

REDESAIN ALAT PENGOLAHAN LIMBAH PLASTIK YANG ERGONOMIS DENGAN MENGGUNAKAN ANALISIS MORFOLOGI

Arvan Budi Heriyanto M¹, Amiluddin Zahri², Septa Hardini³

Mahasiswa Universitas Bina Darma¹, Dosen Universitas Bina Darma^{2,3}

Jalan Jendral Ahmad Yani No.12 Palembang

e-mail: arvan521@gmail.com¹, amiluddin@binadarma.ac.id², septahardini@gmail.com³

Abstract: More day demand for fuel is increasing, while the availability is decreasing. Another problem is explosion of plastic waste in the environment. One ways to treat plastic waste is by turning it into fuel. The purpose of this design are to determine design, dimensions, and costs incurred to make pyrolysis equipment. Morphological chart is a systematic analysis to find out how the shape a product is made, which will be assessed using Zero-one to determine the priority of criteria. Based on the results of evaluation matrix obtained alternative design are the reactor from iron pipe, condenser tube made from PVC, condenser made of copper pipe, zeplin stove as a burner, bimetallic thermometer as a thermoreader and hollow iron frame with 163x33x167cm that according to use in standing position and the cost to produce this tool is Rp. 4.489.000 with selling price Rp. 5.700.000.

Keywords: Ergonomics, Morphological chart, Zero-one, Pyrolysis

Abstrak: Semakin hari kebutuhan bahan bakar semakin meningkat, sedangkan ketersediannya semakin menurun. Permasalahan lainnya yakni membludaknya limbah plastik di lingkungan. Salah satu cara untuk mengolah limbah plastik yaitu dengan mengubahnya menjadi bahan bakar. Tujuan perancangan ini adalah untuk menentukan desain, dimensi, dan biaya yang dikeluarkan untuk membuat alat pirolisis. *Morphological chart* adalah suatu daftar dari analisis perubahan bentuk secara sistematis untuk mengetahui bagaimana bentuk suatu produk dibuat, yang kemudian akan dinilai menggunakan *Zero-one* untuk menentukan urutan prioritas kriteria-kriteria. Berdasarkan hasil matriks evaluasi didapatkan alternatif desain alat yaitu reaktornya dari bahan pipa besi, tabung kondensor berbahan PVC, pipa kondensor berbahan tembaga, kompor zeplin sebagai *burner*, *thermometer* bimetal sebagai pembaca suhu serta rangka berbahan besi hollow dengan dimensi 163x33x167cm sehingga sesuai penggunaannya dalam posisi berdiri dan biaya untuk memproduksi alat ini adalah sebesar Rp. 4.489.000 dengan harga jual sebesar Rp. 5.700.000.

Kata Kunci: Ergonomi, Morphological chart, Zero-one, Pirolisis

1. Pendahuluan

Salah satu unsur yang sangat penting bagi kehidupan manusia di muka bumi ini adalah energi. Akan tetapi energi yang paling praktis untuk digunakan ialah bahan bakar fosil. Semakin hari kebutuhan akan bahan bakar ini semakin meningkat, sedangkan ketersediannya semakin menurun. Permasalahan lainnya yang cukup vital dan cukup penting bagi kehidupan manusia yakni membludaknya sampah berbahan dasar plastik (*Polymer*) di lingkungan. Salah satu contohnya adalah sampah plastik sebagai bahan baku yang dikonversi sebagai bahan bakar melalui proses

pirolisis. Berdasarkan kaji literature dan kaji eksperimental, bahan bakar yang dihasilkan dari proses tersebut memiliki sifat-sifat fisis dan kimia yang tidak jauh dengan dengan bahan bakar minyak bumi (fosil). Namun dari beberapa penelitian terdahulu mengenai perancangan alat pirolisis masih terdapat banyak kekurangan dari alat yang dirancang tidak ergonomis dalam segi ukuran dan masih belum ekonomis.

Dari latar belakang masalah yang dibahas maka rumusan masalahnya adalah Bagaimana redesain alat pengolahan limbah plastik yang

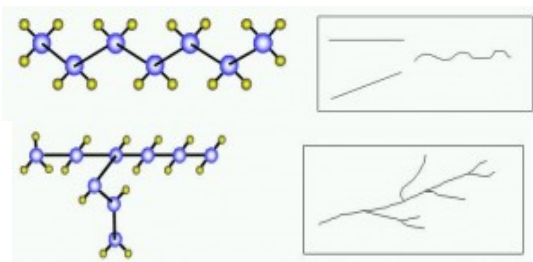
ergonomis dengan menggunakan analisis morfologi.

Berujuan untuk menentukan desain alat pengolahan limbah plastic, menentukan dimensi alat pengolahan limbah plastik, dan menghitung besar biaya (*Cost*) untuk redesain alat.

1.1 Plastik

Plastik adalah polimer rantai panjang atom mengikat satu sama lain. Rantai ini membentuk banyak unit molekul berulang, atau "monomer" (Wikipedia 2018). Plastik yang kita kenal sehari-hari sering dipertukarkan dengan polimer sintetik. Ini dikarenakan sifat plastik yang mudah dibentuk (bahasa latin: *plasticus* = mudah dibentuk) dikaitkan dengan polimer sintetik yang dapat dilelehkan dan diubah menjadi bermacam-macam bentuk.

Bentuk struktur polimer termoplastik sebagai berikut :

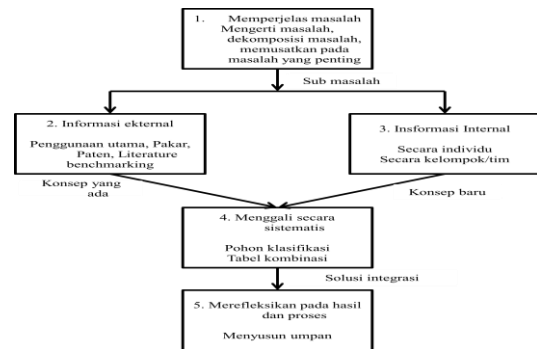


Gambar 1. Bentuk struktur molekul linier dan bercabang polimer termoplastik

1.2 Penyusunan Konsep Produk

Konsep produk adalah sebuah gambaran atau perkiraan mengenai teknologi, prinsip kerja, dan bentuk produk. Konsep produk merupakan gambaran singkat bagaimana produk memuaskan pelanggan (*Ulrich Kart T, 2001:102*).

Lima langkah dalam penyusunan konsep tersebut dapat digambarkan seperti dibawah ini:



Gambar 2. Lima langkah metode penyusunan konsep

1.3 Pembangkitan Alternatif

Pembangkitan Alternatif merupakan satu proses perancangan yang berguna untuk membangkitkan alternatif-alternatif yang dapat mencapai solusi terhadap permasalahan perancangan. Metode yang dipakai adalah *Morphological Chart* (Ginting, 2010 :161).

Morphological Chart adalah suatu daftar atau ringkasan dari analisis perubahan bentuk secara sistematis untuk mengetahui bagaimana bentuk suatu produk dibuat. Tujuan utama dari metode ini adalah untuk memperluas penelitian terhadap solusi baru yang mungkin (Ginting, 2010:163).

1.4 Matriks Evaluasi

Matriks ini merupakan alat pengambilan keputusan dari beberapa alternatif desain proyek atau produk dengan jalan mengkombinasikan kriteria kualitatif (tidak dapat diukur) dan kriteria kuantitatif (dapat diukur).

1.5 Anthtopometri

Istilah *anthropometry* berasal dari kata “anthropos (man)” yang berarti manusia dan

“metron (measure)” yang berarti ukuran (Bridger 2003).

Antropometri menurut (Nurmianto,1991 dan Stevenson, 1989 dalam Nurmianto 1996) adalah suatu kumpulan data numerik yang berhubungan dengan karakteristik tubuh manusia seperti ukuran, bentuk, dan kekuatan serta penerapan dari data tersebut untuk penangan masalah desain.

1.6 Anthropometri Yang Diukur

Adapun data anthropometri yang diambil dalam pengukuran dimensi tubuh yaitu dapat kita lihat pada tabel 1. dibawah ini:

Tabel 1. Dimensi dalam posisi berdiri

No	Dimensi yang diukur	Simbol
1	Tinggi Mata Berdiri	TMB
2	Tinggi Bahu	TB
3	Tinggi Tulang Kering	TTK
4	Jangkauan Tangan	JKT
5	Rentangan Tangan	RT

Sumber : Modul Praktikum APK, 2009

1.7 Uji Kenormalan Data

Untuk mengetahui apakah data-data yang sudah dikumpulkan mengikuti distribusi normal atau tidak maka dilakukan pengujian dengan metode *Goodness of Fit*. Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengujian kenormalan data adalah sebagai berikut :

1. Mengelompokkan data-data yang didapat.
2. Menetapkan nilai rata-rata dan standar deviasi.
3. Mencari nilai Z untuk setiap kelas.
4. Menetapkan nilai luas kurva normal.
5. Menetapkan nilai frekuensi harapan.
6. Menghitung nilai khi-kuadrat
7. Jika $X^2_{hitung} < X^2_{tabel}$ maka data terdistribusi normal.

1.8 Uji Keseragaman Data

Untuk uji keseragaman data dilakukan dengan beberapa tahap sebagai berikut: (Sutalaksana, 2006: 150-151)

1. Membagi data kedalam suatu subgrup.
2. Menghitung harga rerata dari rerata subgrup.
3. Menghitung standar deviasi sebenarnya.
4. Menghitung standar deviasi dari harga rerata subgrup.
5. Menghitung Batas Kontrol Atas (BKA) dan Batas Kontrol Bawah (BKB)
6. Membuat grafik uji keseragaman data

1.8 Uji Kecukupan Data

Pengujian kecukupan data dilakukan dengan berpedoman pada konsep statistik, yaitu tingkat ketelitian dan tingkat keyakinan (Purnomo, 2004:45). Jika $N' \leq N$, data dianggap cukup, jika $N' \geq N$ data tidak cukup (kurang) dan perlu dilakukan penambahan data.

1.9 Persentil

Persentil adalah suatu nilai yang menunjukkan persentase tertentu dari orang yang memiliki ukuran pada atau dibawah nilai tertentu. Pemakaian nilai-nilai persentil yang umum diaplikasikan dalam perhitungan data anthropometri dapat dilihat pada tabel 2. dibawah ini:

Tabel 2. Perhitungan percentil

PERCENTILE	CALCULATION
1 st	$\bar{X} - 2.325\sigma_x$
2,5 th	$\bar{X} - 1.96\sigma_x$
5 th	$\bar{X} - 1.645\sigma_x$
10 th	$\bar{X} - 1.28\sigma_x$
50 th	\bar{X}
90 th	$\bar{X} + 1.28\sigma_x$
95 th	$\bar{X} + 1.645\sigma_x$
97,5 th	$\bar{X} + 1.96\sigma_x$
99 th	$\bar{X} + 2.325\sigma_x$

Sumber : Nurmianto, 1996:51

1.10 Harga Pokok Produksi dan Penjualan

Harga pokok produksi dan penjualan merupakan suatu catatan dari biaya material, biaya tenaga kerja dan biaya overhead. Untuk dapat memahami tentang biaya maka perlu penjelasan tentang klasifikasi dan struktur biaya produksi. Klasifikasi biaya terbagi menjadi tiga bagian, yaitu:

1. Biaya bahan baku

Bahan baku adalah bahan yang dapat digunakan sebagai dasar pembuatan barang jadi.

2. Biaya tenaga kerja

Biaya tenaga kerja adalah biaya yang dikeluarkan untuk mengerjakan bahan baku hingga menjadi barang jadi.

3. Biaya overhead pabrik

Biaya overhead adalah seluruh biaya yang digunakan untuk membuat barang jadi selain biaya material langsung dan biaya tenaga kerja langsung.

1.11 Pirolisis

Pirolisis berasal dari kata *Pyro* (Fire/Api) dan *Lyo* (Loosening/Pelepasan) untuk dekomposisi termal dari suatu bahan organik. Pirolisis merupakan suatu bentuk penguraian bahan organik secara kimia melalui pemanasan tanpa atau sedikit oksigen atau reagen lainnya. Proses pirolisis atau devolatilisasi merupakan proses perengkahan plastik pada suhu tinggi dimulai pada temperatur sekitar 230 °C. Perengkahan plastik pada suhu tinggi adalah proses paling sederhana untuk daur ulang plastic (Sabarodin & Dewanto, 1998).

Faktor-faktor atau kondisi yang mempengaruhi proses pirolisis adalah :

1. Waktu
2. Suhu
3. Ukuran Partikel
4. Berat Partikel
5. Pemilihan karakteristik jenis bahan baku plastik

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Lokasi dan Jadwal Perancangan

Adapun lokasi perancangan alat pengolahan limbah plastik menjadi bahan bakar dengan menggunakan proses pirolisis ini dikerjakan di rumah penulis yang beralamat di Perumahan Sukajadi Indah Blok F5 No.46, Kecamatan Talang Kelapa, Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan,30761.

2.2 Metode Pengumpulan Data

Dalam Penelitian redesain alat pengolahan limbah plastik yang ergonomis ini penulis menggunakan analisis morfologi untuk memperoleh informasi dan data yang memiliki relevansi dalam perancangan alat ini. Adapun data yang diperlukan dalam perancangan ini adalah :

1. Data primer

- a. Kuesioner

Dalam metode ini penulis memberikan kuesioner terbuka kepada ahli dan juga memberikan kuesioner tertutup kepada mahasiswa Teknik Energi Politeknik Negeri Sriwijaya angkatan 2017.

- b. Data Anthropometri

Data anthropometri yang diambil adalah data dimensi tubuh dalam posisi berdiri. Untuk populasinya diambil dari mahasiswa Teknik

Energi Politeknik Negeri Sriwijaya angkatan 2017.

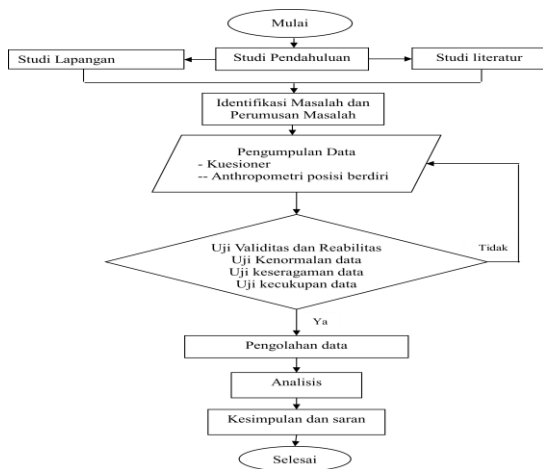
2.3 Metode Pengolahan Data

Dari semua data yang telah diperoleh dan sesuai dengan bahan-bahan yang akan diteliti, maka langkah selanjutnya adalah mengolah data dan menganalisa data yang sudah didapat dengan cara sebagai berikut:

1. Uji Validitas dan Reliabilitas
2. Uji Normalitas Data
3. Uji Keseragaman Data
4. Uji Kecukupan Data
5. Analisis Morfologi

2.4 Diagram Alir Penelitian

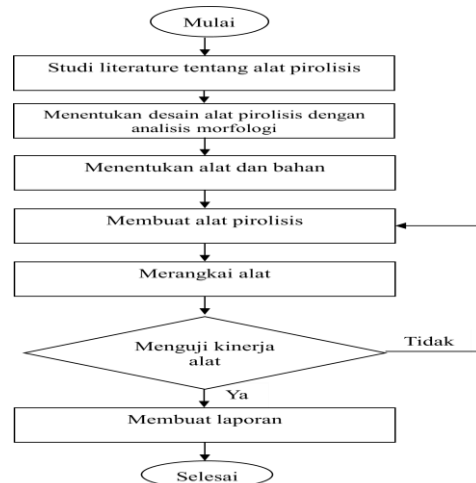
Untuk lebih memperjelas penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir (*Flow chart*) Penelitian pada gambar 3. dibawah ini:



Gambar 3. Diagram alir penelitian

2.5 Diagram Alir Perancangan Alat

Untuk lebih memperjelas perancangan penulis membuat diagram perancangan alat konversi limbah plastik menjadi bahan bakar sebagai berikut:



Gambar 4. Diagram alir perancangan

3. HASIL

3.1 Jumlah Sampel

Untuk mendapatkan berapa banyak sampel yang dibutuhkan dalam perancangan ini dapat dihitung sebagai berikut:

N= Populasi Mahasiswa Teknik Energi Politeknik Negeri Sriwijaya angkatan 2017 sebanyak 85 Mahasiswa.

d = 0.05 atau Tingkat Kesalahan sebesar 5%

Maka ;

$$n = \frac{N}{N(d^2)+1}$$

$$n = \frac{85}{85(0.05^2)+1}$$

$$n = \frac{85}{0.2125+1}$$

$$n = \frac{85}{1.2125}$$

$$n = 70.103 \approx 70$$

3.2 Data hasil kuesioner

Kuesioner yang digunakan pada pengumpulan data dalam perancangan ini terbagi menjadi empat bagian, yaitu kuesioner terbuka, kuesioner tingkat kepentingan, kuesioner elemen desain, dan kuesioner penilaian alternatif. Kuesioner terbuka diberikan kepada 10 reseponden ahli untuk diisi dengan tujuan untuk mendapatkan kriteria alat yang

diinginkan. Sedangkan kuesioner tingkat kepentingan dan kuesioner elemen desain diberikan kepada 70 responden. Pengukuran validitas pada kuesioner menggunakan persamaan *Product Moment Pearson*. Variabel dinyatakan valid jika $r_{hitung} \geq r_{tabel}$. Tingkat signifikan dalam penelitian ini adalah 5% dengan jumlah sampel sebanyak 30 responden, dan diperoleh nilai $r_{tabel} = 0.3610$.

Hasil uji validitas kuesioner tingkat kepentingan dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil uji validitas

Pertanyaan	R hitung	Ket. Sig. 0.05	interpretasi
1	0.645	>0.3610	Valid
2	0.590	>0.3610	Valid
3	0.440	>0.3610	Valid
4	0.664	>0.3610	Valid
5	0.433	>0.3610	Valid

Sumber : Pengolahan data

Uji reliabilitas menggunakan *Software SPSS*. Hasil kuesioner dinyatakan reliable jika nilai *cronbach alpha* secara keseluruhan pada item atribut pertanyaan lebih besar dari 0.60. Hasil uji reliabilitas dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil uji reliabilitas

Reliability Statistics	
Cronbach's Alpha	N of Items
.646	5

Sumber: Pengolahan data

3.3 Kuesioner Elemen Desain

Kuesioner elemen desain dibuat untuk menentukan atribut-atribut dan desain man yang paling diminati responden, dimana atribut dan desain tersebut dipilih langsung oleh responden. Hasil kuesioner elemen desain dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil kuesioner elemen desain

No	Atribut Elemen Desain									
	Piring Reaktor	Bentuk Pipa Kondensor	Piring Burner	Piring Thermometer	Reaktor	Kondensor	Pipa kondensor	Pipa	Kandang	
1										14
2										12
3										24
4										20

Sumber: Pengumpulan data

Dari masing-masing hasil yang didapatkan akan dikombinasikan dengan menggunakan analisis morfologi (*Morphological chart*).

3.4 Pembangkitan Alternatif

Untuk membangkitkan alternatif dalam perancangan alat ini menggunakan *Morphological Chart*, metode ini dapat dilakukan dengan membuat dalam daftar/tabel ciri atau fungsi yang perlu dari suatu produk, membuat daftar ciri atau fungsi yang mungkin akan dicapai, menggambar grafik yang membuat semua sub fungsi yang mungkin dan mengidentifikasi kelayakan kombinasi suatu sub solusi. Berdasarkan langkah-langkah tersebut maka diperoleh hasil pembangkitan alternatif alat pirolisis sebagai berikut:

1. Daftar fungsi yang perlu dari alat pirolisis adalah sebagai berikut:
 - a. Fungsional
 - b. Ergonomi

2. Cara-cara untuk mencapai fungsi

Dalam merancang ulang alat pirolisis terdapat dua fungsi yang perlu yaitu

fungsional dan ergonomi. Cara mencapai masing-masing fungsi tersebut dapat dilihat pada tabel 6 sebagai berikut:

Tabel 6. Cara mencapai fungsi alat

Fungsi	Cara Mencapai Fungsi
Fungsional	- Desain Reaktor - Kondensor - <i>Burner</i> - <i>Thermometer</i>
Ergonomi	- Desain Rangka

3. *Morphological Chart* alat

Morphological chart dari alat ini ditampilkan dalam bentuk matriks 5x2, dimana lima adalah fungsi yang harus dicapai dan 2 adalah alternatif yang mungkin akan diterapkan. *Morphological chart* rancangan alat ini dapat dilihat pada tabel 7 sebagai berikut:

Tabel 7. *Morphological chart* alat

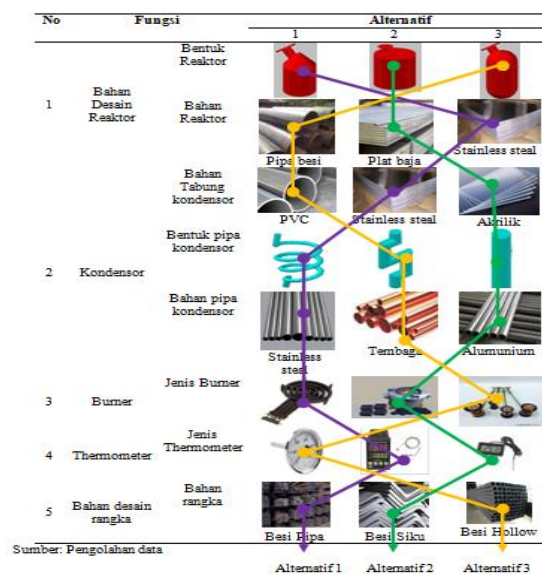
No	Fungsi	1	2	3
1	Bentuk Reaktor			
	Bahan Reaktor			
	Bahan Tabung kondensor			
2	Bentuk pipa kondensor			
	Bahan pipa kondensor			
	Jenis Burner			
4	Jenis Thermometer			
	Bahan desain rangka			

Sumber: Pengolahan data

4. Mengidentifikasi kombinasi alternatif rancangan

Pada langkah ini kombinasi diidentifikasi dari seluruh solusi rancangan yang mungkin diterapkan. Kombinasi dari seluruh solusi rancangan alat pirolisis dapat dilihat pada tabel 8 sebagai berikut:

Tabel 8. Kombinasi solusi perancangan



Dari ketiga alternatif yang didapatkan dari hasil pembangkitan alternative (*Morphological chart*) solusi-solusi alat yang akan dirancang akan dilakukan proses selanjutnya pada tahap kreatif.

3.5 Evaluasi Analisis Kebutuhan

Berdasarkan data yang telah diperoleh pada kriteria desain alat melalui kuesioner tingkat kepentingan dengan *Skala Likert*, maka akan dilakukan pengolahan data untuk mengetahui ranking dan bobot masing-masing kriteria, berikut ini adalah cara perhitungan untuk kriteria bahan desain reaktor, untuk kriteria lainnya dapat dilihat pada tabel 9 dengan perhitungan yang sama seperti berikut:

$$\bar{X} = \frac{\sum Xi}{n} = \frac{4 + 4 + 4 + \dots + 4}{30} = \frac{293}{70} = 4.19$$

Sedangkan untuk menentukan ranking ditentukan berdasarkan nilai rata-rata terbesar, selanjutnya dari ranking yang telah ditentukan dapat dihitung bobot dari masing-masing kriteria. Berikut ini adalah contoh perhitungan bobot kriteria desain reaktor :

$$bobot = \frac{Rank\ i}{\sum Rank} \times 100 = \frac{5}{15} \times 100 = 0.333 \times 100 = 33.3$$

Untuk perhitungan bobot kriteria lainnya dapat dilihat pada tabel 9 dibawah ini sebagai berikut:

Tabel 9. Hasil perhitungan rangking dan bobot kriteria desain alat

No	Kriteria	Total	Rata-rata	Ran king	Bobot
1	Desain reaktor	293	4.19	5	33.3
2	Kondensor	306	4.37	2	13.3
3	<i>Burner</i>	306	4.37	3	20
4	<i>Thermometer</i>	298	4.26	4	26.7
5	Desain rangka	313	4.47	1	6.7

Sumber: Pengolahan data

3.6 Zero-One

Berdasarkan perolehan hasil rating kriteria dilakukan perhitungan terhadap semua alternatif desain alat yang diusulkan pada tahap kreatif *morphologi chart* dengan menggunakan *Zero-one*. Dari perhitungan nantinya diharapkan didapat urutan ranking alternatif desain alat yang sesuai dengan kriteria kebutuhan pelanggan. Data yang tersaji merupakan hasil dari kuesioner yang disebarkan kepada 10 orang ahli dibidang alat pirolisis. Penilaian berkisar antara 0 – 100. Hasil dari zero-one adalah sebagai berikut:

Tabel 10. Hasil penilaian alternatif alat pirolisis

Alternatif	Kriteria					Jumlah
	Desain reaktor	Kondensor	<i>Burner</i>	<i>Thermometer</i>	Desain rangka	
Alternatif 1	80.7	80	74.5	80.9	73.6	389.7
Alternatif 2	74.6	70.5	75.4	70.5	75	366
Alternatif 3	83.6	84.5	79.1	85.5	76.8	409.5

Sumber: Pengolahan data

1. Desain reaktor

Preferensi alternatif untuk kriteria bahan desain reaktor adalah sebagai berikut:

Alternatif	Preferensi
1	1>2 1<3
2	2<1 2<3
3	3>1 3>2

Berdasarkan hasil preferensi diatas maka dapat ditentukan indeks zero-one untuk kriteria desain reaktor, nilai indeks zero-one untuk kriteria desain reaktor dapat dilihat pada tabel 11 dibawah ini:

Tabel 11. *Zero-one* kriteria desain reaktor

Alternatif	1	2	3	Jumlah	Indeks
1	X	1	0	1	0.33
2	0	X	0	0	0
3	1	1	X	2	0.67

Sumber: Pengolahan data

Berdasarkan preferensi desain reaktor, alternatif yang dipilih adalah alternatif 3.

2. Kondensor

Preferensi alternatif untuk kriteria kondensor adalah sebagai berikut:

Alternatif	Preferensi
1	1>2 1<3
2	2<1 2<3
3	3>1 3>2

Berdasarkan hasil preferensi diatas maka dapat ditentukan indeks zero-one untuk kriteria kondensor, nilai indeks zero-one untuk kriteria kondensor dapat dilihat pada tabel 12 dibawah ini:

Tabel 12. *Zero-one* kriteria kondensor

Alternatif	1	2	3	Jumlah	Indeks
1	X	1	0	1	0.33
2	0	X	0	0	0
3	1	1	X	2	0.67

Sumber: Pengolahan data

Berdasarkan preferensi kondensor, alternatif yang dipilih adalah alternatif 3.

3. *Burner*

Preferensi alternatif untuk kriteria *burner* adalah sebagai berikut:

Alternatif	Preferensi
1	1<2 1<3
2	2>1 2<3
3	3>1 3>2

Berdasarkan hasil preferensi diatas maka dapat ditentukan indeks zero-one untuk kriteria *burner*, nilai indeks zero-one untuk kriteria *burner* dapat dilihat pada tabel 13 dibawah ini:

Tabel 13. Zero-one kriteria *burner*

Alternatif	1	2	3	Jumlah	Indeks
1	X	0	0	0	0
2	1	X	0	1	0.33
3	1	1	X	2	0.67

Sumber: Pengolahan data

Berdasarkan preferensi *burner*, alternatif yang dipilih adalah alternatif 3.

4. *Thermometer*

Preferensi alternatif untuk kriteria *Thermometer* adalah sebagai berikut:

Alternatif	Preferensi
1	1>2 1<3
2	2<1 2<3
3	3>1 3>2

Berdasarkan hasil preferensi diatas maka dapat ditentukan indeks zero-one untuk kriteria *thermometer*, nilai indeks zero-one untuk kriteria *thermometer* dapat dilihat pada tabel 14 dibawah ini:

Tabel 14 Zero-one kriteria *Thermometer*

Alternatif	1	2	3	Jumlah	Indeks
1	X	1	0	1	0.33
2	0	X	0	0	0
3	1	1	X	2	0.67

Sumber: Pengolahan data

Berdasarkan preferensi *thermometer*, alternatif yang dipilih adalah alternatif 3.

5. Desain rangka

Preferensi alternatif untuk kriteria desain rangka adalah sebagai berikut:

Alternatif	Preferensi
1	1<2 1<3
2	2>1 2<3
3	3>1 3>2

Berdasarkan hasil preferensi diatas maka dapat ditentukan indeks zero-one untuk kriteria desain rangka, nilai indeks zero-one untuk kriteria desain rangka dapat dilihat pada tabel 15 dibawah ini:

Tabel 15. Zero-one desain rangka

Alternatif	1	2	3	Jumlah	Indeks
1	X	0	0	0	0
2	1	X	0	1	0.33
3	1	1	X	2	0.67

Sumber: Pengolahan data

Berdasarkan preferensi desain rangka, alternatif yang dipilih adalah alternatif 3.

3.7 Matriks Evaluasi

Setelah dilakukan pemilihan alternatif terhadap masing-masing kriteria dengan *zero-one*, pada analisis matriks evaluasi dilakukan evaluasi kembali alternatif-alternatif yang dipilih tersebut. Pada matrik evaluasi dilakukan perhitungan nilai total untuk masing-masing alternatif dan memilih alternatif dengan nilai total terbesar. Penilaian diperoleh dari hasil perkalian antara hasil total setiap kriteria dengan hasil pembobotan tiap kriteria. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 16 dibawah ini:

Tabel 16. Matriks evaluasi

No	Alternatif	Kriteria					Jumlah total
		1	2	3	4	5	
	Bobot	33.3	13.3	20	26.7	6.7	
1	Alternatif 1	0.33 10.989	0.33 4.389	0	0.33 8.811	0	24.1 89
2	Alternatif 2	0	0	0.33 6.6	0	0.33 2.211	8.81 1
3	Alternatif 3	0.67 22.311	0.67 8.911	0.67 13.4	0.67 17.889	0.67 4.489	67

Sumber: Pengolahan data

Pada tabel 16 matriks evaluasi diatas, nilai performansi terbesar adalah 67 jatuh pada alternatif 3, sehingga alat yang akan dibuat adalah alat pirolisis yang sesuai dengan Alternatif ketiga.

3.8 Uji kenormalan data

Dari data anthropometri yang telah didapatkan kemudian dilakukan pengolahan data dengan menghitung apakah data tersebut normal atau tidak. Hasil perhitungan kenormalan data adalah sebagai berikut:

Tabel 18. Hasil uji kenormalan data dimensi tubuh

No	Dimensi Tubuh	Keterangan
1	Tinggi Mata Berdiri(TMB)	Data Normal
2	Tinggi Bahu(TB)	Data Normal
3	Tinggi Tulang Kering(TTK)	Data Normal
4	Jangkauan Tangan(JKT)	Data Normal
5	Rentangan Tangan(RT)	Data Normal

3.9 Uji Keseragaman Data

Dari data anthropometri yang telah didapatkan kemudian dilakukan pengolahan data dengan menghitung apakah data tersebut seragam atau tidak. Hasil perhitungan keseragaman data adalah sebagai berikut:

Tabel 19. Hasil uji keseragaman data dimensi tubuh

No	Dimensi Tubuh	Keterangan
1	Tinggi Mata Berdiri(TMB)	Data Seragam
2	Tinggi Bahu(TB)	Data Seragam
3	Tinggi Tulang Kering(TTK)	Data Seragam
4	Jangkauan Tangan(JKT)	Data Seragam
5	Rentangan Tangan(RT)	Data Seragam

Sumber: Pengolahan data

3.10 Uji Kecukupan Data

Dari data anthropometri yang telah didapatkan kemudian dilakukan pengolahan data dengan menghitung apakah data tersebut cukup atau tidak. Hasil perhitungan kecukupan data adalah sebagai berikut:

Tabel 20. Hasil uji kecukupan data dimensi tubuh

No	Dimensi Tubuh	Keterangan
1	Tinggi Mata Berdiri(TMB)	Data Cukup
2	Tinggi Bahu(TB)	Data Cukup
3	Tinggi Tulang Kering(TTK)	Data Cukup
4	Jangkauan Tangan(JKT)	Data Cukup
5	Rentangan Tangan(RT)	Data Cukup

Sumber: Pengolahan data

3.11 Perhitungan Persentil

Persentil merupakan sekumpulan data yang dibagi 100 bagian yang sama besar, setelah itu disusun mulai dari yang terendah sampai tertinggi, sehingga menghasilkan 99 bagian. Adapun perhitungan persentil dari dimensi tubuh yang diukur sebagai berikut:

Tabel 21. Rekapitulasi persentil dimensi tubuh

No	Dimensi tubuh	P5% (cm)	P50% (cm)	P95% (cm)
1	TMB	147.0587335	157	166.9412645
2	TB	130.7404874	140.33	149.9195126
3	TTK	38.46039453	45.229	51.99760547
4	JKT	66.1767604	74.343	82.5092396
5	RT	162.7510501	171.79	180.82899499

3.12 Ukuran Alat Hasil Rancangan

Dalam penentuan ukuran alat pirolisis ini diambil dari prinsip ergonomi dimaksudkan agar alat yang dibuat ergonomi dan tidak menyebabkan kelelahan pada operator saat digunakan. Ukuran alat pirolisis ini diambil dari nilai persentil setiap dimensi tubuh yang diukur seperti tinggi mata berdiri(TMB), tinggi bahu(TB), tinggi tulang kering(TTK), jangkauan tangan(JKT), dan rentangan tangan(RT). Adapun ukuran dari alat ini sebagai berikut:

1. Tinggi alat

Tinggi alat yang akan dirancang diambil dari persentil tinggi mata berdiri(TMB) dengan ukuran terpendek diambil dari persentil5% yaitu sebesar 147.0587355 atau setara dengan 147cm dan ukuran tertinggi diambil dari

persentil95% yaitu sebesar 166.9412645 atau setara dengan 167cm.

2. Lebar alat

Lebar alat yang akan dirancang diambil dari persentil jangkauan tangan(JKT) dengan ukuran diambil dari setengah dari persentil5% yaitu sebesar 33.0883802 atau setara dengan 33cm.

3. Panjang alat

Panjang alat yang akan dirancang diambil dari persentil rentangan tangan(RT) dengan ukuran diambil dari persentil5% yaitu sebesar 162.7510501 atau setara dengan 163cm.

4. Tinggi tutup reaktor

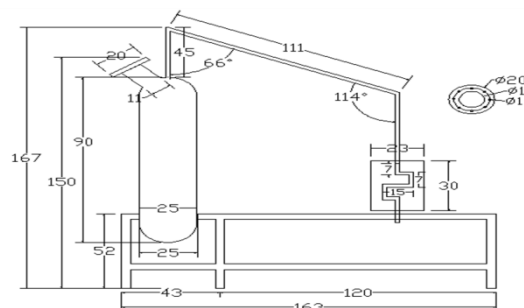
Tinggi tutup reaktor yang akan dirancang diambil dari persentil tinggi bahu(TB) dengan ukuran terpendek diambil dari persentil5% yaitu sebesar 130.7404874 atau setara dengan 131cm dan ukuran tertinggi diambil dari persentil95% yaitu sebesar 149.9195126 atau setara dengan 150cm.

5. Tinggi rangka

Tinggi rangka yang akan dirancang diambil dari persentil95% yaitu sebesar 51.99760547 atau setara dengan 52cm.

3.13 Desain Alat Pirolisis Yang Dirancang

Berdasarkan hasil penilaian alternatif terpilihlah alternatif III atau konsep ketiga sebagai alat pirolisis yang akan dirancang. Adapun desain alat yang akan dibuat dapat dilihat pada gambar 5 dibawah ini:



Gambar 5. Desain alat dalam bentuk dua dimensi(2D)

3.14 Perhitungan Harga Pokok Produksi Dan Penjualan

Harga pokok produksi dan penjualan merupakan suatu catatan dari biaya material, biaya tenaga kerja dan biaya overhead. Adapun harga pokok produksi dan penjualan dari rancang ulang alat pengolahan limbah plastik adalah sebagai berikut:

Tabel 22. Total biaya bahan baku

Biaya Bahan Baku		
1	Bahan Baku Langsung	Rp 3,485,000.00
2	Bahan Tak Langsung (Pendukung)	Rp 254,000.00
Total		Rp 3,739,000.00

Sumber: Pengolahan data

Tabel 23. Biaya Tenaga Kerja Langsung

No	Pekerjaan	Upah
Total		Rp 750,000.00

Dari perhitungan biaya bahan baku dan biaya tenaga kerja langsung dapat diperoleh total harga pokok produksi dengan cara menambahkan biaya bahan baku dengan biaya tenaga kerja langsung seperti dibawah ini:

$$HPP = Rp. 3.739.000 + Rp. 750.000 = Rp. 4.489.000,00$$

Sedangkan untuk menentukan harga pokok penjualan dapat dilakukan dengan cara seperti dibawah ini:

$$HPP = Rp. 4.489.000$$

$$Keuntungan\ 15\% HPP = \frac{Rp. 4.489.000}{100} \times 15 = Rp. 5.162.350$$

Harga pokok penjualan sebelum pajak sebesar Rp. 5.162.350,00 yang didapat dari perhitungan keuntungan sebesar 15% dari harga pokok produksi. Maka untuk dapat menghitung harga pokok penjualan sebenarnya harus ditambah dengan pajak sebesar 10% seperti dibawah ini:

$$\text{Pajak } 10\% = \frac{\text{Rp. } 5.162.350}{100} \times 10 = \text{Rp. } 516.235$$

$$\begin{aligned} \text{Harga jual} &= \text{Rp. } 5.162.350,00 + \text{Rp. } 516.235 \\ &= \text{Rp. } 5.678.585 \approx \text{Rp. } 5.700.000 \end{aligned}$$

Sehingga harga jual setelah pajak alat pirolisis ini adalah sebesar Rp. 5.700.000,00.

3.14 Pengujian Alat

Pengujian alat pirolisis yang telah didesain ini berfungsi sebagai acuan apakah alat yang telah dirancang berhasil menghasilkan bahan bakar. Dalam pengujian alat ini dilakukan dengan menggunakan bahan baku plastik *Polypropylene* sebanyak 3kg. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 24 dibawah ini:

Tabel 24. Hasil uji coba alat pirolisis

No	Waktu (menit)	Suhu (°C)	Tekanan (bar)	Keterangan
1	0	28	0	
2	20	40	0	
3	30	45	0	
4	50	110	1	Keluar asap dari pipa hasil
5	67	145	1	
6	79	125	0	
7	89	100	0	
8	105	75	0	Minyak keluar dari pipa hasil
9	115	150	0	
10	135	200	0	
11	150	175	0	
12	165	175	0	Minyak berhenti keluar
Hasil			450ml/3kg	

Sumber: Pengamatan

Dari tabel 24 kemudian dilakukan perhitungan yang berfungsi sebagai parameter alat reaktor pirolisis setelah dilakukan pengujian yaitu:

1. Konsumsi Bahan bakar

$$FCR = \frac{\text{Massa bahan bakar yang digunakan(kg)}}{\text{waktu operasi(jam)}}$$

$$FCR = \frac{1.3 \text{ kg}}{2.75 \text{ jam}} = 0.473 \text{ kg/jam}$$

2. Jumlah energi kalor bahan bakar

$$Q_{bb} = m_{bb} \times N_{bb} = 1.3 \text{ kg/s} \times 46975.896 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_{bb} = 61068.6648 \text{ kJ/s}$$

3. Rendemen

$$\text{Rendemen\%} = \frac{\text{jumlah asap cair yang dihasilkan(kg)}}{\text{jumlah total bahan pirolisis(kg)}} \times 100\%$$

$$\text{Rendemen\%} = \frac{0.33 \text{ kg}}{3} \times 100\% = 11\%$$

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan pembahasan maka didapat beberapa kesimpulan dalam perancangan alat ini yaitu:

1. Alternatif desain alat yang terpilih adalah alternatif ketiga dimana alat ini reaktornya terbuat dari bahan pipa besi, tabung kondensor berbahan PVC, pipa kondensor berbahan tembaga, kompor zeplin sebagai *burner*, *thermometer* bimetal sebagai pembaca suhu dan rangka bebahan besi hollow berdasarkan hasil Indeks terbesar dari setiap kriteria dalam perhitungan *Zero-one* dan hasil performasi yang terbesar yaitu 67 yang didapat dari hasil perhitungan matriks evaluasi.
2. Berdasarkan perhitungan anthropometri alat ini memiliki dimensi panjang 163cm, lebar 33cm, dan tinggi 167cm sehingga sesuai penggunaannya dalam posisi berdiri.
3. Biaya untuk memproduksi alat ini adalah sebesar Rp. 4.489.000,00 dengan harga jual sebesar Rp. 5.700.000,00.

DAFTAR RUJUKAN

- Ginting, Rosnani. 2010. *Perancangan Produk*. Medan: Graha Ilmu
- Kusmindari, Ch. Desi. 2009. *Modul Praktikum Analisis Perancangan Kerja*. Palembang: Universitas Bina Darma.
- Nurmianto, Eko.1996. *Ergonomi : Konsep Dasar dan Aplikasinya*. Surabaya: Guna Widya.
- Program studi teknik industri. 2018. *Pedoman Penulisan Usulan Penelitian dan Skripsi Program Studi Teknik Industri*. Palembang : Universitas Bina Darma.
- Purnomo, Hari. 2004. *Pengantar Teknik Industri*. Edisi kedua. Cetakan pertama. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Sabarodin, Ahmad dan Arie Dewanto. 1998. Pembuatan Minyak Bakar Dari Sampah Plastik Sebagai Sumber Energi Alternatif. *Buletin Penalaran Mahasiswa UGM*, Vol.4, hal.9-12.
- Sugiyono. 2006. *Metode Penelitian Bisnis*. Jakarta :Alfabeta.
- Sutalaksana, Iftikar Z., Ruhana Anggawisastra, Janna H. Tjakraatmadja. 2006. *Teknik perancangan Sistem Kerja*. Bandung : ITB.
- Ulrich, Karl T. dan Eppinger, Steven D. 2001. *Perancangan dan Pengembangan Produk*. Jakarta : Salemba Teknika.
- Wikipedia. 2018. *Plastic*. Diakses dari en.wikipedia.org/wiki/Plastic. diakses tanggal 15 februari 2018.