

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Penelitian tentang pengaruh muka air terhadap lahan rawa masih jarang dilakukan. Beberapa hal yang mempengaruhi keberhasilan penelitian ini dikaji dalam penelitian yang sudah dilakukan.

Kurdi (2012), melakukan penelitian tentang pengaruh elevasi dasar pada persawahan pasang surut berdasarkan kisaran pasang surut air laut. Data yang digunakan yaitu topografi, data gelombang, dan data karakteristik sungai. Analisis hidrolis menggunakan program Hec-Ras 3.0. Hasil dari penelitian ini menunjukkan pola distribusi muka air pada seluruh stasiun pengamatan memiliki variasi spasial maupun temporal sesuai dengan pola pasang surut yang terjadi, dan penentuan elevasi lahan pertanian di lahan rawa sangat di pengaruhi oleh gerakan pasang surut air laut. Namun kekurangan dari penelitian ini ialah pengukuran pasang surut air laut masih relatif pendek yaitu selama 15 hari.

Anda dan Subardja (2013), melakukan penelitian tentang pengaruh pasang surut terhadap muka air di saluran drainase pada daerah Tanjung Selor. Data yang digunakan adalah data tanah data topografi, dan data gelombang pasang surut. Hasil dari penelitian ini adalah kandungan pirit pada saluran drainase terletak di antara 25-100 cm, dan berdasarkan data pasang surut pada saat pasang tertinggi (*spring tide*) saluran drainase terendam dengan sangat baik sehingga kandungan pirit tidak terekspose, sedangkan pada saat pasang terendah (*neap tide*) saluran drainase muka air relatif turun tetapi kandungan pirit masih terendam dikarenakan pada saluran drainase tersebut sudah menggunakan sistem pintu air sehingga pada saat pasang terendah saluran tersebut masih terendam muka air.

Suryana (2016), melakukan penelitian tentang potensi lahan rawa pasang surut untuk usaha tani, data yang gunakan adalah data sekunder dari badan penelitian. Hasil dari penelitian ini adalah lahan pasang surut sangat baik digunakan untuk pertanian dengan berdasarkan tipe luapannya. Nazemi *et al* (2012) melakukan penelitian tentang optimalisasi pemanfaatan lahan rawa pasang surut.

Hasil dari penelitiannya adalah dimana setiap tipe luapan pengelolaan air pada sistem irigasi berbeda-beda.

Dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan dikaji pengaruh pasang surut terhadap muka air pada lahan rawa pasang surut. Dari penelitian yang sudah dilakukan pengaruh pasang surut di setiap lokasi berbeda-beda. Penelitian yang akan dilaksanakan oleh penulis secara umum sama seperti penelitian yang telah dilakukan, yaitu dengan mengkaji pengaruh pasang surut terhadap muka air pada lahan rawa pasang surut. Namun, pengaruh yang dikaji lebih lanjut dalam penelitian yang akan dilakukan adalah pengaruh pasang surut terhadap sistem irigasi rawa dengan menggunakan sistem handil.

Kajian yang dapat diterapkan adalah dengan membuat simulasi untuk menganalisis perilaku hidraulika dari suatu model. Menurut Wardhani (2012), simulasi numerik dapat menggambarkan keadaan nyata dari suatu kondisi apabila terdapat parameter-parameter yang memadai dan diperlukannya validasi data berdasarkan data lapangan yang ada. Parameter-parameter di daerah tinjauan dapat dimodelkan dalam simulasi hidraulika untuk menggambarkan kondisi daerah tinjauan secara efektif. Penelitian menggunakan simulasi hidraulika secara numerik untuk menggambarkan/memproyeksikan muka air pada sistem irigasi pada saat pasang maupun surut (Kim *et al*, 2011). Kajian pengaruh muka air terhadap pasang surut dapat menggunakan salah satu simulasi numerik yaitu dengan menggunakan program SMS AQUAVEO 10.1. program ini merupakan program perhitungan numerik dua dimensi dengan modul-modul berbasis elemen hingga yang dapat digunakan sebagai program simulasi numerik di bidang hidraulik.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Lahan Rawa

Lahan rawa merupakan lahan yang selalu tergenang sepanjang tahun dan terletak di antara daratan dan perairan. Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia nomor 29 tahun 2015 menyatakan rawa meliputi rawa pasang surut dan rawa lebak. Wilayah rawa pasang surut terdapat di bagian daratan yang berkesambungan dengan laut, sedangkan

wilayah rawa lebak terdapat di hulu sungai atau berada di wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS) bagian tengah (Putri dan Wurjanto, 2015).

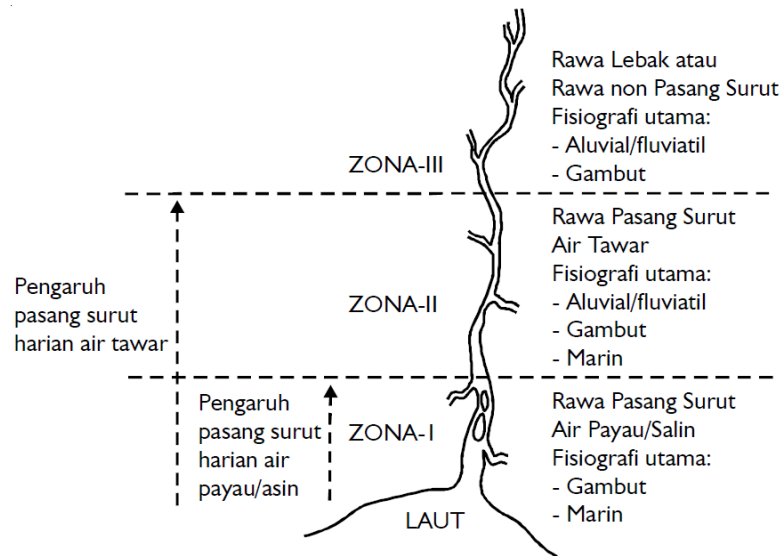
Menurut Najiyati *et al*, (2005), rawa pasang surut dibedakan menjadi dua yaitu pasang surut air asin dan pasang surut air tawar :

1. Pasang surut air asin/ payau

Pasang air asin berada di posisi Zona 1 (lihat Gambar 2.1). Wilayah ini dipengaruhi dengan gerakan pasang surut air laut, akibatnya wilayah tersebut cenderung asin, baik pada pasang besar maupun pasang kecil, selama musim hujan dan kemarau. Pada zona ini biasanya di dominasi oleh tumbuhan bakau.

2. Pasang surut air tawar

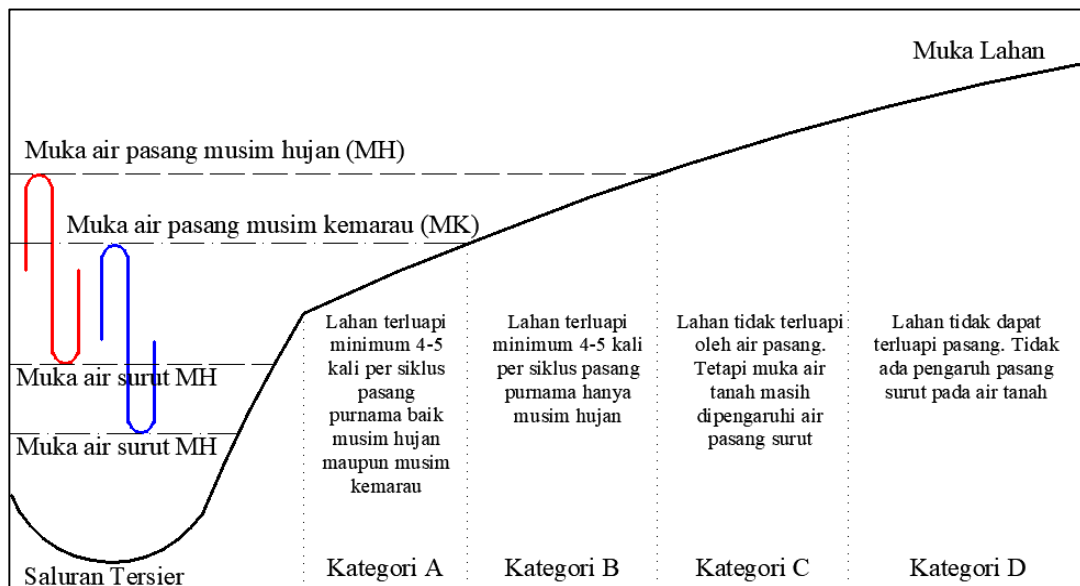
Pasang ini di posisi Zona 2 (lihat Gambar 2.1). Wilayah ini kekuatan arus air pasang dari laut sedikit besar atau sam dengan kekuatan arus air dari hulu sungai. Pada kawasan ini gerakan pasang surut harian masih terlihat, hanya airnya disominasi oleh air tawar yang berasal dari sungai itu sendiri.



Gambar 2.1 Pembagian zona lahan rawa di sepanjang daerah aliran sungai (Subagyo, 1998 dalam Najiyati *et al*, 2005)

Lahan rawa pasang surut mempunyai genangan air yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Lahan pasang surut dapat dibedakan menjadi empat kategori (lihat Gambar 2.2), yaitu :

1. Kategori A, merupakan areal lahan rawa yang terdapat terluapi air pasang, baik di musim hujan maupun di musim kemarau. permukaan lahan masih lebih rendah dengan elevasi air rata-rata,
2. Kategori B, areal lahan yang hanya terluapi saat air pasang di musim hujan, permukaan lahan masih lebih tinggi dari rata-rata saat musim kemarau, namun masih rendah dengan elevasi air pasang saat musim hujan,
3. Kategori C, areal lahan tidak dapat terluapi air pasang sepanjang waktu hanya waktu tertentu saja. Permukaan lahan relatif lebih tinggi jika di dibandingkan dengan kategori A dan B, sehingga air pasang hanya berpengaruh pada muka air tanah dengan kedalaman kurang dari 50 cm dari permukaan lahan,
4. Kategori D, areal lahan yang permukaan lahanya cukup tinggi sehingga air pasang tidak mampu meluapinya. Permukaan air tanah pada umumnya lebih dalam 50 cm dari permukaan lahan.



Gambar 2.2 Klasifikasi Hidrotopografi

2.2.2. Karakteristik Lahan Rawa dan Pemanfaatannya untuk lahan Pertanian

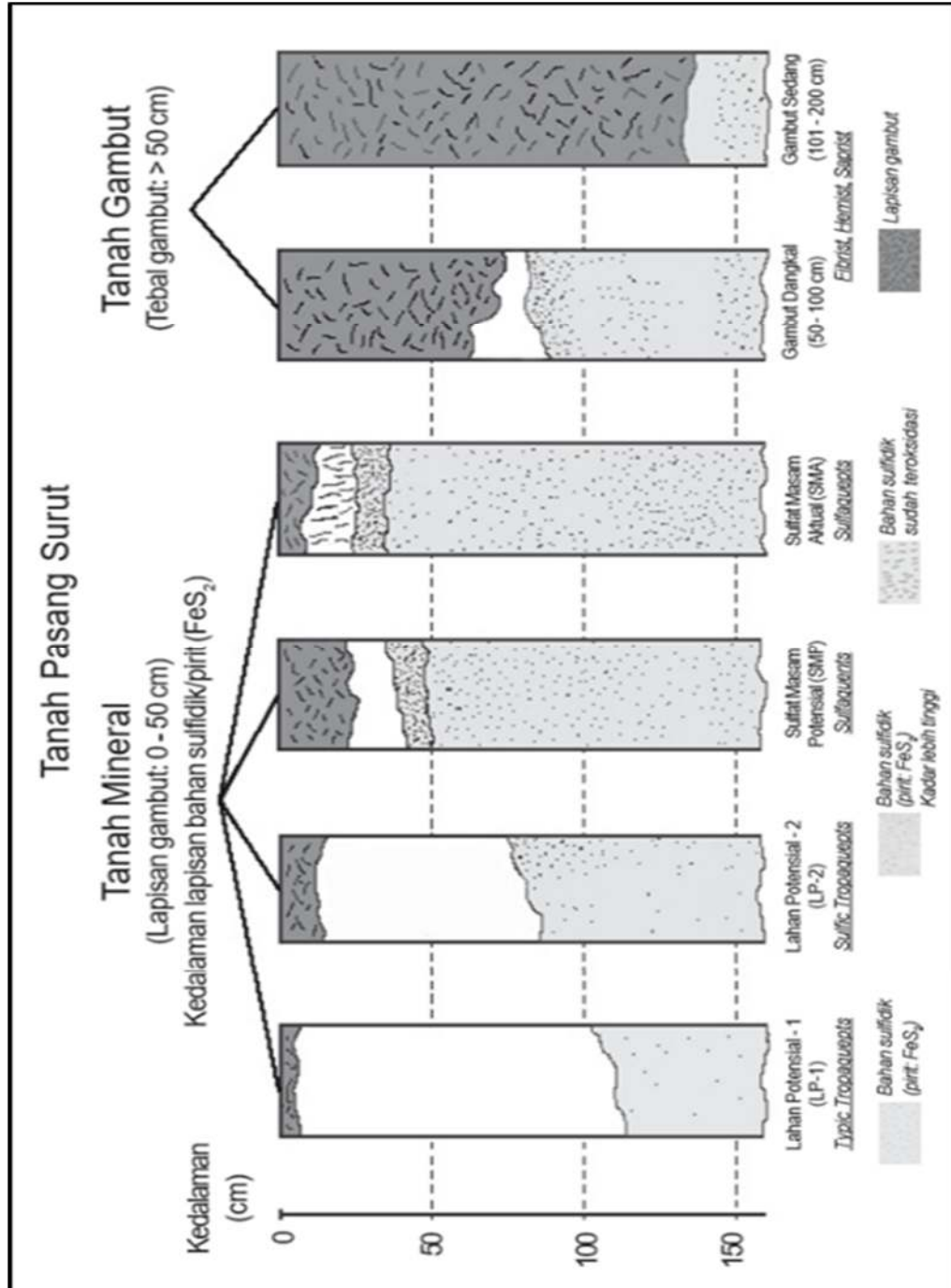
Lahan rawa memiliki 2 jenis yaitu tanah mineral dan gambut. Tanah mineral secara umum terdapat di lahan pasang surut. Tanah ini terbentuk dari bahan endapan laut (*marine sediment*) karena proses terbentuknya dipengaruhi air laut. Tanah hasil endapan laut di daerah payau atau asin dan mengandung bahan sulfidik

dinamakan pirit (FeS_2). Sulfidik akan menurunkan kualitas dari kesuburan tanah apabila bahan tersebut teroksidasi. Wilayah yang cukup jauh dari laut dimana arus sungai lebih dominan maka wilayah tersebut akan terbentuk endapan sungai (fluvial) di atas endapan laut. Wilayah yang sangat jauh dari laut, lapisan tanah yang mengandung endapan sungai akan semakin tebal (gambar 2.3). zona dengan karakteristik tanah tersebut dinamakan lahan Fluvio-marine (Nurida dan Wihardjaka, 2014).

Bahan timbunan sisa tanaman yang sudah mati dinamakan gambut (peat). Sisa tanaman ini tidak mengalami dekomposisi karena selalu dalam kondisi terendam sehingga bakteri pengurai tidak bisa menguraikan. Tanah yang memiliki lapisan gambut di bawahnya dengan ketebalan kurang dari 50 cm maka disebut sebagai lahan tanah bergambut (*peaty soils*), tanah tersebut cukup subur apabila di bawahnya terdapat tanah aluvial yang cukup tebal tanpa adanya pirit. Lapisan gambut yang tebalnya lebih dari 50 cm disebut lahan gambut dan lahan itu tidak layak untuk dijadikan lahan pertaniannya karena kurangnya unsur hara di dalam lapisan tersebut dan mengandung sifat masam (Lihat Gambar 2.3).

Pembukaan lahan gambut sebagai lahan pertanian harus memperhatikan dimana keadan lapisan pirit berada sehingga tanah subur di bawah tanah bergambut tidak tercemar oleh lapisan pirit yang telah teroksidasi akibat dangkalnya lapisan atas (Daryono, 2009).

Pengaruh muka air terhadap lahan rawa yang mengandung pirit yaitu apabila lahan rawa terendam dengan baik maka kandungan pirit di bawah lahan rawa akan aman karena tidak berkontak langsung dengan udara (tidak teroksidasi). Apabila muka air pada lahan rawa rendah sampai lapisan pirit terlihat maka lahan rawa itu akan rusak karena berkontak langsung dengan udara dan akan teroksidasi dan tanah menjadi tidak subur (Johnston *et al*, 2014).



Gambar 2.3 Karakteristik lahan gambut

2.2.3. Penataan Lahan dan Pengelolaan Pengairan pada Lahan Rawa

Lahan rawa lebak dan lahan rawa pasang surut memiliki cara penataan lahan yang berbeda, secara garis besar penataannya dibagi menjadi empat yaitu sawah,

tegalan, surjan, dan caren. Adapun beberapa penjelasan tentang tata cara penataan lahan rawa sebagai berikut :

- a. Sawah, lahan untuk kegiatan tani yang bisa tergenang air pada suatu waktu terutama untuk menanam padi, dan suatu waktu air pada petak lahan bisa dikeluarkan agar tanah menjadi kering.
- b. Surjan, dibangun untuk memperoleh lahan sawah guna untuk ditanami padi dan lahan kering guna ditanami palawija, sayuran, atau tanaman tahunan dalam waktu yang bersamaan.
- c. Tegalan, lahan yang permukaan tanahnya tidak tergenang oleh air. Lahan ini dibentuk di lahan rawa apabila air di rawa terbatas atau tidak memungkinkan untuk dijadikan sawah dan tidak bisa dibentuk surjan.
- d. Caren, prinsip pembuatannya adalah membuat embung atau tandon air di masing-masing lahan sehingga bisa mengurangi genangan air saat musim hujan dan menjadi sumber air saat musim kemarau.

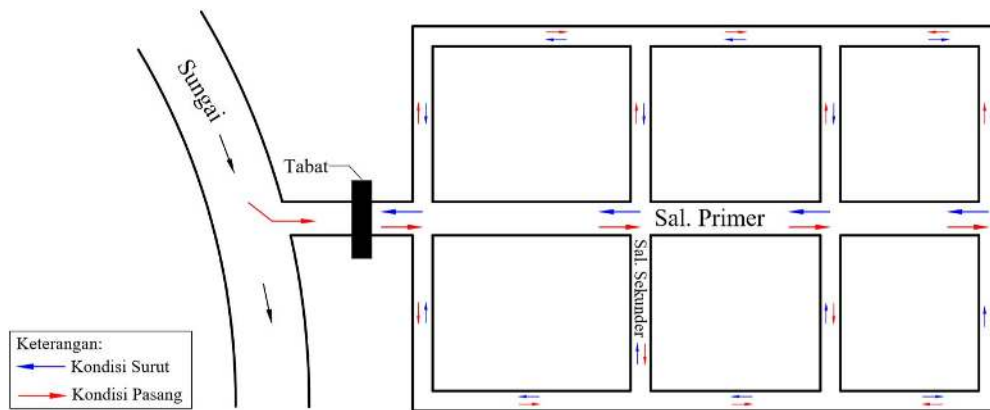
Pengelolaan air harus dilakukan dengan tepat dalam memanfaatkan lahan rawa sebagai pertanian. Hal yang patut diperhatikan yaitu kandungan pirit pada lahan rawa yang harus dijaga agar tetap tergenang, air pada lahan rawa tidak hanya menjadi unsur penting bagi pertumbuhan tanaman namun berperan penting dalam melarutkan zat kimia beracun. Pelarutan bahan sulfidik yang bersifat masam dilakukan agar senyawa tidak teroksidasi apabila berkontak langsung dengan udara. Sehingga kualitas air pada lahan rawa tidak tercemar. Sistem tata kelola air yang biasanya diterapkan di lahan rawa antara lain :

1. Sistem Handil

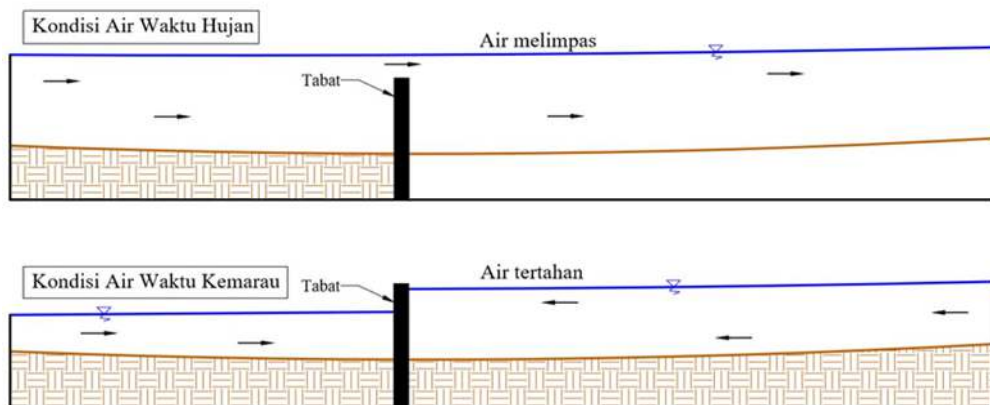
Sistem handil merupakan sistem tata air tradisional yang rancangannya sangat sederhana yang menjorok masuk dari muara sungai (Gambar 2.4). Pada pinggir handil dibuat saluran-saluran tegak lurus yang menyerupai bangunan sirip ikan. Handil selai sebagai jaringan pengairan dimanfaatkan juga sebagai alur transpotasi.

Sistem handil mengandalkan pasang untuk mengalirkan air sungai ke saluran handil, air sungai terdorong oleh gelombang pasang kemudian air masuk ke sistem handil mengalir ke saluran primer kemudia menyebar ke saluran sekunder. Saat surut aliran air keluar ke arah sungai melalui saluran primer

kembali (Masulili, 2015). Pengaruh dari pasang surut juga sebagai kelemahan dari sistem ini dikarenakan pada saat kondisi pasang, air drainase yang mengandung bahan sulfidik yang mengarah ke sungai bercampur dengan air pasang dari sungai yang arahnya berkebalikan sehingga senyawa tersebut akan terakumulasi di dalam saluran. Pada kondisi surut, beberapa lokasi yang tidak tersuplai dengan air akan mengalami kekeringan. Petani setempat membuat tabat di bagian hilir handil guna untuk mencegah kekeringan saat kondisi surut. Tabat dibuat dengan ketinggian lebih rendah dari tanggul handil sehingga air dapat melintas pada saat pasang dan dapat tertahan saat surut namun tidak dapat melewati tanggul (Gambar 2.5).



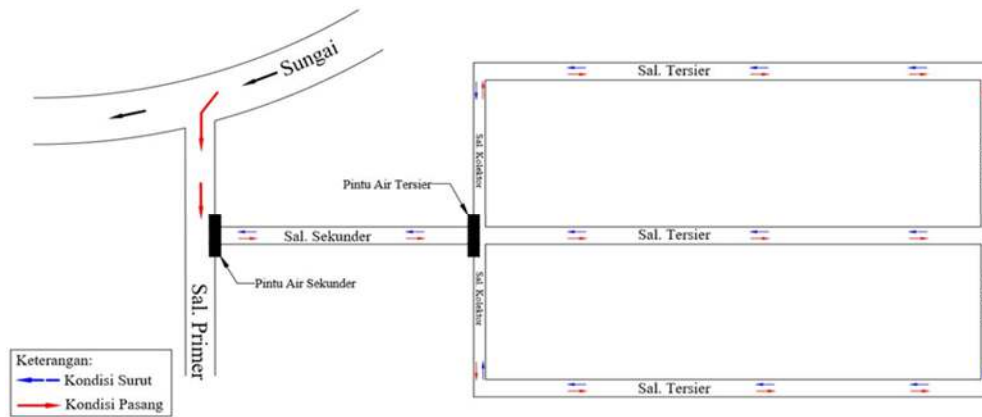
Gambar 2 5 Sistem handil



Gambar 2 4 Sistem pintu tabat

2. Sistem Garpu

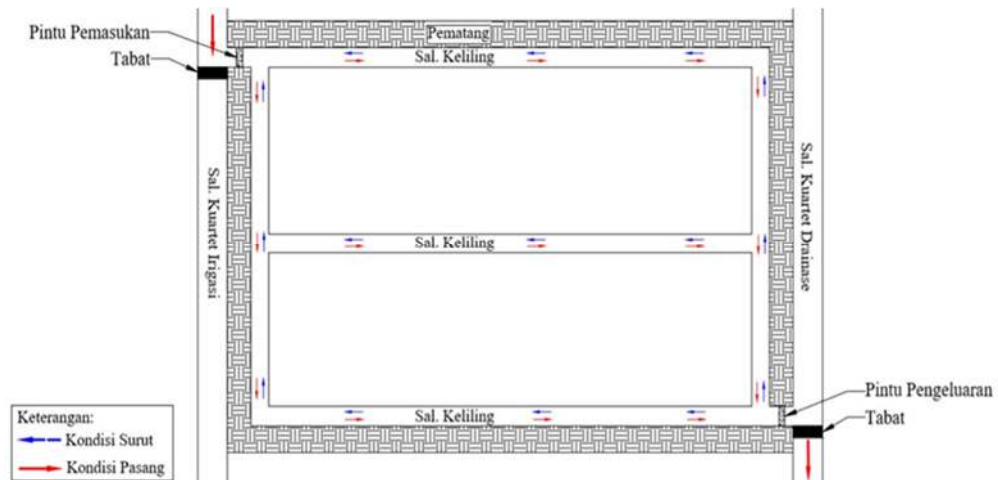
Sistem tata air yang dirancang dari pinggir sungai masuk menjorok ke pedalaman berupa saluran navigasi dan saluran primer, disusul dengan saluran sekunder yang terdiri atas dua saluran yang bercabang sehingga jaringan menyerupai garpu (Gambar 2.6). Fungsi kolam untuk menampung sementara senyawa beracun pada saat pasang, kemudian diharapkan keluar mengikuti surutnya air.



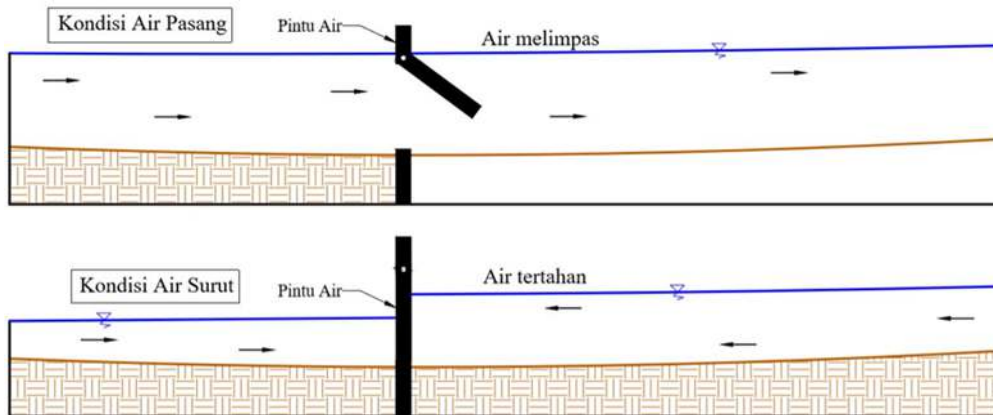
Gambar 2.6 Tata air sistem garpu

3. Sistem aliran satu arah

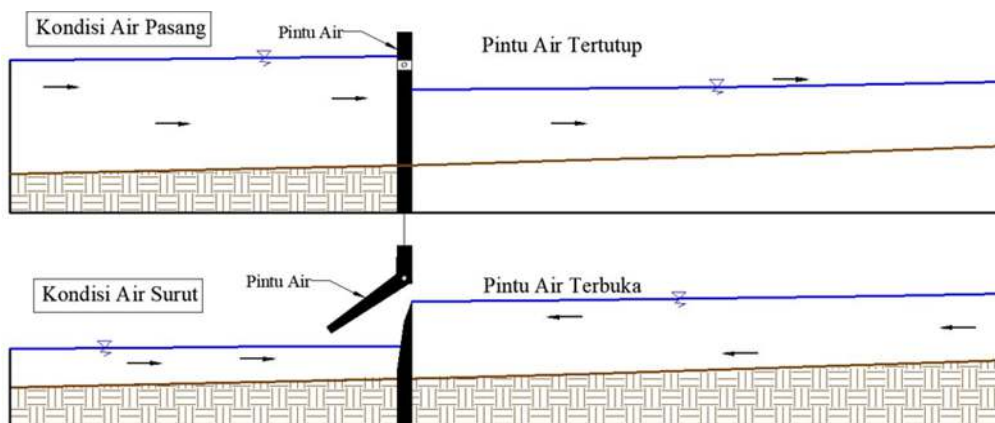
Sistem ini dimaksudkan untuk menyatukan saluran irigasi dan drainase dengan alasan menghemat biaya. Saluran air pada saat pasang berfungsi sebagai saluran irigasi dan sebaliknya pada saat surut difungsikan sebagai saluran drainase (Gambar 2.7). Sistem tersebut membuat senyawa beracun hasil pencucian tidak terdrainasi dengan tuntas sehingga meyebar ke lahan lain, dan saluran juga mengalami pendangkalan akibat terakumulasinya sedimen. Kondisi tersebut diatasi dengan memberikan pintu air otomatis pada bagian hulu saluran tersier (Gambar 2.8) dan pintu *stop log* pada bagian hilir saluran tersier (Gambar 2.9) yang dapat membuang air drainase keluar saluran namun air pasang tidak dapat masuk (Najiyati *et al*, 2005).



Gambar 2.8 Skema pintu otomatis pada hulu



Gambar 2.7 Tata air sistem aliran satu arah



Gambar 2.9 Skema stoplog pada hilir

4. Sistem polder

Tata air tertutup yang biasa dibuat di lahan rawa lebak dengan cara membuat tanggul keliling, untuk keluar-masuknya air digunakan pompa air pada pintu masuk saluran irigasi dan pada pintu keluar saluran drainase. Manajemen yang kurang baik dapat membuat pompa mudah rusak, untuk mengatasinya dibuat waduk retarder sehingga air di lokasi dapat ditampung di dalam polder secara selfdrain dengan pemanfaatan gravitasi dalam mengatur pola air (Najiyati *et al*, 2005).

2.2.4. SMS AQUAVEO 10.1

SMS AQUAVEO 10.1 merupakan salah satu program simulasi yang biasa dipakai di bidang hidraulika. Program ini mempunyai model-model dua dimensi berbasis menggunakan elemen hingga yang berbeda fungsinya satu dengan yang lainnya. Model yang digunakan untuk penelitian tentang pengaruh muka air terhadap pasang surut adalah RMA2.

RMA2 (*Resource Management Associate*) merupakan model hidrodinamika secara dua dimensi yang digunakan untuk simulasi pergerakan aliran. Model ini dapat melakukan perhitungan elevasi muka air dan kedalaman rata-rata suatu aliran untuk daerah subkritik dan aliran permukaan bebas. Persamaan kontinuitas untuk aliran dua dimensi rata-rata kedalaman (*averaged continuity equation*) menurut Franchitika (2017) dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\frac{\partial h}{\partial t} + h \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \dots\dots\dots (2.1)$$

Persamaan momentum untuk aliran dua dimensi pada arah x dan y dapat ditulis dalam bentuk persamaan berikut ini:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + g \left(\frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial a_0}{\partial x} \right) - \frac{\varepsilon_{xx}}{\rho} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{\varepsilon_{xy}}{\rho} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{gu}{C^2 h} \sqrt{u^2 + v^2} = 0 \dots\dots\dots (2.2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + g \left(\frac{\partial h}{\partial y} + \frac{\partial a_0}{\partial y} \right) - \frac{\varepsilon_{xy}}{\rho} \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} - \frac{\varepsilon_{yy}}{\rho} \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{gv}{C^2 h} \sqrt{u^2 + v^2} = 0 \dots\dots\dots (2.3)$$

dengan :

- u = kecepatan horisontal aliran arah-x ,
- v = kecepatan horisontal arah-y,
- t = fungsi waktu ,
- g = percepatan gravitasi ,
- h = kedalaman air,
- a₀ = elevasi dari dasar tampang,
- ρ = massa jenis,
- ε_{xx} = koefisien pertukaran turbulensi normal arah-x,
- ε_{xy} = koefisien pertukaran turbulensi tangensial arah-x,
- ε_{yx} = koefisien pertukaran turbulensi tangensial arah-y,
- ε_{yy} = koefisien pertukaran turbulensi normal arah-y
- C = koefisien kekasaran Chezy (atau koef. Manning, $n = 1/C h^{1/6}$)

Penggunaan program SMS ini, diperlukan suatu nilai parameter-parameter yang berpengaruh pada hasil simulasi. Parameter tersebut yaitu :

1. Koefisien Kekasaran Manning

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} i^{1/2} \dots\dots\dots (2.4)$$

dimana :

- V = kecepatan aliran (m/det)
- n = angka kekasaran manning
- R = Jari-jari hidraulik (m)
- i = kemiringan garis energi

2. Koefisien Viskositas

Dapat disebut juga dengan perpindahan momentum. Dalam suatu aliran terbuka nilai koefisien viskositas dapat menjadi indikator terjadinya tingkat turbulensi. Nilai paramater ini dapat didekati sesuai dengan kondisi permasalahannya.

3. Uji kesesuaian/Kalibrasi

Pengukuran tingkat kesesuaian model dapat dilakukan dengan menggunakan indikator *Root Mean Square Error* (RMSE). RMSE sebagai rata-rata kuadrat simpangan (selisih) antara nilai keluaran (*output model*) terhadap

nilai target (lapangan). Nilai RMSE semakin kecil menunjukkan bahwa rata-rata nilai model yang dihasilkan dekat dengan nilai sebenarnya.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{f=1}^N (X_i - \bar{X}_i)^2}{n}} \dots\dots\dots (2.5)$$

dimana : i = nomor data

N = jumlah data

X_i = data kecepatan ke-i

\bar{X}_i = nilai prediksi kecepatan/ arus ke-i