Kebutuhan dan Persediaan Air

Menghitung neraca air dapat dibagi menjadi dua aspek;

a. Aspek Kuantitatif.

Aspek kuantitatif diperhitungkan, karena makin berkurangnya persediaan air dibandingkan dengan kebutuhan atas sumber daya tersebut.

b. Aspek Kualitatif.

Aspek kualitatif yang diperhitungkan adalah penurunan mutu kualitas air. Pertumbuhan penduduk di suatu pulau yang demikian pesatnya yang mengakibatkan meningkatkan kebutuhan akan air untuk keperluan rumah tangga. Pertambahan penduduk membutuhkan banyak lahan untuk pemukiman, hal ini mengakibatkan menurunnya kemampuan lahan penyerap dan penahan air pada musim hujan. Banjir pada musim hujan, kekeruhan air pada musim kemarau, merupakan kejadian yang agaknya meningkat terus. Teknologi dibidang pertanian yang ada pada saat ini memberatkan pada kultur

persawahan, belum menjamin penggunaan air secara ekonomis. Bertambahnya pertumbuhan penduduk ini menyebabkan pula meningkatnya limbah domestik, seperti sampah yang kadang-kadang tidak saja mengotori perairan, menurunnnya mutu air, tetapi juga memberikan pada kita pemandangan yang kurang enak, karena merusak estetika lingkungan.

Pemanfaatan air oleh manusia untuk memenuhi berbagai keperluan antara lain untuk; domestik, irigasi/pertanian, industri pembangkit tenaga listrik. Dalam pertumbuhan penduduk yang sangat pesat, harus diikuti dengan penyediaan pangan, terutama beras, sehingga diperlukan tambahan luas areal pertanian. Peningkatan areal sawah dari tahun ketahun, maka dapat diperkirakan kebutuhan air untuk irigasi juga meningkat.

Disamping kebutuhan air untuk keperluan domestik dan irigasi semakin meningkat akibat bertambahnya jumlah penduduk, maka keperluan untuk pembangkit tenaga listrik dan keperluan air untuk industri juga meningkat. Apalagi dengan adanya listrik masuk desa dalam rangka meningkatkan taraf hidup, kemajuan teknologi, peningkatan industri pedesaan, perluasan kota dan daerah pemukiman, semuanya ini menyebabkan peningkatan kebutuhan akan air. Kebutuhan air untuk industri kimia, industri yang terkenal sangat banyak membutuhkan air, maka harus diperhitungkan perkiraan pada tahun-tahun kedepannya.

Persediaan air, sifat, dan penyebaran air menurut tempat dan waktu disuatu wilayah, seperti telah dijelaskan dimuka akan mengikuti daur hidrologi. Seperti telah dijelaskan daur tersebut merupakan proses digunakan air, air didalam mengadakan sirkulasi dan transformasi. Sumber utama persediaan air adalah presipitasi berupa hujan, air permukaan dan air tanah. Presipitasi hingga saat ini merupakan sumber air yang paling banyak digunakan. Meskipun evapotranspirasi di suatu daerah cukup tinggi, maka jumlah air yang tersedia di suatu daerah dapat di sederhanakan dengan model keseimbangan air;

Curah hujan = Aliran permukaan + Evapotranspirasi + Air bawah tanah

1. Baku Mutu Air

Baku mutu lingkungan dalam studi AMDAL hendaklah disepakati antara pihak konsultan pembuat AMDAL dengan pihak pemerakarsa proyek. Ketidak sepakatan berbagai pihak dapat menjadikan sumber perdebatan. Melihat pada kondisi daerah dimana suatu industri pada daerah tersebut sudah beroperasi puluhan tahun, pada waktu melakukan SEL terdapat berbagai parameter air yang nilainya diatas nilai baku mutu yang tidak dapat diterima kalangan industri atau tidak realistik, tidak berorientasi pada kenyataan yang ada. Suatu industri yang sudah beroperasi puluhan tahun terpaksa ditutup sebagai hasil studi SEL, karena menggunakan baku mmutu yang menurut penilaian pemerakarsa tidak sesuai. Adanya baku mutu daerah yang berorientasi pada kepentingan daerah sangat perlu, asal masih mengikuti baku mutu yang ditetapkan secara nasional.

Baku mutu air berdasarkan ketetapan pemerintah RI, pada lampiran I menjelaskan baku mutu air berdasarkan Keputusan Menteri, (1988), tentang pedoman penetapan baku mutu lingkungan. Jadi ketentuan disini sebagai pedoman tiap propinsi dapat membuat baku mutu yang sesuai di daerahnya berdasarkan pedoman tersebut.

1.4.3. Peraturan Lingkungan Industri

Kegiatan sektor perindustrian adalah merupakan kegiatan yang berpotensi besar dapat merusak lingkungan, oleh sebab itu dalam rangka melaksanakan pembangunan industri yang berwawasan lingkungan, wajib dilakukan upaya pencegahan dan penanggulangan pencemaran terhadap sektor industri, dengan memperhatikan: Undang-undang (UU), Peraturan Pemerintah (PP), dan Surat Keputusan (SK) Presiden dan Menteri lingkungan hidup. Menyikapi dan mengaplikasikan peraturan yang ada, diperlukan suatu Sistem Manajemen Lingkungan (SML) dalam hal pelaksanaan pengelolaan dan pemantauan, untuk menghindari

terjadinya saling lempar tanggung jawab maka diperlukan kejelasan tugas masing-masing pihak.

Berdasarkan pertimbangan kebijaksanaan pemerintah dibidang lingkungan hidup yang dituangkan dalam Undang-Undang No.23 tahun 1997, tentang pengolahan lingkungan hidup dan peraturan pemerintah No.27/1997 tentang analisis mengenai dampak lingkungan hidup. Dalam pelaksanaannya diatur dalam beberapa Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup, maka dalam pelaksanaan manajemen dan program konservasi lingkungan industri pertambangan harus memenuhi peraturan tentang Pertambangan (UU,1967), diantaranya:

- a. Pencegahan dan Penanganan Polusi Akibat Kegiatan Penambangan.(Kep-Men, 1985)
- b. AMDAL Akibat Kegiatan Penambangan. (Kep-Men, 1989)
- c. Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak. (Kep-Men, 1995)
- d. Baku Tingkat Kebisingan. (Kep-Men, 1996)
- e. Baku Tingkat Getaran (Kep-Men,1996)

1. Peraturan Berdasarkan UU, PP, dan SK

Beberapa peraturan lingkungan yang harus dipatuhi pihak industri berdasarkan undang-undang:

- a. Undang-undang Nomor 4 tahun 1982 tentang ketentuan-ketentuan Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- b. Undang-undang Nomor 24 tahun 2009. Tentang Kawasan Industri.
- c. Undang-undang tahun 1992. Tentang Penataan Ruang

Beberapa peraturan lingkungan yang harus dipatuhi pihak industri berdasarkan peraturan pemerintah:

- a. Peraturan Pemerintah No.17 tahun 1986 tentang Kewenangan Pengaturan, Pembinaan, dan Pengembangan Industri.
- b. Peraturan Pemerintah No.51 tahun 1993 tentang Analisa Mengenai Dampak Lingkungan.

- c. Peraturan Gubernur Sumatera Selatan Nomor 18 tahun 2005 tentang Baku Mutu Limbah Cair (BMLC) bagi Kegiatan Industri, Hotel, Rumah Sakit, Domestik dan Pertambangan Batubara

Beberapa peraturan lingkungan yang harus dipatuhi pihak industri berdasarkan surat keputusan:

- a. Surat Keputusan Menteri Perindustrian No. 148/M/1985 tentang Pengamanan Bahan Beracun dan Berbahaya di Perusahaan Industri.
- a. Surat Keputusan Menteri Perindustrian No.20/M/1/1986 tentang Lingkup Tugas Departemen Perindustrian Dalam Pengendalian Pencemaran Industri Terhadap Lingkungan Hidup.
- b. Surat Keputusan Presiden RI No.16 tahun 1987 tentang Izin Usaha Industri.
- c. Surat Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. Kep.02/MENKLH/1993 tentang Standar Kualitas Lingkungan Hidup.
- d. Surat Keputusan Menteri Perindustrian No.152/M/SK1/6/1994 tentang Pembentukan Komisi Analisis Mengenai Dampak Lingkungan dari Pusat Departemen Perindustrian.
- e. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.Kep.11/MENLH/3/1994 tentang Jenis Usaha Kegiatan Yang Wajib Dilengkapi dengan Analisis Mengenai Dampak Lingkungan.
- f. Kep-Men, 1985. Tentang Pencegahan dan Penanganan Polusi Akibat Kegiatan Penambangan.
- g. Kep-Men, 1989. Tentang AMDAL Akibat Kegiatan Penambangan.
- h. Kep-Men, 1995. Tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak.

- i. Kep-Men, 1996. Tentang Baku Tingkat Kebisingan.
- j. Kep-Men, 1996. Tentang Baku Tingkat Getaran

2. Instrumen Lingkungan

Kegiatan sektor perindustrian adalah merupakan kegiatan yang berpotensi besar dapat merusak lingkungan, untuk itu diperlukan Manajemen Lingkungan yang menyeluruh dan terintegrasi. Manajemen lingkungan yang dipakai pada industri adalah SML atau populernya disebut *Environmental Management System (EMS)*.

EMS untuk industri bertujuan:

- a. Pendekatan untuk mengelola lingkungan di tingkat perusahaan industri
- b. Melihat dan sampai menganalisis siklus berkelanjutan dari kegiatan, yang diorganisasi sedemikian sehingga tujuan bisnis perusahaan industri dan tujuan lingkungan dapat bersinergi.

Kegiatan EMS diantaranya:

- a. Perencanaan meliputi identifikasi aspek lingkungan dan penetapan tujuan (*goal*).
- b. Implementasi termasuk pelatihan dan pengendalian operasi;
- c. Pemeriksaan termasuk monitoring dan pemeriksaan hasil kerja;
- d. Evaluasi termasuk evaluasi kemajuan kerja dan perbaikan sistem.

Manfaat penerapan EMS industri antara lain:

- a. meningkatkan kinerja lingkungan
- b. mengurangi atau menghilangkan keluhan masyarakat terhadap dampak lingkungan
- c. mencegah polusi dan melindungi sumber daya alam
- d. mengurangi resiko
- e. menaikkan efisiensi atau mengurangi biaya
- f. meningkatkan moral karyawan
- g. meningkatkan kesan baik pada masyarakat, pemerintah dan investor

- h. meningkatkan tanggung jawab dan kepedulian karyawan terhadap lingkungan

Penerapan EMS yang efektif untuk lingkungan adalah ISO 14000. ISO 14000 bisa sukses jika:

- a. Didukung oleh manajemen puncak
- b. Fokus pada peningkatan berkelanjutan
- c. Sederhana, fleksibel dan dinamis mengikuti perubahan lingkungan
- d. Cocok dengan budaya organisasi
- e. Kepedulian dan keterlibatan semua pihak

International Organization For Standardization (ISO) adalah organisasi *non* pemerintah, yang berlokasi di Geneva, Switzerland. ISO memperkenalkan dan mengembangkan standar internasional, khususnya ISO 14000 yaitu mengenai pengelolaan lingkungan (*environmental management*).

Aktivitas menggunakan standar ISO 14000 menghendaki aktivitas pengurangan dampak merugikan terhadap lingkungan dan peningkatan menerus terhadap kinerja lingkungan.

Salah satu contoh EMS yang dilakukan oleh industri dalam penerapan ISO 14000 dapat dilihat pada Industri Pertambangan Timah Bangka seperti pada Gambar 1.14.

INDUSTRI BERBASIS SUMBER DAYA ALAM

2.1. Industri Berbasis Sumber Daya Alam

Industri berbasis Sumber Daya Alam (SDA) adalah industri yang memproses SDA baik yang berbentuk fase cair, gas dan padat. SDA ditemukan di alam bebas yang tersebar di bumi ini dengan dimensi yang telah ditentukan oleh Allah dengan kondisi masing-masing alamnya.

2.1.1 Industri Berbasis Sumber Daya Alam Fase Cair

Industri yang memanfaatkan bahan atau zat cair dari alam menjadi produk bahan cair sudah sangat banyak. Bahan kimia fase cair yang murni terdapat dari alam, ada yang berbahaya ada juga yang tidak berbahaya, sifat bahan cair kimia yang ditemukan ada yang pekat dan ada juga yang tidak pekat. Bahan kimia dari alam ini dibutuhkan untuk bermacam-macam, baik untuk industri hilir maupun industri hulu, tujuannya untuk memenuhi keperluan bermacam-macam industri maupun konsumen yang lain.

1. Macam Industri Kimia dan Zat Kimia Fase Cair.

Macam industri kimia fase cair, seperti industri besar yaitu minyak bumi, pupuk, obat-obatan liquid, kosmetik liquid, sampai industri kecil seperti industri makanan-minuman, dan lainnya yang memakai zat kimia. Zat kimia ini kebanyakan dipakai dalam proses pengolahan suatu industri.

Beberapa zat kimia cair ditemukan di alam sebelum mengalami proses pengolahan dalam industri:

a. Fenol

Fenol rumus kimianya C_6H_5-OH . Fenol dipakai untuk proses pengolahan pada industri kimia seperti *plywood*, industri karet seperti ban dan *remiling*. Menurut Ginting (2007) sumber-sumber fenol terdapat pada industri pengolahan minyak,

batubara, pabrik kimia, pabrik resin, pengecoran pabrik kertas, tekstil.

Dalam industri-industri tersebut zat fenol akan terbuang ke badan air melalui IPALnya, dan ini sangat berbahaya. Untuk menghancurkan sisa pemakaian fenol dalam limbah cair, dapat dilakukan dengan biaya yang cukup murah yaitu, dengan cara hanya mengatur konsentrasi bahan buangan fenol dengan cukup menambahkan banyak air yang bersih, setelah konsentrasinya merata maka akan terjadi proses kimia yaitu pengoksidasian.

Oksidasi kimia dipergunakan apabila lumpur buangan fenol cukup tinggi seperti dalam kolam *equalization*. Oleh sebab itu zat fenol perlu dikurangi secara merata. Sebagai bahan oksidasi dapat menggunakan peroksida, klor dioksida dan kalium permanganate. Hasil oksidasinya dapat merubah phenol menjadi senyawa organik. Zat pengoksidasinya menggunakan hidrogen peroksida sebagai oksidator.

Mengurangi fenol artinya mengurangi konsentrasi COD dalam air limbah. Setelah dilakukan proses oksidasi kemudian dilanjutkan dengan proses aerasi dan penyaringannya menggunakan karbon aktif. Penghancuran dapat juga dilakukan dengan cara pembakaran atau dengan *biological treatment*, tapi biayanya lebih mahal jika dibandingkan dengan cara oksidasi kimia.

b. Fosfat

Fosfat rumus kimianya P_2SO_4 , zat ini dipakai pada industri sabun, deterjen, minyak goreng, dan minyak kelapa sawit. Kandungan P_2SO_4 yang tinggi dalam air menyebabkan suburnya algae dan organisme lainnya. Zat ini kebanyakan untuk bahan pembersih. Dalam industri, kegunaan P_2SO_4 terdapat pada ketel uap untuk mencegah kesadahaan. Maka pada saat penggantian air ketel, dan buangan ketel ini menjadi sumber limbah P_2SO_4 . Pengukuran kandungan P_2SO_4 dalam air limbah berfungsi untuk mencegah tingginya kadar P_2SO_4 sehingga tidak merangsang

pertumbuhan tumbuh-tumbuhan dalam air. Menghilangkan P_2SO_4 dalam air limbah dengan cara memberikan air kapur atau aluminium sulfat kedalam air limbah tersebut sehingga P_2SO_4 mengendap dan dapat dibuang.

c. Sulfida

Sulfida rumus kimianya S. Sulfat berasal dari industri karet dan sejenisnya. Zat sulfur dalam jumlah besar akan menaikkan keasaman air. Ion sulfat dapat terjadi secara proses alamiah. Sulfur dioksida dibutuhkan pada sintesis. Pada industri kaustik soda, ion sulfat digunakan untuk pemurnian garam. Ion sulfat oleh bakteri direduksi menjadi sulfida pada kondisi anaerob, dan selanjutnya sulfida diubah menjadi hydrogen sulfida rumus kiminya H_2S .

Dalam suasana aerob H_2S dalam air teroksidasi secara bakteriologis menjadi sulfat, dan H_2S bersifat racun dan berbau busuk. Pada proses digester lumpur gas H_2S yang bercampur dengan metan (CH_4), dan karbon dioksida (CO_2) akan bersifat korosif. H_2S akan menghitamkan air, sedangkan lumpurnya bila terikat dengan senyawa besi membentuk Fe_2S .

d. Nitrogen

Nitrogen rumus kimianya N. Menurut Achmad (2004) Nitrogen terdapat disemua bagian atau lapisan dalam lingkungan, atmosfer terdiri dari 78% volume unsur N dan merupakan suatu reservoir yang tidak aka nada habis-habisnya.

Nitrogen digunakan untuk industri pupuk industri ban, *remilling*, alat rumah tangga yang terbuat dari karet, minyak kelapa sawit, minyak goreng, *plywood*, dan lainnya.

Nitrogen dalam air limbah industri-industri tersebut diatas berbentuk organik. Dalam kondisi aerobik dan dalam waktu tertentu bakteri dapat mengoksidasi ammonia menjadi nitrit dan nitrat. Nitrit amat beracun di dalam air, tetapi tidak bertahan

lama. Keracunan nitrit akan mengakibatkan wajah membiru dan sampai mengakibatkan kematian (wawancara dengan dokter Thanial).

e. Ammonia

Ammonia rumus kimianya NH_3 , Ammonia digunakan untuk industri seperti alat-alat kecantikan (cat rambut, obat keriting rambut), dan lainnya. Ammonia merupakan produk utama dari penguraian (pembusukan) limbah nitrogen organik yang keberadaannya menunjukkan bahwa sudah pasti terjadi pencemaran oleh senyawa tersebut.

f. Minyak Bumi

Minyak Bumi (MB) dengan komposisi kimianya terdiri dari karbon dan hydrogen. Komponen hidrokarbon ini terdiri dari senyawa parafin, naftena, dan aromatik. Dalam MB juga mengandung non hidrokarbon yang terdiri dari nitrogen, oksigen dan sulfur.

MB dapat diperoleh dari sumur-sumur di daerah daratan maupun lautan. Minyak bumi tersebut dihasilkan setelah melalui berbagai kegiatan seperti eksplorasi, eksploitasi dan pengolahan. Kegiatan-kegiatan tersebut menghasilkan produk minyak yang dapat digunakan sebagai sumber energi. Selama terjadi kegiatan eksplorasi, eksploitasi, pengolahan dan transportasi, dapat terjadi pencemaran minyak baik dilingkungan darat maupun dilingkungan laut. Kegiatan seperti pada kerja lapangan minyak bumi pada saat pembukaan dan pematangan lahan merupakan dampak turunan dari meningkatnya nilai laju bahaya erosi yang menyebabkan masuknya padatan tersuspensi ke dalam badan perairan.

Kegiatan pada proses pemboran dan uji produksi, akan mengakibatkan dampak terhadap kualitas air dan tanah. Diprakirakan akan adanya limbah cair dari proses pengeboran,

seperti adanya limbah lumpur bor dan air formasi yang mengandung minyak serta air terproduksi. (Hasmawaty. 2016).

Kegiatan operasi dari industri minyak bumi juga akan menimbulkan dampak terhadap komponen lingkungan yaitu saat; proses pemisahan, injeksi air dan kegiatan penyaluran hasil produksi maupun saat pengembalian air limbah kembali ke sumur. Kegiatan-kegiatan operasi tersebut mengakibatkan adanya ceceran minyak dan terjadinya luapan, yang akan menurunkan kualitas air ke lingkungan perairan (badan air), karena minyak bumi mengandung logam berat, COD, dan minyak yang tinggi.

Ceceran minyak bumi dari berbagai kegiatan dapat mencemari daerah yang terkena dampak. Dikarenakan limbah cair dan ceceran minyak akan berdampak ke perairan (badan air) terdekat, akibat terbawanya aliran air permukaan, maka akan terjadi penurunan kualitas air, yang akan menyebabkan gangguan terhadap biota air sehingga berdampak pada berkurangnya keaneka ragaman hayati. Ceceran minyak bumi juga menimbulkan keresahan penduduk pengguna air sekitarnya, dalam hal aktivitas Mandi Cuci dan Kakus (MCK).

Permasalahan industri fase cair sangat ketergantungan dengan kondisi air. Air yang dapat digunakan untuk keperluan industri tetap harus memenuhi standar baku air. Keperluan air bagi industri disamping untuk aktivitas kawasan industri, untuk proses pada pabriknya, juga untuk pencucian mesin-mesin pabrik itu sendiri. Keperluan untuk industri tersebut biasanya pihak industri memproduksi air bersih sendiri, dengan memanfaatkan air yang tersedia di alam dalam hal ini sungai dekat kawasan industri atau dengan cara menyedot air tanah.

Adanya perkembangan industri-industri fase tersebut dapat mengancam kelestarian air bersih, karena dapat menurunkan kualitas air khususnya di badan air dalam hal ini sungai dekat kawasan industri. Sehingga apabila badan air yang dimaksud terkena limbah cair dari

industri tersebut, maka air yang tersedia tidak memenuhi syarat kesehatan sehingga diperlukan upaya perbaikan kualitas airnya. Jika kualitas air sudah menurun, maka dapat berdampak pada kesehatan pada penduduk sekitar industri. Contohnya penduduk dapat terjangkit muntaber, diare, kolera, tipus, disentri, sakit mata, sakit kulit, keropos tulang, korosi gigi, anemia, dan kerusakan ginjal (dr Tahniel). Disamping itu limbah fase cair oleh suatu aktivitas industri, dapat menimbulkan bau busuk dan menimbulkan kekeruhan, sehingga dapat mengakibatkan penurunan populasi ikan, dan dapat pula berdampak pada pendapatan penduduk yang memanfaatkan ikan sebagai mata pencahariannya.

Memulihkan badan air yang terkena limbah cair dari industri fase cair, haruslah dengan teknologi dan biaya yang tinggi untuk pengolahan airnya. Oleh sebab itu diharapkan sekali kepedulian dari pemerintah dalam pengawasan pada industri-industri yang nakal yang tidak melakukan prosedur dengan benar dalam pengolahan limbah cairnya. Juga diharapkan pada pihak akademisi untuk pengabdianannya dalam mensosialisasikan cara pengolahan air bersih, dan menjelaskan kepada penduduk dampak air yang kurang baik terhadap kesehatan dan lain-lainnya, agar penduduk pengguna air sungai dekat kawasan industri tetap waspada.

2. Pengelolaan Limbah Cair Industri

Menurut tingkatan prosesnya pengolahan limbah dapat digolongkan 4 tingkatan. Namun demikian tidak berarti bahwa semua tingkatan harus dilalui, sebab pilihan tingkatan proses tetap bergantung pada kondisi limbah (karakteristik limbah). Kondisi limbah diketahui dari hasil laboratorium. Dengan mengetahui jenis-jenis parameter dalam limbah dapat ditetapkan jenis peralatan yang dipergunakan.

Empat tingkatan pengolahan air limbah untuk industri agro sebagai berikut

a. *Pre-Treatment*

Pre-treatment adalah proses pengolahan air limbah tahap awal, yaitu suatu unit penyaring tahan karat untuk limbah kasar

seperti limbah padatan terapung atau melayang dalam air, seperti lumpur, sisa kain, potongan kayu, pasir sisa pembersihan daging, lapisan minyak atau lemak dan lainnya. Salah satu nama alatnya adalah *bar screen*. Bahan-bahan limbah semacam itu mudah diidentifikasi karena dapat langsung terlihat pada air limbah. Setelah itu dilanjutkan dengan proses pengolahan pemisahan dengan cara kimia yaitu dengan *primary treatment*.

b. *Primary Treatment*

Primary treatment adalah pengolahan cara fisika dan cara kimia. Pengolahan cara fisika tujuannya untuk memisahkan bahan kasar yang masih lolos dari pemisahan seperti *bar screen* tersebut. Sedangkan senyawa kimia organik, diolah secara kimia yaitu dengan cara pengendapan atau pengapungan.

Persiapan unit alatnya seperti menyediakan desain kolam dan pengaturan kecepatan air, sehingga cukup waktu bagi partikel untuk mengendap. Sedangkan pengapungan adalah pemasukan udara dalam air dan menciptakan gelembung gas, maka partikel-partikel halus akan terbawa bersama gelembung ke permukaan, dipermukaan gelembung pecah, sementara padatan masih terapung di permukaan air.

Pengolahan cara kimia yaitu mengendapkan bahan padatan dengan penambahan zat kimia yang berfungsi membuat butiran limbah (bentuk lumpur) tambah besar sehingga berat jenisnya diharapkan lebih besar dari air, sehingga akan terjadi endapan.

c. *Secondary Treatment*

Umumnya treatment kedua pada unit IPAL, melibatkan proses biologis dengan tujuan menghilangkan bahan organik melalui biokimia oksidasi. Pilihan proses ini tergantung dari banyak faktor, seperti jumlah air buangan dan luas areal IPAL.

Apabila air limbah yang diolah berasal dari industri agro, maka *output* IPAL berupa:

- 1) limbah cair yang dibawah BMLC, dan siap dibuang ke perairan,
- 2) *sludge* ditampung dan dapat dibakar, dan
- 3) limbah logam di masukkan dalam kolam yang berisi enceng gondok untuk mereduksi logamnya.

d. *Tertiary Treatment*

Tertiary treatment adalah pengolahan tingkat lanjutan, karena pada prakteknya pengolahan limbah pada tingkat *primary* dan *secondary treatment* seringkali tidak memuaskan, sehingga diperlukan pengolahan tingkat lanjutan. Proses tingkat lanjutan ini tujuannya untuk menghilangkan senyawa kimia anorganik seperti calcium, kalium, sulfat, nitrat, phosfor dan yang lainnya maupun senyawa kimia organik.

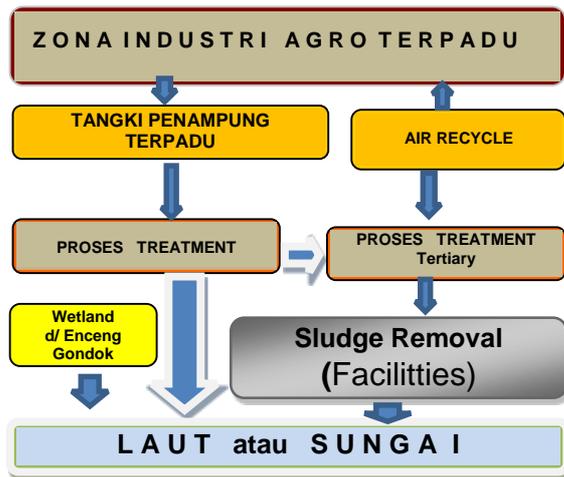
Proses-proses fisika yang dipakai pada pengolahan tingkat lanjutan ini antara lain filtrasi, distilasi, pengapungan, pembekuan, dan lain-lain. Proses-proses kimia meliputi absorpsi karbon aktif, pengendapan kimia, pertukaran ion, elektro kimia, oksidasi dan reduksi. Sedangkan proses-proses biologis meliputi proses melalui bakteri, algae nitrifikasi, protozoa. Tujuannya untuk menguraikan senyawa organik dalam air limbah menjadi senyawa yang sederhana sehingga mudah mengambilnya.

Contoh *flowchart* sistem IPAL dapat dilihat pada Gambar 2.3, sedangkan mekanisme alur air limbah industri dengan IPAL terpadu Gambar 2.2, dibuat dari ilustrasi proses *treatment* seperti Gambar 2.1. Air limbah dari industri ditampung di satu bak penampung bersama, dan akan diolah berdasarkan karakter limbahnya yang terdiri dari limbah organik dan anorganik termasuk juga limbah logam berat. Pengolahan limbah bersama akan melalui tahapan seperti, *primary* dan *secondary treatment*, sedangkan kolam aerasi yang disiapkan adalah kolam biologis,

unit ini untuk menurunkan kandungan senyawa anorganik dengan menggunakan mikroorganismenya.

Logam berat yang masih tersisa akan dialirkan ke *wetland*. *Wetland* adalah kolam penampungan yang ditumbuhi dengan enceng gondok. Tumbuhan air enceng gondok ini berfungsi sebagai media senyawa-senyawa anorganik, karena senyawa anorganik ini sebagai nutrisi bagi enceng gondok tersebut, dimana enceng gondok dapat mereduksi limbah logam berat yang tersisa. Endapan lumpur dalam air limbah disiapkan suatu unit seperti *sludge removal facilities*, unit ini untuk memisahkan dan mengolah lumpur dengan *filter press* yang menghasilkan lumpur padat kering.

Air limbah dari akhir proses *treatment* dibuang ke badan air dalam hal ini adalah sungai. Air limbah dari IPAL bersama sebagian dapat diproses untuk menghasilkan air bersih dengan cara *recycle*, yang dapat dipakai untuk proses di industri-industri tersebut.



Gambar 2.1. Ilustrasi Proses *Treatment*

Mekanisme IPAL terpadu industri dapat dilihat pada Ilustrasi pada Gambar 2.2.

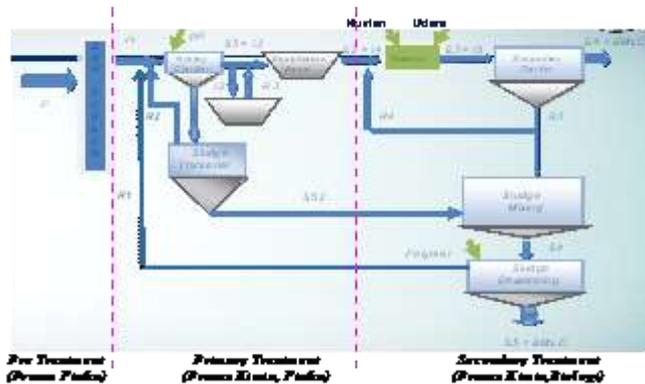


Gambar 2.2 Mekanisme Alur Limbah IPAL Terpadu

Keterangan mekanisme alur limbah industri sebagai berikut,

- Titik I adalah simbol *output* limbah dari industri yang dialirkan melalui pipa sebagai *input* untuk diproses pada IPAL bersama.
- Titik E adalah simbol *output flowrate* dari IPAL terpadu yang akan didistribusikan ke badan pengairan sungai.
- Titik S adalah simbol sebagai *output sludge* dari IPAL terpadu yang akan ditampung di *sludge removal facilities*.
- Titik LB adalah simbol sebagai *output logam berat* dari IPAL terpadu akan ditampung di *wetland*.
- Titik T adalah simbol sebagai *treatment* tempat IPAL.

Contoh model rancangan proses pengolahan untuk IPAL terpadu untuk industri agro, dapat dilihat pada Gambar 2.3 dalam bentuk *flowchart*.



Sumber: disadur dari Lycon, D. (1995) dalam Hasmawaty, 2014

Gambar 2.3 Contoh *Flowchart* Sistem IPAL Industri

Tahapan *treatment* IPAL terpadu dari beberapa industri dapat dilakukan untuk zona industri yang sejenis, salah satu contohnya adalah industri agro. Proses *treatment* yang dapat dilakukan sebagai berikut, (diringkas sebagian dari Lycon, D.1995)

a. *Outlet Bar Screen*

Outlet bar screen sebagai *Inlet* kesatu (I_1) bersama *Recycle* kesatu (R_1) berasal dari *sludge dewatering* diproses pada *primary clarifier*, dan *outlet primary clarifier* adalah *Effluent* kesatu (E_1), yang akan diproses di *spill basin* sebagai *Inlet* kedua (I_2), di unit ini menghasilkan *Effluent* kedua (E_2) yang akan dilanjutkan prosesnya pada *equalization basin* sebagai *Inlet* ketiga (I_3), hasil *outlet Sludge Thickener* kesatu (S_1) akan diproses dalam *Sludge Thickener* kedua yang menghasilkan *Sludge* kedua (S_2), air limbah yang telah dipisahkan dari *sludge* tersebut di *recycle* kembali ke *primary clarifier* sebagai *Recycle* kedua (R_2). Dan begitu juga di unit *spill basin* air limbahnya di alirkan ke *equalization basin* dianggap sebagai *Recycle* ketiga (R_3).

2. *Equallition Basin*

Unit *equallization basin*, menghasilkan *output Effluent* ketiga (E_3) yang akan diproses lebih lanjut di *aeration tank* (reaktor anaerobik) sebagai *Influent* ketiga (I_3) *output* pada unit ini menghasilkan *Effluent* ketiga (E_3), kemudian diproses di *secondary clarifier* sebagai *Influent* keempat (I_4) yang menghasilkan *Effluent* keempat (E_4) yang akan dibuang ke badan air, dan *Sludge* ketiga (S_3) keluar ke *sludge mixing*.

3. *Activeted Sludge*

Activeted sludge adalah *output* dari *secondary clarifier* berupa *Sludge* ketiga (S_3) sebagian di *recycle* ke *aeration tank* sebagai *Recycle* keempat (R_4), sedangkan air limbah yang dominan mengandung *sludge* ketiga sebagai (S_3) dialirkan ke *sludge mixing* dan bercampur dengan *sludge* dari *sludge thickener* sebagai (S_2), kemudian *sludge* keempat berupa (S_4) dari *sludge mixing* dialirkan untuk dipisahkan di *sludge dewatere*, *output sludge dewatering* sebagai (S_5).

2.1.2 Industri Berbasis Sumber Daya Alam Fase Gas

Bahan kimia fase gas ditemukan pada industri pertambangan dan industri yang lainnya.

1. Macam Industri Kimia dan Zat Kimia Fase Gas

Industri kimia fase gas adalah industri yang dalam proses pengolahannya menggunakan sumber daya alam fase gas yang berasal baik dari pertambangan maupun dari ekosistem alami lainnya. Contoh industri dalam proses pengolahan menggunakan zat kimia fase gas seperti, industri gas alam sampai industri kosmetik, dan lainnya.

Zat kimia fase gas ini tidak begitu berdampak terhadap udara apabila belum dijamah manusia, oleh sebab itu dalam sub bab ini dijelaskan yang berasal dari limbah industri-industri yang dapat membahayakan udara diantaranya,

- a. Hidrocarbon dan Amonia

Gas yang cukup banyak yang dikeluarkan dari industri kimia seperti; hydrocarbon rumus kimianya HC dan amonia rumus kimianya NH_3 .

b. Klorin

Gas klorin rumus kimianya Cl_2 , nama dagangnya disebut gas klor. Gas Cl_2 adalah gas berwarna hijau dengan bau sangat menyengat. Atom-atom dari gas Cl_2 di stratosfer berasal dari CFC yang melepaskan diri dan memecah molkul-molkul O_3 . Atom Cl_2 yang dapat menghancurkan molekul-molekul ozon di atmosfer, sehingga radiasi ultra ungu akan masuk kebumi dengan bebasnya.

Cl_2 sebagai gas beracun, selain baunya yang menyengat gas Cl_2 dapat menyebabkan iritasi pada mata saluran pernafasan. Gas Cl_2 juga dapat mengalami proses oksidasi dan membebaskan oksigen. Apabila gas Cl_2 masuk dalam jaringan paru-paru dan bereaksi dengan ion hidrogen akan dapat membentuk asam klorida yang bersifat sangat korosif dan menyebabkan iritasi dan peradangan (wawancara dengan dr Thanial, 2015).

c. Karbon Tetra Chlor

Karbon Tetra Klor (KTC) adalah suatu zat kimia digunakan untuk zat adektive pembuatan lainnya yang juga mengancam ozon adalah karbon tetra chlor, sebuah senyawa kimia yang dipakai dalam pelarut pembuatan Chloro Floro Carbon (CFC). CTC atau CFC tergolong zat yang berbahaya dan dilarang pengguna zat tersebut karena sangat berbahaya. Bagi manusia yang terisap dalam jumlah banyak dan secara terus menerus dapat mengakibatkan kanker hati (wawancara dengan dr Thanial, 2015) .

d. Sulfur Oksida

Pencemaran oleh sulfur oksida dengan rumus kimianya SO_x terutama disebabkan oleh dua komponen sulfur bentuk gas yang

tidak berwarna seperti sulfur dioksida dengan rumus kimianya SO_2 , dan sulfur trioksida rumus kimianya SO_3 .

SO_2 apabila terlepas ke udara juga sebagai emisi atau limbah gas yang berbahaya. Senyawa gas SO_2 berasal dari hasil pembakaran batubara. SO_2 dianggap pencemar yang berbahaya bagi kesehatan terutama terhadap orang tua dan penderita yang mengalami penyakit khronis pada sistem pernafasan kardiovaskular. Kadar SO_2 sebesar 1 sampai 5 ppm atau lebih dapat menjadikan mata teriritasi. (wawancara dengan dr Putri, 2016)

e. Halon, Metilchloroform, dan Trichloretana

Halon adalah suatu zat yang digunakan untuk pemadam kebakaran. Metilchloroform adalah suatu zat adevtive yang digunakan sebagai pelarut, contohnya pelarut tinta untuk pena, sepidol, didalam cat. Sedangkan trichloretana adalah suatu zat adevtive yang biasanya digunakan untuk cairan penghapus tulisan. Ke tiga zat tersebut adalah suatu zat yang berbahaya apabila terlepas ke udara, karena sama-sama dapat menyebabkan pengikis ozon sehingga merusak lapisan atmosfer.

f. Gas Nitrogen Oksida dan Nitrogen Dioksida

Gas nitrogen oksida dengan rumus kimianya NO atau gas nitrogen dioksida dengan rumus kimianya NO_2 . Gas-gas tersebut berasal dari alami laut, alami tanah, dan dari pengguna pupuk tanaman, juga dari *output* industri pertambangan yaitu pemanfaatan batu bara, gas NO_2 juga dapat membuat polusi udara yang juga dapat mengikis ozon. NO_2 bersifat racun terutama terhadap paru-paru manusia, sehingga mengakibatkan kesulitan dalam bernafas, (wawancara dengan dr Thanial, 2015).

g. Chloro Fluoro Carbon

Chloro fluoro carbon rumus kimianya CFC adalah suatu senyawa yang tidak beracun, tidak mudah terbakar, dan senyawa yang stabil. Beberapa Industri yang menggunakan senyawa CFC

diantaranya industri keperluan rumah tangga seperti, (Hasmawaty. 2015):

1) Alat Penyemprot.

Pada alat penyemprot senyawa CFC sebagai bahan pendorong (bertekanan) pada dengan bantuan gas aerosol. Alat yang dimaksud adalah berbentuk kaleng yang biasa kita gunakan sehari-hari, dipakai untuk segala macam kegunaan pribadi (rumah tangga).

Alat semprot yang mengeluarkan berbagai macam cairan, seperti *hairspray*, pencegah peluh, penyemprot lalat, penyemprot cat, parfum, deodorant, dan yang lainnya. Cara kerjanya adalah jika tombol ditekan, akan membuka sebuah katup sehingga gas yang termampatkan mendorong cairan ke atas melalui suatu tabung yang sempit (melalui sebuah pancaran dalam bentuk semprotan yang halus).

2). Kemasan Busa.

Industri banyak juga menggunakan CFC untuk pembuatan beberapa kemasan busa, zat ini dipakai untuk mengembangkan kemasan busa. Kadang-kadang CFC masih terjebak didalam gelembung kemasan busa dan terlepas ketika dihancurkan dan dibakar.

3). Pendingin

Di dalam kulkas (lemari es) dan beberapa unit penyejuk udara seperti AC, terutama dipakai di rumah dan di mobil-mobil pada daerah beriklim panas. Senyawa CFC dipakai sebagai cairan pendingin yang berputar untuk menurunkan temperatur. Sangatlah perlu untuk menemukan pengganti senyawa tersebut, untuk mencegah terlepasnya CFC ke dalam atmosfer.

h. Gas Carbon Monoksida

Gas carbon monoksida rumus kimianya CO. Senyawa CO dibutuhkan dalam proses pembakaran pada mesin diesel. CO yang meningkat sekarang ini harus segera dikendalikan untuk mengurangi emisi CO tersebut, dengan cara prosesnya menggunakan bahan katalis yang mengubah bahan CO menjadi karbon dioksida dan penggunaan bahan bakar.

i. Gas Carbon Dioksida

Carbon dioksida rumus kimianya adalah CO₂. CO₂ berasal dari; (1) gas buang knalpot kendaraan, (2) cerobong industri (industri batu bara dan industri besar sampai kecil lainnya), (3) asap pembakaran hutan yang menjadikan alasan penyebab peningkatan suhu global.

a. Methan

Methan suatu zat dengan rumus kimiannya CH₄ yang berasal dari beberapa industri pertanian contohnya dari produksi bahan bakar dari fosil, persawahan, padang lamun (rerumputan), sendawa dari beberapa ternak seperti sapi, kambing dan biri-biri mengeluarkan gas CH₄. Gas ini bisa juga bisa menyebabkan peningkatan suhu global.

Permasalahan industri fase gas adalah mengeluarkan bahan beracun, yang menjadi masalah pada udara kita, contoh bahan beracun tersebut didominasi oleh hasil pembakaran yang berasal dari bahan bakar fosil, yang dihasilkan dari industri untuk bahan bakar kendaraan bermotor. Beberapa bahan beracun berasal dari industri seperti, nitrogen oksida (NO₂), sulfur dioksida (SO₂), karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), dan banyak bahan kimia industri yang berwujud gas lainnya.

Banyaknya gas-gas tersebut yang diproduksi dapat menjadikan bumi menjadi panas, sehingga menambah panjang musim panas, yang

dampaknya menimbulkan beberapa masalah, masalah yang timbul tidak hanya soal kekeringan tetapi juga kesulitan air bersih, kegagalan panen, kebakaran dan terjadinya gumpalan asap yang membentuk kubah-kubah mengakibatkan awan menjadi kabut. Kabut asap banyak menimbulkan kecelakaan seperti terganggunya jalur penerbangan, banyak perusahaan penerbangan domestik yang mengalami kerugian akibat jalur dan frekuensi penerbangan menjadi berkurang, karena adanya kabut asap, kabut asap dapat berasal dari pembakaran hutan industri dan hutan-hutan lindung yang dimanfaatkan para peladang yang berpindah untuk perkebunan yang baru.

Kerugian akibat kabut dampaknya secara langsung berupa rusaknya hutan lindung wilayah perkebunan rakyat yang masih produktif, kerugian yang langsung lainnya yakni terhambatnya lalu lintas baik diperairan maupun udara, seperti rawan kecelakaan juga berkurangnya frekuensi perjalanan. Sedangkan kerugian yang timbul secara tidak langsung, akan terasa dampaknya pada saat pergantian musim panas dan musim penghujan diantaranya dapat menyebabkan banjir karena vegetasinya rendah, dimana manfaat vegetasi dapat melindungi tanah dari tumpahan air hujan dapat menyebabkan air sungai meluap dan terjadi banjir.

Kabut asap akibat meningkatnya volume gas karbon dioksida (CO_2) yang terkandung diudara dapat mengancam kesehatan manusia, karena konsentrasi CO_2 yang tinggi merupakan bahan pencemar polutan yang berbahaya. Kabut asap oleh CO_2 dan gas-gas beracun lainnya, menjadikan mata terasa perih akibat terjadinya iritasi mata, pernapasan terasa sesak dan sering pula diiringi dengan gejala radang tenggorokkan, terganggunya saluran pernapasan, yang bias menyebabkan penyakit asma.

Semaraknya dampak industri yang mengeluarkan gas seperti CO_2 dan yang lainnya apabila tidak dikontrol akan mengakibatkan atmosfer bumi bermasalah sehingga kualitas udara terus menurun. Kualitas udara menurun akan berdampak pada kualitas air juga menjadi memburuk bahkan beracun, sehingga tidak bisa dikonsumsi. Dampak kualitas air

tersebut juga dapat memberikan dampak pada perikanan, peternakan dan tanaman, karena air yang mengandung gas seperti sulfur dioksida (SO_2), juga oksida nitrogen baik N_2O dan NO , maupun NO_2 akan bereaksi dengan gas-gas lain menjadi asam sulfat (H_2SO_4) atau asam nitrat (HNO_3), dan bersatu dengan gumpalan awan yang siap menjadi air hujan yang disebut air hujan asam. Hujan asam akan mengancam flora dan fauna sungai dan ekosistem sungaipun terganggu. Ini dapat dilihat dari menurunnya kapasitas ikan karena ikan teracuni oleh asam yang dibawa oleh hujan yang mengakibatkan keracunan sampai kepunahan.

Dampak menurunnya kualitas udara yang lain dikarenakan akibat peristiwa seperti;

- 1) Padatnya kendaraan baik roda dua maupun roda empat yang memakai bahan bakar dari industri berbasis fosil.
- 2) Kebakaran industri hutan akibat musim panas yang panjang, yang tidak terkontrol.
- 3) Peperangan antar kota maupun Negara yang yang tidak bertanggung jawab menggunakan produk-produk industri gas-gas yang berbahaya dan beracun.
- 4) Dan lain-lain

Permasalahan tersebut diatas apabila tidak ada tindakan yang jelas dari pemerintah dapat mengakibatkan peningkatan gas-gas yang merusak atmosfer bumi dan berdampak pada panasnya bumi yang disebut global warning atau istilahnya rumah kaca, sehingga beberapa daerah akan mengalami seperti;

- 1) hutan-hutan industri akan rusak yang menurunkan produksi oksigen bumi.
- 2) Pencairan gunung-gunung es yang mengakibatkan punahnya beruang di kutub.
- 3) Terjadinya longsor dimana-mana akibat rusaknya fondasi pipa-pipa saluran.
- 4) Ancaman topan atau badai yang berujung bangkrutnya asuransi-asuransi.

- 5) Beberapa tempat resor ski ditutup karena saljunya mulai hilang.
- 6) Beberapa pantai akan hilang karena meningkatnya permukaan air laut.
- 7) Hilangnya delta-delta dan pulau-pulau akibat di sapu air laut.

2. Pengolahan Limbah Gas Industri

Ada beberapa metode tahapan pengolahan limbah gas yang telah dikembangkan untuk penyederhanaan buangan gas. Dasar pengembangan yang dilakukan adalah absorpsi, pembakaran, penyerapan ion, kolam netralisasi, dan pembersihan partikel. Pilihan peralatan disesuaikan dengan variabel-variabel tersebut guna mendapatkan tingkat efisiensi maksimum. Di samping itu, ada beberapa faktor lain yang harus dipertimbangkan, yaitu nilai ekonomis peralatan karena biaya pengendalian pencemaran (*external cost*) akan menjadi beban konsumen. Atas dasar pemikiran ini maka pemilihan teknologi pengolahan harus merupakan kebijaksanaan perlindungan konsumen, baik dari sudut *pencemaran* itu sendiri maupun dari segi biaya.

Contoh Gambar 2.4. salah satu pencemaran udara yang keluar dari Instalasi Pengolahan Limbah Gas (IPLG) dari pabrik industri agro:



Photo oleh: Rian D dan Rizky P

Gambar 2.4 Contoh Pencemaran Udara dari IPLG

Pada umumnya, jenis pencemar melalui udara terdiri dari bermacam-macam senyawa kimia, baik berupa limbah maupun Bahan Beracun dan Berbahaya (B3) yang tersimpan dalam pabrik. Beberapa jenis peralatan yang digunakan untuk pengolahan limbah gas dengan cara penyerapan yang disebut absorbers, fungsi alat ini untuk memisahkan limbah gas dengan cara limbah gas dialirkan melalui air, karena air adalah cairan penyerap yang tidak mudah menguap dan dibuatkan permukaan kontakannya cukup luas, sehingga limbah gas tersebut akan cepat terserap.

Berikut alat pengolahan limbah gas yang dapat dipakai:

a. Menara Semprot

Menara semprot (*sprayer tower*), salah satu jenis peralatan pengolahan limbah gas. Alat ini bekerja apabila gas kotor masuk dari bagian dasar membuang gasnya ke atas, proses ini dapat berhasil apabila ada tekanan. Maka dari atas disemprotkan air melalui pipa yang dilengkapi dengan *sprayer*, limbah gas dan limbah padat akan larut bersama cairan penyerap. Karena limbah tersebut berat, maka akan turun bersama-sama dengan cairan penyerap, sedangkan limbah gas yang sudah bersih naik bersama udara keluar melalui cerobong pembuangan.

b. Menara *Plate*

Menara ini dikenal dengan istilah *plate tower* merupakan bentuk lain dari menara semprot. Paking yang berupa piringan berlubang-lubang digantungkan di bagian atas menara. Air berada di atas piringan berlubang-lubang yang terus berputar sementara udara dan gas mengalir dari bawah.

c. Menara *Packet*

Menara ini dikenal dengan nama *packet tower*, yaitu menara yang dilengkapi dengan packing yang berfungsi untuk memperluas permukaan kontak antara limbah gas dengan air.

d. *Scrubber*

Alat *scrubber* yang dimaksud adalah *scrubber tipe vertical*. Alat ini berkerja dengan cara mencampur air dengan uap atau gas dalam suatu penampungan, agar kontak antara limbah gas dengan air dapat sempurna maka dibuat arah alirannya berlawanan.

e. *Wet Scrubber*

Alat wet scrubber salah satu alat pengolahan limbah gas, alat ini digunakan untuk menghilangkan partikel yang terdapat pada gas dalam industri kimia dan penggilingan biji, tetapi tidak dapat digunakan untuk menghilangkan debu pada gas buang.

f. Menara Isi

Alat menara isi berbentuk silinder tegak diisi dengan butiran-butiran pengisi untuk memperluas kontak permukaan. Cairan mengalir melalui butiran sementara gas dapat mengalir searah atau berlawanan arah dengan cairan penyerap. Efektivitas dari peralatan sangat dipengaruhi oleh distribusi gas yang mengalir melalui butiran pengisi.

g. Penyerapan dengan Tarikan Cairan

Alat penyerapan dengan tarikan cairan berfungsi untuk menarik partikel dari buangan gas. Cairan dibangkitkan agar terjadi kontak dengan partikel sehingga terjadi ikatan partikel dengan cairan. Sementara gas terbuang melalui lubang pembuangan atas.

h. Absorpsi Mekanis

Alat absorpsi mekanis diisi cairan penyerap yang diputar dengan kipas. Gas kotor masuk kedalam cairan. Reaksi antara cairan dan gas berlangsung dengan cukup baik. Gas dan partikel yang mudah beraksi dengan air akan tinggal bersama cairan, sementara gas yang keluar sudah bersih.

i. Absorpsi Benda Padat

Alat absorpsi oleh benda padat maksudnya, pada alat ini zat padat dikontakkan dengan gas buang sehingga gas itu akan terikat pada bahan padat. Penyerapan ini dapat berlangsung baik secara fisika maupun kimia. Penyerapan secara fisika merupakan kondensasi gas pada permukaan zat padat, sedangkan penyerapan secara kimia berupa reaksi yang membentuk molekul atau senyawa baru.

j. *Presipitator Elektrostatik*.

Presipitator elektrostatik adalah suatu alat untuk menghilangkan partikel dari gas, seperti serbuk silicon dan partikel batu bara. Alat ini banyak digunakan untuk industri pembangkit daya.

2.1.3 Industri Berbasis Sumber Daya Alam Fase Padat

Mineral alam fase padat yang telah ditemukan dan dimanfaatkan untuk industri menghasilkan bahan atau material jadi maupun setengah jadi.

1. Macam Industri Kimia dan Zat Kimia Fase Padat

Macam industri kimia yang dimaksud disini adalah dalam proses pengolahan industrinya menggunakan zat kimia fase padat, seperti industri batubara, pupuk sampai industri kosmetik makanan, dan industri lainnya. *Output* industri padat biasanya sebagai produk yang padat atau material jadi yang siap digunakan.

Beberapa industri yang mengolah mineral alam menghasilkan beberapa material untuk dimanfaatkan dalam bidang industri selanjutnya (industri hilir) atau sebagai bahan bangunan.

a. Industri Asbes

Industri material asbes berasal dari mineral asbes yang sifat fisiknya berbentuk biji mineral, lembut dan berserabut yang sangat fleksibel. Komposisi mineral asbes bermacam-macam antara lain: $Mg_6 Si_4 O_{10} (OH)_8$, $NaFe(SiO_3)_2 FeSO_3$, $Ca_2 Fe_5 Si_8 O_{22} (OH)_2$, dan lain-lain.

Keunggulan dan manfaat. Mineral asbes mempunyai keunggulan tahan terhadap panas yang tinggi dan tidak dapat terbakar. Manfaat asbes adalah banyak digunakan dalam industri kimia, dikelompokan:

- 1) Industri pembuatan bahan bangunan antara lain bahan pelindung rangka besi, industri atap asbes, industri dinding dari asbes.
- 2) Industri peralatan kimia dan peralatan listrik antara lain alat penyekat panas, pembuatan motor listrik dan pompa, kopling, pelapis ketel uap, gasket keperluan laboratorium, dan pelilit kawat listrik, pelapis tanur, ketel berikut pipanya, macam-macam isolasi, gasket, alat-alat kimia, rantai, penutup pipa isolator-isolator panas.
- 3) Industri lainnya; tirai dan layar, sarung tangan, kantong-kantong asbes, pakaian pemadam kebakaran, pelapis rem, ban mobil, bahan tekstil asbes, dan lain-lain.
- 4) Alat pemadam api, benang asbes, pita, tali, alat penyambung pipa uap, gasket keperluan laboratorium, dan pelilit kawat listrik, pelapis tanur, ketel berikut pipanya, macam-macam isolasi, penutup pipa isolator-isolator panas.

Kekurangan atau kelemahan mineral asbes adalah mineral asbes bukan penghantar panas yang baik dan bubuk berbentuk debu dari mineral asbes yang sangat halus sangat tidak baik bagi kesehatan. Orang menghirup asbes akan menderita kanker di tahun-tahun depannya. Terjadinya bentuk mineral asbes dalam bentuk debu apabila bahan bangunan dari asbes dihancurkan. industri pertekstilan.

Industri asbes hasil olahan mineral asbes dalam bentuk material melalui proses dari bahan baku biji asbes sampai produk

yang dijual di pasar seperti, untuk material bangunan gedung dan yang lainnya, dapat dilihat Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Mineral Asbes

Bahan baku pembuatan asbes adalah jenis batu alam yakni batu kapur yang mengandung air, umumnya tercampur dengan Magnesium rumus kimianya Mg atau Aluminium rumus kimianya Al. bahan baku tersebut setelah diolah dan dicetak menghasilkan material asbes yang siap dipakai untuk bangunan, seperti Gambar 2.6.



Photo: Ridho, 2016

Gambar 2.6. Material Asbes

Contoh olahan yang lebih inovatif dari industri kimia, dari serat mineral asbes dibuat menjadi asbes semen. Pembuatan asbes semen adalah serat asbes; $H_2O + Mg$ atau $Al + \text{semen} + \text{air}$, dengan takaran tertentu serta melalui suatu proses tertentu maka jadilah asbes semen dan bentuknya dapat diatur dengan cetakan yang dikehendakinya.

Asbes semen adalah suatu bahan bangunan yang tergolong ringan, maka dalam pemakaiannya pada bangunan harus dengan menggunakan perekat atau menggunakan lis semacam kayu sebagai penahan karena material ini tidak dapat dipaku, dan keunggulan dipilihnya material/bahan ini untuk bangunan di daerah tropis karena tahan terhadap api. Gambar 2,7 adalah salah satu penggunaan untuk bangunan rumah.



Gambar 2.7. Pemakaian Material Asbes Semen

b. Industri Material Dari Mika

Industri yang memproduksi material mika berasal dari olahan yang menggunakan bahan baku mineral mika. Mika adalah suatu mineral memiliki sifat fisik yang mempunyai warna hitam yang mengkilap. Karena ketersediaan bahan baku mika yang banyak dan mempunyai keunggulan, maka mineral mika dapat dibuat macam-macam material/bahan pada beberapa industri:

- 1) Industri kelistrikan penghasil material untuk alat-alat listrik yang tegangan tinggi, mika juga digunakan untuk membuat lempeng gelombang paruh, dan material kondensator untuk penerapan frekuensi radio.
- 2) Industri batu permata, dan asesori rumah seperti pengganti kaca, patung, mebel dan lainnya.
- 3) Industri beberapa merk pasta gigi dan kosmetik khususnya mencerahkan warna kulit manusia.

Berikut ini di tampilkan bahan baku dan produksi hasil suatu industri berbahan baku mika:



Gambar 2.8. Mineral Mika Dari Alam

Ukiran tangan yang terbuat dari mika dan berasal dari tradisi *Hopewell*, seperti Gambar 2.9



Photo: Putri, 2017

Gambar 2.9. Material Mika Bentuk Patung

c. Industri Material Kaca

Industri yang memproduksi material kaca berasal dari bahan baku mineral kaca dengan bahan baku berasal dari pasir kwarsa, soda, kapur, magnesium dan logam timah hitam, besi aluminium dan lainnya. Komposisi utama kaca adalah silica dengan rumus kimianya SiO_2 dan beberapa oksida lain yang berfungsi sebagai pelengkap untuk memperbaiki mutu kaca, misalnya B_2O_3 , CaO , P_2O_5 , Na_2O , dan lain-lain.

Sifat-sifat fisik mineral kaca:

- 1) Berbentuk fase padat yang keras dan rapuh, sehingga mudah pecah.
- 2) Transparan yang jernih dan berkilap, sehingga tembus cahaya.
- 3) Penghantar kalor yang kurang baik. Namun jika dipanaskan dapat melunak, sehingga mudah dibentuk.
- 4) Fase padat yang tidak dapat larut dalam beberapa jenis zat pelarut, sehingga sangat tahan terhadap pengaruh asam, gas dan uap.

- 5) Sukar menghantar elektrik, sehingga banyak dipakai sebagian bahan penyekat (isolasi) dalam teknok listrik.

Kaca dapat dibuat sebagai kaca bayang, dengan cara salah satu sisi belakang kaca yang jernih dilapisi dengan suatu lapisan tipis bias dengan air raksa, perak atau dengan emas, sehingga kaca tersebut dapat memantulkan bayangan benda-benda yang ada di depannya. Kaca hasil produksi industri ini disebut dengan cermin.

Kekurangan pelapis dari air raksa harganya lebih mahal juga tidak tahan lama (mudah rusak), dan sekarang sudah tidak dianjurkan lagi, karena berbahaya bagi kesehatan, maka sekarang ini sebagai pelapis yang aman adalah menggunakan perak. Kaca yang mutunya baik jika kacanya berwarna jernih, permukaan kacanya rata dan tidak terdapat rongga-rongga udara dalam kaca tersebut. Beberapa produk material dari industri kaca hasil pengolahan mineral kaca diantaranya; botol-botol sesuai penggunaannya, cermin atau disebut kaca bayang , jendela, meja, pintu penyekat ruang, rumah kaca, jembatan kaca, dan sampai dibuat sebagai material isolasi yang digunakan oleh teknik kelistrikan.



Photo oleh: Reza, 2017

Gambar 2.10. Bahan Baku Mineral Kaca

Gambar 2.10 adalah salah satu contoh mineral kaca hasil tambang dan ukurannya diperkecil, tujuannya untuk diproses

pada industri dengan produk material yang dapat diperdagangkan seperti contohnya cermin.



Photo: Putri, 2017

Gambar 2.11. Jendela Kaca Sebagai Cermin Hias

Hasil pengolahan dari bahan baku mineral kaca yang dicampur dengan zat pewarna dapat membuat kaca lebih indah. Contoh produk industri kaca transparan yang diberi warna abu-abu, digunakan untuk penyekat ruangan dapat dilihat pada Gambar 2.12



Gambar 2.12. Kaca Transparan di Campur Pewarna

Hasil pengolahan mineral kaca yang dicampur zat pewarna dibuat menjadi dinding atau penyekat ruangan yang transparan, seperti pada lihat Gambar 2.12.



Gambar 2.13. Rumah Dari Kaca Berwarna

Gambar 2.13 contoh bahan bangunan dimana genteng, ventilasi, ubin lantai, lantai beton semuanya terbuat dari kaca. Sebagai pewarna dasar kaca adalah mineral kobalt rumus kimianya Co sangatlah baik untuk dipakai di beberapa industri. Co dapat menjadikan kaca berwarna kebiru-biruan.

d. Industri Material Tembaga

Industri tembaga dengan bahan baku dari mineral tembaga dengan rumus kimia tembaga adalah Cu . Cu golongan logam yang sifat fisiknya liat, dan agak keras. Sedangkan Cu yang murni sifat fisiknya agak lunak sehingga dapat dilenturkan untuk menghasilkan lembaran-lembaran tipis seperti kawat, mudah dipatri maupun dilas sehingga dapat ditarik dan Cu tahan karat sehingga aman ditempat yang lembab, warna Cu adalah kuning, jika dilihat dengan mikroskop Cu berwarna pink kecoklatan sampai keabuan, logam Cu juga ada yang berwarna kemerah-merahan.

Logam Cu dimanfaatkan dalam industri peralatan listrik seperti;

1) Penghantar Listrik dan Komponen Elektronika

Penghantar listrik dan komponen elektronika seperti pembuatan motor, generator, kabel transmisi, instalasi pada rumah dan industri, konduktor, kabel dan tabung *coaxial* juga *microwave*, sakelar, reaktifier transistor, bidang telekomunikasi, dan bagian yang membutuhkan sifat konduktivitas dan panas yang tinggi, seperti untuk pembuatan tabung-tabung dan klep di pabrik penyulingan.

2) Sebagai Paduan Logam.

Sebagai paduan logam yang terdiri dari kuningan dan perunggu, sehingga baik untuk konstruksi bangunan seperti, atap, pipa ledeng, campuran kuningan dengan perunggu, pengatur temperatur ruangan dan, peralatan mesin seperti pertanian, pesawat terbang, kapal laut dan mesin industri non listrik, seperti pembuatan selongsong peluru dan komponen persenjataan lainnya.

3) Sebagai Dekorasi Rumah

Dalam rumah tangga dapat sebagai, dekorasi rumah, membunuh jamur pada air dalam kolam renang, dan mematikan serangga atau hama pada tanaman.

Paduan tembaga dapat berupa:

- a. Perunggu. Perunggu adalah campuran antara Cu dengan timah putih rumus kimianya Pb atau dengan stannum rumus kimianya Sn, aluminium rumus kimianya Al.
- b. Perunggu Seng. Perunggu seng adalah campuran perunggu tembaga timah dengan seng rumus kimianya Zn.

- c. Perunggu Aluminium. Perunggu aluminium adalah campuran tuang dari tembaga, aluminium, besi dan lainnya.
- d. Perunggu Silisium. Perunggu silisium merupakan campuran silisium dengan rumus kimianya Si dengan timah, nikel, mangan, besi dan seng.
- e. Perunggu Timbal. Perunggu timbal terdiri dari campuran Pb, Sn dan Ni.
- f. Loyang. Loyang terdiri dari campuran Cu, Zn, dan Pb.
- g. Loyang patri. Loyang patri adalah campuran u, Zn, Pb atau Ag.

Gambar 2.14 adalah salah satu contoh produk dari industri tembaga.



Gambar 2.14. Hiasan Dari Material Tembaga

e. Industri Material Besi

Industri material berdasarkan mineral Bijih besi dengan rumus kimianya Fe adalah batuan tambang yang mengandung mineral besi dan mineral-mineral lainnya seperti silika, alumina, magnesia,

dan lain-lain. Warna Fe yang murni adalah gelap atau abu-abu yang mengkilat. Warna Fe juga ada yang merah dengan ciri mengoksidasi karat dengan mudah dan disebut besi oksida.

Beberapa hasil industri Fe agar tahan karat adalah baja (*stainless steel*) adalah campuran Fe, Cr, dan nikel, baja arang (*carbon steel*) campuran Fe, Mn, Si, C. Semuanya ini untuk bahan bangunan, senjata, peniti, dan sebagainya. Gambar dibawah ini beberapa produk industri besi.



Gambar 2.15. Bahan Baku Besi



Gambar 2.16. Besi dan Kawat Dari Baja



Gambar 2.17. Pagar Rumah Prodak Material Besi Baja

Logam zink dan magnesium dapat melindungi besi dari korosi.

Cara pencegahan korosi besi dengan cara:

- 1) Pengecatan bertujuan untuk menghindarkan kontak dengan udara dan air. Cat yang mengandung timbel dan zink (seng) akan lebih baik, karena keduanya melindungi besi terhadap korosi.
- 2) Pelumuran dengan oli bertujuan untuk mencegah kontak dengan air.
- 3) Pembalutan dengan plastik untuk mencegah kontak udara dan air.
- 4) Pelapisan dengan Pb hanya melindungi besi selama lapisan itu utuh, apabila lapisan timah ada yang rusak, maka timah justru mempercepat korosi besi.
- 5) Pelapisan dengan zink dapat melindungi besi dari korosi walaupun lapisannya tidak utuh.
- 6) Pelapisan ini untuk memberi lapisan pelindung yang mengkilap, misalnya untuk bumper mobil. Sama seperti

zink, kromium dapat memberi perlindungan sekalipun lapisan kromium itu ada yang rusak.

f. Industri Material Seng

Industri berbasiskan mineral seng dengan istilah zink rumus kimianya Zn, karena logam Zn mudah karat maka dilakukan pelapisan seng pada baja untuk mencegah perkaratan merupakan aplikasi utama seng. Zn merupakan logam yang berwarna putih kebiruan, berkilau. Tetapi produk yang tidak berkilau dimanfaatkan untuk komersial. Logam Zn fisiknya keras dan rapuh jika dipanaskan dapat menjadi lunak, mudah ditempa dan mudah dituang. logam Zn dapat menjadi rapuh kembali dan dapat dihancurkan menjadi bubuk dengan memukul-mukulnya. pada temperatur biasa Zn mudah patah, Zn mampu menghantarkan listrik. Prodak industri Zn; baterai, aloi, suplemen makanan, deodoran, sampo anti ketombe, cat, pembuatan perunggu dan kuningan, bahan-kimia, industri karet, layar TV, lampu neon dan elemen kering baterei, juga untuk sen dolar.

Kekurangan asupan Zn dapat menyebabkan banyak penyakit. Pada anak-anak dapat menyebabkan gangguan pertumbuhan, mempengaruhi pematangan seksual, mudah terkena infeksi, diare, dan setiap tahunnya menyebabkan kematian. Tetapi konsumsi Zn yang berlebihan dapat menyebabkan lemah lesu, dan kemunduran dalam daya ingat, timbulnya jerawat, dan timbulnya ketombe (wawancara dengan dr Putri, 2016).



Gambar 2.18. Bahan Baku Senyawa Seng



Gambar 2.19. Contoh Produk Material Seng

g. Industri Berbasis Mineral Tanah

Industri berbasis mineral tanah dapat digolongkan industri rakyat. Bahan baku tanah yang dimanfaatkan disesuaikan karakteristik tanahnya dengan mineral apa yang akan diproduksi. Tanah banyak diproduksi menjadi material bangunan, asesoris rumah juga kantor, untuk peralatan keperluan rumah tangga, dan lainnya.

Tanah adalah bagian kerak bumi yang tersusun dari mineral dan bahan organik (batuan organisme), yang mengalami pelapukan karena suhu bumi. Komposisi dan warna tanah berbeda-beda pada satu lokasi dengan lokasi yang lain. Perbedaan komposisi dan warna tanah, karena pengaruh kondisi proses kimia pembentukannya mulai dari berwarna hitam, coklat, merah bata,

jingga, kuning, hingga putih. Warna tanah kemerahan atau kekuningan biasanya disebabkan mengandung Fe, biasanya banyak terdapat pada jenis tanah liat. Tanah liat banyak dimanfaatkan oleh produsen batubata, genteng, kendi, dan lain-lain.

Penambangan tanah liat dilakukan dengan pengerukan pada lapisan permukaan tanah dengan excavator apabila penambangan besar-besaran. Tapi industri rakyat biasanya menggunakan cangkul atau sejenisnya.

Gambar 2.20 adalah salah satu lokasi bahan baku tanah yang akan dibuat material bangunan dan asesoris rumah, kantor atau hotel. Gambar 2.21 adalah produk tanah liat yaitu batu bata dan guci.



Photo oleh: Ridho, 2016

Gambar 2.20. Mineral Tanah Liat



Photo: Ridho, 2016



Photo: Putri, 2017

Gambar 2.21. Material Batu Bata dan Guci

Beberapa Mineral Dalam Tanah

- 1) Gypsum rumus kimianya $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, umumnya berwarna putih, warna kuning, abu-abu, merah jingga, dan hitam, Gypsum umumnya mempunyai sifat lunak, pejal, kekerasan.
- 2) Kaolin dalam tanah liat untuk pembuatan porselin, juga digunakan untuk bahan baku seperti, cat, plastik, kaca serat, lem, keramik, dan produk karet.

Tanah bisa tercemar akibat masuknya senyawa kimia atau B3 dari aktifitas manusia. Bahan kimia tersebut masuk ke tanah dan akan mengganggu ekosistem lingkungan asli tanah, sehingga menyebabkan penurunan kualitas tanah. Penurunan kualitas tanah dapat merubah fungsi tanah, karena komposisi tanah akan mengalami perubahan karena terdegradasi oleh bahan kimia atau B3 yang masuk.

h. Industri Mineral Pasir

Industri berbasis mineral pasir produknya seperti batako, dan lain-lain untuk mineral bangunan. Mineral pasir berasal dari batuan atau kerang yang hancur menjadi butiran kecil, dan berada didasar laut, sungai atau danau. Pasir berwarna putih bening atau warna lain bergantung pada senyawa campurannya. Pasir mempunyai komposisi campuran dari SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , TiO_2 , CaO , MgO , dan K_2O .

Penambangan pasir dilakukan oleh produsen dengan cara dikeruk dari dasar sungai, dinaikkan pada tongkang, perahu atau sejenisnya, sekaligus sebagai alat transportasi air untuk dibawa ke darat. Setelah sampai didarat diangkut dengan menggunakan truk untuk dibawa ke industri material seperti batako dan lainnya.



Photo oleh: Putri, 2017

Gambar 2.22. Salah Satu Jenis Pasir dan Produk Batako

Gambar 2.22 adalah tumpukan mineral pasir yang diambil dari dasar sungai, yang siap untuk bahan baku industri menjadi produk material dari pasir untuk keperluan bangunan seperti produk batako.

i. Industri Mineral Semen

Industri semen memproduksi material semen memanfaatkan bahan bakunya dari batu kapur dengan rumus kimianya CaCO_3 , kemudian ditambah tanah liat menghasilkan kaolinite dengan rumus kimianya $2\text{SiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Pembuatan material yang inovatif dari semen diantaranya,

dengan penambahan mineral pasir besi rumus kimianya Fe_2O_3 , atau *copper slag* ($\text{Fe}\cdot\text{SiO}_3$, Ca_2Fe , CuO), kemudian ditambah pasir silika rumus kimianya SiO_2 , dan *lime stone high grade* rumus kimianya CaCO_3 .

Gambar 2.23 adalah salah satu contoh mineral semen, sebagai bahan baku yang digunakan dalam industri penghasil material produk dari semen. Contoh produknya seperti pada Gambar 2.24 adalah semen yang telah dipacking dan contoh patung untuk asesoris rumah, kantor, hotel, dan lainnya.



Gambar. 2.23. Mineral Semen



Gambar 2.24. Contoh Patung Produk Dari Semen

Salah satu proses pembuatan semen batu kapur, batu silika, tanah liat, dan mineral-mineral lain yang

mengandung kalsium, silikon, alumunium, dan besi oksida yang diekstarksi menggunakan alat yang disebut *drilling* dan *blasting*.

i. Industri Material Cat

Industri berbasisan cat biasanya bahan baku yang dipakai adalah kaolin. Untuk menghasilkan produk cat yang baik, haruslah memperhatikan kondisi;

- 1) Pengeringannya maksimal 30 jam, sehingga tidak terjadi pecah-pecah.
- 2) Tahan terhadap cuaca, sehingga warnanya tidak luntur.
- 3) Menghasilkan lapisan cat yang kenyal dan lengket
- 4) Bila diulaskan dapat menutup dengan rata, sehingga tidak menyerap debu.

Manfaat dari cat diantaranya:

- 1) Sebagai pewarna material, agar material menjadi indah dan menarik.
- 2) Material dapat terlindungi dari proses pelapukan, karena terlindungi dari cuaca yang panas.



Gambar 2.25. Contoh Produk Cat

j. Industri Material Timah Putih

Industri yang memproduksi material timah, memanfaatkan bahan baku mineral dari logam timah putih dengan rumus kimianya Zn. Sifat logam timah adalah sangat lunak dengan warna putih mengkilat. Timah putih tidak beracun, tahan terhadap udara, tetapi tidak tahan terhadap asam seperti asam klorida (HCl) dan asam sulfat (H₂SO₄).

Produk industri Zn diantaranya :

- 1) material lapis tembaga.
- 2) peralatan listrik tahan korosi.
- 3) bahan soldir dengan cara mencampur Zn dengan Pb campur.
- 4) Pelat tipis untuk kapasitor.
- 5) Kontak sekring, dan lain-lain.
- 6) Dekorasi atau asesoris rumah, laboratorium, dan lainnya



Gambar 2.26. Contoh Produk Timah

Gambar 2.26 adalah salah satu dari produk dari industri yang memanfaatkan mineral Zn menjadi produk asesoris rumah, dalam bentuk timbangan.

k. **Industri Material Lem**

Industri lem atau perekat menggunakan bahan baku kaolin untuk menghasilkan produk lem. Lem adalah salah satu material yang dibutuhkan untuk banyak aktifitas pekerjaan seperti, perkantoran,

industri, bangunan, dan banyak lagi yang lainnya. Fungsi lem adalah untuk merekatkan atau menyambung satu bahan ke bahan yang lain.



Gambar 2.27. Lem Perekat

Jenis produk dari industri lem antara lain:

- 1) Lem glutin adalah lem panas,
- 2) lem putih dan lem syntetis untuk barang-barang syntetis.
- 3) Lem perekat kayu, lem yang tak berlemak
- 4) Lem perekat kayu dengan besi,
- 5) lem perekat pipa-pipa PVC disebut lem indrastik.
- 6) lem perekat bahan seperti kayu, karet atau busa, kulit. *hardboard*, formica, plastic, yang disebut dengan lem indrabon
- 7) Lem perekat *plywood*, plastik, kulit, karet, tegel, dan porselin, yang disebut lem aica aibon.

1. Industri Material Kayu

Industri dengan bahan baku dari tanaman keras yang disebut pohon akan menghasilkan produk kayu atau material kayu seperti; meja, kursi, tempat tidur, lemari, pintu, jendela, rangka atap, kertas, tisu, hiasan rumah, hotel atau kantor, dan banyak lagi yang lainnya.

Bahan kayu yang diolah adalah potongan batang pohon yang sudah keras, yang sudah dapat diolah menjadi material yang bernilai lebih

tinggi. Salah satu contoh produk dari pohon seperti pada gambar 2.28 yang siap digunakan untuk bahan bangunan.



Gambar 2.28. Bahan Kayu untuk Bangunan

Produk industri kayu yang sekarang ini bernilai tinggi apabila bahan bakunya adalah dari pohon jati. Contoh produk dari kayu jati dapat dilihat pada Gambar 2.29.



Gambar 2.29. Contoh Lemari Kayu Jati

Karena bahan baku kayu sudah mulai berkurang sedangkan permintaan dari konsumen terus meningkat maka, produsen memanfaatkan kayu buatan. Kayu buatan adalah kayu yang dibuat dari beberapa lapis *fineer* yang tipis. Jenis kayu buatan antara lain:

plywood, fineer, triplek, papan wol kayu, hardboard, Softboard. Kayu buatan sangat cocok untuk dibuat *plafond*, untuk atap dan dinding pemisah ruangan juga untuk pembuatan daun pintu, juga untuk pembuatan meubel.

2. Pengolahan Limbah Padat Industri

Limbah padat biasanya disebut dengan sampah padat adalah semua zat atau benda yang sudah tidak terpakai lagi. Limbah padat atau sampah berasal dari; sisa-sisa proses industri, sisa-sisa rumah tangga, tanaman yang mati (pohon tumbang atau dedaun yang gugur), dan dari yang lainnya. Penangan limbah tersebut haruslah difikirkan seefisien mungkin agar tidak menjadi pencemaran dan mengotori lingkungan yang akan berdampak pada kesehatan. Sebaiknya limbah atau sampah tersebut dapat dimaksimalkan menjadi suatu barang yang bernilai, dengan cara mengolahnya.

Pengolahan limbah padat dapat dilakukan melalui dua cara berdasarkan sifatnya yaitu, limbah padat tanpa pengolahan dan limbah padat dengan pengolahan. Limbah padat tanpa pengolahan dapat dibuang ke tempat tertentu yang difungsikan sebagai tempat pembuangan akhir karena limbah tersebut tidak mengandung unsur kimia yang beracun dan berbahaya. Tempat pembuangan limbah tersebut dapat di daratan ataupun di laut. Berbeda dengan limbah padat yang mengandung senyawa kimia berbahaya dan beracun atau yang setidak-tidaknya menimbulkan reaksi kimia baru, limbah semacam ini harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke tempat pembuangan akhir.

Faktor perlunya limbah diolah karena:

1) Jumlah Limbah.

Jumlah limbah baik sedikit atau banyak harus tetap difikirkan baik tempat atau sara pembuangannya, karena limbah adalah suatu bahan sisa yang kurang bernilai sampai mengganggu karena bau dan mengganggu pemandangan.

Oleh sebab itu dibutuhkan tempat pembuangan akhir dan sarana angkutan yang khusus.

2) Sifat Fisik dan Kimia Limbah

Limbah padat terdiri dari berbagai macam bentuk, tergantung industri mngeluarkan jenisnya. Sifat fisik limbah akan menentukan tempat pembuangan akhir limbahnya, dan sarana pengangkutan serta sistem pengolahan yang akan dipakai. Sifat kimia dari limbah padat akan merusak dan mencemari lingkungan karena dapat menghasilkan reaksi senyawa baru yang dapat mendegradasi ekosistem lingkungan sekitarnya. Limbah padat yang berupa lumpur seperti dari pabrik *pulp* akan mencemari air tanah melalui pori-pori tanah.

3) Tingkat Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan.

Lingkungan terdiri dari berbagai komponen, baik yang sensitive maupun yang tidak terhadap berbagai komponen polutan. Perlu diketahui komponen mana yang terkena dampak dan bagaimana sampai dimana tingkat pencemaran yang ditimbulkan?

Pengolahan limbah padat industri dapat dilakukan melalui beberapa proses:

a. Pemisahan.

Pemisahan perlu dilakukan karena dalam limbah terdapat berbagai ukuran dan kandungan bahan tertentu. Di samping itu juga untuk menyesuaikan dengan kondisi peralatan dan sekaligus mencegah kerusakan peralatan (mesin).

Contoh proses pemisahan dapat dilakukan dengan banyak cara namun dalam buku ini dijelaskan hanya dua cara yang sering dipakai:

1) Pemisahan Magnetis.

Proses pemisahan cara magnetis sangat sederhana sekali, bahan yang bersifat magnetik akan menempel pada magnet yang terdapat pada peralatan, sedangkan yang tidak mempunyai sifat magnetik akan langsung terpisah. Alat ini banyak digunakan untuk memisahkan limbah yang merupakan campuran antara bahan logam dan non-logam.

2) Pemisahan Gravitasi.

Proses pemisahan cara gravitasi adalah proses secara alam. Pemisahan cara gravitasi dilakukan berdasarkan gaya beratnya, misalnya terhadap bahan yang mengapung dengan bahan yang tenggelam di dalam air karena adanya gravitasi maka bahan akan mengendap.

b. Pembakaran.

Bahan diperkecil untuk mendapatkan ukuran yang lebih homogen sehingga mempermudah pemberian perlakuan pada pengolahan berikutnya, dengan maksud agar berat, ukuran dan volume bahan menjadi lebih kecil. Proses penyusutan dilakukan dengan cara pembakaran menggunakan alat *incinerator*.

Pihak industri yang mempunyai limbah organik hendaknya mensosialisasikan cara mengolah limbah organik bersama-sama dengan masyarakat dengan cara yang sederhana yaitu cara pengomposan. Cara ini sangatlah efisien dan efektif karena dapat dilakukan dengan bahan kimia yang terdapat di dalam limbah. Bahan kimia dalam limbah akan mengurai limbah organik tersebut secara biokimia, sehingga akan menghasilkan bahan organik baru yang lebih bermanfaat.

Hasil pengomposan perlu dilakukan dengan cara pemisahan ataupun penyusutan, seperti yang diterangkan diatas agar ukuran kompos lebih baik. Pengomposan banyak dilakukan terhadap limbah yang mudah

membusuk seperti dari dedaunan pohon dan sayuran, limbah padat organik perkotaan, buangan industri, lumpur pabrik, dan sebagainya, karena limbah seperti daun dan sayuran tergolong limbah organik.

Apabila masyarakat dapat melakukannya secara individu maupun per kelompok perumahan warga, dapat menjadikan kota lestari, dan dapat dimanfaatkan menjadi pupuk tanaman warga atau kota. Masyarakat yang dapat memprosesnya dengan kapasitas banyak dan secara kontinyu, maka dapat dijual untuk menambah *income* bagi yang memproduksinya. Apabila produksi kompos dilakukan secara serius dapat ditingkatkan menjadi industri rumah tangga.

Manfaat pupuk kompos diantaranya:

1) Mengurangi Volume Sampah.

Mengurangi volume sampah yang akan dibuang di TPA, karena sampah dikomposkan ditempat dimana kompos tersebut diambil, maka dengan sendirinya volume sampah yang diangkut ke TPA akan berkurang.

2) Peningkatan Nilai Tambah Sampah.

Sampah identik dengan bahan buangan yang tidak memiliki nilai, kotor, kumuh, dan bau. Namun sampah ini memiliki nilai dalam hal menyuburkan tanah dan tanaman dan bermanfaat untuk lingkungan juga.

Cara pembuatan kompos dari industri rumah tangga sangat mudah dan sederhana. Investasinya juga sederhana dan murah.

- 1) Wadah atau kantong pengompos daun-daun yang dipakai adalah wadah bekas. Pada dinding wadah atau kantong dilobangin dibeberapa tempat tujuannya adalah untuk aerasi, sedangkan pembuatan beberapa lobang dibagian bawah tujuannya untuk pengeluaran air. Apa bila untuk proses pengomposan menggunakan kantong plastik baik yang kantong mulsa hitam atau menggunakan plastik terpal.



Photo: Hasmawaty, 2015

Gambar 2.30 Pembuatan Kompos

- 2) Tali tambang, untuk mengikat kantong yang berisi sampah
 - a) Ember untuk mengencerkan promi atau biosri.
 - b) Promi atau biosri adalah activator untuk mempercepat proses pengomposan.
- 3) Air, gunanya untuk mengencerkan promi sekaligus membasahi sampah organik (dalam hal ini daun).
- 4) Pipa paralon yang dilobangin, untuk keluarnya gas.
- 5) Pengaduk (kayu), untuk membalik-balikkan sampah.
- 6) Thermometer, untuk mengukur panasnya kompos.

Tahapan Pengomposan:

- 1) Pengumpulan Sampah Organik.

Sampah organik dikumpulkan. (jika sampahnya kering sebaiknya di basahin agar lembab. Pada dasarnya sampah tidak perlu di dicacah, tetapi jika ukuran sampahnya besar perlu dipotong (contoh sampah yang perlu dipotong: batang pisang, ranting, tangkai, dahan dan lain-lain), agar dapat masuk dalam Ember atau kantong.

Sampah tersebut dimasukkan secara bertahap, setiap tahap memasukkan sampah diukur kurang lebih 10 cm dari dasar kantong. Kemudian siramkan secara merata larutan promi.

Masukan kembali selapis sampah dan siram kembali larutan promi. Ulangi langkah-langkah ini hingga kantong penuh. Masukkan dedaun ke dalam kantong.

2) **Inkubator.**

Tutup rapat kantong dengan tali plastik. Kemudian dibiarkan kurang lebih 3-6 minggu hingga kompos matang.

3) **Panen Kompos.**

Panen dilakukan setelah kompos matang. Kompos bias saja langsung digunakan untuk memupuk tanaman atau dijual. Namun apabila kita akan menjadikan suatu bisnis, maka sebaiknya kompos tersebut diolah terlebih dulu, yaitu kompos kita jemur, dicacah lalu di diayak dan di timbang masukkan dalam kantong.



Gambar 2.31. Kompos Siap Dipanen

Pengolahan akhir limbah dapat dilakukan setelah satu atau lebih proses dilakukan, maka proses akhirnya adalah pembuangan limbah. Tempat pembuangannya dapat dibedakan menjadi:

a. Pembuangan Di Laut.

Laut cukup luas sebagai tempat pembuangan limbah, dan diperkirakan kecil sekali dampaknya terhadap kualitas air laut karena air laut mempunyai kemungkinan besar untuk menetralisasi B-3. Pembuangan ke laut juga harus memperhatikan pemanfaatn laut oleh masyarakat di sekitar

tempat pembuangan, seperti taman rekreasi, tempat nelayan mencari ikan, tama laut, dan sebagainya. Di samping itu perlu pula diperhatikan kedalaman laut tempat pembuangan limbah.

Dari uraian ini jelas bahwa tidak semua limbah padat dapat dibuang ke laut terutama limbah yang mengandung senyawa kimia beracun dan berbahaya, seperti limbah radioaktif dan sebagainya. Di samping itu walaupun tidak mengandung bahan beracun dan berbahaya, tetapi mengingat pemanfaatan laut sebagai tempat rekreasi, lalu-lintas kapal, dan nelayan mencari ikan, maka pembuangan tidak dapat dilakukan di sembarang tempat di laut.

b. Pembuangan Di Darat

Pembuangan di darat dinamakan dengan *sanitary landfill*. Penetapan tempat pembuangan di darat membutuhkan pertimbangan lebih seksama mengingat tidak semua daratan dapat dijadikan tempat pembuangan.

Pemilihan lokasi *landfill* harus mempertimbangkan pengaruh iklim, suhu, kecepatan dan arah angin, struktur tanah, jaraknya terhadap lokasi pemukiman penduduk, kemungkinan pengaruhnya terhadap sumber air, perkebunan, perikanan, peternakan, flora-fauna, dan lain-lain. Hendaknya lokasi yang ditetapkan adalah lokasi yang benar-benar tidak ekonomis (non-produktif) untuk kepentingan apapun.

Menurut keadaannya, lokasi *landfill* dapat dibedakan menjadi:

a. *Landfill* Lembah.

Lerengnya terjal dan berbentuk lembah. Limbah di masukkan secara bertahap sampai sama datarnya dengan permukaan tanah di atas. Demikian dilakukan secara terus menerus.

b. *Landfill* Galian.

Tanah sengaja digali sesuai kebutuhan. Limbah dimasukkan ke dalam lubang gaian dan bila sudah rata dengan permukaan tanah, limbah ditimbun dengan tanah dan kemudian dipadatkan.

c. *Landfill* Tanah Datar.

Limbah ditumpuk pada tempat tertentu kemudian dipadatkan dan ditimbun dengan tanah dan dipadatkan kembali dan disusul dengan timbunan berikutnya sampai berlapis-lapis. Bagian paling atas ditutup dengan tanah dan kemudian dipadatkan.

Pada beberapa pabrik tertentu limbah air mengalir bersama dengan limbah padat. Pada tempat pengolahan limbah, zat padat tersebut akan tinggal pada dasar wadah. Bila limbah langsung dialirkan ke sungai, limbah padat akan mengendap pada dasar sungai sehingga mengakibatkan pendangkalan secara perlahan-lahan. Dalam beberapa hal tertentu pada masa pra-pengolahan, pada limbah terdapat bahan padat sehingga membutuhkan pengolahan pendahuluan sebelum memasuki proses.

Kolam pengolahan air limbah, seperti kolam pengendapan, kolam aerasi, harus dikuras untuk mengeluarkan lumpur yang terus menerus menebal setiap hari. Lumpur hasil, buangan inipun membutuhkan lahan pembuangan.

Industri buah-buahan dalam kaleng, yang menghasilkan kulit dan serat-serat, dalam waktu relatif singkat akan menciptakan bau yang kurang sedap. Mengatasi limbah tersebut perlu upaya pengendalian dan penanggulangan baik untuk tujuan daur-ulang maupun untuk memenuhi syarat buangan. Untuk beberapa jenis buangan tertentu barangkali tidak membutuhkan pengomposan, tetapi pembakaran (insinerasi). Untuk itu tahapan yang dilakukan pada umumnya adalah,

a. Pemekatan

Pemekatan tujuannya untuk memudahkan penghancuran, bahan ditambahkan dengan air dan bahan kimia. Dengan demikian bahan menjadi lunak sehingga dapat dihancurkan dengan mudah.

b. Penghancuran

Penghancuran tujuannya agar bahan yang masih keras dapat dihancurkan, sehingga ukurannya menjadi lebih homogen dan bahan yang tidak dapat dihancurkan akan dibuang pada tempat yang telah tersedia.

c. Pengurangan

Pengurangan yang dimaksud adalah pengurangan kadar air dengan alat penghisap, kadar air dalam bahan dapat dikurangi. Pengurangan air sebelum proses lanjut memudahkan proses pengeringan.

d. Pembakaran

Pembakaran tujuannya agar bahan padat yang telah cukup kering dapat dibakar dengan mudah.

e. Pembuangan

Pembuangan tujuannya agar abu sisa pembakaran, sisa penghancuran, dan air dapat dibuang ke tempat yang telah ditetapkan.

2.2. Industri Potensi Daerah Berbasis Agro

Industri potensi daerah berbasis agro yaitu industri kelapa sawit, karet, *pulp*, hasil hutan seperti furniture dari kayu, rotan, dan lain-lain. Industri potensi daerah dalam sub bab ini dibahas hanya dua contoh industri berbasis agro, yaitu industri kelapa sawit dan karet.

Industri agro dalam oprasional prosesnya juga menggunakan zat kimia, terutama saat proses pengolahan air limbahnya.

2.2.1. Industri Kelapa Sawit

Industri berbasis potensi perkebunan kelapa sawit di Indonesia sampai saat ini masih terus dikembangkan. Industri ini sangat

memberikan devisa untuk negara tropis yang membudidayakan kelapa sawit sebagai bahan baku dalam proses pembuatan minyak, dan lain-lain.

1. Sumber Daya Kelapa Sawit

Industri berbasis potensi perkebunan kelapa sawit di Indonesia sampai saat ini masih terus dikembangkan. Industri ini sangat memberikan devisa untuk negara tropis yang membudidayakan kelapa sawit sebagai bahan baku dalam proses pembuatan minyak, dan lain-lain. Luas areal perkebunan secara alami kelapa sawit hanya dapat tumbuh di daerah tropis. Tanaman ini dapat tumbuh ditempat lahan yang basah dan lempung juga subur, dengan derajat keasaman (pH) antara 4-6 seperti disepanjang bantaran sungai dan ditempat yang berawa lainnya. Apabila pohon sawit yang akan ditanam pada suatu wilayah (dijadikan perkebunan) harus dipilih atau diperhitungkan lingkungan lahannya dimasa depan, karena pohon jenis ini banyak memerlukan air yang dapat membuat tanah menjadi miskin hara, karena tanahnya menjadi kering kekurangan air sehingga kualitas tanahnya menurun.

Sinar matahari yang langsung mengenai daun kelapa sawit setiap harinya dapat memperkaya penghasil oksigen yang sangat diperlukan dalam penyeimbangan panas bumi. Istilah bahwa daun kelapa sawit sebagai paru-paru bumi, karena daun-daun kelapa sawit menyerap gas-gas CO₂ yang bergentayangan di udara. Oleh sebab itu digalakkannya perluasan perkebunan kelapa sawit selain sebagai *income* suatu Negara juga menerapkan program mitigasi. Angin tidak mempengaruhi pertumbuhan karena bentuk daunnya yang keras dan kokoh melekat pada batangnya, sehingga tidak mudah patah apabila diterpa angin yang kencang.

Kelapa sawit termasuk tanaman komoditas perkebunan yang menjadi andalan dinegara agraris seperti Negara Indonesia, prospek pengembangan perkebunan kelapa sawit terus dikembangkan. Kelapa sawit baik mentah maupun hasil olahannya menyumbang devisa bentuk tanaman agro terbesar bagi negara setelah karet dan kopi. Kelapa sawit adalah tanaman penghasil minyak nabati yang dapat diandalkan, karena

minyak yang dihasilkan memiliki berbagai keunggulan dibandingkan dengan minyak yang dihasilkan oleh tanaman lain. Keunggulan tersebut di antaranya memiliki kadar kolestrol rendah bahkan tanpa kolestrol.

Minyak nabati dari industri kelapa sawit merupakan produk utama yang bisa dihasilkan dari tanaman kelapa sawit. Minyak kelapa sawit yang dihasilkan dari pengolahan buah kelapa sawit berupa minyak mentah *Crude Palm Oil (CPO)* yang berwarna kuning dan minyak inti sawit *Palm Kernel Oil (PKO)* yang jernih dan tidak berwarna. CPO atau PKO banyak digunakan sebagai bahan industri pangan (minyak goreng dan margarin), industri tekstil, kosmetik, dan sebagai bahan bakar alternatif (lihat Bab III).



Gambar.2.32 Pohon Kelapa Sawit

Tandan Buah Segar (TBS) kelapa sawit untuk pengolahan CPO adalah buah matang penuh, dan tangkai buah harus dibuang. Bahan baku yang masuk ke PKS diseleksi terlebih dahulu sebelum diolah, bahan baku yang belum sempat diolah diproses dan disimpan terlebih dahulu distasiun bongkar muat (*loading ramp*).

2. Limbah Industri Kelapa Sawit

Limbah industri kelapa sawit terdiri dari gas, padatan, dan cair. Dalam sub bab ini yang akan dibahas adalah limbah berupa cair yang keluar dari pabrik yang masih dimanfaatkan untuk bahan baku industri lainnya.

Contohnya limbah cair dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku *Fatty Acid Methyl Ester (FAME)* dalam istilah pasarnya disebut metil ester asam lemak. FAME berasal dari minyak nabati seperti minyak goreng.

Beberapa yang dapat dikatakan limbah industri kelapa sawit yang masih dapat dimanfaatkan menjadi FAME diantaranya;

- a) Lemak dari minyak nabati yaitu yang berupa minyak goreng bekas yang diubah menjadi proses transesterifikasi, yaitu hasil reaksi minyak goreng bekas dengan methanol menggunakan NaOH atau KOH sebagai katalisator,
- b) Limbah minyak sawit yang telah bercampur dengan air di kolam-kolam penampung limbah dikatakan limbahnya bersifat nontoksik dapat dijadikan bahan baku FAME,
- c) *Palm Fatty Acid Distillate (PFAD)* juga dapat dijadikan FAME karena bersifat toksik (beracun). Oleh sebab itu PFAD tidak diizinkan untuk dibuat minyak goreng.

CPO berasal dari limbah kelapa sawit dan PFAD di proses dengan alat distilasi. Sedangkan bahan baku biodiesel dari FAME disamping murah juga ramah lingkungan karena terbuat dari nabati. Pembuatan biodiesel dari minyak kelapa sawit akan dibahas pada Bab III.

Limbah dari industri minyak kelapa sawit yang telah bercampur dengan air yang berada di kolam-kolam penampungan limbah, masih mengandung *Crude Palm Oil (CPO)* bersifat nontotoksik.

Beberapa parameter limbah cair minyak kelapa sawit mengandung kadar yang tinggi dalam ukuran mg/l seperti minyak lemak, BOD, dan COD. Komponen parameter tersebut apa bila berada dalam badan air lebih dari yang diizinkan dalam Baku Mutu Limbah Cair (BMLC) akan mengakibatkan defisit oksigen sehingga dapat mengakibatkan ikan dan tumbuhan air yang ada akan punah.

Sludge dari limbah padat berbentuk bubuk yang terikut dalam limbah cair secara terus menerus menumpuk dapat mengakibatkan pengendapan dalam badan air, sehingga dapat mengakibatkan sinar matahari akan

terhalang masuk ke dasar badan air yang berdampak pada ekosistem air menjadi tidak seimbang.

Ketidak seimbangan ekosistem yang dimaksud akibat adanya defisit oksigen dalam badan air yang akan merombak bahan organik dalam limbah cair dari industri minyak kelapa sawit secara anaerob, yang dapat mengurai menjadi gas H₂S. Adanya gas H₂S dalam badan air flora dan fauna air akan punah. Disamping itu bahan organik dalam air yang anaerob akan terurai menjadi CO₂ dan CH₄, kedua gas-gas tersebut akan bergentayangan ke udara sebagai gas rumah kaca yang mengakibatkan panas bumi.

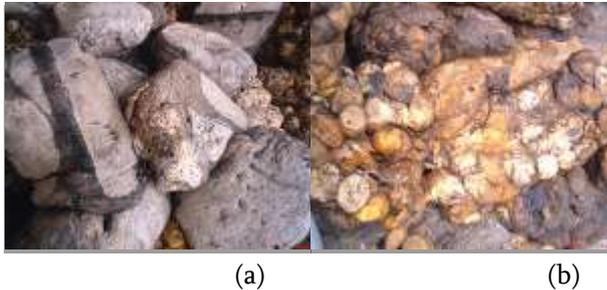
2.2.2 Industri Karet

Di Indonesia standard untuk industri karet disebut dengan *Standard Indonesian Rubber (SIR)*. Sedangkan *crumb rubber* termasuk golongan karet spesifikasi teknis dengan istilah disebut *Technical Specified Rubber (TSR)*.

1. Sumber Daya Karet

Produk yang di hasilkan dari industri karet yang *crumb rubber* untuk penilaian mutunya tidak dilakukan secara visual seperti cara menganalisis sifat-sifat fisik dan kimia diantaranya, kadar abu, kotoran, N, plastisitas *wallace* dan viskositas *mooney*.

Saat ini *lump* atau *slab* didapat dari perkebunan rakyat. Langkah yang dilakukan adalah bahan baku *slab* dan *cup lump* harus ditimbang. Tujuan penimbangan adalah untuk mengetahui berat basah dari bahan baku sebelum masuk kedalam pabrik. Dilanjutkan dengan pemeriksaan di laboratorium, tujuannya untuk memeriksa kadar karet kering dari bahan baku karet tersebut untuk dapat mengetahui berat kering yang diterima oleh pabrik. Selanjutnya karena bahan bakunya masih bentuk bongkahan yang besar dan masih kotor, maka diawali dengan proses pengolahan dipabrik *crumb rubber*, oleh sebab itu diperlukan peralatan pengecilan ukuran yaitu alat *size reduction* dan lalu pencucian.



Gambar 2.33. Bahan Baku: (a) *Slab* dan (b) *Cup Lump*

Bahan baku yang disebut *slab* adalah bekuan *lateks* yang digumpalkan. Caranya adalah dengan menambah zat koagulan atau penggumpal. Koagulan yang biasa digunakan dan disarankan adalah asam semut (*formic acid*). Dan *lump* yang berbentuk mangkok adalah bekuan *lateks* yang menggumpal secara alami didalam mangkok pengumpul lateks. Lateks akan membeku secara alami dalam waktu kurang lebih 3 jam (wawancara langsung dengan petani dan karyawan pabrik salah satu pabrik pengolah karet, 2006).

Tahap pengolahan *crumb rubber* meliputi :

a. Peremahan

Peremahan bertujuan mengurangi kadar air untuk mendapatkan remahan yang siap dikeringkan. Kompo diremahkan dalam alat granulator. Sifat yang dihasilkan oleh peremahan adalah mudah dikeringkan sehingga dicapai kapasitas produksi yang lebih tinggi dan kematangan remah yang sempurna.

b. Pengeringan

Kompo yang telah mengalami peremahan selanjutnya dikeringkan dalam *dryer* Pengeringan bertujuan untuk menurunkan kadar air sampai batas aman simpan dengan baik dari gangguan serangga maupun mikrobiologis, enzimatik dan hidrolis. Dalam pengeringan faktor yang dapat memengaruhi hasil adalah lamanya penuntasan, ketinggian remahan, suhu dan lama pengeringan.

c. Pengepresan

Pengepresan merupakan pembentukan bandela-bandela dari remah karet kering. Bahan yang keluar dari pengering kemudian ditimbang, setelah itu produk dipress dengan menggunakan mesin *press bandela*.

d. Pembungkusan dan Pengepakan

Pembungkusan dimaksudkan untuk menghindari penyerapan uap air dari lingkungan serta bebas kontaminan lain. Setelah produk dipress, kemudian disimpan diatas meja alumunium untuk penyortiran dengan menggunakan pengutip. Setelah itu produk dibungkus dengan plastik transparan. Bandela yang telah dibungkus, kemudian dimasukkan dalam peti kemas dengan susunan saling mengunci.



Photo Oleh: Yuda

Gambar 2.34. (a) Bahan Baku dan (b) Produk Karet Remah

2. Limbah Industri Karet

Pengolahan limbah dari industri karet melalui beberapa proses dengan permasalahannya:

- a. Pada proses pengolahan karet remah (*crumb rubber*) tergolong proses basah, artinya memerlukan air hampir pada setiap prosesnya. Jika bahan baku karetnya berasal dari karet rakyat, yang kadar kotorannya cukup banyak, maka diperlukan air pada

setiap proses pencuciannya cukup banyak. Air digunakan untuk pembersihan dan penggilingan. Pada umumnya air limbah pabrik karet remah bersifat asam dengan pH 5.5–6. Hal ini disebabkan pemakaian asam asetat atau asam format untuk proses penggumpalan lateks.

- b. Proses pengolahan *lateks* menjadi pekat. Pemekatan *lateks* menghasilkan air limbah yang cukup banyak, air limbah akan keluar menuju Instalasi Pengolahan Limbah (IPAL) tujuannya untuk proses pencucian dengan alat separator yang menggunakan bahan kimia yaitu tawas dan soda abu



Photo Oleh: Yuda

Gambar 2.35. IPAL Industri Karet

2.2.3. Industri Berbasis Hutan

Industri berbasis hutan adalah dikelompokan industri agro dengan bahan baku dari ekosistem hutan bakau (hutan mangrove) berupa pohon dan pohon yang lainnya.

1. Industri Hutan

Hutan adalah suatu ekosistem yang ditumbuhi beberapa jenis pohon dan-lain. Pohon-pohonnya dapat dimaanfaat untuk industri-industri penghasil seperti bahan bangunan, furniture kantor maupun rumah tangga, dan lainnya. Hutan sekarang ini makin terdegradasi karena banyaknya penebangan liar yang menjadikan hutan dieksploitatif. Areal

Hutan Tanaman Industri (HTI) adalah areal hutan yang dilindungi dalam undang-undang, karena dianggap beberapa pohonnya langka dan sampai sekarang ini sebagai paru-paru dunia. Beberapa pohon yang tidak boleh ditebang diantaranya; pohon pada hutan lindung, pohon di hutan sepanjang Daerah Aliran Sungai (DAS), dan pohon di hutan konservasi untuk suaka alam.

Terjadinya degradasi hutan disebabkan oleh bermacam-macam diantaranya karena; kebakaran secara alami, kebakaran disebabkan adanya peladang berpindah, dan penebangan liar. Kondisi ini dapat terjadi karena jumlah petugas sebagai aparat pengawasan hutan yang tersedia masih kurang jika dibandingkan dengan areal hutan yang sangat luas. Hutan yang berhektare harusnya diawasi oleh satu tim Kepala Resort Pemandu Hutan (KRPH) dengan beberapa anggota yang sudah dilatih. Permasalahan dalam hal pengawasan hutan yang belum tersedia, kendala sarana juga menjadi pertimbangan seperti:

- a. Sarana jalan di masing-masing daerah maupun provinsi yang berbeda.
- b. kualitas pendidikan tim juga kadang kala menjadi masalah, karena personilnya perlu didik untuk dijadikan *ranger* agar memiliki kapasitas untuk pengamanan dan pengawasan hutan dapat dilaksanakan dengan baik.

Salah satu contoh bahwa hutan menjadi terus berkurang dapat dilihat dari sering kita dengan diberita TV ditemukan ratusan ribu potong kayu seperti; jenis meranti, jelutung, dan jinjit yang memenuhi anak-anak sungai dan di rawa-rawa. Kayu tebangan liar biasanya menjadi rakit dan diapungkan berjejer di balik rumpun rasau, sejenis pandan dengan batang seukuran lengan dan tersebar dibanyak titik dalam kawasan konservasi ekosistem hutan rawa gambut tersebut.

Melihat berapa besar terdegradasinya hutan disuatu daerah atau provinsi, maka harus melalui perhitungan matematik yaitu menghitung prakiraan luasnya zona awal suatu hutan yang dikurangi sisa tanaman

hutan (pohon) yang tersisa. Pohon-pohon yang terdegradasi yang dimaksud dalam sub-bab ini adalah termasuk juga hutan bakau.

2. Industri Hutan Bakau

Hutan bakau atau mangrove adalah hutan yang tumbuh di sepanjang panatai atau sepanjang bantaran sungai. Menurut Arief, 2003 saat ini (tahun 2003), hutan mangrove di dunia hanya tersisa sekitar 17 juta hektar, 22% dari luas tersebut terdapat di Indonesia, namun juga telah mengalami kerusakan, bahkan sebagian besar telah berubah status peruntukannya. Pertanyaannya adalah bagaimana kondisi hutan tersebut sekarang?

Sedangkan potensi hutan bakau ibarat supermarket hijau yang mewadahi bermacam, udang, kerang, kepiting, ikan, burung, dan lainnya. Selain ekosistem hutan bakau terganggu karena adanya perambah hutan yang dijarah untuk diekspor, juga adanya kerusakan hutan bakau karena pola budi daya tambak udang yang masih menggunakan cara-cara tradisional.

Beberapa dampak kerusan hutan bakau:

- b. Kerusakan hutan bakau berdampak pada intrusi air laut melalui sungai yang akan membuat sumber air tawar tercemar.
- c. Membuat biota yang bernilai ekonomi tinggi juga menyusut. Karena daerah hutan bakau adalah tempat habitat pemijahan udang, kepiting, dan ikan.
- d. Terjadinya abrasi lahan
- e. Mengakibatkan erosi
- f. Selain berdampak pada lingkungan dampak kerusakan hutan bakau juga membahayakan masyarakat yang tinggal di tepian sungai atau laut.
- g. Adanya pertambangan liar yang merusak hutan, apa lagi saat perusahaan pertambangan akan melakukan pengeboran biasanya perusahaan akan menggunduli hutan terlebih dahulu, baru mengevakuasi semua tanah yang ada

diper permukaan. Kemudian yang lebih membahayakan lagi digunakannya bahan berbahaya seperti merkuri untuk mencuci hasil tambangnya.

Beberapa penanggulangan kerusakan hutan bakau:

- b. Merehabilitasi dengan mengembalikan fungsi ekologis bakau, caranya penanaman kembali (penghutan kembali) khususnya hutan bakau dipesisir.
- c. Perlindungan dengan menunjuk kawasan hutan bakau sebagai kawasan konservasi.
- d. Pertambahan dengan mempertimbangkan kelestarian lingkungan.

Beberapa produksi Industri dari hutan bakau secara langsung:

- a. Berupa makanan dan minuman seperti; gula, alkohol, minyak goreng, cuka, pengganti teh, minuman fermentasi, rempah-rempahan dari kulit kayunya, sayur-sayuran, buah, atau daun dari propagul, pembalut rokok.
- b. Produksi obat-obatan dari kulit, daun dan buahnya.
- c. Berbagai jenis kertas, seperti kertas halus seperti kertas tulis dan lainnya sampai kertas kasar atau berserat seperti karton dan lainnya.
- d. Peralatan rumah tangga, seperti; perabot, perekat, minyak rambut, peralatan tangan, penumbuk padi, mainan, batang korek api, kemenyan, dan lain-lain.
- e. Produksi tekstil seperti; serat sintetis, bahan pencelup pakaian, dan lain-lain.
- f. Pengepak kotak dari kayunya, dan lain-lain.

2.3 Industri Berbasis Ramah Lingkungan

Industri berbasis ramah lingkungan dalam bab ini adalah contoh industri yang memproduksi teknologi tepat guna dan sekaligus

memproduksi kertas karton berserat dari limbah kelapa sawit. Industri ini untuk membantu pendapatan rakyat umum menengah kebawah. Teknologi tepat guna yang memproduksi mesin-mesin dikategorikan cukup mudah dan sederhana, sehingga teknologinya digolongkan untuk industri rakyat.

2.3.1 Industri Pembuatan Mesin Penghasil *Pulp*

Teknologi tepat guna yang berwawasan lingkungan, selalu inovatif dalam memberikan solusi permasalahan, khususnya limbah dari kelapa sawit yang berupa batang dan tandan kosongnya. Industri Teknologi ini ini bertujuan untuk mengatasi limbah bentuk batang dan Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dari perkebunan kelapa sawit, dimana petani selama ini resah akan limbah berupa batang dan TKKS. Dengan mesin-mesin yang akan dibuat, menjadikan limbah tersebut bernilai dalam bentuk *pulp*.

1. Industri Mesin Pembuat *Pulp*

Bahan baku yang dipilih adalah dari limbah padat berupa cangkang dan batang dari industri kelapa sawit yang ada di perkebunan kelapa sawit. Hasmawaty, dkk (2016) menjelaskan:

- a. Unit alat *prototype* mesin untuk pemanfaatan TKKS dan Batang Kelapa Sawit (BKS) sebagai bahan baku *pulp*, dengan tahapan-tahapan mulai dari pembuatan mesin: pencacah (*chipping*) TKKS dan batang kelapa sawit, pengeringan awal (*pre-heating*), penghalusan (*refiner*), pencampur (*max and resin applied*), pengeringan akhir (*dry cyclone*), dan pengepres bahan *pulp* (*mat forming*).
- b. Tahap persiapan bahan baku dimulai dengan membersihkan batang dan tandan kosong dari kotoran-kotoran (pasir atau tanah yang menempel), kemudian memotong atau mencacahnya (kulit atau kelopak buah yang menempel, dipisahkan dan diambil bagian yang berserat (seperti serabut) sebagai calon bahan baku. Serabut dibersihkan dengan cara merendam dalam wadah selama

lebih kurang 24 jam, kemudian serabut dikeringkan, dan disimpan dalam wadah yang tertutup, tujuannya agar kandungan air menjadi seragam. Bahan baku batang atau tandan kosong kelapa sawit digiling dan diayak sampai ukuran kurang lebih 40 mesh.

Dari laporan tahunan PT. PN VII, Penangiran Muara Enim, (2009) dalam Hasmawaty, dkk (2016), menjelaskan:

- a. Kelapa sawit termasuk jenis tanaman yang memerlukan asupan dengan biaya tinggi dan mahal. Kelapa sawit dapat dikembangkan di lahan tandus atau kritis, dengan cara penyuburan terlebih dahulu sehingga pengembangan luas produktivitasnya diharapkan dapat maksimal. Oleh sebab itu perkebunan baru kelapa sawit akan memerlukan inventaris cukup besar. Perkembangan luas perkebunan kelapa sawit yang amat pesat, dari hanya 120 ribu hektar pada 1968 sampai menjadi 3,4 juta hektar pada 2000 (70% milik perkebunan swasta besar), tidak terlepas dari kredit bersubsidi dari pemerintah lewat proyek perkebunan besar Swasta Nasional yang dibiayai dari pinjaman Bank Dunia.
- b. Perkembangan perkebunan semakin pesat lagi setelah pemerintah mengembangkan program lanjutan yaitu Perkebunan inti rakyat-transmigrasi dan produksi kelapa sawit. Pada tahun 1990-an, luas perkebunan kelapa sawit mencapai 1,6 juta hektar yang tersebar di berbagai sentra produksi, seperti di Provinsi Sumatera dan di Provinsi Kalimantan. Akhirnya perkembangan produksi kelapa sawit dapat meningkat dengan pesat sampai saat sekarang ini.

Limbah batang dan daun dari kelapa sawit sangat berpotensi menghasilkan *pulp* untuk dibuat kertas berserat dengan jenis kertas karton. Menurut Fauzi dkk (2002) dalam Hasmawaty (2016) menjelaskan:

- a. Batang tanaman kelapa sawit diselimuti pelepah hingga umur 12 tahun, setelah umur 12 tahun pelepah yang mengering akan

terlepas sehingga menjadi mirip dengan tanaman kelapa. Kelapa sawit merupakan tanaman monokotil, yaitu batangnya tidak mempunyai cambium dan umumnya tidak bercabang. Batang berfungsi sebagai penyangga tajuk serta menyimpan dan mengangkut bahan makanan.

- b. Batang kelapa sawit berbentuk silinder dengan diameter 20-75 cm. Dan tanaman yang masih muda, batangnya tidak terlihat karena tertutup oleh pelepah daun. Pertambahan tinggi batang terlihat jelas setelah tanaman berumur 4 tahun. Tinggi batang bertambah 25-45 cm/tahun. Jika kondisi lingkungan sesuai pertambahan tinggi batang dapat mencapai 100 cm/tahun. Tinggi maksimum yang ditanam di perkebunan antara 15-18 meter, sedangkan yang di alam mencapai 24- 30 meter. Sedangkan . pertumbuhan batang tergantung pada jenis tanaman, kesuburan lahan, dan iklim setempat.
- c. Batang sawit yang utuh mempunyai serat yang lebih baik dari tandan kosong sawit apabila digunakan untuk bahan baku *pulp* kertas dan papan serat. Batang dan tandan kosong sawit yang diolah untuk menjadi *pulp* kertas terjadinya penurunan kualitas batangnya dimungkinkan karena adanya proses degradasi mikroorganisme.

Hasil wawancara dengan pihak PT. PN VII, (2009) dalam Hasmawaty, dkk (2016), menjelaskan;

- a. Daun kelapa sawit mirip daun kelapa yaitu seperti tanaman plasma lainnya, membentuk susunan daun majemuk, bersirip genap, dan bertulang sejajar. Daun-daun membentuk satu pelepah yang panjangnya mencapai lebih dari 7,5-9 m. jumlah anak daun di setiap pelepah berkisar antara 250-400 helai, pelepah berwarna sedikit lebih muda. Penampilannya sangat mirip dengan tanaman salak, hanya saja dengan duri yang tidak terlalu keras dan tajam.

- b. Daun muda yang masih kuncup berwarna kuning pucat. Pada tanah yang subur, daun cepat membuka sehingga makin efektif melakukan fungsinya sebagai tempat berlangsungnya fotosintesis dan sebagai alat respirasi. Semakin lama proses fotosintesis berlangsung, semakin banyak bahan makanan yang dibentuk sehingga produksi akan meningkat. Produksi daun tergantung iklim setempat.
- c. Umur daun mulai terbentuk sampai tua sekitar 6-7 tahun. Daun kelapa sawit yang sehat dan segar berwarna hijau tua. Jumlah pelepah, panjang pelepah, dan jumlah anak daun tergantung pada umur tanaman. Tanaman yang berumur tua, jumlah pelepah dan anak daun lebih banyak. Begitu pula pelepahnya akan lebih panjang dibandingkan dengan tanaman yang masih muda.

Menurut Rante (1999) dalam Hasmawaty, dkk (2015) menjelaskan, berat kering satu pelepah dapat mencapai 4,5 kg. pada tanaman dewasa ditemukan sekitar 40-50 pelepah. Saat tanaman berumur sekitar 10-13 tahun dapat ditemukan daun yang luas permukaannya mencapai 10-15 m².

Laporan tahunan PT. PN VII (2009) dalam Hasmawaty (2016), juga menjelaskan, dari bagian-bagian vegetative kelapa sawit yang menjadi perhatian sekarang ini, seperti batang yang tua, dan tandan kosong kelapa sawit, cukup meresahkan petani apabila tidak difikirkan, karena TKKS yang dapat diolah dapat mencapai ratusan ton.

Banyaknya limbah baik dari batang maupun daun, yang dijelaskan dalam Hasmawaty, dkk (2016) bahwa; setelah tua daun-daun akan mengering seiring dengan tidak produksinya pohon kelapa sawit lagi. Dan daun-daun akan gugur menjadi limbah. Oleh sebab itu limbah daun kelapa sawit sayang apabila tidak dimanfaatkan karena daunnya sangat menjanjikan jika diolah menjadi *pulp* kertas.

Melihat potensi limbah batang dan daun kelapa sawit, perlu adanya teknologi untuk mengolah limbah tersebut menjadi bernilai, oleh sebab

itu dalam bab ini akan dijelaskan cara membuat unit alat dalam skala prototipe pengolahan limbah kelapa sawit menjadi *pulp*.

Tahapan proses yang akan dilakukan dengan unit alat *prototype* mesin untuk pemanfaatan tandan kosong dan batang kelapa sawit sebagai bahan baku *pulp*, terdiri dari:(Hasmawaty, 2016)

- a. Mesin pencacah (*chipping*), berfungsi untuk membuat batang atau tandan kosong kelapa sawit, yang telah dibersihkan dicacah untuk menghasilkan sabut dengan ukuran lebih kecil sesuai ukuran yang diinginkan. Ukuran yang dihasilkan tidak lebih dari 10 centimeter.
- b. Mesin pengeringan (*pre-heating*), berfungsi untuk mengeringkan sabut dari batang maupun cangkang atau tandan kosong kelapa sawit yang telah di cacah dan dibersihkan dari kotoran-kotoran yang menempel pada sabut tersebut dengan cara dicuci, dan dikeringkan dengan pengeringan selama kurang lebih 1 jam, untuk menghilangkan air yang terkandung dalam sabut.
- c. Mesin penghalusan (*refiner*), berfungsi untuk menghaluskan sabut yang telah dikeringkan menjadi ukuran lebih kurang 40 mesh tujuannya agar memperbesar kontak dengan zat kimia yang dipakai dalam pencampuran pada proses berikutnya.
- d. Mesin pencampur (*max and resin applied*), berfungsi untuk mencampurkan sabut dari batang maupun sabut dari cangkang kelapa sawit dengan zat kimia yang dipilih dalam hal ini NaOH, tujuannya untuk melumatkan kedua bahan tersebut menjadikan senyawa yang saling mengikat satu dengan lain menjadi bahan baku pembuat kertas yang diinginkan.
- e. Mesin pengepres bahan *pulp* (*mat forming*), adalah mesin terakhir dari rangkaian proses pembuatan *pulp*, yang berfungsi mencetak dan mengepres bahan yang telah dicampur tersebut untuk menghasilkan *pulp* yang siap digunakan.

Menurut Meredith (1992) dalam Hasmawaty (2016), mengatakan bahwa desain merupakan kegiatan menentukan bentuk spesifik hasil akhir-besar, bentuk, sifat serta mendefinisikan penekanan atau karakter

spesifik dari upaya perencanaan yang relevan dengan situasinya, yaitu: beberapa banyak penelitian pendahuluan harus dilakukan, beberapa banyak studi kelayakan.

Menurut Kotler (1997) dalam Hasmawaty (2016) mendefinisikan desain adalah totalitas dari keistimewaan yang mempengaruhi cara penampilan dan fungsi suatu produk dalam hal kebutuhan konsumen. Dari pengertian kedua difinisi dapat diambil kesimpulan bahwa kita dapat merancang suatu sistem yang seluruhnya baru atau mengubah dan menyusun ulang apa yang masih ada dengan cara baru untuk manfaat atau daya guna yang ditingkatkan.

2. Pembuatan *Prototype* Mesin Pemanfaatan TKKS dan BKS

Tahapan dari bahan baku alat untuk pembuatan *prototype* mesin untuk pemanfaatan tandan kosong dan batang kelapa sawit sebagai bahan baku *pulp* dengan tahapan: (Hasmawaty dkk, 2016)

- a. Pengambilan cangkang dan batang kelapa sawit.
- b. Persiapan bahan, sampel TKKS dan BKS dan alur poses pembuatan *pulp* mulai dari bahan baku batang dan tandan kelapa sawit, yang akan dibersihkan, dicacah sampai menjadi *pulp*. Proses tersebut melalui tahapan-tahapan yang dapat dilihat pada Gambar 2.37.



Gambar 2.36. Proses Pembuatan *Pulp*

Tahap persiapan bahan baku, dalam Hasmawaty dkk (2016):

- TKKS dan batang kelapa sawit dibersihkan dari kotoran-kotoran (pasir atau tanah yang menempel).
- Kulit atau kelopak buah yang menempel dipisahkan dan diambil bagian yang berserat (seperti serabut) sebagai calon bahan baku.
- Bahan baku diolah disetiap unit mesin yang telah dibuat diantaranya; dicacah, dikeringkan, dihaluskan, dicampur, dan dipres sampai menghasilkan kertas karton yang berserat.

Penjelasan dan Gambar dari 2.37 sampai dengan Gambar 2.43 diambil dari hasil penelitian ditulis dalam jurnal Hasmawaty, dkk (2016), diantaranya;

- Mesin Pencacah

Mesin pencacah (*chipping*) didesain berkapasitas kecil dengan ukuran panjang 60 cm, lebar 40 cm dan tinggi 110 cm, seperti terlihat di dalam Gambar 2.37.



Gambar 2.37. Mesin Pencacah

Sedangkan bahan yang dipakai diantaranya; plat tebal 3 mm, besi siku 50 mm, pisau, *puly*, *belt*, *bearing*, UNP 50, besi 8 mm, motor penggerak Honda 6-8 pk, kawat las RB 26, cat dan dempul. Setelah melewati mesin cacah ini ukuran serat baik dari TKKS maupun batang kelapa sawit menjadi lebih kecil, ukuran yang dihasilkan kurang lebih 6 sampai 7 cm. Serat tersebut dikeringkan terlebih dulu dengan alat pengering (*pre-heating*) selama 2-3 jam, lamanya pengeringan ini tergantung dengan kondisi kandungan air pada sabut, sedangkan temperatur sekitar 60-70°C.

c. Mesin Pengering.

Mesin pengering didesain dua tingkat seperti oven pengering kue, dimana api dibuat dua tempat diatas dan dibawah tujuannya diisamping untuk mempercepat pengeringan juga untuk perataan pengeringan sabut tersebut. Ukuran alat pengering didesain dengan panjang 60 cm, lebar 60 cm, dan tinggi 130 cm, dan masing-masing wadah pengering baik yang di atas maupun di bawah sama besarnya yaitu dengan ukuran 50 x 50 cm dengan

tinggi 8 cm. Bahan yang digunakan terdiri dari; plat Tebal 2-3 mm, tungku pemanas, tabung gas elpigi, kawat las RB 26, cat dan dempul. Sabut dari TKKS maupun dari batang kelapa sawit setelah dikeringkan sedikit lebih getas sehingga lebih mudah dihancurkan. Gambar 2.38 adalah alat pengering yang digunakan.



Gambar 2.38. Mesin Pengering (*Pre-Heating*)

Sabut TKKS dan batang kelapa sawit yang telah getas akan dimanfaatkan untuk bahan baku *pulp*, maka hasil pengeringan sabut dari TKKS maupun batangnya ini perlu dihaluskan lagi di mesin penghalus.

d. Mesin Penghalus

Mesin penghalus (*refiner*) yang digunakan juga memiliki konstruksi yang berbeda dengan mesin cacah, dimana mesin penghalus didesain dengan ukuran diameter kisaran 25 cm yang terbuat dari baja, dan tinggi *body* 110 cm. Sedangkan bahan yang digunakan terdiri dari; besi siku 50 mm, plat tebal 2-3 mm, kisaran, bearing kodok, As penghubung, motor penggerak Honda 6-8 pk, bahan pembantu, kawat las RB 26, cat dan dempul. Seteven D, dkk. (2001) dalam Hasmawaty (2016).

Desain mesin penghalus ini menghasilkan serbuk yang jauh lebih halus dengan ukuran kurang lebih 1 sampai 2 milimeter, tujuan penghalusan ini untuk menghasilkan bahan baku *pulp* yang lebih efektif dan efisien dalam proses pembuatan bubur *pulp*-nya, dimana serbuk bahan baku yang halus akan cepat kontak dengan senyawa kimia yang ditambahkan, dalam pencampuran akan lebih menghemat waktu pengadukan juga lebih cepat menjadi satu senyawa bubur *pulp*. Bentuk mesin dan sabut yang akan dihaluskan dapat dilihat pada Gambar 2.39.



Gambar 2.39. Mesin Penghalus

Bahan baku TKKS dan batang kelapa sawit yang telah halus dan diayak menghasilkan ukuran 41 mesh, kemudian dikeringkan pada mesin pengering pada Gambar 2.38. Proses dengan *dry cyclone* bertujuan untuk menghilangkan kandungan air dalam bubur *pulp* tersebut. Hasil keluaran dari mesin pengering akan yang sudah berbentuk serbuk yang kering. Hasil *output* dari mesin pengering dapat dilihat pada Gambar 2.40.



Gambar 2.40. Serbuk *Pulp* Kering

e. Mesin Pencampur

Mesin pencampur disebut *max and resin applied*. Fungsinya adalah mencampurkan antara serbuk dari TKKS maupun dari batang kelapa sawit di dalam wadah pada mesin penancampuran bahan kimia, dengan ukuran tinggi mesin 85.cm, ukuran tinggi wadah pencampur 50 cm dan diameter wadah 50 cm, Sedangkan bahan yang dipakai terdiri dari; plat tebal 2-3 mm, alat pengaduk, motor penggerak Honda 0,5-1 pk, kawat las RB 26, cat dan dempul.

Adapun ukuran komposisi pencampuran antara bahan baku yang telah jadi serbuk dan zat NaOH adalah serbuk 1 kilogram ditambahkan NaOH 16 kilogram, proses dimesin ini untuk menghasilkan bubur *pulp* yang siap dipanaskan dengan temperatur 100°C, selama 6 jam kemudian didinginkan dengan cara menghembusan udara temperatur ruang yang menggunakan *blower* sampai temperatur bubur sama dengan temperatur ruang. (Wibowo P dan Bagas, 1999) dalam Hasmawaty dkk (2016). Hasil pengeringan tersebut bubur *pulp* ditambah clorin 40 % dengan tujuan untuk pewarnaan (pemutihan), mesin ini dapat dilihat pada Gambar 2.41.



Gambar 2.41. Pencampur (*Max dan Resin Applied*)

f. Mesin Pres

Kemudian bubur tersebut dipres dengan mesin pengepresan *pulp* yang disebut *mat forming*. Ukuran tinggi mesin pengepres tersebut 60 cm dan lebar mesin 50 cm. sedangkan cetakannya berukuran panjang 20 cm, lebar 15 cm dan tingginya 10 cm. Hasil *pulp* yang telah dipres berwarna kuning dengan ukuran panjang 20 cm, lebar 15.cm, dan tebal 2 cm.

Bahan yang digunakan diantaranya; H-beam, hidrolisa 4 ton, plat tebal 3 mm, kawat las RB 26, cat, dan dempul (Begeman dkk, 1995) dalam (Hasmawaty, 2015). Mesin pengepres dapat dilihat pada Gambar 2.42.



Gambar 2.42. Pengepresan (*Mat Forming*)

Hasil pres berbentuk kertas berserat yang didapat, dapat dilihat pada Gambar 2.43.



Gambar 2.43. Kertas Berserat

2.3.2 Industri Kertas Limbah Pohon Kelapa Sawit

Kebutuhan kertas di Indonesia masih sangat rendah yaitu 8,5 kg per kapita per tahun sementara kebutuhan negara-negara ASEAN lainnya telah mencapai diatas 20 kg per kapita per tahun. Bahkan Singapura dan negara-negara maju lainnya seperti Jepang, Jerman, dan Belanda sudah mencapai diatas 200 kg per kapita per tahun dengan peringkat tertinggi diduduki oleh Amerika Serikat sebesar 350 kg per kapita. Ardian (2005) dalam Hasmawaty, dkk (2016). Berikut dalam sub bab ini materinya hasil penelitian yang ditulis dalam jurnal Hasmawaty, dkk (2016).

1. Pemanfaatan TKKS/BKS

Pemanfaatan TKKS atau BKS harus diperhatikan;

- a. Kendala yang dihadapi Indonesia untuk menyediakan bahan baku kertas guna keperluan dalam negeri dan ekspor telah di antisipasi dengan menyelenggarakan Hutan Tanam Industri (HTI). Namun hal ini belum tentu bisa sepenuhnya menjamin untuk dipenuhinya kebutuhan bahan baku tersebut, khususnya ketersediaan dan kontinuitas. Dalam penyelenggaraan HTI dibutuhkan 6 sampai 8 tahun untuk bisa memanen hasilnya (Anonim, 2000) dalam Hasmawaty, (2016).

- b. Sementara itu, luas lahan juga terbatas pada lahan yang telah ditetapkan. Program ini sendiri sering berbenturan dengan masalah lingkungan, yang banyak mendapatkan kecaman, baik dalam maupun luar negeri. Sehingga diperlukan alternatif bahan *non* kayu sebagai suplemen terhadap sumber selulosa dari hasil hutan. Saat ini bahan baku *pulp* utama dari jenis *non* kayu adalah ampas tebu dan jerami. Hasil pengkajian BPPT bekerjasama dengan berbagai lembaga terkait menunjukkan, tandan kosong kelapa sawit dan pohon kelapa sawit yang sudah tua mempunyai prospek yang bagus sebagai bahan baku *pulp*.
- c. Kelapa sawit merupakan pohon yang mengandung serat *berlignoselulosa*. Oleh karena itu salah satu cara pemanfaatan limbah berupa batang dan tandan kosong sawit adalah sebagai bahan baku serat untuk menghasilkan kertas atau sebagai bahan baku papan serat. Serat batang kelapa sawit diduga tidak jauh berbeda dengan serat batang kelapa (jenis *palmae*), karena itu seratnya termasuk serat pendek. Untuk itu jenis kertas yang cocok dibuat dari bahan baku ini adalah kertas yang tidak memerlukan kekuatan tinggi antara lain adalah kertas tissue atau kertas bungkus.
- d. Proses pengolahan dengan sulfat dan soda antrakinin dapat menjadikan alternatif pemanfaatan batang kelapa sawit. Alternatif lain dari pemanfaatan serat batang sawit adalah sebagai bahan baku pembuatan papan serat. Nilai kompetitif *pulp* tandan kosong kelapa sawit jika ditingkatkan *grade*-nya menjadi *pulp* putih setara A1 dan A2 akan bisa menggeser posisi *pulp* dari kayu dengan biaya lebih murah.

Menurut informasi, hasil wawancara dengan pihak perkebunan kelapa sawit dan laporan tahunan PTPN VII (2009), Penangiran Muara Enim;

- b. Kelapa sawit sudah mulai mengeluarkan manggar pada umur 3 sampai 4 tahun, dan pada umur 8 sampai 11 tahun kelapa sawit

- bisa menghasilkan lebih dari 20 ton tandan buah segar (TBS)/ha/tahun, pemanenan dilakukan setelah tandan berumur 5-6 bulan.
- c. Kelapa sawit dipanen terus sampai pohon berumur 30 tahun, dan pada umur 35 tahun perlu diremajakan. Dalam proses pemanenan buah kelapa sawit untuk pengolahan minyak terdapat limbah antara lain berupa tandan kosong yang sampai saat ini belum banyak dimanfaatkan.
 - d. Luas areal perkebunan kelapa sawit sampai sekarang ini, sebagian besar diusahakan dalam bentuk perkebunan rakyat. Bagi perusahaan industri keberadaan perkebunan kelapa sawit dapat memberikan efek ganda (*multiplier effect*) bagi perkembangan ekonomi daerah, baik dalam penyediaan lapangan kerja maupun hasil dari pohon kelapa sawit sampai limbahnya dapat dimanfaatkan menjadi *income* daerah setempat khususnya masyarakat yang dapat memanfaatkan perkebunan ini.

Salah satu permasalahan yang dihadapi saat ini adalah masih banyak yang belum melirik untuk mengolah limbah padat seperti batang yang sudah tua maupun tandan kosong kelapa sawit untuk dijadikan alternative kertas. padahal kelapa sawit merupakan pohon yang mengandung serat berlignoselulosa. Oleh karena itu, salah satu pemanfaatan limbah berupa batang dan tandan kosong kelapa sawit adalah sebagai bahan baku serat untuk menghasilkan kertas (*pulp*) atau bahan baku papan serat.

Menurut Fauzi (2006) dalam Hasmawaty dkk (2016) menjelaskan bahwa serat batang kelapa sawit diduga tidak jauh berbeda dengan serat batang kelapa. Berikut ditunjukkan komposisi kimia biomassa lignoselulosa tandan kosong kelapa sawit dalam persen berat sebagai berikut, selulosa 36–42, hemiselulosa 25–27, Lignin 15–17, dan Abu 0,7–6.

Menurut Hasmawaty, dkk (2016) dijelaskan komposisi kimia dan analisis kayu, secara ringkas:

a. Selulosa

Selulosa merupakan suatu zat gula yang mempunyai polimer linier, dan rantai-rantai selulosa mempunyai gugus-gugus OH. Gugus-gugus OH untuk menentukan struktur supramolekul, sifat-sifat fisika dan kimia selulosanya.

b. Poliosa

Poliosa adalah selulosa dengan molekul rendah. Poliosa berbeda dari selulosa karena komposisi gula pada selulosa mempunyai rantai molekul yang lebih pendek. Kayu lunak dan kayu keras berbeda dalam persentase poliosa total. Kayu lunak mempunyai bagian unit manosa yang tinggi dan lebih banyak unit galaktosa dari pada kayu keras, dan kayu keras mempunyai bagian unit xilosa yang tinggi dan lebih banyak gugus asetil dari pada kayu lunak.

c. Lignin

Lignin merupakan zat organik polimer yang menjadikan tumbuhan dapat membesar dan kuat. Dalam pembuatan *pulp* lignin harus dilepaskan dari kayunya.

2. Proses Pembuatan *Pulp*

Pulp adalah bahan berupa serat berwarna putih yang diperoleh melalui proses penyisihan lignin dari biomassa. Penyisihan lignin dari biomassa dapat dilakukan dengan berbagai proses. Pemilihan proses disesuaikan dengan kualitas *pulp* yang diinginkan, seperti;

- a. pada proses mekanis tidak digunakan bahan-bahan kimia. Bahan baku digiling dengan mesin sehingga selulosa terpisah dari zat-zat lain.
- b. pada proses semi kimia dilakukan seperti proses mekanis, tapi dibantu dengan bahan kimia untuk lebih melunakkan, sehingga serat-serat selulosa mudah terpisah dan tidak rusak.

- c. pada proses kimia bahan baku dimasak dengan kimia tertentu untuk menghilangkan zat lain yang tidak perlu dari serat-serat selulosa. Dengan proses ini, dapat diperoleh selulosa yang murni dan tidak rusak.

Ada dua proses kimia pada metode pembuatan *pulp*, yaitu metode proses basa, termasuk disini adalah proses soda dan proses sulfat. Bahan baku yang telah dipotong kecil-kecil dengan mesin pemotong dimasukkan dalam sebuah bejana yang disebut *digester*. Dalam larutan tersebut dimasukkan larutan pemasak yaitu NaOH 7% untuk proses soda dan NaOH, Na₂S, dan Na₂CO₃ untuk proses sulfat. Pemasakan ini berguna untuk memisahkan selulosa dari zat-zat yang lain. Kemudian campuran yang selesai dimasak tersebut dimasukkan kedalam mesin pemisah *pulp* dan disaring.

Pulp kasar dapat digunakan untuk membuat karton dan *pulp* halus yang warnanya masih coklat harus dikelantang (diputihkan atau dipucatkan). Proses asam, adalah proses sulfit. Secara garis besar, proses sulfit dilakukan melalui tahap-tahap yang sama dengan proses basa. Tetapi larutan yang digunakan adalah; SO₂, Ca(HSO₃)₂ dan Mg(HSO₃)₂.

Seperti dijelaskan diatas bahwa proses pembuatan *pulp* kertas dapat dilakukan dengan dua cara yaitu proses dengan NaOH dan proses dengan sulfat (sulfat tissue). Berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa pengolahan dengan sulfat tissue memenuhi Standar Industri Indonesia (SII). Rendemen *pulp* yang diperoleh dari pemasakan batang dan tandan kosong sawit yang diolah secara sulfat maupun soda antrakinon ternyata lebih rendah bila dibandingkan rendemen *pulp* kimia umumnya. Rendemen dan bilangan permanganate *pulp* sulfat batang maupun tandan kosong sawit lebih rendah dari pada rendemen dan kondisi bilangan permanganate *pulp* antrakinon.

Kondisi pemasakan sulfat dan antrakinon yang terlalu tinggi dapat menyebabkan rendemen *pulp* relatif rendah. Sifat fisis mekanis dan sifat optik lembaran *pulp* batang dan tandan kosong sawit yang diolah secara sulfat maupun soda antrakinon dengan waktu giling sepuluh dan dua

puluh menit. Peralatan pembuatan *pulp* dari batang kelapa sawit dengan proses sulfat *tissue* yang memenuhi SII menghasilkan kertas tissue atau kertas pembungkus.

Bahan-bahan kimia dan alat yang digunakan dalam menganalisis serbuk dari tandan kosong kelapa sawit dan batang kelapa sawit ini terdiri dari;

- a. Bahan; methanol, etanol, aseton, yang masing-masing pemakaian 40 %. aquadest, NaOH 1%, sulfat, dan clorin sebagai pemutih.
- b. Alat; pemanas air *waterbath*, pemanas listrik (*hot plate*), erlenmeyer, corong, kertas saring, timbangan, *oven*, biuret, gelas ukur, beker gelas, pipet tetes dan *stearer*.

Prosedur pembuatan kertas tahapannya:

- a. serbuk TKKS dan cairan pemasak dimasukkan ke dalam erlenmeyer dengan perbandingan berat 1:16.
- b. erlenmeyer ditutup dengan aluminium foil kemudian dimasukkan ke dalam *waterbath*. *Waterbath* dioperasikan pada temperature 70°C selama 180 menit.
- c. *waterbath* dimatikan. Kemudian erlenmeyer dikeluarkan dan didinginkan pada temperatur kamar.
- d. padatan dipisahkan dengan cairan pemasak melalui corong pemisah yang dilengkapi dengan kertas saring.
- e. larutan dicuci kembali dengan solven (metanol atau etanol atau aseton).
- f. padatan dibilas dengan aquadest sampai kelihatan jernih, dan air cucian bekas bisa langsung dibuang.
- g. padatan yang telah dicuci dikeringkan tanpa pemanasan (dibiarkan di udara terbuka) selama kira-kira 24 jam. Padatan yang telah kering ditimbang (ini merupakan berat *pulp*). Selanjutnya *pulp* siap diuji kadar air, kadar selulosa, dan kadar ligninnya.

Prosedur analisis pembuatan *pulp* diantaranya;

a. Analisis Selulosa.

Prosedur analisis selulosa diantaranya:

- 1) kertas saring dipanaskan dalam oven dengan temperatur 105°C , kemudian ditimbang sampai beratnya tetap.
- 2) *pulp* yang kering dari oven ditimbang seberat 3 gram dan dipindahkan ke gelas piala 250 ml.
- 3) *pulp* dibasahkan dengan 15 ml NaOH 17,5%, dimaserasi selama 1 menit, lalu ditambahkan 10 ml NaOH 17,5% dan diaduk selama 15 detik lalu dibiarkan selama 3 menit.
- 4) ditambahkan kembali 3 x 10 ml NaOH 17,5% setelah 2,5 menit, 5 menit dan 7,5 menit dan dibiarkan selama 30 menit. Kemudian ditambahkan 100 ml aquadest dan dibiarkan selama 30 menit.
- 5) campuran dituangkan ke dalam corong yang dilengkapi dengan kertas saring.
- 6) endapan dicuci dengan 5 x 50 ml aquadest dan filtrate dipakai untuk penentuan hemiselulosa.
- 7) kertas saring yang berisi endapan dipindahkan ke gelas piala yang lain, endapan dicuci dengan 400 ml aquadest, ditambahkan asam asetat 2 N dan diaduk selama 5 menit, kemudian endapan dicuci sampai bebas asam.
- 8) endapan dikeringkan dalam oven 105°C , kemudian didinginkan dan ditimbang sampai berat tetap.

b. Analisis Hemiselulosa.

Prosedur analisis hemiselulosa, di antaranya;

- 1) filtrate dari labu hisap yang pertama di pindahkan ke dalam labu ukur 500 ml dan ditambahkan aquadest sampai tanda.
- 2) dipipet 25 ml filtrate ke dalam erlemeyer 250 ml, ditambahkan 5 ml kalium dikromat 0.4 N.
- 3) ditambahkan 45 ml H_2SO_4 70% dan diaduk selama 10 menit.

- 4) didinginkan pada suhu kamar dan dipindahkan ke errlenmeyer 1 liter, kemudian ditambahkan 250 ml aquadest, 1 gram KI, diaduk dan dibiarkan selama 5 menit.
- 5) titrasi dengan 0.1 natrium thiosulfat, dekat titik akhir titrasi (jika warna I₂ hampir hilang) ditambahkan larutan kanji, titik akhir titrasi terjadi pada perubahan warna dari merah ke hijau muda.
- 6) blanko dibuat dengan menambahkan 25 ml NaOH 0,5 N pada suhu yang sama.

c. Prosedur Analisis Lignin.

Prosedur Analisis Lignin sebagai berikut; 2 gram sampel *pulp* kering, di masukan ke dalam beker gelas dan tambahkan sedikit demi sedikit dengan 40 ml asam sulfat 72% sambil diaduk sampai semua sampel terendam dan terdispersi, setelah terdispersi, tutup beker gelas dan jaga temperatur pada 20°C selama dua jam, kemudian tambahkan 400 ml aquadest ke dalam gelas piala dan pindahkan sampel *pulp* dari beker gelas ke dalam gelas piala. Berikutnya didihkan larutan selama 4 jam, kemudian didiamkan sampai endapan lignin mengendap kemudian disaring untuk mendapatkan lignin, dan cuci lignin dengan air panas lalu dikeringkan di dalam oven pada suhu 105°C, setiap 15 menit ditimbang sampai berat lignin tetap.

TKKS dan batang kelapa sawit yang sudah berbentuk serbuk halus siap di campur dengan zat kimia. Dan hasil kertas jenis karton dapat dilihat pada Gambar 2.44. Hasmawaty, dkk (2016) dalam Hasmawaty. Dkk (2016).



Sumber: Hasmawaty, AR dkk, 2016

Gambar 2.44. Hasil Kertas Karton

Analisis perolehan *pulp* terdiri dari; Berat sampel tandan kosong kelapa sawit 400 gram, dengan perbandingan cairan dan padatan 16: 1 (gram/gram), dan diameter partikel serbuk 41 mesh. Analisis komposisi kimia bahan baku serat menghasilkan persentase (%) rata-rata kandungan kimia yang ada pada serat tandan kosong kelapa sawit dan batang kelapa sawit, sebagai berikut:

Tabel 2.1. Hasil Komposisi Tandan dan Batang Kelapa Sawit

Zat Kimia	Hasil Analisis (%)	Average	
		TK (%)	Btg (%)
1. Selulosa	TK : 36,6 36,9	36,9	-
	Btg: 37,3	-	36,5
	Average: 36,7 36,4 36,5		
2. Lignin	TK : 16,7 17,3 15,6	16,5	-
	Btg: 16,2 16,5 16,6	-	16,4
	Average: 16,4 16,8 16,1		
3. Hemi Selulosa	TK : 27,3 27,2 27,2	27,2	-
	Btg: 26,8 26,6 26,4	-	26,6
	Average: 27,1 27,1 27,1		
4. Kadar Abu	TK : 0,67 0,70 0,6	0,66	-
	Btg: 0,67 0,68 0,61	-	0,65
	Average: 0,67 0,69 0,62		

Sumber: Hasmawaty, dkk (2016)

Data kandungan air dalam sampel basah maupun kering diperoleh sebagai berikut: berat sampel basah = 236,37 gram, berat sampel kering = 93,2 gram, dan kandungan air = 60,57 %. Evaluasi kualitas *pulp* (sampel TKKS), dari data hasil analisis secara kimia dilaboratorium, *pulp* yang diperoleh rata-rata 39,43 %, sedangkan mempunyai kandungan lignin rata-rata 16,5 %, kandungan selulosa rata-rata 36,9 %, kandungan hemiselulosa rata-rata 27,2 %, dan kandungan kadar abu rata-rata 0,66 %.

Jika dibandingkan dengan ketentuan pada referensi bahwa:

- 1) bahan baku *pulp* kertas maupun *pulp* rayon, haruslah kandungan lignin lebih kecil dari 15 %, selisihnya dari analisis sedikit sekali yaitu 1,5 %.
- 2) dapat digunakan sebagai *pulp* rayon, kandungan selulosa harus lebih dari 90%, dan perolehan *pulp* harus berkisar antara 35-49 %.
- 3) untuk dapat digunakan kertas, kandungan selulosa harus lebih besar dari 80%, dengan perolehan *pulp* berkisar 49 - 53 %. Maka *pulp* yang dihasilkan dalam penelitian ini belum memenuhi syarat sebagai bahan baku *pulp* rayon, tetapi mendekati syarat sebagai bahan baku kertas dengan jenis karton berserat yang dipakai untuk pengemasan.

2.3.3 Industri Pembuatan Briket Ramah Lingkungan

Beriket bahan bakar alternatif pengganti Bahan Bakar Minyak (BBM), Gas Bumi (GB) dan batubara yang tidak dapat diperbahuri. Karena bahan bakar tersebut makin langka, sehingga pemerintah harus mensubsidi BBM, maka harga makin melonjak naik. Untuk mengatasi kelangkaan bahan bakar tersebut salah satu alternatifnya memanfaatkan briket. Pembuatan briket bahan bakunya sangat banyak dikelompokkan seperti;

- a. tempurung kelapa sawit,
- b. daun atau cangkang kelapa sawit, bambu dan jerami

- c. serbuk dari gergaji kayu dan sekam
- d. kotoran sapi.

1. Macam Bahan Pembuatan Briket Limbah Tumbuhan

Macam bahan baku dan proses pembuatan briket dari limbah tumbuhan;

- a. Beriket Tempurung Buah Kelapa.

Limbah dari perkebunan kelapa yang akan dijadikan briket adalah tempurung dari buah kelapa. Tempurung kelapa selain dapat dimanfaatkan menjadi pengganti bahan pengawet dan penghilang bau (deodorizer), juga dapat dimanfaatkan menjadi briket, yang bermanfaat sebagai bahan bakar alternative. Tempurung kelapa adalah bagian dari buah kelapa yang berfungsi sebagai pelindung buah kelapa. Tempurung kelapa tergolong kayu keras, apa bila dibakar akan menjadi arang. Arang yang dihasilkan adalah arang aktif yang dinamakan briket.

Beriket tergolong fase padat yang rapuh, dengan sifat fisiknya berwarna hitam, kerapuhan dari beriket ini yang membuat beriket mudah terbakar sempurna apa bila digunakan untuk memasak.

Proses pengolahan briket dari tempurung kelapa sawit ini sangat banyak dilakukan oleh masyarakat, karena sangat sederhana namun pengerjaannya tidak ramah lingkungan, disebabkan masyarakat membakarnya di suatu wadah yang tidak dilengkapi dengan cerobong untuk menangkap asapnya yang mengandung CO₂.

Proses pengolahan briket dari limbah tempurung kelapa yang ramah lingkungan dengan tahapan sebagai berikut;

- 1) Tempurung kelapa yang sudah dipisahkan dari buahnya masukkan dalam suatu wadah untuk memproses tempurung menjadi arang yaitu dinamakan unit alat pirolisis, yang dilengkapi dengan alat penangkap asap atau gas-gas akibat proses karbonisasi.

- 2) Proses pirolisis dilakukan dengan temperature kurang lebih 70°C selama kurang lebih 2 jam. Hasilnya; (a) arang aktif sebanyak kurang lebih 30% yang disebut residu atau karbon yang mengandung selulosa, hemiselulosa dan lignin. Arang aktif inilah yang disebut briket, persentase selebihnya terdiri dari air dan gas. (b) dari alat penangkap asap menghasilkan gas-gas berupa CO₂ dan gas yang mudah terbakar seperti, CO, CH₄, H₂, dan hidrokarbon yang lainnya. Dimana hasil proses pirolisi (b) dapat di manfaatkan untuk pembuatan asap cair.

b. Beriket Limbah Kelompok Dedaunan

Limbah dari kelompok dedaunan seperti cangkang dan daun kelapa sawit, bambu, dan jerami dapat dibuat lebih bernilai dengan cara mengubahnya menjadi briket.

Beriket berasal dari kelompok dedaunan ini adalah hasil bakaran yang telah menjadi arang. Arang yang dihasilkan adalah briket selasah. Produksi briket selasah diproses dengan temperatur lebih rendah dibandingkan dengan membuat arang aktif.

Proses pengolahan briket dari limbah kelompok dedaunan ini sangat sederhana dan ramah lingkungan dengan tahapan sebagai berikut;

- 1) bakar limbah kelompok dedaunan ini sesuai dengan jenisnya masing-masing limbah sampai menjadi arang semua.
- 2) hancurkan arang dengan alat penghancur.
- 3) kemudian masukan arang yang telah halus kedalam wadah mixer, arang ditambahkan larutan (kanji dan air) dicampur sampai bahan menggumpal.

- 4) memasukan bahan kedalam alat cetakan menggunakan pipa PVC berdiameter 5cm dan tinggi 10cm dengan cara ditekan sampai menjadi bahan yang padat.
- 5) kemudian bahan dimasukkan ke dalam cetakan yang disusun rapi dalam suatu wadah yang dilengkapi dengan alat penangkap asap kemudian dibakar dengan temperatur 50°C selama kurang lebih 2 jam, asap CO₂ ditampung dengan alat pengisap asap. Sedangkan produk briket yang telah jadi dikeluarkan dari cetakannya dengan cara didorong.
- 6) Briket dikeringkan dengan alat pengering atau dijemur dengan sinar matahari.
- 7) briket-briket yang sudah kering di kemas dalam packing yang telah disiapkan.
- 8) Briket yang sudah dalam packing dipasarkan pada industri-industri kecil.

c. Briket Limbah Serbuk Kayu atau Sekam

Briket dari limbah serbuk kayu atau sekam, juga sangat menjanjikan menjadi bahan bakar alterative, namun sampai sekarang masyarakat atau pihak industri masih enggan untuk memakainya karena kurang ramah lingkungan. Proses mengerjakan sama dengan cara proses pembuatan briket dari dedaunan. Oleh sebab itu kedua kelompok limbah dari dedaunan dan limbah dari serbuk kayu atau sekam dapat piroses bersamaan.

Kelebihan briket jenis ini selain bahan bakunya berlimpah, proses pengerjaannya mudah, dan murah.

Pemakaian briket jenis ini harus dibarengin dengan teknologi menginovasi kompor yang ada, dengan modifkasi kompor sehingga masyarakat atau industri pemakai briket tetap aman dari asap yang ditimbulkan, saat pembakaran briket dalam kompornya.

2. Bahan Pembuatan Briket Limbah Hewan

Bahan baku dan proses pembuatan briket dari limbah hewan adalah briket dari kotoran sapi. Proses pembuatannya berbeda dengan pembuatan briket fisik dari limbah tumbuhan, karena tidak memakai pipa PVC dan tabung.

Briket dari bahan baku kotoran hewan biasanya masyarakat mengolah dari kotoran sapi. Keunggulan briket ini dibandingkan dengan briket dari tumbuhan adalah panas dari briket hewan lebih tinggi, ditandai dari warna apinya kebiruan, karena tingkat panasnya lebih tinggi sehingga tidak mengeluarkan gas CO₂.

Proses pengolahan briket dari limbah hewan juga tergolong sangat sederhana dan ramah lingkungan dengan tahapan sebagai berikut;

- 1) kotoran sapi dimasukkan ke dalam wadah ditambah dengan air secukupnya, tujuannya untuk pengenceran.
- 2) kemudian diaduk sampai bentuknya berupa larutan pasta.
- 3) larutan berbentuk pasta di cetak dengan ukur yang diinginkan produsen atau pembuat,
- 4) setelah dicetak larutan pasta dikeringkan dengan alat atau dikeringkan dengan matahari, tujuan pengeringan adalah untuk menghilangkan kadar air.
- 5) setelah airnya menguap larutan pasta menjadi bahan yang kering, bahan yang kering inilah disebut briket limbah hewan.
- 6) dilanjutkan dengan *packing* briket, tujuannya untuk menarik pada saat dipasarkan pada masyarakat atau industri-industri kecil.

BAB III

INDUSTRI BERBASIS SUMBER DAYA ENERGI

3.1. Industri Berbasis Energi

Industri berbasis energi adalah industri yang mengolah bahan baku dari alam, seperti berasal dari jasad-jasad organik (makhluk hidup). Bahan baku penghasil energi berasal dari jasad-jasad organik yang mengalami proses sedimentasi dengan tekanan, suhu, dan waktu yang lama, ini cikal bakal menjadi bahan baku energi konvensional seperti yang ada sekarang. Energi konvensional diantaranya berasal dari tambang minyak dan gas bumi dan batu bara.

Macam sumber daya berbasis energi dapat dibedakan menjadi sumber daya energi konvensional, nuklir, dan terbarukan, yang digolongkan kedalam dua golongan yaitu energi berasal dari fosil dan non fosil.

3.1.1 Industri Energi Fosil dan Non Fosil

Sumber daya energi bisa diklasifikasikan sebagai energi fosil adalah bahan bakunya dari tambang seperti, minyak bumi, gas bumi, dan batubara. Sedangkan energi non fosil adalah sumber energi yang bukan berasal dari jasad organik, contohnya; sinar matahari, angin, air (laut) dan panas bumi, dan lain-lain, yang berasal dari jasad organik adalah energi hayati dan hewan, contohnya dari kelapa sawit, biji karet, bamboo, kotoran hewan dan banyak lagi yang lainnya.

Contoh hasil proses industri energi seperti menghasilkan tenaga listrik dengan menggunakan uap. Uap yang dihasilkan harus diperoleh dari suatu proses pengelolaan air dengan bantuan boiler.

1. Potensi Industri Energi

Potensi industri energi berasal dari;

- b. Energi primer atau energi asli yaitu energi yang belum mengalami perubahan (konversi). Contohnya; minyak bumi, gas bumi, batu

- bara, uranium, tenaga air, biomassa, panas bumi, radiasi panas matahari (solar), tenaga angin, dan tenaga air laut
- c. Energi sekunder atau energi yang telah mengalami proses dari energi asli (primer) menjadi energi yang lain. Contoh SDA tambang dari energi primer menjadi energi sekunder:
 - 1) Minyak bumi diolah menjadi bahan bakar minyak dan Liquid Petroleum Gas (LPG).
 - 2) Air terjun apabila sudah dipasang pembangkit tenaga listrik maka hasil olahannya menjadi energi listrik.

Potensi SDA masih banyak yang belum diolah dan dimanfaatkan secara optimal. Contoh potensi yang belum optimal diolah menjadi energi dikelompokkan seperti;

- a. Energi dari angin, panas bumi, dan air yang dapat diperoleh secara bebas dengan jumlah takterbatas.
- b. Energi dari tumbuhan hasil perkebunan seperti jarak, ubi, kelapa sawit, biji karet dan banyak yang lainnya.
- c. Energi dari hasil hutan seperti bambu dan yang lainnya.

Energi tersebut diatas sangat potensial menghasilkan energi pengganti minyak. Potensi SDA tersebut merupakan bahan baku energi alternatif baru yang menjanjikan untuk dioptimalkan. Pengembangan energi alternatif perlu menjadi prioritas, karena energi alternative adalah energi yang dapat diperbaharui dan lebih ramah lingkungan.

2. Komitmen Industri Energi

Industri energi harus berkomitmen dalam pengelolaan lingkungan hidup sekitarnya agar ekosistem daerahnya tetap terjaga, karena industri berbasis energi sangat potensial mengeluarkan limbah baik ke udara, tanah, dan air. Perwujudan komitmen yang harus dilakukan industri khususnya industri pertambangan:

- a. Kegiatan Industri Terpadu

Setiap kegiatan industri energi hendaknya dilakukan secara terpadu agar limbah yang dikeluarkan oleh industri baik dilingkungan industri maupun wilayah industri.

b. Harus Mempunyai Standard

Industri energi harus mempunyai standard yang harus dipedomani, karena harus menerapkan aturan yang tertera pada perundang-undangan serta ketentuan khususnya yang berkaitan dengan pengelolaan lingkungan hidup, baik selama pra kegiatan, selama kegiatan operasional sampai pasca operasional. Secara berkala industri energi harus melakukan audit lingkungan internal oleh pihak perusahaan industri tersebut, dan audit lingkungan secara eksternal secara berkala yang dilaksanakan oleh pihak independen.

c. Melaksanakan Pemantauan

Kegiatan industri energi harus melaksanakan pemantauan khususnya pada sarana penunjang yang dipakai disetiap tahap kegiatan operasi, agar dikelola secara sungguh-sungguh dan dengan tanggung jawab. Tujuan pengelolaan lingkungan adalah untuk memenuhi standar internasional seperti standard ISO 14000 lingkungan.

Manajemen perusahaan industri pertambangan khususnya yang mengelola menjadi energi, bertanggung jawab untuk memastikan bahwa kebijakan lingkungan dilaksanakan secara konsisten, dengan pengetahuan dan keterampilan yang memadai, juga dengan tekad yang sungguh-sungguh dari seluruh karyawan perusahaan pada setiap industrinya.

Salah satu contoh industri pertambangan non energi yang menerapkan pengelolaan lingkungan secara konsisten seperti pada Gambar 3.1 adalah Industri Pertambangan Timah Bangka. Industri energi dan non energi wajib melakukan pengelolaan lingkungan secara konsisten.



Sumber: Majalah PT Timah Tbk Bangka, 2000

Gambar 3.1. Pengelolaan Lingkungan Secara Konsisten

3.1.2 Kegiatan Industri Energi Fosil

Kegiatan dari industri energi fosil, contohnya industri pertambangan minyak dan gas bumi, dengan kegiatan perusahaan industri pertambangannya yang meliputi eksplorasi atau pengeboran, pengangkutan, operasi produksi, dan penjualan.

1. Pengertian Industri Fosil

Industri fosil adalah salah satu dari banyaknya industri kimia yang memberikan devisa Negara yang memilikinya, namun beresiko terhadap ekosistem alam baik sekitar pabrik atau industrinya sampai wilayah sekitar industri sampai ekosistem bumi. Akibat kegiatan dari industri tersebut sangatlah besar maka kegiatan industri pertambangan dapat dilaksanakan, apabila telah mendapat surat izin yang berdasarkan ketentuan menurut aturan khususnya dalam pengelolaannya, berupa:

c. Kuasa Pertambangan

Kuasa Pertambangan (KP) adalah suatu izin melaksanakan pengelolaan pertambangan, yang diberikan wewenang oleh pemerintah kepada badan usaha pertambangan atau perorangan.

b. Kontrak Karya

Kontrak Kerja (KK) adalah suatu perjanjian untuk mengelola pertambangan umum antara pemerintah dengan perusahaan swasta lokal (nasional) maupun asing atau patungan antara perusahaan swasta lokal (nasional) dengan perusahaan asing.

Penggolongan bahan tambang dan aturan kegiatan pertambangan sampai pemasarannya harus diatur berdasarkan Peraturan Pemerintah (PP), PP ini sudah sejak tahun 1990. Komoditas atau penggolongan bahan tambang berdasarkan PP Nomor 27 Tahun 1990. Dalam PP ini juga diatur sampai pemasarannya. antara lain

a. Golongan Bahan Galian Strategis

Golongan bahan galian strategis dikelompokkan menjadi:

- 1) Minyak bumi, gas alam, aspal, lilin bumi, dan bitumen cair atau padat.
- 2) Batubara, antrasit, dan radium.
- 3) Uranium, dan bahan galian radioaktif lainnya.
- 4) Timah, nikel, dan kobalt.

b. Golongan Bahan Galian Vital

Golongan bahan galian vital dikelompokkan menjadi:

- 1) Besi, mangan, molibden, khrom, wolfram, vanadium, dan titan bauksit, tembaga, timbal, dan seng.
- 2) Emas, platina, perak, air raksa, intan, arsen, antimon, dan bismut.
- 3) Cerium, dan logam langka lainnya.
- 4) Berillium, zirkon, dan kristal kwarsa.
- 5) Kriolit, fluorspar, dan barit

c. Bahan Galian Bukan Golongan 1 dan 2

Bahan galian bukan golongan 1 dan 2 dikelompokkan menjadi:

- 1) Nitrat, fosfat, dan garam batu (halite)
- 2) Asbes, talk, mika, grafit, dan magneti.

- 3) Tawas, Yasorit, dan leusit.
- 4) Pasir kwarsa, kaolin, feldspar, gips, bentonit, marmer dan batu tulis.
- 5) Batu apung, tras, obsidian, perlit, tanah diatonal, dan tanah serap
- 6) Batu kapur, dolomit, dan kalsit
- 7) Tanah liat, granit, andesit, basal, dan trakhit.

Tahapan kegiatan pertambangan yang berwawasan lingkungan dimulai dari pra oprasional sampai pemasaran antara lain

d. Penyelidikan Geologi

Penyelidikan geologi (*prospecting*) adalah suatu kegiatan industri pertambangan tahap awal tujuannya untuk menetapkan tanda adanya potensi SDA di wilayah yang akan digali. Penyelidikannya dilakukan secara geofisika, yaitu suatu cara penyelidikan melalui darat, perairan dan udara untuk pembuatan peta geologi.

b. Eksplorasi

Eksplorasi (*exploration*) adalah tahap kegiatan industri pertambangan yang meliputi pemetaan geologi, penyelidikan geofisika, penyelidikan geokimia, dan pemboran, segala kegiatan penyelidikan pertambangan tersebut tujuannya untuk menetapkan lebih teliti atau seksama mengenai sifat, letak dan dimensi bahan galian.

c. Studi Kelayakan

Studi kelayakan (*feasibility study*) adalah kegiatan industri dengan tujuan untuk mengidentifikasi rencana kegiatan pertambangan dari tahap awal sampai akhir. Studi kelayakan sangat diperlukan pada tahap kegiatan yang diperkirakan menimbulkan dampak penting terhadap lingkungan. Hasil studi

kelayakan akan diinformasikan kepada yang berkompeten untuk dapat memanfaatkan dampak positif dan mengurangi atau menghindari dampak limbah industri yang timbul dari kegiatan pertambangan.

d. Penambangan

Penambangan (*eksplotation*) adalah kegiatan industri pertambangan untuk menghasilkan atau memproduksi bahan galian tambang dan hasil pertambangannya akan dimanfaatkan.

Beberapa kegiatan industri penambangan berupa:

1) Penambangan Lepas Pantai.

Penambangan lepas pantai adalah kegiatan industri yang mengandalkan kapal dengan konstruksi kapal keruk (disesuaikan dengan kebutuhan). Tujuan penambangan lepas pantai untuk meningkatkan produksi di masa depan.

2) Tambang Darat

Tambang darat adalah kegiatan industri yang disebut dengan tambang semprot. Kegiatan penyemprotan bahan untuk proses pencucian. Kegiatan dilakukan dengan proses tradisional contohnya dengan sakan atau palong, seperti pencucian timah, Industri yang besar biasanya untuk pencucian bahan tambang dengan alat yang canggih yaitu menggunakan alat jig mekanik.

Kegiatan tahap penambangan yang harus dipersiapkan atau yang dilakukan di antaranya,

- 1) Persiapan alat-alat.
- 2) Penggalian endapan bahan galian.
- 3) Pengangkutan untuk tanah penutup dan endapan bahan galian.

- 4) Penimbunan untuk tanah penutupan dan endapan bahan galian
- 5) Penirisan tambang
- 6) Pengolahan atau pencucian bahan galian

e. Pengolahan Bahan Galian

Pengolahan bahan galian (*mineral processing*) adalah kegiatan industri pertambangan yang bertujuan untuk meningkatkan nilai SDA tambang primer yang terkandung didalam bahan galian tambang menjadi material tambang yang lebih bernilai.

e. Peleburan dan Pemurnian

Peleburan dan pemurnian (*smelting and refining*) adalah kegiatan industri pertambangan bertujuan untuk mendapatkan mineral tambang yang konsentrasinya berkadar tinggi menjadi mineral yang spesifikasi standar yang lebih baik.

f. Pemasaran

Pemasaran (*marketing*) adalah kegiatan industri menjual bahan galian mineral mentah atau hasil pengolahan dari pemurnian bahan galian tambang. Mengatasi persaingan penjualan bahan galian dan hasil pengolahan atau hasil pemurnian bahan galian tambang di tingkat regional maupun internasional, pihak manajemen perusahaan industri pertambangan harus mempunyai manajemen mutu dan lingkungan dalam visi dan visi perusahaannya.

2. Permasalahan Industri Pertambangan.

Kegiatan industri pertambangan disamping memberikan dampak positif pada peningkatan ekonomi, juga dapat menimbulkan dampak negative terhadap lingkungan, diantaranya mengakibatkan gangguan

terhadap komponen lingkungan geofisika, giokimia, ekonomi, dan budaya.

Contoh permasalahan industri pertambangan yaitu komponen kegiatan pada tahap:

- a. Konstruksi seperti adanya penerimaan tenaga kerja, mobilisasi peralatan untuk bangunan pabrik dan pengadaan material bangunan, juga penyediaan lahan untuk pabrik atau pendirian bangunan pabrik. Dampak pada kegiatan konstruksi sifatnya sementara waktu saja, karena akan segera berakhir dengan selesainya tahap konstruksi.
- b. Operasional seperti pengadaan bahan baku, bahan pembantu, peleburan dan penanganan limbah. Dampak komponen kegiatan pada tahap operasional, akan terjadi terhadap komponen lingkungan baik fisik-kimia maupun komponen ekonomi dan budaya. Adanya penanggulangan lingkungan yang baik akan dapat mengurangi bahkan tidak akan dapat menimbulkan dampak penting, besar kecilnya dampak tersebut tergantung pada skala penambangan.

Jenis bahan galian dan manajemen lingkungan industri pertambangan dalam menyikapi dampak penting kegiatan konstruksi dan operasional, pihak industri dapat menelusuri kearah mana kegiatan proyek yang akan menimbulkan dampak komponen geofisika-kimia, komponen ekonomi, dan budaya.

Pada tahap kostruksi meliputi kegiatan pengadaan tenaga kerja, mobilisasi peralatan, pengadaan material bangunan dan pendirian bangunan. Dampak yang diakibatkan oleh kegiatan ini akan ditentukan nilai kepentingannya, berdasarkan atas pedoman pelaksanaan Nomor 51/1993 Pasal 3 Ayat 1 dari surat keputusan ketua Bapedal.

Kegiatan atau usaha pertambangan yang dinilai di antaranya

- a. Pengadaan Tenaga Kerja

Pengadaan tenaga kerja pada tahap konstruksi dapat memberikan peluang kesempatan bekerja pada tenaga daerah

(tenaga kerja lokal) atau sekitarnya, dengan demikian dapat meningkatkan pendapatan masyarakat.

Pengadaan tenaga kerja dapat dikategorikan mempengaruhi dampak terhadap kualitas air, karena pengadaan tenaga kerja berarti menyediakan penampungan tempat tinggalnya, maka tenaga kerja lokal membantu mengurangi penyediaan perumahan bagi pekerja. Berkembangnya penampungan yang kurang tertata dengan baik untuk pekerja di luar lokasi kegiatan, akan menimbulkan dampak pada perairan karena kurang baiknya sanitasi.

Sanitasi yang kurang baik akan mencemari sumur-sumur dan aliran sungai yang diperlukan bagi kehidupan sehari-hari penduduk di sekitar proyek. Pada akhirnya adanya aktivitas tersebut akan menurunkan kualitas air. Apabila kegiatan tidak memerlukan penampungan pekerja dari luar proyek, dan kualitas air tidak menurun maka dampak tersebut dikategorikan dampak negatif, namun apabila sebaliknya maka dampak mejadi katagori positif.

b. Mobilisasi Peralatan

Mobilitas peralatan dimaksud seperti peralatan berat yang diperlukan untuk penambangan, contohnya mengangkut hasil tambang dengan mobil yang berkapasitas besar menuju proyek. Apabila bertambahnya frekuensi kendaraan angkutan menuju ke lokasi proyek, dan melewati perkampungan penduduk, maka akan berpotensi menyebabkan pencemaran udara karena banyaknya debu. Untuk mengatasi ini, disarankan agar dilakukan pengaspalan pada perkampungan tersebut, dengan demikian dapat dikategorikan berdampak penting.

c. Pengadaan Material Bangunan

Pengadaan material bangunan contohnya seperti peleburan atau pemurnian di wilayah bekas tambang, yang tidak membuka wilayah baru, tetapi hanya melewati jalan tambang yang sudah ada, maka tidak ada ancaman polusi udara dipemukiman penduduk, sehingga dampak yang ditimbulkan dapat dikategorikan dengan dampak negatif.

d. Pendirian Bangunan

Pendirian bangunan adalah aktivitas industri pertambangan yang memberikan kesempatan kerja khususnya penduduk daerah sekitar penambangan setempat. Kegiatan ini memerlukan tenaga terdidik dan terampil seperti tenaga kasar untuk pekerjaan seperti mengecor beton, pemasangan batu, pekerjaan las atau besi dan lainnya. Dampak pendirian bangunan industri pertambangan akan meningkatkan pendapatan daerah, sehingga dampak kegiatan ini dikategorikan positif.

Pekerjaan penggalian yang menimbulkan pencemaran terhadap udara, tanah, air, serta air tanah, maupun aliran air yang mengalir disekitarnya akan menimbulkan dampak terhadap kondisi sanitasi walaupun hanya disekitar proyek, maka dampak yang timbul menjadi dampak penting.

Kegiatan pada waktu persiapan pekerjaan tahap operasional diantaranya,

1) Pengadaan Bahan Baku dan Bahan Pembantu.

Pengadaan bahan baku dan bahan pembantu contohnya seperti suatu kegiatan pendirian bangunan. Kegiatan pendirian bangunan jika pengadaan bahan bakunya diangkut dari gudang penyimpanan (*stock*) ke lokasi pabrik, diperkirakan akan mempunyai dampak menurunkan kualitas udara, yaitu pada saat kegiatan pencurahan. Tetapi jika dapat diantisipasi dengan cara dipasangnya pelengkap untuk penghisap debu, dan begitu juga para pekerja diwajibkan mematuhi K-3 yang ada pada

perusahaan pertambangan, seperti memakai masker, maka dampak yang timbul dari kegiatan tersebut, dapat dikategorikan berdampak penting.

2) Penanganan Limbah

Pada dasarnya yang terjadi saat kegiatan peleburan, namun dapat diantisipasi dengan semaksimal mungkin dengan cara mengurangi dampak penting yang timbul, maka limbah yang berupa cairan terhadap komponen lingkungan kualitas udara dan kualitas air, dikategorikan dampak penting.

Limbah berupa padatan yang biasanya dari proses peleburan dapat dimanfaatkan sehingga diperkirakan akan mempunyai dampak positif penting bagi masyarakat yang dapat dimanfaatkan bagi peningkatan pendapatannya.

Keadaan kesehatan masyarakat saat setelah adanya proyek menunjukkan adanya penyakit infeksi saluran pernafasan, namun tidak begitu mengganggu karena jarak tempat tinggal penduduk ke tempat kegiatan pertambangan cukup jauh.

Berikut ini adalah beberapa gambar kegiatan pertambangan yang akan dinilai diantaranya lihat Gambar 3.2; (a) persiapan lahan penambangan lepas pantai, dan (b) pengolahan hasil tambang.



(a)

(b)

Sumber: Majalah PT Timah Bangka, 2000

Gambar 3.2 Contoh Kegiatan Pertambangan

3.1.3 Kerusakan Lingkungan Akibat Pertambangan

Dampak negatif yang ditimbulkan akibat pertambangan, secara umum akan mengakibatkan terjadinya:

- a. Perubahan topografi disekitar daerah penambangan.
- b. Erosi pada tanah disekitar lokasi penambangan.
- c. Terbentuknya sedimentasi mengakibatkan enurukan kualitas air permukaan dan pendangkalan tanah.
- d. Penurunan kualitas udara akibat debu dan asap akibat penggunaan alat-alat mekanis dan bahan peledak.
- e. Terganggunya kehidupan flora yang diakibatkan oleh adanya kegiatan *land clearing*, akan berdampak pada kehidupan fauna, dan biota air yang lainnya.
- f. Perubahan struktur ekonomi agraris disekitar wilayah penambangan menjadi struktur ekonomi industri yang relative labil.
- g. Penurunan tingkat kenyamanan dan kesehatan masyarakat disekitar lokasi penambangan. Akibat adanya kebisingan, pencemaran udara, dan pencemaran air.
- h. Pada industri pertambangan skala menengah dan besar akan terjadi dampak negative pada kebudayaan masyarakat, karena masuknya kebudayaan asing yang tidak sesuai dengan budaya masyarakat setempat.

1. Dampak Industri Pertambangan

Dampak negatif dari industri pertambangan yang dimaksud di atas adalah diakibatkan tahapan kegiatan penambangan meliputi, *land clearing* dan pengupasan tanah penutup (persiapan penambangan). Dampak kerusakan lingkungan yang diakibatkan oleh kegiatan persiapan penambangan antara lain

- a. Terganggunya keseimbangan lingkungan hidup flora dan fauna karena kegiatan persiapan penambangan, biasanya merusak komunitas lingkungan yang sudah ada.
- b. Hilangnya lapisan tanah yang mengandung berbagai persenyawaan kimia, merupakan unsur penyubur lapisan tanah bagian atas (*top soil*) dan dapat meningkatkan erosi tanah dan sedimentasi sungai.

Dampak kegiatan penggalian dan pembongkaran yang menggunakan bahan peledak antara lain:

- a. Terjadinya polusi udara dan suara yang diakibatkan dari aktifitas pemakaian alat-alat mekanis saat kegiatan penggalian dan kegiatan peledakan .
- b. Kerusakan struktur lapisan tanah atas karena adanya getaran yang tidak terkontrol akibat kegiatan peledakan pada saat pembebasan (*liberation*) endapan mineral bijih dari batuan indukanya.

Dampak kerusakan lingkungan yang diakibatkan oleh kegiatan pengangkutan endapan bahan galian antara lain

- a. Polusi udara yang dikarenakan debu akibat trafik alat-alat mekanis pada waktu pengangkutan mineral.
- b. Kerusakan lingkungan yang diakibatkan oleh tumpahan bahan galian yang dapat mencemari lingkungan terutama untuk jenis endapan bahan galian yang mengandung mineral-mineral radioaktif.
- c. Penambangan skala besar akan menimbulkan getaran tanah, mengakibatkan tanah khususnya lereng menjadi labil.

Dampak kerusakan lingkungan yang diakibatkan oleh kegiatan pengolahan endapan bahan galian antara lain

- a. Penurunan kualitas air sekitar wilayah pengolahan mineral galian, akibat limbah pengolahan mencemari sumber-sumber air. Limbah

pengolahan mineral galian umumnya mengandung logam-logam berat yang berbahaya bagi kesehatan.

- b. Penurunan kualitas tanah disekitar wilayah pengolahan mineral galian yang diakibatkan oleh limbah pengolahan yang meresap kedalam lapisan tanah.
- c. Polusi suara (kebisingan) yang ditimbulkan oleh suara instalansi unit pengolahan mineral galian, terutama pada kegiatan dan pemisahan mineral.

Berikut ini gambar kerusakan lingkungan akibat pasca oprasional penambangan:



Photo: Hasmawaty.2016

Gambar 3.3 Kerusakan Lingkungan Pasca Oprasional Penambangan

Dampak kerusakan lingkungan yang diakibatkan oleh kegiatan peleburan dan pemurnian endapan bahan galian antara lain

- a. Penurunan kualitas air tanah dan sumber air tanah akibat pembuangan limbah dan pemurnian mineral yang mengandung senyawa.
- b. Polusi udara akibat pabrik yang mengeluarkan asap saat proses pemurnian. Polusi udara mengandung partikulat padat yang terdiri dari logam padat beracun dan gas-gas beracun.

- c. Polusi suara akibat kebisingan oleh mesin-mesin pabrik. Polusi suara terjadi saat suaranya melewati ambang batas kebisingan.

2. Penambangan Berwawasan Lingkungan

Dampak kerusakan lingkungan yang diakibatkan oleh kegiatan *tailing* dari unit pengolahan dan peleburan akan terjadi pencemaran lingkungan sekitar lokasi pembuangan *waste* mineral (polusi air) akibat erosi dan longsor yang terjadi. Transportasi yang dipakai untuk mendistribusikan hasil tambang adalah truk, kereta api, dan kapal laut. Gambar 3.4 adalah contoh aktivitas transportasi yang dipakai baik untuk pengangkutan atau mendistribusikan hasil tambang.



Sumber: dalam Hasmawaty 2015

Gambar 3.4. Contoh Transportasi Pendistribusian Hasil Tambang

Seluruh pekerja pertambangan harus sadar dan patuh pada perundang-undangan, serta bertanggung jawab atas penerapan kebijakan pelestarian lingkungan. Sebagai perusahaan industri penambangan yang berwawasan lingkungan, maka setiap dampak negative yang timbul akibat penambangan akan dikelola secara sungguh-sungguh sesuai dengan peraturan dan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian pula dengan teknik dan operasional penambangan, juga harus sesuai dengan peraturan, seperti menjaga limbah tetap di bawah ambang batas yang ditentukan oleh peraturan masing-masing provinsi

setempat. Pemantauan kualitas udara dan air, dalam komitmen sosial ekonomi, untuk tetap melakukan kegiatan penghijauan atau reklamasi.

Upaya yang dilakukan untuk meminimalkan dampak negative yang ditimbulkan oleh kegiatan industri pertambangan yaitu dengan menerapkan manajemen penambangan yang berwawasan lingkungan dan melakukan reklamasi pasca penambangan.

Beberapa upaya yang harus dilakukan dari pihak pertambangan di antaranya,

a. Upaya Pada Aktivitas Pengupasan dan Penggalian

Suatu kegiatan pengupasan lapisan tanah penutup serta penggalian endapan bahan galian dilakukan secara bertahap dengan maksud dapat mereduksi kerusakan komunitas, topografi, erosi, sedimentasi, kualitas air, dan udara.

Mengurangi pencemaran air tanah dapat dilakukan dengan menentukan batas akhir kedalaman penambangan maksimum, dengan memperhatikan kondisi tinggi muka air tanah pada saat pasang dan surut. Batas tambang ditentukan atas pertimbangan arah equipotensial aliran air tanah, permeabilitas dan lingkungan disekitarnya.

b. Penggunaan Alat

Mengurangi pencemaran emisi gas-gas beracun akibat penggunaan alat-alat mekanis dan pembongkaran endapan mineral galian serta system pengangkutan hendaklah dilakukan dengan system yang baik yang disesuaikan dengan kebutuhan pertambangan atau mineral galian tambang yang ada. Tujuan yang diharapkan adalah agar dapat memperkecil dampak negative yang ditimbulkan terhadap kualitas udara, getaran tanah, kestabilan lereng, dan kebisingan. Penentuan pemilihan system dan jenis atau tipe peralatan yang akan digunakan tentunya tidak terlepas dari pertimbangan factor teknis dan ekonomi.

Peledakan mineral tambang harus memperhatikan lingkungan sehingga alat didesain sedemikian rupa, dengan mengontrol

peledakan yang tepat. Tujuan mengontrol peledakan untuk mereduksi getaran tanah dan air *blast*, sehingga dapat mengurangi dampak negative pada kestabilan lereng, kebisingan, kualitas udara, kesuburan tanah, dan efek radiasi (jika ada).

c. Kolam Pengendapan

Upaya mengendapkan mineral galian dapat membuat suatu kolam pengendapan disekitar mulut tambang dan daerah penimbunan *waste* bertujuan untuk mengendapkan mineral-mineral berat; agar dan penanganan kualitas air limbah tambang, mengurangi polusi air. Rancangan geometri kolam pengendapan dan banyaknya kolam pengendapan yang dibutuhkan, ditentukan oleh ukuran partikel, komposisi mineral, dan kuantitas air atau limbah cair yang akan diproses, dan pembuatan tanggul seperti gundukan tanah. Tujuan rancangan geometri untuk mereduksi *air blasti* dan meredam kebisingan.

e. Pengolahan Bahan Galian

Pengolahan mineral galian diantaranya;

1). Pencampuran

Pencampuran dilakukan untuk memenuhi baku mutu lingkungan dari produk yang dihasilkan oleh industri pertambangan. Alat pencampuran yang diperlukan adalah *blending* atau *mixing*.

2). Pemisahan

Pemisahan dilakukan untuk menghilangkan kandungan mineral yang kotor, dan kandungan abu ini dapat dilakukan dengan menggunakan alat *separation* dengan proses *gravity concertation*, atau *magnetic separation*.

3.2 Industri Energi Berbasis Fosil

Industri energi berbasis fosil digolongkan dalam industri pertambangan. Industri pertambangan adalah salah satu industri, yang mengelola hasil bumi berasal dari Sumber Daya Alam (SDA) yang tidak dapat diperbaharui (*inrenewable*). Energi dari fosil adalah energi yang berasal dari sisa-sisa hewan yang sudah mati tertimbun di dalam tanah berjuta-juta tahun lamanya. Industri pertambangan dibangun untuk memenuhi kebutuhan masyarakat setempat yaitu dalam meningkatkan atau mengoptimalkan perekonomian khususnya untuk Pendapatan Asli Daerah (PAD).

Perusahaan menggunakan bahan bakar berasal dari fosil seperti minyak bumi, gas alam uranium, plutonium, batu bara, gas bumi dan lainnya. Hasil bumi ini dapat dioptimalkan oleh daerah setempat dalam hal sebagai bahan baku atau bahan mentah juga dapat diolah sendiri menjadi barang yang diinginkan dengan cara menyiapkan Sumber Daya Manusia (SDM) untuk mengelola hasil tambang tersebut dengan mendirikan industri-industri dari hilir sampai industri hulu.

Namun sebagaimana kita ketahui bahwa penggunaan bahan bakar yang berasal dari fosil dapat menyebabkan terjadinya *global warming* di bumi (pemanasan global yang mengakibatkan naiknya suhu di bumi), hujan asam (yang berasal dari perubahan nitrogen oksida menjadi asam nitrat di udara sehingga ketika terjadi hujan, air hujan akan bersifat asam), rusaknya lapisan ozon (yang berasal dari gas buang kendaraan dan industri) hingga hilangnya hutan tropis sebagai akibat tercemarnya lingkungan dari efek rumah kaca (*green house effect*). Keadaan ini akan berdampak pada perubahan iklim di bumi, mencairnya es di kutub sehingga dapat mengakitatnya tenggelamnya sebagian bumi yang disebabkan naiknya permukaan laut. Selain dari pada itu bahan bakar yang berasal dari fosil tidak dapat diperbaharui, sehingga persediaan bahan bakar yang berasal dari fosil semakin lama akan menjadi semakin menipis seperti migas dan batubara.

3.2.1 Industri Energi Batu Bara

Industri energi dari batu bara berasal dari mineral batuan hidrokarbon padat yang terbentuk dari tumbuhan dalam lingkungan bebas oksigen. Proses menjadikan mineral batubara memerlukan tekanan, panas bumi dan waktu yang sangat lama sampai jutaan tahun. Prosesnya dimulai dengan pembentukan yang menghasilkan gambut (*peat*), *lignit*, *subbituminous*, *bituminous*, dan akhirnya terbentuk *antracit*.

1. Sumber Daya Batubara

Sebagian besar batubara terdiri dari matrik organik yang bersifat sebagian polimer ikatan silang yang dibentuk dari polimer selulosa yang ada dalam tumbuhan. Menurut penelitian Toufik, dkk (2009), menjelaskan:

- 1) Struktur batubara berpori yang terdiri dari sejumlah besar air yang terabsorpsi, dengan kelembaban yang berbeda berkisar antara 1-5% berat (batubara *bituminous*), 20% berat (batubara *subbituminous*), dan mendekati 45% berat (batubara lignite).
- 2) Batubara mempunyai kandungan sulfur organik, dengan atom-atom yang terikat secara kimia dalam matrik batubara organik, dan sulfur *pyrite* (FeS_2), yaitu kristal pyrite dan marcasite yang mempunyai fase yang berbeda dengan matrik organik, serta mengandung besi sulfat dan kalsium sulfat yang terdapat dalam batubara dengan jumlah yang jauh lebih kecil daripada bentuk sulfur yang lain.
- 3) Proses pengolahan dalam hal pembersihan sulfur dari batubara dapat dilakukan dengan cara; pengolahan secara fisik dengan teknik pembersihan, tetapi tidak dapat menghilangkan sulfur *pyrite* secara optimal, dan pengolahan secara kimia dapat menghilangkan sulfur inorganik (*pyrit*) lebih optimal, tetapi perlu waktu beberapa jam. Pengolahannya menggunakan bubuk batubara dan garam besi. Sedangkan pengolahan secara proses kimia dengan larutan ferri klorida dapat menghilangkan 98-100%

sulphur *pyrite* dalam batubara. Proses pengolahannya melalui desulfurisasi.

Industri batubara dalam rencana pengembangannya dengan mengacu Kebijakan Departemen Energi Sumber Daya Mineral (2004), menjelaskan ketersediaan cadangan sumber daya energi yang dimiliki provinsi, sebagai upaya untuk meningkatkan perekonomian daerah provinsi yang mempunyai kekayaan mineral batubara. Sehingga jenis energi yang secara ekonomi dapat dipasok ke daerah-daerah lain ataupun di ekspor dapat diusahakan secara optimal dengan produksi langsung ataupun diolah menjadi produk energi (*upgraded* batubara, briket batubara, minyak dan gas sintetis dari batubara, batubara cair dan *biofuel*). Hal ini diharapkan dapat mensejahterakan kehidupan masyarakat setempat melalui tersedianya pasokan energi.

Hasmawaty (2016), menjelaskan bahwa;

- a. pemanfaatan mineral batubara memerlukan pengembangan batubara menjadi briket, *Upgrading Brown Coal* (UBC), minyak dan gas sintetis dari batubara, juga batubara cair. Berdasarkan karakteristik batubara dan perkembangan teknologi konversi batubara yang berkembang, maka perlunya disusun pola pengembangan industri kimia berbasis batubara. Proritas pengembangan didasarkan pada potensi penerapannya dengan mempertimbangkan kesiapan infrastruktur penunjang, dan penguasaan teknologi dimaksud.
- b. Proritas pengembangan industri kimia berbasis batubara yang menjanjikan, diantaranya;
 - 1) Industri PLTU batubara, kebutuhan energi listrik yang terus menuntut adanya penambahan kapasitas pembangkit listrik. Dengan karakteristik batubara daerah setempat yang sesuai untuk pembakaran langsung (kadar abu dan kadar belerang yang rendah) maka pemanfaatan batubara untuk bahan bakar PLTU batubara merupakan

pemanfaatan dan pengembangan batubara yang potensial untuk diterapkan.

Rencana pengembangan sistem ketenagalistrikan sistem interkoneksi antar provinsi atau daerah juga merupakan faktor penunjang yang sangat penting dimana listrik yang dibangkitkan dari PLTU batubara daerah nantinya dapat dikirimkan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di daerah lainnya, yang tingkat pertumbuhannya lebih pesat.

Selain tingginya kebutuhan, pengembangan PLTU batubara di mulut tambang juga memiliki keunggulan yaitu tidak dibutuhkan prasarana dan sarana pengangkutan batubara dari lokasi ke konsumen. Dengan demikian alternatif ini dapat dikembangkan tanpa harus menunggu pengembangan infrastruktur pengangkutan.

- 2) Industri briket batubara, industri ini telah lama dikembangkan dan disosialisasikan di Indonesia. Saat ini penggunaan briket batubara untuk sektor industri mikro, kecil dan menengah dapat dikatakan telah berhasil dan diminati masyarakat, sedangkan untuk sektor rumah tangga nampaknya masih terkendala dengan berbagai hal antara lain karena kurang praktis dan pertimbangan keekonomian yang masih kurang signifikan dibandingkan minyak tanah.

Kenaikan harga BBM dan kebijakan pengalihan Subsidi BBM yang diterapkan pemerintah mengakibatkan harga BBM di masyarakat semakin meningkat, disisi lain juga mulai terjadi kelangkaan BBM. Kondisi yang demikian mengharuskan masyarakat, khususnya sektor rumah tangga mencari energi alternatif lain untuk memenuhi kebutuhannya. Beriket batubara merupakan

salah satu energi alternatif yang potensial bagi sektor rumah tangga. Hal ini didasarkan atas pertimbangan bahwa harganya yang lebih rendah dari harga minyak tanah, ketersediaannya dapat ditingkatkan (tidak terjadi kelangkaan).

- 3) Industri *upgrading* batubara, dengan adanya industri ini peningkatan kualitas batubara dapat dilakukan dengan melakukan pembakaran batubara secara terkontrol (karbonisasi) dimana kandungan air dan *volatile matter* batubara akan terlepas selama proses pembakaran tersebut, dengan demikian akan didapatkan kandungan carbon yang lebih besar per satuan berat batubara. Uhlher, (1998) dalam Hasmawaty (2017).

Teknologi *upgrading* ini di daerah yang mempunyai batubara kualitas rendah dapat diterapkan untuk meningkatkan pemanfaatan batubara. Keunggulan teknologi ini antara lain: dapat memanfaatkan batubara kualitas rendah yang selama ini tidak ditambang, dengan demikian peluang pemasaran batubara kualitas rendah setelah diproses UBC akan terbuka luas untuk memenuhi kebutuhan dari berbagai sektor pengguna.

- 4) Industri pencairan dan gasifikasi batubara, industri ini merupakan salah satu industri batubara yang ramah lingkungan. Dari proses pencairan dan gasifikasi batubara akan dihasilkan berbagai gas-gas yang bernilai ekonomis diantaranya phenol, elpiji, hidrogen, dan C₁-C₄ dan sebagai produk sampingan dari proses untuk mendapatkan minyak dan gas sintetis dari batubara, (Frank J, 1988) dalam Hasmawaty (2017).

Mengingat saat ini kebutuhan terhadap minyak dan gas yang sangat tinggi, teknologi ini potensial dikembangkan dan diterapkan daerah yang kaya dengan

batubaranya. Selain menunjang pengembangn batubara, menunjang pemenuhan kebutuhan energi, pencairan dan gasifikasi batubara juga menghasilkan dampak lingkungan yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan pembakaran batubara secara langsung. Hal ini berarti juga menunjang upaya pelestarian lingkungan dari pengembangan batubara. Keunggulan lain dari alternatif ini adalah dapat memanfaatkan jaringan pipa sebagai sarana transportasi sehingga tidak dibutuhkan pengembangan jaringan jalan dan sarana pengangkutan.

- 5) Industri batubara cair. Industri ini memproses batubara yang merupakan bahan bakar campuran dan batubara, air dan bahan bakar kimia tertentu sebagai aditif. Arsyad, (2002) dalam Hasmawaty, (2017). Dengan perbandingan yang sesuai, maka campuran tersebut dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk menggantikan minyak bakar. Hingga saat ini penelitian batubara cair masih terus dilakukan di laboratorium untuk mendapatkan komposisi campuran dan jenis adektif yang optimal agar dapat dikembangkan sebagai bahan bakar secara ekonomis.

2. Pemanfaatan Batubara

Pemanfaatan batubara sebagai sumber energi primer berkurang dibandingkan minyak bumi. Kekurangan mineral sihitam manis ini karena fisiknya berbentuk padatan sehingga untuk mensuplainya tidak dapat dilakukan dengan transportasi melalui pipa.

Permasalahan pendistribusian batubara sudah tidak lagi menjadi masalah, karena ada teknologi yang dapat mengkonversi batubara padat menjadi gas dan cair, diantaranya:

- 1). Teknologi Gasifikasi

Teknologi gasifikasi batubara dapat merubah batubara dari bahan bakar padat menjadi bahan bakar gas. Proses menjadikan

batubara padat menjadi gas, prosesnya juga dapat menghilangkan senyawa yang tidak diinginkan dalam batubara, seperti senyawa sulphur dan abu. Hasil gas yang bersih dapat dialirkan sebagai sumber energi sebagaimana gas alam konvensional. Teknologi gasifikasi dibandingkan dengan Pusat Listrik Tenaga Uap (PLTU), jika kapasitas dibutuhkan lebih kurang sama, maka perhitungan segi ekonominya, proyek gasifikasi ini perlu biaya lebih besar dibandingkan dengan PLTU.

2). Teknologi Likuifikasi

Teknologi likuifikasi batubara tujuannya adalah merubah batubara padat menjadi batubara cair. Pencairan batubara dengan teknologi likuifikasi yang disebut dengan *Indirect Coal Liquefaction* (ICL). ICL adalah pencairan batubara menghasilkan Bahan Bakar Minyak (BBM) sintetis. Teknologi pengolahannya juga cukup ramah lingkungan. Walaupun menghasilkan limbah yang berupa debu dan unsur sisa produksi lain, namun limbah ini masih dapat dimanfaatkan untuk bahan baku campuran pembuatan aspal. Bahkan sisa gas hidrogennya masih laku dijual untuk dimanfaatkan jadi bahan bakar.

Stasiun PLTU tujuannya mengubah energi thermal yang ada dalam batubara, dengan cara memanaskan air dalam boiler sehingga akan menghasilkan uap dari air. Uap akan digunakan untuk memutar turbin dan generator. Setelah memutar turbin, uap akan mengalami kondensasi, uapnya dapat digunakan kembali sebagai air umpan ketel (*boiler feed water*). Sebagian uap akan terlepas sehingga jumlah air yang akan diuapkan pada proses *recycle* ini akan berkurang. Oleh sebab itu mengganti air yang hilang dalam bentuk uap yang terlepas (*make up water*), maka diperlukan tambahan air. Akibat adanya kalor yang tinggi menyebabkan pencemaran panas.

Bahan limbah yang harus dibuang dari stasiun pembangkit listrik tenaga uap antara lain,

- a. Air yang salinitasnya tinggi dan air yang berasal dari menara pendingin (*cooling tower*) yang mengandung bahan mineral dengan kadar tinggi.
- b. Air limbah berasal dari pencucian cerobong asap.
- c. Larutan asam dan larutan kaustik dari proses regenerasi penukar ion (*ion exchanger*) dan larutan alkalis saat penggunaan pada alat pembersih stasiun pembangkit.
- d. Limbah-limbah cair seperti minyak, sisa pelumas dan berbagai limbah padat lainnya

Semua boiler yang digunakan harus dibersihkan sebelum beroperasi. Larutan asam dan alkalis ataupun detergen yang digunakan sebagai bahan pembersih secara periodik dibuang sebagai limbah.

3.2.2 Industri Energi Minyak dan Gas Bumi

Minyak dan gas yang disingkat migas. Salah satu potensi industri fase cair adalah minyak bumi. Minyak bumi merupakan salah satu termasuk bahan tambang strategis. Sumber daya minyak bumi merupakan sumberdaya hidrokarbon yang sangat berharga dalam proses industrialisasi seperti pabrik pupuk dan petro kimia yang akan memberikan nilai tambah lebih tinggi dibandingkan ekspor minyak bumi. Namun demikian ekspor minyak sangat dibutuhkan untuk memperoleh devisa guna membiayai pembangunan suatu Negara khususnya provinsi yang memiliki industri ini.

1. Sumber Daya Minyak dan Gas Bumi

Minyak bumi dapat diperoleh dari sumur-sumur di daerah daratan maupun lautan. Minyak bumi tersebut dihasilkan setelah melalui berbagai kegiatan perminyakan seperti eksplorasi, eksploitasi dan pengolahan, sehingga dihasilkan produk-produk minyak yang dapat digunakan sebagai sumber energi.

Secara umum sifat-sifat fisik minyak bumi dapat dikategorikan sebagai berikut:

a. Berat Jenis

Berat jenis (*specific gravity*) adalah angka yang menyatakan perbandingan berat dari bahan bakar minyak pada temperatur tertentu terhadap air pada volume dan temperatur yang sama.

b. Viskositas

Viskositas adalah suatu sifat yang sangat penting dalam menganalisis fluida, dimana suatu angka yang menyatakan besarnya tahanan geser dari bahan cair, sehingga dalam pengaliran cairannya sangat tergantung pada kekentalan dari cairan tersebut. Makin tinggi viskositas akan makin kental dan lebih sulit mengalir sedangkan jika nilai viskositas minyak rendah maka fluida akan semakin mudah mengalir.

c. Titik Didih

Titik didih untuk minyak bumi berbeda-beda sesuai dengan jenisnya. Jika berat jenis tinggi maka titik didihnya tinggi, demikian pula sebaliknya. Hal ini disebabkan minyak bumi yang mempunyai berat jenis tinggi banyak mengandung fraksi berat, sehingga titik didihnya tinggi. Sedangkan berat jenis yang rendah banyak mengandung fraksi ringan, titik didihnya akan lebih rendah, contohnya bensin. Titik didih mempunyai arti penting untuk transportasi sehingga proses pembekuan minyak yang mungkin terjadi dapat dicegah.

d. Tegangan Permukaan

Tegangan permukaan adalah gaya tarik menarik antara permukaan molekul dari suatu fluida. Gaya ini menunjukkan laju penyebaran di atas permukaan air atau tanah. Minyak bumi dengan gravitasi spesifik rendah biasanya memiliki potensial laju penyebaran lebih besar. Tegangan permukaan akan menurun dengan peningkatan

suhu dan peningkatan laju penyebaran misalnya ketika minyak bumi tumpah ke perairan.

e. Kelarutan

Kelarutan adalah suatu proses saat substansi (*solute*) akan terlarut pada substansi lain (*solven*). Kelarutan minyak bumi dalam air sangat rendah. Proses *solute* menjadi *solven* minyak bumi sangat penting karena berhubungan dengan toksisitas hidrokarbon yang terlarut terhadap organisme akuatik.

2. Permasalahan Limbah Cair Industri Minyak Bumi

Selama terjadi kegiatan eksplorasi, eksploitasi, pengolahan dan transportasi, dapat terjadi pencemaran minyak baik di lingkungan darat atau lingkungan laut. Contoh kegiatan industri pengolahan minyak bumi seperti pada kerja lapangan di Pertamina. Pada saat pembukaan dan pematangan lahan merupakan dampak turunan dari meningkatnya nilai laju bahaya erosi yang menyebabkan masuknya padatan tersuspensi ke dalam badan perairan. Kegiatan pada proses pemboran dan uji produksi, dampak terhadap kualitas diperkirakan akan timbul disebabkan adanya limbah cair dari proses pengeboran yang terdiri dari limbah lumpur bor dan air formasi yang mengandung minyak serta air terproduksi.

Kegiatan mulai dari pengeboran kemungkinan akan adanya ceceran-ceceran limbah cair, terutama ceceran minyak ke perairan seperti badan air terdekat, akibat terbawa aliran air permukaan masih dapat terjadi dan berpotensi menimbulkan dampak negatif yang tentunya membuat keresahan penduduk pengguna air sekitarnya. Kegiatan operasi yang akan menimbulkan dampak terhadap komponen lingkungan yaitu saat proses pemisahan, injeksi air dan kegiatan penyaluran hasil produksi maupun saat pengembalian air limbah kembali ke sumur, dimana kegiatan ini mengakibatkan adanya ceceran minyak dan terjadinya luapan akan menurunkan kualitas air ke lingkungan perairan, karena berdasarkan

hasil analisa minyak bumi mengandung logam berat, kandungan COD dan minyak tinggi.

Penurunan kualitas air akan menyebabkan gangguan terhadap biota air sehingga keaneka ragaman hayatinya menjadi berkurang. Gangguan lainnya adalah terhadap penduduk pengguna sungai untuk aktifitas Mandi, Cuci dan Kakus (MCK). Ceceran minyak bumi dari berbagai kegiatan dapat mencemari daerah yang terkena dampak, dikarenakan minyak bumi mempunyai komposisi kimia yang terdiri dari: karbon, hidrogen, komponen hidrokarbon ini terdiri dari senyawa parafin, naftena, dan aromatik. Sedangkan non hidrokarbon yang terdiri dari nitrogen, oksigen dan sulfur.

Secara umum minyak bumi yang mencemari perairan akan mengalami berbagai proses perlakuan, yaitu proses fisik dan kimia. Perlunya perlakuan proses kedua cara tersebut, karena apabila minyak yang tumpah ke suatu perairan, minyak akan langsung menyebar secara cepat, karena minyak akan tetap terapung dan membentuk suatu lapisan di permukaan air. Kondisi ini disebabkan berat jenis minyak lebih kecil dari pada berat jenis air. Tetapi karena minyak bumi yang terdiri dari senyawa hidrokarbon, sehingga lama kelamaan minyak dengan sendirinya akan menguap juga, peristiwa ini karena terjadinya proses evaporasi.

Adanya sinar matahari yang menyinari permukaan lapisan minyak, maka sinar matahari akan mempengaruhi senyawa hidrokarbon minyak tersebut, menjadi senyawa yang lebih polar. Peristiwa ini akibat terjadinya proses alami disebut proses *dissolution*. Apabila jumlah minyak yang tumpah dengan volume yang besar, dan berat jenisnya ternyata lebih besar dari berat jenis air, maka dengan bantuan sedikit demi sedikit dari riak atau gelombang air, akan terjadi peristiwa terdispersi ke dasar laut. Minyak yang mengendap di dasar laut menjadi sedimentasi.

Apabila jumlah minyak yang tumpah dengan volume yang besar, dan kondisi angin yang kencang, minyak akan menyebar lebih luas dipermukaan air. Penyebaran dari minyak dengan volume yang besar akan mengganggu ekosistem air. Sehingga harus cepat melakukan

penanganan, salah satunya dengan cara perlakuan proses fisika, yang disebut dengan *dissolved air flotation*. Proses ini bertujuan untuk menyatukan air dan minyak dengan alat yang bertekanan. Apabila tekanan yang berisi gas dilepas, udara yang bercampur gas yang dilepaskan dari permukaan larutan akan membentuk busa yang banyak, sehingga lebih mudah untuk membuang limbah minyak tersebut.

Dibanyak industri minyak khususnya minyak bumi, biasanya memasang alat *barriers* pada unit penyulingannya, tujuannya untuk mengontrol apabila terjadi tumpahan minyak, dengan cara menghambat tumpahan minyak bumi ke badan air.

Proses penangan secara kimia dapat dilakukan dengan pemberian material kimia yang digunakan untuk mengontrol tumpahan minyak di badan air, dengan cara menambahkan zat kimia kedalam tumpahan minyak, sehingga minyak akan tenggelam ke dasar badan air, atau tumpahan minyak akan mengeras, sehingga tumpahan minyak mudah diambil. Bisa juga dengan menambahkan zat kimia, minyak akan terkumpul, sehingga minyak mudah untuk diambil.

Suatu cara kimia yang lainnya yang bisa dilakukan dengan proses *chemical coagulation-flocculation*. Proses *chemical coagulation-flocculation* dengan cara menambahkan koagulan kimia yang akan menghasilkan mikroflok-mikroflok dalam proses koagulasi dan selanjutnya dengan proses flokulasi akan dihasilkan partikel yang lebih besar sehingga mudah dalam pengambilannya. Proses ini jarang sekali dipakai karena kurang ramah lingkungan karena dapat merusak ekosistem perairan.

Kasus tumpahnya minyak bumi ke badan perairan kurang efisien dengan cara biologi, karena cara biologi dapat dilakukan apabila dalam penanganan limbah minyak bumi dalam batas kolam. Proses biologi untuk penanganan limbah minyak bumi dengan cara degradasi minyak secara biologis dalam kolam dianggap paling efisien. Hal ini dikarenakan prosesnya yang tidak terlalu rumit, tidak memerlukan peralatan yang kompleks, relatif lebih murah serta lebih aman terhadap lingkungan.

Perlakuan untuk mendegradasi limbah minyak bumi dengan kolam, seperti proses dengan unit alat kolam aerasi, tujuan prosesnya memisahkan bahan organik terlarut yang terkandung dalam air limbah oleh mikroorganisme dengan mempertahankan/meningkatkan konsentrasi oksigen terlarut didalam air. Atau dapat juga dengan unit alat lumpur aktif, tujuannya untuk memisahkan bahan organik terlarut, sedangkan yang tidak terlarut dapat dipisahkan dengan cara pengendapan. Sedangkan untuk bahan organik tidak terlarut (solid) pada kondisi anaerob, dapat diuraikan dengan unit alat reactor yang disebut *anaerobic digestion*.

Apabila pengolahan harus dilakukan dengan cara biologi pada tahapan *secondary treatment*, maka dilakukan dengan unit alat *trickling filter* untuk pengolahan pendahuluan saja, tujuannya untuk menurunkan konsentrasi air limbah minyak.

Contoh hasil penelitian Hasmawaty (2016), untuk mengatasi pencemaran limbah minyak bumi dari industri pertambangan minyak bumi sebagai berikut :

a. Proses Pengolahan

Pengolahan limbah minyak bumi menggunakan bioreaktor dengan prosesnya bioremediasi. Dalam proses bioremediasi dipakai jenis alat reaktor yang disebut bioreaktor yaitu prosesnya menggunakan mikroba. Pengolahan limbah minyak bumi yang menggunakan bioreaktor akan terjadi reaksi biokimiawi. Reaksi biokimia dilakukan oleh mikroba. Oleh karena itu pemilihan bioreaktor ada beberapa faktor penting yang harus dipertimbangkan; (Ani Suryani, 1994) diantaranya:

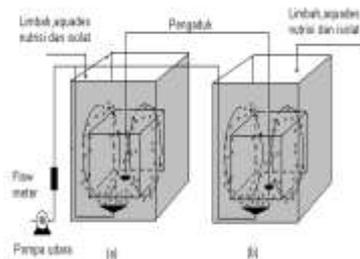
- 1) Pengoperasian bioreaktor sangat tergantung dari jenis mikroba yang digunakan, karena pengoperasian bioreaktor sangat tergantung pada kemandapan galur mikroba.
- 2) Sifat media dimana penentuan galur sangat menentukan media yang digunakan. Media biakan yang digunakan

berpengaruh terhadap jenis bioreaktor yang akan dijadikan tempat reaksi. Disatu pihak, efek biokinetik substrat juga berpengaruh terhadap pemilihan bioreaktor.

- 3) Parameter proses biokimia, salah satu faktor dasar yang berpengaruh terhadap pemilihan bioreaktor untuk pertumbuhan mikroba aerobik adalah laju perpindahan oksigen atau dengan istilah *Oxygen Transfer Rate (OTR)*.

b. Alat Bioreaktor dan Prosedur Pengolahan Limbah Minyak Bumi

Bioreaktor adalah salah satu teknik dalam bioremediasi yaitu proses biodegradasi limbah minyak. Bioreaktornya dirancang dari kaca berbentuk seperti aquarium dengan ukuran besar (40 x 40 x 80) Cm³, di dalamnya dengan ukuran kecil yaitu (28 x 28 x 40) Cm³. Sekema bioreaktor seperti pada Gambar 3.5, dilengkapi dengan bejana teraduk secara mekanis:



Sumber: Hasmawaty. 2016

Gambar 3.5 Bioreaktor Mekanis

Alat-alat yang digunakan untuk mendapatkan *isolat* dari limbah minyak bumi skala laboratorium diantaranya; Inkubator, autoklaf, cawan petri, erlemeyer, gelas ukur, gelas beker, shaker, kuvet, mikroskop, pH meter, tabung reaksi, pipet serologis, pipet tetes, jarum ose, kertas label, kertas saring, pompa pengisap,

selang kecil, dan peralatan lain yang sering digunakan di laboratorium mikrobiologi.

Alat-alat yang digunakan dalam perlakuan pada pengolahan limbah minyak bumi seperti Gambar 3.5;

- 1) dua buah bioreaktor dengan dilengkapi pompa kompresor sebagai penggerak aliran udara,
- 2) *flow-meter* sebagai pengatur besarnya debit udara yang diperlukan dan selang,
- 3) neraca analitis untuk menimbang banyaknya nutrisi yang diperlukan,
- 4) gelas erlemeyer
- 5) gelas ukur dan lain-lain.

Bahan yang digunakan yaitu: sampel limbah cair minyak bumi, medium uji yaitu medium *zobell* cair dan agar untuk isolasi, medium soemindari cair untuk seleksi dan medium uji fisiologis antara lain medium dasar, simmons citrate agar, Sulfida-Indole-Motility (SIM) agar, *MR-VP broth*, *Starch* agar, gelatin nutrien dan beberapa reagent serta indikator, agades, alkohol, speritus dan KNO_3 , K_2HPO_4 sebagai nutrisi atau bahan makanan tambahan yang diperlukan oleh bakteri.

Alat yang digunakan dalam mengolah limbah minyak bumi dapat dilakukan dengan rancangan acak lengkap yang berpola faktorial dengan perlakuan terdiri atas faktor kombinasi volume limbah minyak bumi dengan faktor kombinasi debit udara sebagai areasi: (Hasmawaty, 2016).

Faktor kombinasi konsentrasi limbah pada reaktor dengan uji coba 2 reaktor yang dirangkai menjadi satu, dengan;

- 1) Reaktor ke satu (R_1), dilakukan penambahan limbah 5 liter pada medium 100 liter. Sedangkan faktor kondisi aerasi pada debit udaranya sebanyak Debit (Q_1) dengan aerasi sebesar 2 liter/detik

- 2) Reaktor ke dua (R_2) dilakukan penambahan limbah 10 liter pada medium 100 liter. Sedangkan faktor kondisi aerasi pada debit udaranya sebanyak Debit (Q_1) dengan aerasi sebesar 6 liter/detik

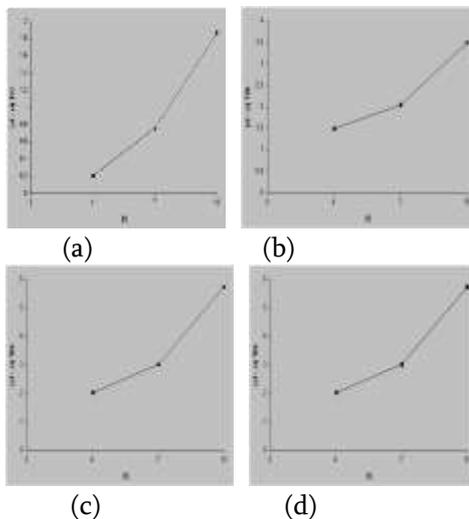
Perlakuan pada dua buah bioreaktor secara *semi batch* kontinyu dengan kecepatan agitasi sebesar 120 rpm. Jumlah kombinasi perlakuan ada 4 unit dan masing-masing diulang dua kali, sehingga akan menghasilkan 8 run percobaan.

Prosedur pengolahan dilakukan dengan tahapan kegiatan diantaranya; isolasi, seleksi, peremajaan kultur isolat, dan pembuatan *mixculture* (Munawar, 1999) dalam Hasmawaty, (2016). Variabel-variabel yang diukur meliputi; pH, gravitasi spesifik, *BOD*, *DO*, zat terlarut, berat akhir limbah, minyak lemak, dan jumlah mikro.

Temuan hasil pengolahan limbah minyak bumi di setiap wilayah yang mempunyai sumberdaya minyak bumi hasilnya akan berbeda dikarenakan kondisi alamnya. Hasil penelitian di wilayah PT Pertamina Prabumulih oleh Hasmawaty (2016) diperoleh;

- 1) Diperoleh sepuluh isolat bakteri, seluruhnya mampu tumbuh dan bertahan hidup pada kondisi medium yang ditambah dengan limbah minyak bumi. Dari kesepuluh isolat yang diperoleh ternyata semuanya diduga mampu mendegradasi hidrokarbon dalam bentuk limbah.
- 2) Kesepuluh isolat bakteri yang diduga mampu mendegradasi hidrokarbon dengan sel berbentuk batang bersifat gram negatif, semuanya tidak bersepora mampu tumbuh pada kondisi medium mengandung limbah minyak bumi. dan merupakan kelompok *citrobacter sp*, *micrococcaceae* dan merupakan kelompok *flavobacterium sp*.

- 3) Hasil analisis parameter dengan limbah minyak bumi yang tertinggi pada médium dengan laju aerasi 6 ml/det dan volume 10 liter, dan kecepatan pengadukan 120 rpm, terjadi 2 (dua) proses yaitu penurunan; pH, grafik Spesifik, berat akhir limbah dan kadar BOD. Dan peningkatan; kelarutan limbah, minyak lemak, DO dan jumlah mikroba.
- 4) Mendapatkan nilai koefisien. Besarnya nilai koefisien di dapat dari persamaan reaksi sebagai berikut: $SX + HA$. Dibuatkan Grafik 4.3 untuk pertumbuhan mikroba yaitu konsentrasi sel (x), $(x_f - x_i)$ vs waktu (t), dalam pencatatan per-setiap 3 harinya.



Gambar. 3.6 Grafik Pertumbuhan Mikroba

Pada Grafik pertumbuhan mikroba dapat dilihat hasilnya pada kondisi ketiga fase debit udara 6 ml/det dengan volume substrat awal 10 liter lebih baik dibandingkan dengan kondisi yang lebih kecil, ini terlihat pada besar nilai percepatan maupun kecepatan

yang ada sebagai berikut; fase awal, percepatan sebesar 1.487 dan kecepatannya sebesar 0.372, fase penyesuaian, percepatan sebesar 0.850 dan kecepatannya 0,121 dan fase eksponensial, percepatan sebesar 0.595 dan kecepatannya 0.059.

Dengan data yang ada artinya bahwa pemberian oksigen yang tepat akan membuat percepatan maupun kecepatan laju pertumbuhan mikroba lebih baik. Produktivitas mikroba dapat dilihat hasil konsentrasi sel maksimal (x_m) dan waktu maksimal (t_m) seperti pada tabel berikut, dengan rumus produktivitas mikroba yaitu; $P_m = x_m/t_m$.

Tabel 3.1 Produktivitas Mikroba

Debit (Q), 2 ml/det					
5 (liter)			10 (liter)		
X_m	T_m	P_m	X_m	T_m	P_m
1.87	10	18.7	3.50	10	35.0
Debit (Q), 6 ml/det					
5 (liter)			10 (liter)		
X_m	T_m	P_m	X_m	T_m	P_m
5.75	10	57.5	5.95	10	59.5

Sumber: Hasmawaty.AR. 2016

Produktivitas maksimal (P_m) dalam pertumbuhan mikroba; Dengan debit udara (Q) 2 ml/det, volume Substrat (S = 5 dan 10) liter, yaitu; $P_m = 18.7$ dan 35.0 . Dengan debit udara (Q) 6 ml/det, volume Substrat (S = 5 dan 10) liter, yaitu; $P_m = 57.5$ & 59.5

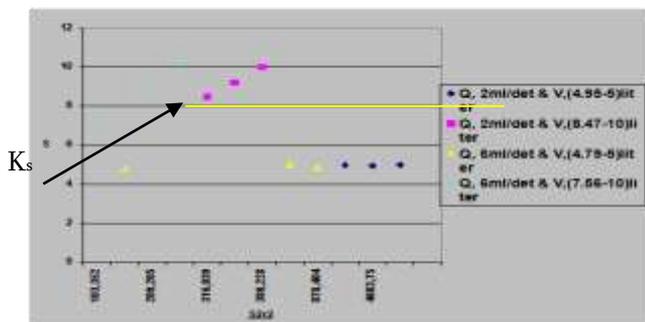
Produktivitas mikroba menunjukkan yang baik pada saat pemberian debit udara pada perlakuan sebesar 6 ml/detik, ini dapat dilihat pada tabel diatas besarnya hasil produktivitas yang mencapai 57.5 untuk pemberian substrat awal 5 liter dan 58.5 untuk pemberian substrat awal 10 liter.

Laju kecepatan reaksi pada pertumbuhan mikroba dapat dilihat dari;

- a) formulasi yang menghasilkan reaksi orde satu (1) terhadap konsentrasi mikroba, dengan persamaan *saturation coefficient* (K_s), dapat dengan melihat grafik nilai (K_s)
- b) besarnya nilai *slope*, dengan melihat laju reaksi ($S^2:r$) sebagai ordinatnya versus substrat (S) sebagai absisnya.

Nikai K_s beragam sesuai galur mikroba dan faktor kimiawi yang terlihat. Sebagai pembanding untuk substrat gula, nilai K_s besarnya antara 1–100 mg/liter. Sedangkan untuk substrat nitrogen umumnya nilai K_s lebih rendah.

Pada Gambar 3.37 menurut Hasmawaty, 2016 menjelaskan; diketahui nilai K_s untuk substrat dari limbah minyak bumi Prabumulih. Besarnya nilai (K_s) sebesar 5.50 sedangkan besarnya masing-masing slope dari variasi aerasi dengan debit udara (Q) yaitu 2 ml/det dan 6 ml/det.



Gambar 3.7 Laju Pertumbuhan Mikroba Vs Substrat

Menurut Hasmawaty (2016), model persamaan kinetika reaksi biodegradasi dengan laju reaksi untuk *isolate* adalah ;

$$\mu = 0.43 \frac{S}{5.50+S}$$

Terlihat pada Gambar 3.7 dimana (S^2/r) terhadap S , didapatkan harga; $K_s = 5.50$. Untuk debit 2 ml/det, volume (5 dan 10) liter, $\mu = 731$ dan 65750. Untuk debit 6 ml/det, volume (5 dan 10) liter, $\mu = 10617$ dan 13658.

3.2.3 Industri Energi Nuklir

Industri energi nuklir adalah industri kimia dengan bahan baku uranium atau plutonium. Energi nuklir digalakan sebagai salah satu alternative pengganti energi fosil dari batubara atau minyak bumi yang tidak dapat diperbaharui. Tenaga nuklir berasal dari inti atom. Partikel atom dari uranium atau plutonium yang kecil apabila dihancurkan akan menghasilkan energi. Energi inilah yang diambil sebagai energi untuk perusahaan Pusat Listrik Tenaga Nuklir (PLTN). Cara menghasilkan energi tersebut dengan proses pada rekayasa unit alat yang bersekala besar. Penggunaan energi dari nuklir ini dimanfaatkan untuk tenaga penggerak kapal seperti kapal selam dan kapal induk, karena energi ini sangat berbahaya maka tidak dianjurkan untuk penggerak mobil dan pesawat penumpang.

1. Sumber Daya Energi Nuklir

Energi nuklir bahan bakunya berasal dari zat radioaktif yang dapat memancarkan sinar α (*alpha*) yang bermuatan listrik positif, sinar β (*beta*) yang bermuatan listrik negatif, dan sinar γ (*gamma*) yang tidak bermuatan listrik. Sinar γ inilah yang sangat berbahaya karena dapat

menembus apa saja yang menghalanginya. Bila terkena sinar γ , molekul-molekul yang netral dapat berubah menjadi ion-ion yang bermuatan listrik. Sinar γ inilah yang dapat mengubah susunan gen atau kromosom dalam inti sel sehingga kekurangannya dapat bervariasi, yaitu ada yang mati, ada yang cacat, dan ada yang mempunyai sifat menguntungkan pada bidang pertanian, seperti buahnya lebat, umurnya singkat, dan sebagainya. Oleh sebab itu manusia memanfaatkan sinar γ untuk memaksimalkan hasil pertanian. Sinar γ juga dapat dimanfaatkan untuk bidang peternakan. Zat-zat radioaktif dapat bersifat sebagai tracer (penelusur), misalnya digunakan pada rumah sakit, kebocoran waduk, dan sebagainya.

Limbah radioaktif dapat merembes keluar sehingga membahayakan lingkungan. Di unit alat reaktor saat prosesnya kemungkinan dapat terjadi kebocor sehingga dapat mengakibatkan reaktornya meledak, kejadian ini mungkin saja bisa terjadi karena disebabkan pada prosesnya terlalu panas. Alat pengaman untuk mencegah kecelakaan tersebut unit reaktor harus dilengkapi dengan system pengaman pendukung, tujuannya untuk meminimalkan kebocoran. Reactor yang dipakai pada PLTN disebut reaktor thermal.

2. Limbah Industri Energi Nuklir

Limbah industri energi nuklir adalah industri penghasil energi yang menggunakan uap melalui proses boiler. Energi uap ini berasal dari panas yang ditimbulkan dengan proses fisi. Jadi limbah radio aktif dari PLTN dapat dipandang sebagai limbah industri energi.

Limbah dari industri energi nuklir disebut radio aktif, karena pada peristiwa fisi dalam reaktor nuklir akan terjadi hasil sampingan berupa limbah bahan radio aktif yang tidak dikehendaki. Dari emisi yang terjadi akan menyebabkan perubahan isotop, selanjutnya yang dikenal dengan reaksi berantai atau proses peluruhan. Peristiwa fisi dari inti zat uranium menjadi 2 inti lain yang labil kemudian membelah lebih lanjut dalam reaksi berantai. Pemisahan secara kimiawi dari hasil fisi dan konversinya inilah merupakan sumber limbah radio aktif.

Pengolahan limbah radio aktif sebelum dibuang harus betul-betul menjadi perhatian pihak industri, karena dapat berbahaya terhadap manusia ;

- a. Dipekatkan lalu ditampung dalam suatu tempat tertentu (terutama untuk limbah yang sangat aktif).
- b. Diencerkan lalu dipisah-pisah pada berbagai tempat (terutama untuk limbah yang jumlahnya banyak tetapi radioaktifitasnya rendah).

Limbah radio aktif berasal dari;

- a. Proses pengambilan biji uranium pada daerah penambangan selama prosesnya dipancarkan sinar α sehingga diperoleh radium.
- b. Pencucian pemakaian yang telah terkontaminasi. Air pencucian akan mengandung limbah radio aktif.
- c. Limbah berasal dari laboratorium penelitian yang menggunakan radio aktif.
- d. Limbah yang berasal dari rumah sakit, terutama pemakaian radio isotop, baik untuk diagnose maupun terapi. Isotop yang banyak dipakai dirumah sakit adalah radio isotop J^{131} dan P^{32} (wawancara dengan dr Thanial, 2015).
- e. Pada air pendingin di generator pembangkit listrik tenaga nuklir. Kontaminasi dapat terjadi karena kebocoran pada pipa-pipa akibat korosi atau pada peristiwa penembakan elektron dengan adanya garam dalam air pendingin.
- f. Dalam *prossesing* unsur bahan bakar. Pada proses ini akan terjadi limbah radiio aktif dengan tingkat radiasi yang tinggi.
- g. Limbah radio aktif terjadi dari kebocoran, selama perawatan, pengisihan bahan bakar, dan lain-lain. Limbah radioaktif dapat merembes keluar sehingga membahayakan lingkungan.

Di unit alat reaktor saat prosesnya kemungkinan dapat terjadi kebocor sehingga dapat mengakibatkan reaktornya meledak, kejadian ini mungkin

saja bisa terjadi karena disebabkan pada prosesnya terlalu panas. Alat pengaman untuk mencegah kecelakaan tersebut unit reaktor harus dilengkapi dengan system pengaman pendukung, tujuannya untuk meminimalkan kebocoran. Reaktor yang dipakai pada PLTN disebut reaktor thermal (reaktor panas).

3.3. Industri Energi Berbasis Non Fosil *Natural Resources*.

Industri energi berbasis non fosil digolongkan dalam industri kimia yang ramah lingkungan yaitu bahan bakunya adalah SDA yang *natural resources*. SDA non fosil (*natural resources*) disebut dengan energi alternative, sebagai pengganti energi dari bahan bakar konvensional. Energi dari non fosil dikatakan lebih ramah lingkungan, karena tidak menghasilkan hidrokarbon yang mengakibatkan kerusakan lingkungan akibat emisi dari karbon dioksida, yang berkontribusi besar terhadap pemanasan global. Sumber energi alternative yang dapat diperbahuri ini disebut dengan istilah *renewable*.

Sehubungan dengan bahan bakar yang berasal dari fosil semakin lama akan menjadi semakin menipis, maka berbagai macam upaya dilakukan untuk menggalakan pengganti bahan bakar dari fosil beralih ke bahan bakar non-fosil, seperti: *mini hydro*, *solar photovoltaic*, tenaga angin, biomass, arus laut, *biofuel*, energi panas bumi, tenaga matahari (surya), energi gelombang laut, dan banyak lagi yang lainnya.

Namun hambatan dalam menggalakan pencarian atau penentuan energi alternatif non fosil yang potensial terkendala dalam hal:

- a. Mahalnya biaya riset pengembangan teknologi baru untuk non fosil
- b. Kesulitan untuk menentukan perkembangan teknologi.
- c. Kebijakan dalam pengelolaan sumber daya alam, energi, dan lingkungan hidup.
- d. Masih langkanya Sumber Daya Manusia (SDM) untuk mengelola energi alternatif.
- e. Pencapaian teknologi tepat guna untuk non fosil sangat lambat.

- f. Kurangnya peran serta lembaga-lembaga dalam pengembangan teknologi tepat guna.
- g. Tersedianya bahan baku primer untuk energi dipengaruhi musim.

Potensi besar energi dari SDA non fosil diantaranya:

- a. Sumber energi alternative dapat diperbaharui terus.
- b. Energi yang dihasilkan sangat besar.
- c. Menambah pengaman terhadap pasokan energi
- d. Mengurangi subsidi BBM
- e. Menjadi *income* suatu negara.
- f. Energi alternatif tidak mencemari lingkungan.

Sumber daya alam non konvensional yang akan dibahas dalam bab ini antara lain; energi surya, energi panas bumi, energi angin, energi air, energi laut, energi biogas, energi biomassa, energi biodiesel, dan energi zat radioaktif.

3.3.1. Industri Pembangkit Listrik Tenaga Surya

1. Energi Surya

Energi surya berasal dari sinar matahari. Sinar matahari di iklim tropis memiliki sinar yang mempunyai energi selama kurang lebih delapan (8) jam setiap harinya (dari jam 08.00 s/d 16.00). Matahari merupakan sumber energi terbesar bagi bumi yang berupa energi panas dan energi cahaya. Energi panas dari matahari dapat digunakan secara langsung, diantaranya untuk;

- a. menerangi bumi pada siang hari.
- b. dimanfaatkan untuk tumbuhan hijau melakukan fotosintesis dan memanaskan tumbuhan dalam rumah kacanya.
- c. mengeringkan pakaian dan mengeringkan peralatan atau beberapa keperluan rumah tangga lainnya.
- d. mengeringkan bahan makanan dengan cara tradisional pada industri kecil, seperti menjemur kerupuk, ikan asin dan lainnya.

- e. memanaskan air. Pemanasan air dengan tenaga surya memerlukan alat yang disebut panel surya. Panel surya biasa dibuat dari lempengan logam hitam yang dihubungkan dengan pipa air. Lempengan ini akan memindahkan panas matahari ke air yang mengalir di sepanjang pipa.
- f. menghasilkan listrik. Alat yang diperlukan untuk menghasilkan listrik berupa cermin cekung dan turbin. Cermin ini akan bergerak mengikuti arah matahari saat melintas di langit. Cermin ini kemudian memfokuskan cahaya ke sebuah menara. Di menara tersebut panas yang diserap digunakan untuk mendidihkan air, dan menghasilkan uap. Uap yang dihasilkan digunakan untuk menggerakkan turbin. Turbin inilah yang akan menghasilkan listrik. Listrik ini dapat digunakan untuk menyalakan lampu, televisi, bahkan lemari es.

2. Industri Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Industri Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah salah satu sumber bahan baku energinya berasal dari matahari. Sinar matahari dapat diubah menjadi energi listrik, dengan cara menangkap sinar matahari melalui solar modul, kemudian sinar matahari diubah menjadi listrik yang selanjutnya disimpan dalam baterai. PLTS yang memiliki energi modular, dan mudah dipindahkan merupakan salah satu solusi yang dapat dipertimbangkan sebagai salah satu pembangkit listrik alternatif. Pulau-pulau kecil dan pedesaan-pedesaan yang terpencil, sangat efektif bila memakai PLTS sebagai salah satu cara untuk mengganti pemakaian Bahan Bakar Minyak (BBM).

Beberapa Manfaat dan keistimewaan PLTS sekarang ini diantaranya:

- a. PLTS dimanfaatkan di banyak perumahan dan beberapa perkantoran, di Pusat Kesehatan Masyarakat (PUSKESMAS), dan industri-industri untuk; memanaskan air atau sering disebut *Solar Home System* (SHS), lemari pendingin, menggerakkan pompa air, lampu, televisi, alat komunikasi, radio, internet, dan lain-lain

- b. Unit alat tenaga surya tidak membutuhkan tempat yang luas, dan sangat fleksibel karena mudah untuk dipindahkan.
- c. Energi listrik dari surya tidak berdampak negatif terhadap lingkungan.

Contoh produk PLTS dapat dilihat Gambar 3.8;



Sumber: Bali Post, 2017

Gambar 3.8. Contoh PLTS di Bali

3.3.2. Industri Energi Panas Bumi

1. Energi Panas Bumi

Industri energi sebagai bahan bakunya berasal dari panas bumi disebut industri energi geothermal, industrinya di sebut Pusat Listrik Tenaga Panas (PLTP) Bumi. Energi panas bumi adalah energi yang berasal dari inti bumi. Inti bumi merupakan bahan yang terdiri atas berbagai jenis logam dan batu yang berbentuk cair, yang memiliki suhu tinggi. Energi ini dapat digunakan untuk menghasilkan listrik sebagai salah satu bentuk dari energi semi terbarui, karena energi panas bumi disebut energi semi fosil, yaitu bahan bakunya berasal dari jenis logam dan batu berbentuk cair yang dapat habis, jadi energi panas bumi tidak dikatakan secara mutlak sebagai energi yang dapat diperbarui.

Energi geothermal yang dapat dimanfaatkan sekarang ini adalah panas bumi yang berasal dari magma. Magma adalah batuan cair atau panas bumi yang terdapat di dalam inti bumi yang disebut kerak bumi. Karena pengaruh geseran kulit bumi atau karena tekanan, magma dapat merembes ke permukaan bumi dan disebut lava. Lava inilah yang membentuk gunung-gunung di permukaan bumi. Gunung berapi mempunyai sumber-sumber air panas yang berasal dari magma. Apabila dilakukan pengeboran, maka akan terjadi semburan yang berupa gas ataupun berupa uap air yang panas. Bila semburan itu mengeluarkan uap air panas, maka semburan dapat langsung dimanfaatkan untuk memutar turbin uap yang kemudian dikaitkan dengan generator pembangkit listrik dan akan diperoleh energi listrik untuk berbagai keperluan.

2. Contoh dan Keunggulan Energi Panas Bumi

Contoh aktifitas dan keunggulan industri energi panas bumi dapat dilihat pada Gambar 3.9



Sumber: Alamendah, 2015

Gambar 3.9. Contoh Energi Panas Bumi di Sebayak

Industri PLTP yang bahan bakunya panas bumi memiliki beberapa keunggulan dibandingkan industri-industri energi terbarukan yang lain, diantaranya:

- a. Tidak perlu menyiapkan lahan yang luas untuk kawasan industrinya, karena proses penghasilan energi langsung diproduksi ditempat, dan tidak perlu menyiapkan tempat penyimpanan produksi energinya. Jadi industri PLTP lebih ekonomis dibandingkan dengan industri energi terbarukan yang lain.
- b. mampu memproduksi secara terus menerus selama 24 jam, karena tingkat ketersediaan bahan bakunya sangat *availability*.

3.3.3. Industri Energi Angin, Air, dan Laut

1. Industri Energi Angin dan Air

Industri energi berasal dari, angin, air, dan laut adalah suatu industri yang sama-sama digerakkan oleh alam yaitu angin. Berikut ini dijelaskan perbedaan dan persamaan dari industri angin, air, dan laut:

a. Industri Energi Angin

Industri energi angin sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTA), memanfaatkan bahan bakunya berasal udara yang bergerak atau udara yang berpindah tempat. Udara yang bergerak atau udara yang berpindah tempat disebut angin.

Penggerakan udara itu disebabkan oleh perbedaan suhu. Perbedaan suhu disebabkan oleh perbedaan daya serap panas di permukaan bumi. Jadi, selama matahari masih memancarkan sinarnya ke bumi dan di bumi terdapat daratan dan lautan, maka akan terjadi perbedaan suhu, sehingga perbedaan suhu kedua daerah tersebut akan menyebabkan terjadinya angin. Dan angin akan tetap bertiup sepanjang waktu, sepanjang bumi masih berputar. Tapi walaupun sumber energi itu tersedia secara bebas, namun tidak semua tempat menguntungkan untuk dibangun Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTA), jadi harus dipelajari arah angina dan potensi anginnya.



Sumber: Sutrisna, 2011

Gambar: 3.10. Contoh Energi Angin

Pemanfaatan teknologi energi angin sebagai salah satu sumber energi yang dapat diperbarui, karena bahan bakunya takterbatas. Tetapi energi listrik yang dihasilkan dari angin kapasitasnya masih dikatakan relatif kecil. Sehingga umumnya teknologi ini hanya diterapkan di daerah terpencil atau di pedesaan yang belum terjangkau aliran listrik (yang belum mempunyai PLN).

Prinsip produksi energi dari angin sangat sederhana, caranya angin ditangkap dengan baling-baling (rotor bersayap) seperti pada gambar 3.10. Menggunakan energi mekanis angin diteruskan untuk memutar generator pembangkit listrik. Generator yang dipasang ukurannya harus disesuaikan dengan kapasitas angin dan rotornya.

b. Industri Energi Air

Industri energi sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), dengan bahan bakunya berasal dari air. Energi air hampir sama dengan energi angin yaitu dapat digunakan dalam bentuk gerak angin yang mendorong air atau adanya perbedaan suhu daratan dan lautan.

Karena berat air ribuan kali lebih berat dari berat udara, maka gerakan aliran air yang pelan pun dapat menghasilkan energi yang besar. Tenaga air yang memanfaatkan gerakan air biasanya didapat dari sungai yang dibendung. Pada bagian bawah dam di sungai dibuat untuk saluran air. Pada saluran air dipasang turbin yang berfungsi untuk mengubah gerakan air dengan energi kinetik menjadi energi

mekanik, sehingga energi mekanik inilah yang dapat menggerakkan generator listrik.



Sumber: Firman Sasongko, 2010.

Gambar: 3.11. Contoh Energi Air

Manfaat energi air diantaranya untuk keperluan, transportasi, wisata, dan irigasi atau pengairan pada pertanian.

2. Industri Energi Laut

Industri energi laut (gelombang) sebagai bahan bakunya berasal dari gelombang laut, pasang surut dan panas laut. Energi laut diperoleh dengan pemanfaatan proses tenaga kinetik. Seperti produksi energi air, energi laut juga mengubah gerakan gelombang air laut, dari energi kinetik menjadi energi mekanik, sehingga energi mekanik inilah yang dapat menggerakkan generator listrik. Tujuan energi mekanik untuk memutar turbin, dan juga menggerakkan generator untuk menghasilkan listrik. Contoh aktifitas industri energi laut dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Sumber: Iskandar, 2013

Gambar 3.12. Contoh Energi Laut

Energi yang berasal dari laut dapat dikategorikan menjadi tiga macam:

1) Energi Ombak

Industri energi ombak sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Ombak (PLTO), dengan bahan bakunya dari angin yang bertiup di permukaan laut. Ombak merupakan sumber energi yang cukup besar dan juga tidak terbatas, namun untuk memanfaatkan energi yang ada dan mengubahnya menjadi listrik dalam jumlah yang maksimal, harus adanya potensi lokasi ombak maksudnya, ombak harus kuat atau besar dan gelombang ombaknya konsisten.

Aliran ombak yang masuk dan keluar dalam ruang yang ada, menyebabkan terjadinya dorong melalui sebuah saluran yang dibuat di atas ruang tersebut. Di ujung saluran diletakkan sebuah turbin, maka aliran udara yang keluar masuk tersebut akan memutar turbin yang menggerakkan generator.

Keistimewaan dari industri PLTO untuk menghasilkan energi ombak diantaranya;

- 1) dapat menghasilkan energi dalam jumlah yang maksimal, karena bahan bakunya banyak dan gratis.

- 2) Treatmentnya sederhana, sehingga mudah untuk dioperasikan.
- 3) Proses operasionalnya tidak menggunakan bahan bakar, sehingga tidak mengeluarkan polusi udara.
- 4) Biaya alat, perawatan alat juga murah, sehingga sangat ekonomis.
- 5) Pekerjaannya tidak memerlukan banyak orang, sehingga manajemennya sederhana dan mudah untuk dikontrol.

2) Hasil Konversi Energi Panas Laut

Industri energi Pembangkit Listrik Tenaga Panas Laut (PLTPL), bahan bakunya adalah pemanfaatan energi dari panas laut. Suhu air laut mempunyai perbedaan antara permukaan dengan bagian dalam air laut. Di permukaan laut temperaturnya lebih tinggi, karena panas dari sinar matahari langsung ke permukaan laut. Suhu di bawah permukaan, temperaturnya akan terus berkurang, karena air laut adalah H₂O juga.

Industri PLTPL dapat memanfaatkan perbedaan temperatur tersebut untuk menghasilkan energi. Pemanfaatan sumber energi jenis ini disebut dengan konversi energi panas laut.

Keistimewaan PLTPL produksinya lebih stabil karena peristiwa alam yang konsisten, sehingga produksi listriknya jauh lebih stabil. Namun keistimewaan PLTPL secara umum sama dengan pembangkit listrik dari air laut yang lainnya, namun diantaranya;

- 1) dapat menghasilkan energi dalam jumlah yang maksimal, karena bahan bakunya banyak dan gratis.
- 2) Treatmentnya sederhana, sehingga mudah untuk dioperasikan.

- 3) Pkerjanya tidak memerlukan banyak orang, sehingga manajemennya sederhana dan mudah untuk dikontrol.

Kelemahan pengoperasian PLTPL saat ini masih cukup banyak, diantaranya;

- 1) pada permasalahan biaya, karena pembangunan PLTPL cukup mahal.
- 2) belum adanya yang menganalisis dampak oprasionalnya terhadap lingkungan, karena pada proses menghasilkan listriknya memakai bahan baku ammonia. Pemakaian ammonia, apabila terjadi kebocoran akan berdampak pada lingkungan.

3) Energi Pasang Surut

Industri energi Pembangkit Listrik Tenaga Pasang Surut (PLTPS), bahan bakunya adalah air laut. Energi pasang surut bertujuan untuk menggerakkan air pasang surut dalam jumlah besar setiap harinya. Pasang dan surutnya air dapat terjadi dua kali, yaitu saat air pasang dan saat air surut.

Kontinuitas suplai listriknya pun relatif lebih dapat diandalkan daripada pembangkit listrik bertenaga ombak, karena bahan baku air pasang surut selalu tersedia, karena adanya peristiwa alam yang konsisten selama bumi masih berputar. Sedangkan ombak harus mencari ombak yang berpotensi terlebih dahulu.

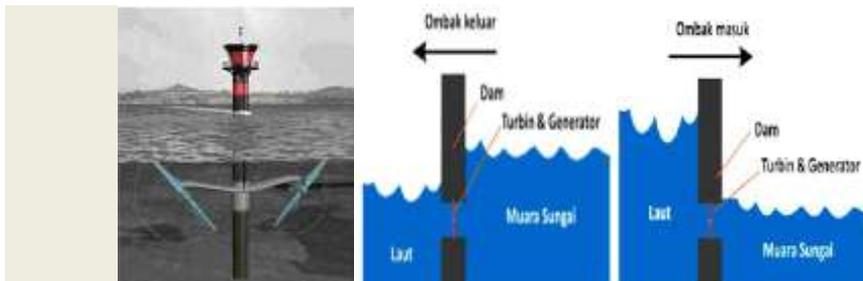
Keistimewaan PLTPS untuk menghasilkan energi hampir sama dengan keistimewaan PLTO diantaranya;

- 1) dapat menghasilkan energi dalam jumlah yang maksimal, karena bahan bakunya banyak dan gratis. Namun PLTS lebih maksimal dibandingkan dengan PLTO.

- 2) Treatmentnya sederhana, sehingga mudah untuk dioperasikan.
- 3) Proses operasionalnya tidak menggunakan bahan bakar, sehingga tidak mengeluarkan polusi udara.
- 4) Biaya alat, perawatan alat juga murah, sehingga sangat ekonomis.
- 5) Pekerjaannya tidak memerlukan banyak orang, sehingga manajemennya sederhana dan mudah untuk dikontrol.

PLTPS mempunyai kendala untuk menentukan besarnya produksi energinya, karena tergantung pasang surut laut.

Gambar 3.13 adalah contoh salah satu dari energi yang memanfaatkan air laut, yaitu energi pasang surut diproduksi menjadi pembangkit listrik.



Sumber: Agus dkk (2011)

Gambar 3.13: Contoh Energi Pasang Surut

3.4. Industri Energi Berbais Hayati

Industri berbasis energi dari hayati adalah salah satu energi alternatif terbarukan. Industri energi hayati sebagai pengganti bahan bakar fosil berupa biodiesel yang diproduksi dari kelapa sawit dan lainnya.

Biodiesel nama kimianya metil ester. Biodiesel ini dikatakan ramah

lingkungan, karena; 1) Pada proses pembuatan biodiesel dari metil ester tidak mengandung zat sulfurnya. 2) Tanaman penghasil biodiesel banyak menyerap CO₂ dari atmosfer untuk fotosintesisnya, sehingga tidak memberikan kontribusi pada pemanasan global (Santosa. 2005) dalam Hasmawaty (2013).

Masih menurut penelitian Hasmawaty, dkk (2013) bahwa Kualitas minyak biodiesel ditentukan oleh penanganan bahan penghasil minyak dan proses pengambilan atau ekstraksinya. Untuk mendapatkan biodiesel dengan kualitas yang memadai, perlu diperhatikan penanganan bahan sejak pemanenan, produksi biodiesel dan penyimpanannya.

Biodiesel merupakan bahan bakar fase cair yang diformulasikan khusus untuk mesin diesel yang berasal dari minyak nabati (*vegetable oil*) atau disebut bio-oil. Keistimewaan kendaraan yang memakai bahan bakar dari biodiesel diantaranya:

- a. Biodiesel menurut fungsinya mempunyai sifat sama dengan minyak disel non nabati.
- b. Lebih ramah lingkungan, karena dalam biodiesel tidak ada komposisi sulfur dan tidak mengeluarkan CO₂.
- c. Harga biodiesel lebih murah dibandingkan dengan minyak bumi yang harganya mahal karena semakin langka.
- d. Kendaraan yang akan beralih memakai bahan bakar biodiesel tidak harus mengganti atau memodifikasi mesin kendaraan diesel yang sudah ada. Contoh kendaraan yang dapat beralih dari mesin dengan bahan bakar disel ke bahan bakar biodiesel, diantaranya mobil truk, bus, dan traktor.
- e. Mesin-mesin industri juga dapat memakai bahan bakar biodiesel, sehingga biaya oprasionalnya jauh lebih murah.

Biodiesel dapat dihasilkan dari tanaman segar juga dapat dari limbah pertanian dan limbah dari kotoran hewan. Contoh olahan bahan baku tersebut diantaranya menjadi energi biomasa dan bio gas.

3.4.1. Industri Energi Berbasis Biodiesel Tanaman

Industri energi biodiesel dalam sub bab ini yang dibahas adalah biodiesel dari hasil pertanian yaitu tanaman jarak dan limbah kelapa sawit. Kedua energi biodiesel ini dimasa depan dapat dijadikan alternative pengganti biodiesel dari minyak bumi (energi tak dapat diperbahuri), karena biodiesel dari nabati ini tergolong energi yang dapat diperbahuri. Biodiesel yang dapat dihasilkan dari tanaman hasil pertanian adalah tanaman yang mengandung asam lemak seperti kelapa sawit, jarak pagar, kelapa, sirsak, srikaya, dan kapuk.

1. Industri Energi Biodiesel dari Biji Jarak

Industri energi biodiesel dari tanaman jarak dengan bahan bakunya adalah biji jarak. Nama kimia dari tanaman jarak disebut dengan buah castor. Menurut Hasmawaty dkk (2013), tahapan pengolahan biodiesel dari biji castrol antara lain;

- a. Biji castor berwarna putih yang telah matang dipanen dan dijemur untuk memudahkan pengambilan bijinya.
- b. Biji castor tersebut dikeringkan untuk mempermudah pengambilan biji.
- c. Setelah terpisah dari kulit cangkangnya, biji castor dicuci dan dimasak.
- d. Biji castrol yang telah dimasak kemudian dikeringkan.
- e. Proses terakhir biji castrol diekstraksi, tujuannya untuk mendapatkan proteinnya dan untuk melepaskan minyak yang ada paa biji castrol.

Tahapan proses pengolahan untuk mendapatkan minyak dari biji jarak dapat dilakukan dengan menggunakan metode hidrolis. Teknik hidrolis juga dapat dikombinasikan dengan teknik ekstraksi dengan pelarut. Karena biaya produksi kombinasi metode ekstraksi menggunakan hidrolis dengan metode ekstraksi memakai pelarut sangat mahal, sehingga industri-industri energi dari biji jarak dengan cara kombinasi hanya bisa dilakukan oleh industri besar.

Menurut Nanang,(2003) dalam Hasmawaty, dkk (2013), biodiesel dari minyak jarak pagar dapat dihasilkan melalui proses transesterifikasi trigliserida. Transesterifikasi adalah penggantian gugus alkohol dari suatu ester dengan alkohol lain dalam suatu proses yang menyerupai hidrolisis. Proses transesterifikasi pelarut berbeda dengan proses hidrolisis, karena yang digunakan bukan air melainkan alkohol. Katalis yang digunakan pada proses transesterifikasi pelarut adalah sodium metilat, NaOH atau KOH. Metanol lebih sering dipakai karena harganya lebih murah, walaupun tidak menutup kemungkinan untuk menggunakan jenis alkohol lainnya seperti etanol.

Faktor utama yang mempengaruhi rendemen ester yang dihasilkan pada reaksi trans esterifikasi diantaranya;

- a. suhu dan waktu reaksi,
- b. kandungan air dan kandungan asam lemak bebas pada bahan baku dapat menghambat reaksi
- c. kandungan gliserol pada bahan baku minyak,
- d. jenis alkohol yang digunakan pada reaksi transesterifikasi,
- e. jumlah katalis dan kandungan sabun.
- f. rasio molar antara trigliserida dan alkohol. jenis katalis yang digunakan,

Minyak jarak ini jika dihidrogenasi secara keseluruhan, produk hasil hidrogenasinya memiliki titik leleh yang tinggi 86-88°C. Nilai titer minyak Jarak lebih rendah dari pada minyak-minyak yang telah dikenal lainnya. Minyak jarak berbeda dengan senyawa-senyawa trigliserida lainnya karena memiliki nilai *specific gravity* yang tinggi, begitu pula dengan viscositas dan nilai keasamannya. Minyak jarak larut dalam etil alkohol berkonsentrasi 95% pada suhu 25 °C satu volume minyak jarak terlarut didalam dua volume larutan alkohol. Minyak ini juga larut dalam pelarut organik polar dan kurang larut dalam senyawa hidrokarbon alipatik dan pelarut non-polar lainnya. Prakoso, (2006) dalam Hasmawaty dkk (2013)

2. Industri Energi Biodiesel Kelapa Sawit

Industri energi biodiesel dari tanaman kelapa sawit, dengan bahan bakunya berasal dari limbah kelapa sawit. Industri dari limbah kelapa sawit menghasilkan energi alternative yang ramah lingkungan, karena produksi energi biodiesel memanfaatkan limbah seperti; tandan kosong, cangkang dan serat, serta biodiesel ini tidak mengeluarkan gas CO₂.

Menurut Ir Jaumum Saringgih dari Ditjen Listrik dan Energi Baru saat seminar di Jakarta (1991) mengatakan setiap hektar kelapa sawit mampu menghasilkan sekitar 10-20 ton buah segar kelapa sawit tandan segar pertahun. Sementara satu tandan buah segar mampu menghasilkan rata-rata 23 persen limbah tandan kosong ini artinya setiap hektar dapat menghasilkan limbah tandan kosong atau setara 3.494 *mw* (*mega watt*) jam per tahun.

Industri biodiesel dengan memanfaatkan Tandan Buah Segar (TBS) dari kelapa sawit melalui proses perebusan (*sterilizer*), tujuannya;

- a. memudahkan brondolan lepas dari tandan,
- b. melunakkan buah sehingga mudah di aduk,
- c. menonaktifkan enzim yang merusak kualitas minyak.

Warta, (2006) dalam Hasmawaty, dkk (2013) menjelaskan, perebusan yang baik dilaksanakan dengan kondisi operasi;

- a. Tekanan uap 2,8 sampai dengan 3,0 kg/cm²
- b. Temperature 135°C-140°C,
- c. Waktu merebus 80-90 menit, kran *exhaust* dalam keadaan tertutup, sesangkan kran kondensat di buka.
- d. buka kran steam (uap) selama ± 3 menit, tujuannya untuk mengeluarkan udara yang berada dalam rebusan,
- e. Tutup kembali kran kondensat dan naikkan tekanan mencapai 1,5 kg/cm² selama ± 6 menit, setelah tekanan tercapai tutup kran uap,

- f. Buka kran kondensat selama 1 menit baru buka kran *exhaust* selama 2 menit hingga tekanan nol, tutup kembali kran *exhaust* dan kondensat,
- g. Buka kran uap masuk selama ± 8 menit sehingga tekanan: 2 kg/cm^2 , baru tutup kran uap masuk,
- h. Buka kran kondensat selama ± 1 menit, baru buka kran *exhaust* ± 2 menit sehingga tekanan benar-benar nol.
- i. Tutup kembali kran *exhaust* dan kran kondensat,
- j. Kemudian buka kran uap masuk selama ± 12 menit sehingga tekanan mencapai $2,8\text{-kg/cm}$.
- k. Setelah tekanan tercapai tutup kran uap masuk dan aliran-aliran uap masuk krebusan berikutnya, dengan cara sama selama masa tahan (35-45 menit) perhatikan tekanan 3 kg/cm^2 dan temperatur 140°C .
- l. Waktu masa tahan sudah tercapai maka lakukan pembuangan air kondensat dengan membuka kran kondensat \pm menit, baru buka kran *exhaust* ± 5 menit sehingga tekanan yang ada di dalam rebusan benar-benar nol dan dilihat manometranya baru pintu dibuka,
- m. Keluarkan buah yang telah masak dengan *capstand*, perebusan dilakukan dengan sistem tiga puncak dengan ; puncak I: $1,5 \text{ kg/cm}^2$, puncak II : 2 kg/cm^2 , puncak III: $2,8\text{-}3 \text{ kg/cm}^2$, pada puncak III perebusan dilaksanakan selama 35-45 menit, tergantung pada kondisi buah (buah segar 45 menit, buah menginap 35 menit).

Tujuan perebusan 3 puncak adalah tahap I, pembuangan udara dan penguapan air dari tandan buah (air kondensat). Tahap II, pembuangan udara, penguapan air dari tandan buah. Dan Tahap III, pematangan dan pelunakkan daging dan membuat kejutan terhadap biji agar terjadi kekoplakan. Dengan perebusan tiga puncak, maka panas dapat masuk dengan baik, sehingga perebusan dapat matang secara merata. Cara ini dilakukan untuk mendapatkan hasil rebusan buah yang sempurna, mengingat

kerapatan brondolan dalam tandan buah semakin padat atau solid. Untuk mencapai kematangan perbusan brondolan bagian dalam diperlukan panas yang cukup. Pembuangan air kondensat dan udara pada puncak I dan II harus benar-benar sampai habis, karena air dan udara merupakan penghantar panas yang buruk.

Perebusan yang kurang sempurna dapat menimbulkan; brondolan yang sukar lepas dari tandan, atau sering disebut sebagai *Unstripped Bunch (USB)*, dan kehilangan brondolan di janjangan kosong naik, buah yang kurang matang memerlukan perebusan ulang, pengempaan lebih sulit dan inti kurang lekang dari cangkangnya, kehilangan minyak dalam ampas *press*, dan kehilangan minyak dalam janjangan kosong naik. Efektifitas perebusan dapat diketahui dari; *USB*, *oil loss* pada air kondensat, *oil loss* pada tandan kosong dan ampas *press*.

- n. Setelah direbus, TBS dimasukkan ke dalam alat penebah (*thresher*) dengan menggunakan *hoisting crane*. Adapun tahapan proses secara detail selanjutnya dengan alat; *hoisting crane*, *bunch feeder*, *thresher*.

Proses pembuatan biodiesel melalui tahapan sebagai berikut:

- a. Pengadukan

Tujuan pengadukan (*digester*) adalah melumatkan daging buah dan memisahkan daging buah dengan biji serta meniriskan minyak, agar mudah diproses dalam pengempaan. Brondolan yang telah rontok pada proses *thresher*, selanjutnya dimasukkan ke dalam alat pengaduk. Pengadukan yang baik dilaksanakan pada kondisi; ketel adukan selalu dalam keadaan penuh, suhu 90^o-95^oC dan waktu pengadukan ± ½ jam.

- b. Pengempaan

Fungsi pengepakan (*screw press*) adalah sebagai alat untuk mengeluarkan minyak dari mesokarpnya dengan cara di kempa.

Minyak kasar yang diperoleh dialirkan ke stasiun klarifikasi untuk dijernihkan atau dimurnikan, sedangkan ampas press diteruskan ke *cake breaker conveyor* untuk proses selanjutnya. Operasional *screw press* menyesuaikan digester.

c. Proses Pemurnian Minyak

Minyak kasar yang keluar dari pressan masih mengandung kotoran-kotoran, pasir, cairan dan benda kasar lainnya, oleh karena itu perlu dilakukan pemurnian untuk mengurangi atau jika memungkinkan menghilangkan kandungan yang tidak diharapkan sesuai dengan norma yang ditetapkan. Tahapan-tahapan yang dilakukan selanjutnya dengan alat; *sand trap tank*, *vibro separator*, *vertikal clarifier tank*, *oil tank*, *oil purifier*, *vacum dryer* dan *oil transfer tank*, *vibro separator* dan *sludge tank*, *sand cyclone*, *buffer tank*, *sludge separator*, *reclaimed tank*, *sludge drain tank*, *fat pit*, *storage tank*.

Wirawan, 2005) dalam Hasmawaty dkk (2013), menjelaskan;

- a. proses pengolahan biodiesel biji jarak dan kelapa sawit, dimulai dengan persiapan awal bahan baku (*pre-treatment*). Pengujian kadar asam lemak bebas atau istilah asingnya *Free Fatty Acid (FFA)* terhadap bahan baku minyak kelapa sawit untuk penentuan proses esterifikasi atau langsung pada proses transesterifikasi. Jika kadar *FFA* < 5 ppm maka proses dapat dilakukan tanpa melalui proses esterifikasi. Tetapi jika *FFA* bahan baku > 5 ppm proses pembuatan biodiesel harus melalui proses esterifikasi terlebih dahulu kemudian proses transesterifikasi. Tahapan yang dilalui diantaranya:

1) *Esterifikasi*.

Proses *esterifikasi* dilakukan pada tanki reaktor *esterifikasi* dimana terjadi reaksi antara 17 liter minyak (CPO) dengan 10 liter campuran metanol + NaOH selama 1 jam 30 menit pada temperatur konstan 65 °C dan tekanan 1 atmosfer.

2) Pemisahan I

Melakukan proses pemisahan I (*settling* I). Sebelum dilanjutkan pada tanki kedua untuk proses *transesterifikasi*, produk yang dihasilkan dipisahkan terlebih dahulu antara lapisan pertama dan kedua dengan lapisan ketiga (terbawah). Lapisan ketiga ditampung pada tanki *recovery* metanol. Proses ini dilakukan selama 30 menit.

3) *Transesterifikasi*.

Pada proses *transesterifikasi* dilakukan penambahan 15 l campuran katalis basa (dengan perlakuan awal yang sama seperti pada proses *esterifikasi*). Proses ini juga dilakukan pada temperatur 65 °C dan tekanan 1 atmosfer pada tanki yang menggunakan kondensor. Waktu reaksi 2 jam dan setelah itu ialirkan ke tanki pemisahan II.

4) Pemisahan II

Melakukan proses pemisahan II (*Settling* II). Sebelum dilanjutkan ke tanki pencucian untuk memurnikan produk yang dihasilkan. Pemisahan ke II akan membentuk 3 lapisan. Lapisan pertama dan kedua akan dipisahkan dengan lapisan ketiga (terbawah). Lapisan ketiga ditampung pada tanki *recovery* metanol. Proses ini dilakukan selama 30 menit.

5) Pencucian

Sebelum proses ini dilanjutkan ke tanki pengeringan untuk membersihkan biodiesel dari metanol sisa dan air pencuci, produk dicuci dengan mengumpankan air pencuci dengan temperatur 80 °C sebanyak 50 % dari total larutan produk. Proses pencucian (*washing*) dilakukan sebanyak

dua kali tergantung tingkat pengotor yang ada. Pencucian kedua dilakukan dengan menambahkan air pencuci pada temperatur yang sama dengan air pencuci pertama tetapi volume yang ditampahkan sebanyak 100% dari total produk. (Penentuan banyaknya proses pencucian diukur dari kekeruhan air pencuci yang dipisahkan setelah proses pencucian).

6) Pemisahan III

Melakukan proses pemisahan ke III (*settling* III). Sebelum dilanjutkan pada tanki pengering untuk proses pemurnian, produk yang dihasilkan dipisahkan terlebih dahulu antara lapisan pertama dan kedua, proses ini dilakukan selama 30 menit. Lapisan kedua berupa air ditampung pada tanki recovery metanol. Sementara lapisan pertama dibagi dua 65% dikembalikan ke tanki pencucian dan 35 % diumpankan ke tanki pengeringan.

7) Pengeringan.

Proses pengeringan (*drying*) dilakukan untuk mendapatkan produk yang kemurnian lebih tinggi. Air atau metanol sisa yang masih terkandung dalam larutan diuapkan melalui proses pengeringan ini pada temperatur 100 °C selama 1 jam. Dengan menggunakan pompa vakum produk biodiesel dialirkan pada tanki penampungan.

8) Penyaringan.

Proses penyaringan (*filtration*) merupakan proses pemurnian akhir untuk mendapatkan produk yang baik sesuai dengan spesifikasi yang ada di pasaran.

Hasil pengolahan dari Minyak Jarak (MJ) dan Kelapa Sawit (KS) Hasmawaty dkk (2013), menjelaskan:

1) *FFA* yang terdapat pada bahan baku sebesar 7,05 %, sehingga perlu proses esterifikasi dan dilanjutkan dengan transesterifikasi. *Water removal*, dengan melakukan pemanasan terhadap bahan baku CPO yang dipanaskan secara manual sebelum digunakan sebagai bahan baku percobaan. Mixing Katalis (pencampuran katalis), mencampur katalis basa (NaOH) ke dalam metanol hingga menghasilkan campuran katalis 0,06 %. Pencampuran dilakukan selama 5 menit pada tanki yang memiliki mixer yang dilengkapi dengan kondensor karena reaksi eksotermis.

2) Pembuatan Biodiesel dari CPO.

Pembuatan biodiesel dari CPO dilakukan dengan *esterifikasi* dan *transesterifikasi*. Proses *esterifikasi* pencampuran antara kalium hidroksida (KOH) dan metanol (CH₃OH) dengan minyak sawit. Proses ini berlangsung sekitar 2 jam pada suhu 58–65 °C. Bahan yang pertama kali dimasukkan ke dalam reaktor adalah asam lemak yang selanjutnya dipanaskan pada suhu yang telah ditentukan. Reaktor *esterifikasi* dilengkapi pemanas dan pengaduk, selama proses pemanasan, pengadukan dijalankan.

Tepat pada suhu reaktor 65 °C campuran metanol dan KOH dimasukkan ke dalam reaktor dan waktu reaksi mulai dihitung pada saat itu. Pada akhir reaksi akan terbentuk metil ester dengan konversi sekitar 94 % selanjutnya produk ini diendapkan selama waktu tertentu untuk memisahkan gliserol dengan metil ester.

Gliserol yang terbentuk berada di lapisan bawah karena berat jenisnya lebih besar dari pada metil ester. Gliserol kemudian dikeluarkan dari reaktor agar tidak mengganggu proses *transesterifikasi*. Selanjutnya dilakukan *transesterifikasi* pada metil ester. Setelah proses *transesterifikasi* selesai,

dilakukan pengendapan selama waktu tertentu. Pengendapan II memerlukan waktu lebih pendek dari pada pengendapan I..

- 3) Hasil Biodiesel Minyak Jarak (MJ) dan Kelapa Sawit (KS) yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 3.2

Tabel 3.2 Data Minyak Jarak (MJ) dan Kelapa Sawit (KS)

Parameter	Satuan	Nilai	
		MJ	K S
Massa Jenis pada 40 °C	Kg/cm ³	861	842
Viskositas, 40 °C	mm ² /s	3,4	5,3
FFA	mg KOH/g	0,5	0,3
Gliserol Bebas	% massa	0,01	0,03
Gliserol Terikat	% massa	0,12	0,3
Air	% volume	0,04	0,035
Angka sabun	% massa	35	29
Titik nyala	° C	123	115

a
smawaty, dkk (2013)

3.4.2. Industri Berbasis Energi Biomassa Fase Cair

1. Industri Biomassa

Industri biomassa adalah industri kecil sampai industri besar, yang mengolah energi biodiesel dengan memanfaatkan bahan baku dari biomassa. Sumber energi biodiesel dari biomassa contohnya seperti limbah pertanian, yang sangat berpotensi untuk energi alternative. Energi biodiesel berasal dari biomassa limbah pertanian atau limbah organik lainnya, yang digolongkan energi ramah lingkungan. Energi dari biomassa, juga digolongkan energi yang sangat ekonomis karena berasal dari bahan yang tidak bernilai, .

Biomassa adalah segala jasad makhluk hidup yang digunakan untuk menghasilkan energi bila dibakar, yaitu berupa sampah-sampah organik dari sisa-sisa produksi pertanian dan lainnya. Biomassa bisa juga dari tanaman yang masih segar, namun realisasinya para industri energi lebih memilih biomassa yang berupa sampah atau sisa-sisa yang tidak berharga sebagai sumber energinya, karena sampah organik masih menyimpan energi matahari dan tidak perlu mengeluarkan biaya untuk mendapatkan bahan baku ini.

2. Konversi Biomassa Menjadi Energi Bioethanol.

Konversi biomassa menjadi energi bioethanol dengan memproses karbohidat yang ada pada nabati menjadi bioethanol. Bioethanol adalah bahan bakar fase cair, tergolong energi yang dapat diperbaharui. Bioethanol diproses dari konversi gula dapat menjadi hidrokarbon aromatik dengan bantuan zeolite.

Beberapa bahan baku nabati yang dapat dibuat menjadi bahan bakar bioethanol, karena mempunyai komposisi penghasil energi, seperti;

- a. Tebu mempunyai komposisi gula
- b. Ubi kayu mempunyai komposisi tepung
- c. Jagung mempunyai komposisi gula dan tepung.
- d. Dan lain-lain.

Keistimewaan bioethanol angka oktannya tinggi, oleh sebab itu dapat digunakan sebagai bahan bakar pada kendaraan. Karena angka oktannya tinggi maka bioethanol dikatakan ramah lingkungan. Kedepan bioethanol sangat diunggulkan karena; bahan bakunya banyak, murah, dan proses pembuatannya sederhana. Kendaraan yang memakai bioethanol secara langsung ikut dalam program mitigasi untuk menurunkan panas bumi.

3.4.3. Industri Berbasis Energi Biodisel Fase Gas

1. Energi Biogas

Selain potensi energi primer minyak dan gas bumi, batubara, panas bumi, tenaga air dan lainnya, ada juga sumber energi yang menjanjikan yaitu biodiesel dari bio. Bahan baku biodiesel diantaranya; gambut, limbah biomassa (limbah pertanian atau tanaman seperti batang pohon, cangkang kelapa sawit, jagung, jerami, sisa ampas kelapa, enceng gondok, dan sebagainya

Limbah tanaman yang membusuk, kotoran (hewan atau manusia), termasuk campuran diantara limbah tanaman yang membusuk dan kotoran-kotoran tersebut diproses menghasilkan energi berbentuk fase gas disebut gas bio.

Dengan teknologi yang sederhana, limbah tanaman dan kotoran dapat dikonversi menjadi gas yang bernilai ekonomis yang lebih tinggi. Gas bentuk bio inilah yang disebut dengan biogas. Biogas adalah sumber energi yang merupakan hasil dari proses fermentasi. Hasil penguraian material organik yang terdapat pada kotoran hewan dan manusia, limbah tumbuhan, dengan alat biodigester. Material organik diurai oleh bakteri seperti metanogen diantaranya; metana (CH_4), karbon dioksida (CO_2), nitrogen (N), oksigen (O), karbon monoksida (CO) dan gas hydrogen sulfide (H_2S).

Pemanfaatan gas bio selain sebagai bahan bakar yang mempunyai nilai kalor cukup tinggi, juga dapat dijadikan sebagai pupuk tanaman. Selain itu dalam jangka waktu yang panjang, pemanfaatan gas bio sangat penting dalam program pelestarian lingkungan yang berdampak positif untuk kesehatan.

2. Pengolahan Gas Bio

Pengolahan gas bio menjadi biogas methan sangat sederhana, yaitu cukup dengan cara proses anaerob:

- 1) Kelompokkan bahan limbah, kemudian masukkan ke dalam suatu wadah semacam drum besar dalam tanah, dan masukan wadah atau drum yang lebih kecil dengan posisi terbalik, letakkan sampai menyentuh dasar wadah yang lebih besar. Antara kedua wadah diberi pipa. Wadah yang lebih kecil

dipasang tujuannya untuk menampung produk gas yang diinginkan.

- 2) Campurkan dengan bahan yang mengandung bakteri pengurai (bakteri saprofit), misalnya dari kotoran hewan kerbau, sapi dan yang lainnya. Tujuannya agar bahan limbah lebih cepat terurai karena bakteri tersebut mengurai senyawa organik kompleks seperti lemak, protein, dan karbohidrat menjadi senyawa-senyawa sederhana yang diinginkan.
- 3) Kemudian bahan limbah dan bahan pengurai yang mengandung bakteri di tambah air dengan perbandingan 1:1, kemudian diaduk sampai homogen, dan ditutup rapat jangan sampai kemasukan udara. Saat proses penguraian tetap dijaga temperaturnya kurang lebih 38°C . Tujuannya agar proses penguraian sempurna.
- 4) Setelah penguraian mulailah terjadi proses pembentukan asam. Asam-asam yang terbentuk untuk tahapan pembentukan gas metan, karena bakteri-bakteri yang ada menggunakan asam-asam yang tersebut sebagai makanannya untuk memproduksi gas metan.
- 5) Gas metan yang dihasilkan, ditampung dalam tangki penampungan gas, kemudian dialirkan ke industri-industri atau rumah yang memerlukannya.

Industri atau masyarakat yang memproduksi biogas seperti gas metan, harus memperhatikan keselamatan produsen maupun konsumennya. Keselamatan produsen yang dimaksud adalah semua karyawannya yang terlibat dalam memproses biogas ini, harus mengikuti standar K3 yang berlaku untuk industrinya. Khusus untuk konsumen dilakukan dalam bentuk sosialisasi baik secara tatap muka ataupun dengan pemasangan stiker pada produknya, karena gas metan mudah meledak. Bentuk perhatian yang harus dipahami diantaranya;

- c. apabila sudah memproduksi gas metan, gas yang pertama kali keluar jangan diambil, karena masih mengandung udara, jika dibakar dapat meledak. Selama mengeluarkan gas, jaga agar jangan sampai ada api di sekitar unit gas.
- d. selalu memperhatikan unit produksinya, jangan sampai ada kebocoran gas.
- e. jangan menyalakan api dekat unit produksi gas, sekalipun merokok.
- f. apabila ada kebocoran biogas, menjauhlah karena apabila terhirup, dapat menyebabkan sesak pernafasan sampai dapat pingsan. Tambah alat yang bocoran dengan zat ter, zat aspal, atau yang lainnya.
- g. Unit produksi gas metan dirawat dengan cara mengecatnya dengan anti karat.

Biogas kemudian ditampung dalam tangki penampungan gas, dan dapat dialirkan ke rumah-rumah, ke industri-industri kecil, atau dialirkan untuk keperluan lain

DAFTAR RUJUKAN

- Agung Nugroho dan Yudo EB Istoto. 2007. Hutan, Industri dan Kelestarian. Jakarta.
- Achmad Rukaesih. 2008. Kimia Lingkungan. Penerbit Andi Yogyakarta.
- Alamendah. 2015. Pusat Listrik Tenaga Panas Si Bayak. Sibayak.
- Ahmad Setiyawan Iskandar. 2013. Penggunaan Energi Gelombang Laut untuk Energi Masa Depan.
- Agus Adhitama, Astria Abdul Majid, Darik Widiastuti, Fatimah, dan Gemma Cintya Binajit. 2011. *Tidal Energy* (Energi Pasang Surut).
- Arifin Arief. 2003. Hutan Mangrove (Fungsi & Manfaatnya). Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Anonim. 2000. Pemanfaatan Hasil Sampingan Kelapa Sawit. Media Perkebunan.
- Abdul Muin, Taufik Toha, Hasmawaty . 2007. Diversifikasi Pengembangan Industri Keenergian dan Kimia Berbasis Batubara di Sumatera Selatan.
- Bali Post. 2017. Bali Berpotensi Kembangkan Energi Surya Sebab, Bali di Sinari Matahari Sepanjang Tahun. Denpasar.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2015. Kalasifikasi Industri, dalam Provinsi Sumatera Selatan dalam Angka.

- Bappeda. 2008. Rencana Peta Orientasi Pelabuhan Tanjung Api-Api Kongres Kawasan SCT, Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan
- Bappeda. 1993. Tentang Pedoman Pelaksanaan Pengadaan Tenaga Kerja dan Mobilitas Peralatan, Pengadaan Material Bangunan dan Pendirian Bangunan.
- B. H. Amstead, Philip F. Ostwald, Myron L. Begeman, 1995. Teknologi Mekanika. Eirlangga.
- Djumali Mangunwijaya dan Ani Suryani, 1994. Teknologi Bioproses. Jakarta.
- Dwi Andreas Santoso. 2005. Tinjauan Kritis Terhadap Kebijakan Pengembangan Jarak Pagar untuk Biodiesel Seluas 10 Hektar di Indonesia.
- Dale D. Meredith and Friends, 1992. Perancangan dan Perencanaan System Rekayasa.
- Dhebyshire; Frank J, 1998. Catalyst in Coal Liquefaction. New Director for Research, IEA Coal Research, London
- Fels, M., & Lycon, D.1995. Environmentally Sensitive Investment System (ESIS): Wastewater Treatment Models. Nova Scotia, Canada: Technical University of Nova Scotia.
- Firman Sasongko, 2010. Sekilas Mengenai Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA).
- Ginting Perdana, 2007. System Pengelolaan Lingkungan dan Limbah Industri. Penerbit CV Yrama Wijaya. Bandung.

- Guo, C.S., Holdgate, S., Uhlher. 1998. New Upgrading Process for Low Rank Coal 8th Australian Coal Science Conference, S. Sydney, 7-9 D, 7-9 December.
- Hasmawaty. 2013. Rekayasa Sistem Teknologi Semi Kontinyu Untuk Pembuatan Bio Diesel dari Minyak Jarak dan CPO. *Jurnal Kinetika* Vol 4 No 1 Hal 1-52, ISSN: 1693-9050.
- Hasmawaty. 2015. Pengetahuan Lingkungan Udara-Air-Tanah. Penerbit Dian Rakyat. Bandung. ISBN 978-979-078-533-5.
- Hasmawaty. 2016. Prototype Pengolahan Limbah Batang dan Tandan Kosong Kelapa Sawit sebagai Bahan Baku *Pulp*. *Jurnal Kinetik* Vo 7 No 2 Hal 1-50, ISSN 1693-9050.
- Hasmawaty. 2016. Komposisi Kertas Karton Berserat dari Limbah Batang dan Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Kinetik* Vo 7 No 3 Hal 1-45, ISSN 1693-9050.
- Hasmawaty. 2016. Modelling Intergrated Wastewater Treatment Plant for Agro Industry Zone in Banyuasin, South Sumatera, Indonesia. *Jurnal Current World Environment* Volume 11 Number 2 Hal 368-377, ISSN 0973-4929.
- Hasmawaty. 2016. Bioremediation of Liquid Waste Oil Through Bioreactor: A Case Study. *Jurnal Current World Environment* Volume 11 Number 3 Hal 715-719, ISSN 0973-4929.
- Hasmawaty dan Nina Paramyta IS. 2013. Meningkatkan Keanekaragaman Produk Batubara Kualitas Rendah untuk Energi Listrik. *Fortei*. ISSN 2302-383X

Hasmawaty (2017). Pengembangan diversifikasi Teknologi Konversi Industri Batubara Ramah Lingkungan. Jurnal

Kadek Frendy Sutrisna. 2011. Perinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Angin.

Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi.1985. Tentang Pencegahan dan Penanganan Polusi Akibat Kegiatan Penambangan. Kepmen/No.1211.K/M/PE/1985.

Keputusan Menteri Perindustrian. 1985. Tentang Pengamanan Bahan Beracun dan Berbahaya di Perusahaan Industri. Kepmen/No. 148/M/1985

Keputusan Menteri Perindustrian. 1986. Tentang Lingkup Tugas Departemen Perindustrian Dalam Pengendalian Pencemaran Industri Terhadap Lingkungan Hidup. Kepmen/No.20/M/1/1986.

Keputusan Presiden RI. 1987. Tentang Izin Usaha Industri. Kepres/No.16/1987.

Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi. 1989. Tentang AMDAL Akibat Kegiatan Penambangan. Kepmen/No.1158.K/008/M/PE/1989.

Keputusan Menteri Lingkungan Hidup. 1993. Tentang Standar Kualitas Lingkungan Hidup. Kepmen/No. Kep.02/MENKLH/1993.

Keputusan Menteri Perindustrian. 1994. Tentang Pembentukan Komisi Analisis Mengenai Dampak Lingkungan dari Pusat Departemen Perindustrian. Kepmen/No.152/M/SK/6/1994.

Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup. 1994. Tentang Jenis Usaha Kegiatan Wajib Dilengkapi dengan Analisis Mengenai Dampak Lingkungan. Kepmen/No.Kep.11/MENLH/3/1994.

Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup. 1995. Tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak. Kepmen/Nomor KEP-13/MENLH/3/1995.

Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup. 1996. Tentang Baku Tingkat Kebisingan. Nomor KEP-48/MENLH/11/1996.

Keputusan Menteri Negara Lingk Hidup. 1996. Baku Tingkat Getaran. Kepmen/No KEP-49/MENLH/11/1996.

Keputusan Menteri Lingkungan Hidup. 2001. Tentang Wajib AMDAL, UKL, UPL Bagi Proyek Menimbulkan Dampak Besar dan Penting. Kepmen/No. 17/2001.

Keputusan Menteri Perindustrian dan Perdagangan. 2001. Tentang Standar Pemberian Surat Izin Usaha Perdagangan dan Pengelolaan Industri. Kepmen/No 289/2001.

Keputusan Departemen Energi Sumber Daya Mineral. 2004. Tentang Rencana Pengembangan Ketersediaan Cadangan SDE Provinsi.

Keputusan Menteri. 1988. Tentang Pedoman Penetapan Baku Mutu Lingkungan.

Laporan Tahunan PT PNVIII. 2009. Tentang Penanggiran Muara Enim.

Munawar. 1999. Bioremediasi in Vito Limbah Industri Pengilangan Minyak Bumi oleh Bakteri Hidrokarbonoklasik. Jurnal Sains Biologi FMIPA. Universitas Sriwijaya.

Mc. Ketta. 1999. Encyclopedia of Chemical Processing and Design, Vol 19, 27 dan 29. New York.

Novianto. Ardian. 2005. Kelapa Sawit: Potensi Besar Dukungan Kurang. Kompas, Selasa 2 Oktober.

Pedoman Pelaksanaan. 1986. Tentang Analisa Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL). PP/No 26/ 1986.

Peraturan Pemerintah. 1986. Tentang Kewenangan Pengaturan, Pembinaan, dan Pengembangan Industri. PP/No 17/1986.

Peraturan Pemerintah. 1990. Tentang Koordinasi atau Penggolongan Bahan Tambang. PP/No 27/1990.

Peraturan Pemerintah. 1997. Tentang Analisa Mengenai Dampak Lingkungan Hidup. PP/No 27/1997.

Peraturan Pemerintah. 1993. Tentang Analisa Mengenai Dampak Lingkungan. PP/No 51/1993.

Peraturan Pemerintah. 1999. Tentang KOMISI AMDAL dan Tata Laksana AMDAL. PP/No 27.1999.

Peraturan Gubernur Sumatera Selatan. (2005). Tentang Baku Mutu Limbah Cair (BMLC) bagi Kegiatan Industri, Hotel, Rumah Sakit, Domestik dan Pertambangan Batubara. PP/No 18/2005.

Philip Kotler. (1997). Manajemen Pemasaran

Prasetyo Wibowo, Bagas. 1999. Desain Produk Industri, Edisi Kedua, Penerbit Yayasan Delapan-Sepuluh, Bandung, Indonesia

Rosiyah. F dan Nanang. 2003. Jurnal Pemanfaatan Jarak Pagar Sebagai Bahan Baku Alternatif.

Rosihan Arsyad. 2002 . The Implementation of Coal Liquefaction Technology; a New Challenge for Investment Opportunity in South Sumatra, Seminar Teknologi Tepat Pencairan Batubara, Jakarta.

Tirta Prakoso 2013/06. Proses Pengolahan Minyak Jarak Pagar Menjadi Biodisel pada Berbagai Sekala industri. Bogor.

Tendok, A. Rante. 1999. Tuntunan Meningkatkan Keunggulan Perkebunan, Warta Pertanian, No. 154/Th XII/1999.

Ulrich, Karl T dan Eppinger, Seteven D. 2001. Perancangan dan Pengembangan Produk, Edisi Pertama, Salemba Teknika. Jakarta.

Undang-undang. 1982. Tentang Ketentuan-Ketentuan Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup. UU/ No04/1982.

Undang-undang. 1997. Tentang Wajib AMDAL, UKL dan UPL Proyek yang Menimbulkan Dampak Besar dan Penting.UU/No.23/1997.

Undang-undang. 1997. Tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup. UU/No. 23/1997.

Undang-undang. 2009. Tentang Kawasan Industri. UU/No.24/2009.

Undang- undang. 1967. Tentang Pertambangan

Undang-undang.1992. Tentang Penataan Ruang

Undang-undang RI. 1974. Tentang Perairan, (Secara Hukum Tidak Seorangpun Mempunyai Hak Milik Atas Air)

Undang-undang Dasar. 1945. Tentang Bumi dan Air Serta Kekayaan Alam Terkandung Di Dalamnya dikuasi oleh Negara.

Wirawan, S.S. 2005. Teknologi Biodisel, CPO dan Aplikasinya pada Mobil Diesel Berbagai Skala Industri. Bogor.

Warta. 2006. Biodisel Berbahan Baku Minyak Kelapa Sawit, Vol 28 No 3. Medan.

Yan Fauzi dkk, 2000. Seri Agribisnis Kelapa Sawit. Penerbit Penebar Swadaya. Jakarta.

DAFTAR INDEX

1. Aspek kualitatif: 73
2. Aspek kuantitatif: 68,73
3. Aspek fisika: 48-52
4. Aspek kimia: 245
5. Aspek biologi: 46-48,51-53
6. Aspek sosekbud: 44-49,51-54
7. Analisis dampak: 39,60,220
8. Absorpsi: 88,99,101,102,184
9. Aerobic: 200
10. Anaerobic: 200
11. Anorganik: 17,18,19,23,24,88,89
12. Atmosfir: 31,38,83,93,94,98,222,228,229.
13. Air limbah: 8,10-12,15-19, 21-24, 27,72,82,83,85-88, 91,92,132, 133, 140,187,195,197,200.
14. Biota: 10,13,23,24,27,47,48,51-53,55,56,60,63,64,85,142,182,198.
15. Badan air:
5,8,10,13,17,22,27,40,52,70,82,85,86,89,92,136,137,197,199.
16. BML: 2, 14, 41, 42, 58, 77, 88, 136.
17. BMLC): 77,88, 136,242.
18. Bakteri: 17, 83, 88, 202, 203, 234, 235, 242.
19. Biochemical Oxygen Demand (BOD): 17, 18,21, 136, 152, 203, 204.
20. Bahan Bakar (B2): 22, 29, 96, 98, 135, 165, 166, 171, 188, 190, 193, 194, 196, 209, 210, 212, 219,; 22, 29, 96, 98, 135, 165, 166, 171, 188, 190, 193, 194, 196, 209, 210, 212, 219,221, 222, 233, 234.
21. Bahan Bahaya dan Beracun (B3): 51, 67, 100, 118.
22. Banjir: 9, 38, 69, 70, 71-73, 97.
23. Barriers: 199
24. Bio kimia: 17,25, 27, 87, 127, 200, 201, 257
25. Bioreactor: 239

26. Biomassa: 158, 159, 171, 211, 232, 233, 234.
27. Biogas: 211, 233-236
28. Biodiesel: 136, 211, 221-225, 227-232, 234, 238.
29. Bioethanol: 233.
30. Biodegradasi: 55, 201, 207.
31. Baku mutu air: 75
32. Briket: 165-169, 190, 191.
33. Batubara: 32, 39, 77, 82, 94, 102, 165, 170, 174, 188-194, 207, 234, 235, 239, 240, 242, 243,
34. Bahan galian: 174, 175, 170, 177, 178, 183, 184, 186, 187.
35. Berat jenis: 87, 196, 198.
36. Bahan Bakar Minyak (BBM): 165, 191, 194, 211, 212, 246, 258.
37. Chemical Oxygen Demand (COD): 17, 21, 82, 85, 136, 198.
38. Crude Palm Oil (CPO): 135, 136, 228, 231, 239, 244.
39. Ceceran minyak: 85, 197.
40. Degradasi: 7,8, 25-27, 55, 126, 140- 142, 146, 199-201, 203, 207.
41. Defisit oksigen: 26, 27, 57, 63, 67, 136, 137.
42. Daerah Aliran Sungai (DAS): 70, 141.
43. Delta: 10, 19, 29, 99.
44. Dampak penting: 51, 52, 59, 60-67, 175, 178-180.
45. Dampak positif: 5, 40, 44, 45, 47, 176, 177, 181, 134.
46. Dampak negative: 13, 14, 40, 47, 49-51, 53, 54, 61, 179, 180, 182, 197, 213.
47. Efek Rumah Kaca (ERK): 30, 36, 188.
48. Effluent: 8, 11, 91, 92.
49. Ekositem: 6,7, 10, 13, 34, 36, 39, 40, 41, 42, 49, 60, 92, 98, 118, 126, 137, 140, 141, 142, 171, 173, 198, 199.
50. Ekologi: 6,7, 27, 60, 143.
51. Energi laut: 211, 217, 218.
52. Energi konvensional: 170.
53. Energi nuklir: 207, 208.
54. Energi surya: 211.
55. Energi gelombang: 210.

56. Energi air: 211, 216, 217.
57. Energi angina: 211, 215, 216.
58. Energi pasang surut: 220, 221.
59. Energi panas bumi: 210, 211, 213, 214.
60. Energi geothermal: 213, 214.
61. Eksplorasi: 84, 175, 195, 197.
62. Flora: 14, 98, 131, 137, 182, 183.
63. Fauna: 14, 46, 98, 131, 137, 182, 183.
64. Filter: 89, 200.
65. Flowrate: 90
66. Fase cair: 81, 85, 86, 195, 222, 232, 233.
67. Fase padat: 102, 107, 166.
68. Fase gas: 92, 96, 233, 234.
69. Fosil: 29, 32, 96, 98, 170, 173, 187, 188, 207, 210, 211, 213, 221.
70. Gas Rumah Kaca (GRK): 29,37, 137.
71. Gravitasi: 127, 196, 203.
72. Green House Effect: 31, 188.
73. Gas bumi: 165, 170, 173, 188, 195, 234.
74. Giokimia: 178.
75. Hydrogen: 18, 20, 83, 84, 234.
76. Hutan Tanaman Industri (HTI): 140.
77. Hutan mangrove: 142, 237
78. Hilir: 2, 9, 10, 22, 27, 40, 81, 102, 188.
79. Hulu: 2,9, 10,22, 27, 28, 40, 41, 81, 88.
80. Hidrokarbon: 84, 167, 189, 195, 197, 198 203, 210, 233.
81. Industri kimia: 1, 4, 12, 23, 74, 81, 92, 93, 101-103, 105, 173, 190, 207, 210, 254.
82. Industri hilir: 81.
83. Industri hulu: 2, 81, 188.
84. Industri agro: 1, 10, 19, 55, 57, 86, 88, 90, 91, 99, 133, 140.
85. Industri pertambangan: 12, 14, 32, 40, 76, 79, 92, 94, 171-173, 175-178, 181, 182, 186-188, 200.

86. Industri terpadu: 171
87. Influent: 92
88. Instalasi Pengolahan air Limbah (IPAL): 8, 19
89. Intensitas dampak: 63, 64, 66, 67
90. ISO 14000 Lingkungan: 79, 172
91. Komponen lingkungan: 13, 55, 65, 66, 67, 68, 85, 178, 181, 197.
92. Korosi: 13, 83, 86, 93, 114, 122, 209.
93. Kebisingan: 14, 15, 47, 48, 50, 51, 60, 76, 78, 182, 184-187.
94. Kekeruhan: 14, 16, 73, 86, 230.
95. Keasaman: 18, 22, 83, 134, 224.
96. Karbon dioksida: 29, 37, 83, 96, 97, 210, 234.
97. Kegiatan konstruksi: 45, 46, 178.
98. Kegiatan operasional: 46, 172.
99. Kualitas air: 7, 9, 13, 16, 22, 25, 33, 34, 47, 48, 51, 52, 69, 71, 73, 84-86, 97, 130, 179, 181-184, 186, 187, 197, 198.
100. Kuantitas air: 33, 187.
101. Kualitas udara: 29, 97, 98, 180-182, 186, 187.
102. Kawasan industri: 1, 5-10, 12, 41, 43-46, 48, 52, 53, 76, 85, 215.
103. Kegiatan pertambangan: 15, 174-176, 181, 182.
104. Limbah cair: 8, 22-25, 27, 33, 39, 51, 55, 60, 67, 77, 82, 84-86, 88, 136, 137, 187, 195, 197, 202.
105. Limbah padat: 44, 55, 87, 100, 125, 126, 128, 131, 132, 136, 144, 158, 195.
106. Limbah gas: 22, 28, 30, 32, 55, 94, 99, 100, 101.
107. Limbah domestic: 70, 74.
108. Limbah industri: 11, 12, 15, 19, 21, 23, 25, 33, 61, 83, 88, 90, 92, 135, 136, 139, 176, 208, 238.
109. Logam berat: 13, 19, 23, 24, 61, 85, 88-90, 184, 198.
110. Lahan basah: 8, 11.
111. Laju reaksi: 206, 207.
112. Lumpur: 16, 18, 20, 82, 83, 85, 87, 89, 126, 128, 132, 197, 200.
113. Landfill: 131, 132.

114. Minyak bumi: 3, 5, 81, 84, 85, 170, 171, 174, 188, 193, 195-204, 206, 207, 222, 223.
115. Minyak lemak: 136, 203, 204.
116. Mikroba: 200, 201, 204-207.
117. Mikrobiologi: 24, 138, 202.
118. Mikroorganisme: 18, 89, 146, 200.
119. Mineral: 43, 102-112, 115-120, 122, 177, 183-190, 193, 195.
120. Material: 43, 102-110, 112, 114-123, 177-180, 199, 234.
121. Mobilisasi: 178, 179.
122. Neraca air: 73.
123. Non fosil: 170, 210, 211.
124. Output limbah: 90.
125. Oksigen: 17, 18, 20, 25-27, 55-57, 63, 67, 84, 93, 98, 134, 136, 137, 189, 198, 200, 201, 205, 234.
126. Organik: 16-19, 23-27, 55, 67, 82-84, 87-89, 116, 127-129, 137, 159, 170, 189, 200, 224, 232, 233, 235.
127. Ozon: 30, 32, 33, 37, 38, 93, 94, 188.
128. Perairan: 10, 12, 21, 22, 24, 25, 27, 33-35, 56, 63-85, 67, 69, 85, 97, 175, 179, 197-199.
129. Pembuangan akhir: 12, 125, 126.
130. Pencemaran air: 15, 182, 186.
131. Pencemaran udara: 14, 99, 179, 182.
132. PDAM: 15, 70.
133. Parameter: 10, 12, 15-17, 21, 55-59, 62, 64, 75, 86, 136, 201, 204, 232.
134. pH: 18, 20-22, 64, 134, 140, 201, 203, 204.
135. Panas bumi: 29, 70, 134, 137, 170, 171, 189, 210, 211, 213, 214, 233, 234.
136. Pendapatan Asli Daerah (PAD): 40, 188.
137. Pertumbuhan mikroba: 201, 204-207.
138. Produktivitas mikroba: 205, 206
139. Perindustrian: 2, 32, 75, 77, 78.

140. Treatment: 10, 71, 82, 87-91, 200, 238, 239.
141. Pulp: 1, 126, 133, 144-150, 152-155, 157-165.
142. Prototype: 144, 148, 149.
143. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU): 190, 191, 194.
144. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS): 212, 213, 220.
145. Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN): 207, 208, 210.
146. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA): 71, 215, 216.
147. Pembangkit Listrik Tenaga Ombak (PLTO): 218, 220.
148. Pembangkit Listrik Tenaga Panas Laut (PLTPL): 219, 220.
149. Pembangkit Listrik Tenaga Pasang Surut (PLTPS): 220, 221.
150. Reaksi kimia: 20, 125.
151. Rona awal: 41, 57, 58.
152. Recycle: 89, 91, 92, 194.
153. Reactor: 92, 200, 201-203, 208-210, 228, 231.
154. Senyawa: 16, 17, 24, 25, 30-32, 82-84, 87-89, 93-96, 100, 102, 116, 118, 119, 125, 126, 131, 148, 153, 183, 184, 194, 198, 224, 235.
155. Sumber Daya Alam: 5, 6, 78, 81, 92, 102, 188.
156. Sumber Daya Batubara: 189.
157. Sumber Daya Minyak Bumi: 195.
158. Sumber Daya Energi: 170, 190, 207.
159. Sumber Daya Manusia: 188, 210.
160. Sludge: 9, 10, 16, 18, 19, 24, 26, 70, 88-92, 136, 228.
161. Sedimentasi: 9, 70, 170, 182, 183, 186, 198.
162. Sanitasi: 7, 9, 179, 180.
163. Sekala tapak: 44-46, 49, 51.
164. Sekola regional: 45, 47.
165. Sekala pabrik: 45-47, 49, 54.
166. Signifikan dampak: 61-63, 66.
167. Saturation coefficient (Ks): 206.
168. Senyawa kimia organik: 87, 88.
169. Teknologi: 6, 10, 13, 14, 29, 42, 73, 74, 86, 99, 143, 144, 147, 168, 190, 192-194, 210, 211, 216, 234
170. Teknologi likuifikasi: 194.

- 171. Toksik: 13
- 172. Terapung: 16, 87, 198.
- 173. Total Suspended Solid (TSS): 18, 19, 21.
- 174. Tingkat kebisingan: 76, 78.
- 175. Tingkat getaran: 76, 78.
- 176. Tandan Buah Segar (TBS): 135, 158, 225, 227.
- 177. Unsur: 20, 24, 72, 83, 125, 183, 194, 209.
- 178. Upgrading Brown Coal (UBC): 190, 192.
- 179. Zona industri: 12, 91.
- 180. Zat kimia: 12, 21, 22, 28, 32, 81, 87, 92, 93, 133, 148, 163, 199.

PERSEMBAHAN

KEPEDULIAN PADA LINGKUNGAN ADALAH
MENCERMINKAN KETEBALAN IMAN

Falsafah Mengelola Isi Bumi:

KELOLALAH ISI BUMI DENGAN
MENGHITUNG GAYA LENTINGNYA

Buku ini kupersembahkan untuk:

- Ayah dan ibu tercinta yang dimuliakan Allah.
- Suami, anak-anakku, dan kakak, adikku tercinta
- Bapak dan Ibu guru, serta teman-temanku

PRAKARTA

Buku industri kimia ini adalah edisi pertama yang ditujukan untuk semua pembaca yang ingin mengetahui dan mempelajari tentang industri kimia. Materi yang dibahas adalah macam, manfaat berdirinya suatu industri kimia dan permasalahan serta dampak keberadaannya terhadap lingkungan. Agar buku ini lebih sempurna maka sumbang-saran dari pembaca masih sangat diharapkan untuk perbaikan pada edisi selanjutnya. Melalui prakata ini, saya panjatkan syukur pada Allah Yang Maha Pengasih, karena restu dan kepanjangan tangan Nya-lah akhirnya buku ini dapat selesai. Juga ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian buku ini. Khususnya suamiku, anak-anakku dan keluargaku tercinta, serta teman-teman yang telah memberikan semangat dan doa. Semoga Allah akan membalas semua daodoa dan bantuan baik material maupun non material. Aamiin.

Palembang, 4 Agustus 2017

HASMAWATY. AR

DAFTAR ISTILAH

- 1 Industri kimia : Industri-industri dalam peoses pengolahannya menggunakan bahan kimia atau produk akhirnya menghasilkan material kimia, baik bentuk padat, cair ataupun gas.
 - 2 Industri hulu : Industri primer yang memproduksi bahan mentah menjadi bahan setengah jadi.
 - 3 Industri hilir : Industri sekunder adalah industri yang memproduksi suatu barang/bahan setengah jadi menjadi produk yang utuh dan benilai lebih tinggi.
 - 4 *Treatment* : Proses pengolahan limbah melalui beberapa tahapan dengan cara fisika, kimia, fisika-kimia, dan biologi.
 - 5 IPAL : Singkatan dari instalasi pengolahan air limbah. IPAL adalah salah satu unit utilitas yang harus wajib dimiliki suatu industri, dalam syarat pendirian dan oprasional suatu pabrik, baik pada pabrik kimia ataupun pabrik non kimia.
 - 6 BML : Singkatan dari baku mutu limbah. BML adalah suatu standard yang telah ditentukan oleh pemerintah setempat. untuk melihat batas nilai parameter. Parameter yang diukur atau yang dinilai diantaranya, debit limbah, limbah cair, padat dan gas.
 - 7 Limbah cair : Air limbah yang berada pada badan air,
-

- dan pada bak penampungan yang keluar dari *effluent* IPAL dari pabrik suatu industri, berbentuk cairan walaupun cairannya mengandung *sludge* (bubur) atau berbentuk pasta.
- 8 Limbah padat : Limbah yang bentuknya padatan. Dikatakan limbah padatan karena betuk padatan yang tidak dipakai lagi atau barang yang tidak bernilai tinggi, seperti kerikil, kertas, daunan, balok-balok sampai serpihan dari potongan-potongan kecil termasuk juga limbah berbentuk bubuk (*sludge*) yang keluar dari *effluent* suatu IPAL pabrik suatu industri.
- 9 Limbah gas : Limbah yang keluar dari cerobong asap melalui tahapan instalasi pengolahan seperti; *sprayer tower*, *scrubber*, *absorbs* mekanis, *presipitator elektrostatik* dan lain-lain.
- 10 Mineral : Bahan atau zat yang berasal dari alam seperti bahan dari pertambangan dan lain-lain.
- 11 Material : Bahan mineral baik dari pertambangan atau bahan berasal dari tumbuhan seperti pohon, bamboo, rotan, dan lain-lain, yang telah diolah menjadi bahan yang lebih bernilai. Contohnya seperti bahan bangunan atau alat-alat rumah tangga, kantor dan lain-lainnya.
- 12 AMDAL : Suatu acuan analisis proses perizinan yang menghasilkan keputusan layak atau tidaknya suatu pembangunan industri yang akan didirikan agar industri
-

dibangun tetap berwawasan lingkungan.

- 13 Industri berbasis SDA : Industri yang memproses Sumber Daya Alam (SDA) baik yang berbentuk fase cair, gas dan padat.
 - 14 Kompos : Suatu bahan organik baru, hasil proses penguraian limbah organik secara biokimia, yang dipakai sebagai pupuk tanaman.
 - 15 Hutan mangrove : Salah satu jenis industri hutan yang memproduksi sumberdaya kayu juga tempat bernaungnya flora dan fauna.
 - 16 *Pulp* : Bahan berupa serat putih berbentuk bubur untuk membuat kertas yang diperoleh melalui proses penyisihan lignin dari biomassa.
 - 17 TKKS dan BKS : Singkatan dari tandan kosong kelapa sawit dan batang kelapa sawit. TKKS dan BKS berasal dari pohon kelapa sawit yang sudah tidak produktif lagi, namun dapat diolah menjadi bahan yang lebih bernilai dan ramah lingkungan serta murah, seperti menjadi *pulp*, pupuk, furniture (matras, jok kendaraan dan tempat tidur), dan lain-lain.
 - 18 Industri berbasis energi : Suatu industri yang mengolah bahan baku dari alam seperti, berasal dari fosil dan non fosil, menjadi sumber daya energi seperti, konvensional, nuklir, dan energi hayati yang di kelompokkan dalam energi terbarukan.
-

- 19 PLTU : Singkatan dari pembangkit listrik tenaga uap, bahan bakunya berasal dari batubara, dengan cara pembakaran langsung dimulut tambang.
- 20 PLTN : Singkatan dari pembangkit listrik tenaga nuklir, bahan bakunya berasal dari zat radioaktif yang dapat memancarkan sinar α (alpha) yang bermuatan listrik positif, sinar β (beta) yang bermuatan listrik negatif, dan sinar γ (gamma) yang tidak bermuatan listrik.
- 21 PLTA : Singkatan dari pembangkit listrik tenaga angin dan atau pembangkit listrik tenaga air. Bahan bakunya berasal dari, angin, air, dan gelombang laut. Energi yang dihasilkan, karena adanya udara yang bergerak atau berpindah tempat disebabkan oleh perbedaan suhu.
- 22 PLTG : Singkatan dari pembangkit listrik tenaga gas, bahan bakunya berasal dari gas alam.
- 23 PLTS : Singkatan dari pembangkit listrik tenaga Surya, yang memanfaatkan sumber bahan baku energinya berasal dari matahari. Energi surya adalah salah satu pengganti BBM yang sangat potensial digalakan sekarang ini. Sinar matahari yang kaya dapat diubah menjadi energi listrik dengan cara menangkap sinar matahari melalui solar modul dan diubah menjadi listrik yang disimpan dalam baterai.
- 24 PLTO : Singkatan dari pembangkit listrik tenaga ombak, bahan bakunya berasal dari potensi ombak laut yang mengubahnya
-

- menjadi listrik.
25. PLTPS : Singkatan dari pembangkit listrik tenaga pasang surut air. Adanya aliran pasang dan aliran surut, maka energi yang ditimbulkan dapat mengubahnya menjadi listrik.
- 26 *Renewable*. : Istilah untuk sumber energi alternative yang dapat diperbahuri.
- 27 Bio gas atau *Biofuel* : Sumber energi berasal dari bio, seperti; biomassa (limbah pertanian/tanaman, gambut) yang membusuk, Singkatan dari pembangkit listrik tenaga atau dari kotoran hewan, manusia, juga bisa dari bahan organik yang masih segar.
- 28 Biomassa : Sumber energi berasal dari jasad makhluk hidup, berupa sampah-sampah organik atau sisa-sisa produksi pertanian dan lainnya dengan cara membakarnya dan juga berasal dari tanaman yang cepat tumbuh seperti angkana, akasia, dan sebagainya
- 29 Biodisel : Energi yang dihasilkan dari beberapa tanaman segar, limbah pertanian, dan kotoran hewan.
- 30 Bioremediasi : Suatu proses biodegradasi limbah minyak dalam suatu unit alat bioreaktor.
- 31 Bioreaktor : Salah satu teknik dalam bioremediasi untuk mendapatkan *isolat* dari limbah minyak bumi.
- 32 Biodigester : Suatu alat yang berfungsi untuk menguraikan bakteri seperti metanogen diantaranya; metana (CH₄), karbon
-

- dioksida (CO_2), nitrogen (N), oksigen (O), karbon monoksida (CO) dan gas hydrogen sulfide (H_2S), yang ada pada material organik seperti limbah tumbuhan, kotoran hewan dan manusia.
- 33 Analisis Neraca Air : Menganalisis besarnya keseimbangan volume air yang tersedia dari suatu daerah, dengan cara menghitung curah hujan yaitu besarnya volume aliran permukaan ditambah dengan evapotranspirasi dan air bawah tanah.
-



DAFTAR ISI

BAB 1 AKTIFITAS INDUSTRI KIMIA

- 1.1 Industri
 - 1.1.1 Pembangunan Industri
 - 1. Klasifikasi dan Syarat Pendirian Industri
 - 2. Contoh Klasifikasi Industri
 - 1.1.2 Dampak Aktifitas Pembangunan Industri
 - 1. Konsep Pembangunan Bewawasan Lingkungan
 - 2. Potensi Permasalahan Lingkungan
 - 1.1.3 Kondisi dan Permasalahan Industri
 - 1. Kendala Sediment Merubah Ekosistem
 - 2. Sistem dan Penetapan Pengelolaan Limbah Industri
- 1.2 Industri Kimia
 - 1.2.1 Aktivitas Industri Kimia
 - 1. Dampak Kegiatan Industri
 - 2. Pengukuran Kualitas Air Limbah
 - 1.2.2 Kegiatan Industri Menghasilkan Limbah Cair
 - 1. Permasalahan limbah Cair
 - 2. Perjalanan Limbah Cair Industri
 - 1.2.3 Kegiatan Industri Menghasilkan Limbah Gas
 - 1. Permasalahan Limbah Gas
 - 2. Limbah Gas Industri Perusak Ozon
- 1.3. Analisis Kegiatan Industri
 - 1.3.1 Dampak Kegiatan Industri
 - 1. Perlunya AMDAL Industri

2. Tahapan Komponen Kegiatan Menimbulkan Dampak
- 1.3.2 Kegiatan Industri Berdampak Negative Penting
 1. Tahapan Kegiatan terhadap dampak Negatif
 2. Proses Perkiraan dan Penentuan Dampak Industri
- 1.3.3 Penentuan Dampak Penting Berdasarkan Karakteristik Limbah
 1. Perlu Analisis Dampak
 2. Analisis 7 Faktor Dampak
- 1.4. Pengelolaan Sumber Daya Air
 - 1.4.1 Azaz Pengelolaan Sumber Daya Air
 1. Ruang Lingkup Pengelolaan SDA
 2. Pengelolaan dan Pengembangan SDA
 - 1.4.2 Neraca Air
 1. Kebutuhan dan Persediaan Air
 2. Baku Mutu Air
 - 1.4.3 Lingkungan Industri
 1. Peraturan Berdasarkan UU, PP, Dan SK
 2. Instrument lingkungan Industri

BAB 2 INDUSTRI BERBASIS SUMBER DAYA ALAM

- 2.1 Industri Berbasis Sumber Daya Alam
 - 2.1.1 Industri Berbasis Sumber Daya Alam Fase Cair
 1. Macam Industri Kimia dan Zat Kimia Fase Cair
 2. Pengelolaan Limbah Cair Industri
 - 2.1.2 Industri Berbasis Sumber Daya Alam Fase Gas
 1. Macam Industri Kimia dan Zat Kimia Fase Gas
 2. Pengelolaan Limbah Gas Industri
 - 2.1.3. Industri Berbasis Sumber Daya Alam Fase Padat
 1. Macam Industri Kimia dan Zat Kimia Fase Padat
 2. Pengolahan Limbah Padat Industri
- 2.2 Industri Potensi Daerah Berbasis Agro

- 2.2.1 Industri Kelapa Sawit
 - 1. Sumber Daya Kelapa Sawit
 - 2. Limbah Industri Kelapa Sawit
- 2.2.2 Industri Karet
 - 1. Sumber Daya Karet
 - 2. Limbah Industri Karet
- 2.2.3 Industri Berbasis Hutan Bakau
 - 1. Industri Hutan
 - 2. Industri Hutan Bakau
- 2.3 Industri Berbasis Ramah Lingkungan
 - 2.3.1 Industri Pembuatan Mesin Pengasil *Pulp*
 - 1. Industri Mesin Pembuat *Pulp*
 - 2. Pembuatan *Prototype* Mesin Pemanfaatan TKKS dan BKS
 - 2.3.2 Industri Kertas Limbah Pohon Kelapa Sawit
 - 1. Pemanfaatan TKKS/ BKS
 - 2. Proses Pembuatan *Pulp*
 - 2.3.3 Industri Pembuatan Briket Ramah Lingkungan
 - 1. Macam Bahan Pembuatan Briket Limbah Tumbuhan
 - 2. Bahan Pembuatan Briket Dari Limbah Hewan

BAB 3 INDUSTRI BERBASIS SUMBER DAYA ENERGI

- 3.1 Industri Berbasis Energi
 - 3.1.1 Industri Energi Fosil dan Non Fosil
 - 1. Potensi Industri Energi
 - 2. Komitmen Industri Energi
 - 3.1.2 Kegiatan Industri Energi Fosil
 - 1. Pengertian Industri Fosil
 - 2. Permasalahan Industri Pertambangan
 - 3.1.3 Kerusakan Lingkungan Akibat Pertambangan

1. Dampak Industri Pertambangan
2. Penambangan Berwawasan Lingkungan
- 3.2 Industri Energi Berbasis Fosil
 - 3.2.1 Industri Energi Dari Batubara
 1. Sumber Daya Batubara
 2. Pemanfaatan Batubara
 - 3.2.2 Industri Energi Minyak dan Gas Bumi
 1. Sumber Daya Minyak Dari Gas Bumi
 2. Permasalahan Limbah Cair Industri Minyak Bumi
 - 3.2.3 Industri Energi Nuklir
 1. Sumber Daya Energi Nuklir
 2. Limbah Industri Energi Nuklir
- 3.3 Industri Energi Berbasis Non Fosil *Natural Resources*
 - 3.3.1 Industri Pembangkit Listrik Tenaga Surya
 1. Energi Surya
 2. Industri Pembangkit Listrik Tenaga Surya
 - 3.3.2 Industri Energi Panas Bumi
 1. Energi Panas Bumi
 2. Contoh dan Keunggulan Energi Panas Bumi
 - 3.3.3 Industri Energi Angin, Air, dan Laut
 1. Industri Energi Angin dan Air
 2. Industri Energi Laut
- 3.4 Industri Energi Berbasis Hayati
 - 3.4.1 Industri Energi Biodisel Tanaman
 1. Industri Energi Biodiesel Biji Jarak
 2. Industri Energi Biodiesel Kelapa Sawit
 - 3.4.2 Industri Berbasis Energi Biomassa Fase Cair
 1. Industri Biomassa
 2. Konversi Biomassa Menjadi Energi Bioetanol
 - 3.4.3 Industri Berbasis Energi Biodisel Fase Gas
 1. Energi Biogas

2. Pengolahan Gas Bio

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Matrik Intraksi Kegiatan Industri dan Lingkungan

Tabel 1.2 Nilai dan Besar Dampak

Tabel 1. 3 Jumlah Manusia Terkena Dampak

Tabel 1.4 Luas Wilayah Persebaran Dampak

Tabel 1.5 Lamanya Dampak Berlangsung

Tabel 1.6 Intensitas Dampak.

Tabel 1.7 Banyak Komponen Terkena Dampak

Tabel 1.8 Sifat Kumulatif Dampak.

Tabel 1.9 Berbalik (*Reversible*)/Tidak Berbalik (*Irreversible*) Dampak.

Tabel 1.10. Baku Mutu Air Pada Sumber Air Golongan A

Tabel 2.1. Hasil Komposisi Tandan dan Batang Kelapa Sawit

Tabel 3.1 Produktivitas Mikroba

Tabel 3.2. Data Minyak Jarak (MJ) dan Kelapa Sawit (KS)

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 1.1. Contoh Industri di Wilayah *Lowland*
- Gambar 1.2. Contoh Kawasan Industri Dilalui Aliran Sungai
- Gambar 1.3. Air Limbah *Inlet-Outlet* Salah Satu Industri
- Gambar 1.4. Alat Analisis Parameter Air Limbah
- Gambar 1.5. Aktivitas Pemakai B-2
- Gambar 1.6. Tangki Penyimpan B-3
- Gambar 1.7. Salah Satu Aktivitas Industri
- Gambar 1.8. Grafik Proses Degradasi Limbah Organik Dalam Air
- Gambar 1.9. Contoh Ilustrasi Defisit Oksigen Akibat Limbah *Sludge*
- Gambar 1.10. Banyaknya Ikan Mati di Hulu Sungai
- Gambar 1.11. Panas Radiasi Terjebak Dalam Rumah Kaca
- Gambar 1.12. Bagan Alir Penentuan Dampak
- Gambar 1.13. Contoh Sertifikat ISO Lingkungan
- Gambar 2.1. Ilustrasi Proses *Treatment*
- Gambar 2.2. Mekanisme Alur Limbah IPAL Terpadu
- Gambar 2.3. Contoh *Flowchart* Sistem IPAL Industri
- Gambar 2.4. Contoh Pencemaran Udara dari IPLG
- Gambar 2.5. Mineral Asbes
- Gambar 2.6. Material Asbes Biasa
- Gambar 2.7. Pemakaian Material Asbes Semen
- Gambar 2.8. Mineral Mika Dari Alam
- Gambar 2.9. Material Mika Bentuk Patung
- Gambar 2.10. Bahan Baku Mineral Kaca
- Gambar 2.11. Jendela Kaca sebagai cermin Hias
- Gambar 2.12. Sekat atau Dinding Ruangan
- Gambar 2.13. Rumah dari Kaca Berwarna
- Gambar 2.14. Hiasan dari Material Tembaga
- Gambar 2.15. Bahan Baku Besi
- Gambar 2.16. Behel dan Kawat dari Baja
- Gambar 2.17. Pagar Rumah dari Prodak Besi Baja
- Gambar 2.18. Bahan Baku Senyawa Seng

Gambar 2.19. Contoh Produk Material Seng

Gambar 2.20. Mineral Tanah Liat

Gambar 2.21. Material Batu Bata, dan Guci

Gambar 2.22. Salah Satu Jenis Pasir dan Batako

Gambar. 2.23. Mineral Semen

Gambar 2.24. Contoh Patung Produk dari Semen

Gambar 2.25. Contoh Produk Cat

Gambar 2.26. Contoh Produk Timah

Gambar 2.27 Contoh Produk Lem Perekat

Gambar 2.28. Bahan Kayu untuk Bangunan

Gambar.2.29 Contoh Lemari Kayu Jati

Gambar 2.30. Pembuatan Kompos

Gambar 2.31. Kompos Siap di Panen

Gambar 2.32. Pohon Kelapa Sawit

Gambar 2.33. Bahan Baku: (a) *Slab* dan (b) *Cup Lump*

Gambar 2.34. (a) Bahan Baku dan (b) Produk Karet Remah

Gambar 2.35. IPAL Industri Karet

Gambar 2.36. Proses Pembuatan Mesin Penghasil *Pulp*

Gambar 2.37. Mesin Pencacah

Gambar 2.38. Mesin Pengering (*Pre-Heating*)

Gambar 2.39. Mesin Penghalus

Gambar 2.40. Serbuk *Pulp* Kering

Gambar 2.41. Pencampur (*Max* dan *Resin Applied*)

Gambar 2.42. Pengepresan (*Mat Forming*)

Gambar 2.43. Kertas Berserat

Gambar 2.44. Hasil Kertas Karton

Gambar 3.1. Pengelolaan Lingkungan Secara Konsisten

Gambar 3.2 Contoh Kegiatan Pertambangan

Gambar 3.3. Kerusakan Lingkungan Pasca Oprasional

Gambar 3.4. Contoh Transportasi Pendistribusian Hasil Tambang

Gambar 3.5 Bioreaktor Mekanis

Gambar. 3.6 Grafik Pertumbuhan Mikroba

Gambar 3.7. Laju Pertumbuhan Mikroba Vs Substrat

Gambar 3.8. Contoh PLTS di Bali

Gambar 3.9. Contoh Energi Panas Bumi

Gambar: 3.10. Contoh Energi Angin

Gambar: 3.11. Contoh Energi Air

Gambar 3.12. Contoh Energi Laut

Gambar 3.13. Contoh Energi Pasang Surut