

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Drainase

Kata drainase berasal dari kata *drainage* yang artinya mengeringkan atau mengalirkan. Drainase merupakan sebuah sistem yang dibuat untuk menangani persoalan kelebihan air baik kelebihan air yang berada di atas permukaan tanah maupun air yang berada di bawah permukaan tanah. Kelebihan air dapat disebabkan oleh intensitas hujan yang tinggi atau akibat dari durasi hujan yang lama. Secara umum drainase didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari tentang usaha untuk mengalirkan air yang berlebihan pada suatu kawasan (Wesli,2008).

Kebutuhan terhadap drainase berawal dari kebutuhan air untuk kehidupan manusia di mana untuk kebutuhan tersebut manusia memanfaatkan sungai untuk kebutuhan rumah tangga, pertanian, perikanan, peternakan, dan lainnya. Untuk kebutuhan rumah tangga menghasilkan air kotor yang perlu dialirkan dan dengan makin bertambahnya pengetahuan manusia mengenai industri yang juga mengeluarkan limbah yang perlu dialirkan. Pada musim hujan terjadi kelebihan air berupa limpasan permukaan yang sering kali menyebabkan banjir sehingga manusia mulai berpikir akan kebutuhan sistim saluran yang dapat mengalirkan air lebih terkendali dan terarah dan berkembang menjadi ilmu drainase (Wesli, 2008).

2.1.1 Jenis Drainase

Wesli, 2008 menjelaskan lebih rinci tentang jenis drainase untuk mempermudah pemahaman tentang drainase, selanjutnya drainase dapat dikelompokan berdasarkan:

- Cara terbentuknya
- Sistim pengalirannya
- Tujuan/sasaran pembuatannya
- Tata letaknya
- Fungsinya
- Konstruksinya

2.1.1.1. Drainase Berdasarkan Cara Terbentuknya

Jenis drainase ditinjau berdasarkan dari cara terbentuknya, dapat dikelompokkan menjadi:

1. Drainase Alamiah (*natural drainage*)

Drainase alamiah terbentuk melalui proses alamiah yang berlangsung lama. Saluran drainase terbentuk akibat gerusan air sesuai dengan kontur tanah. Drainase alamiah ini terbentuk pada kondisi tanah yang cukup kemiringannya, sehingga air akan mengalir dengan sendirinya, masuk ke sungai-sungai. Pada tanah yang cukup *poreous*, air yang ada di permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah (infiltrasi).

Air yang meresap berubah menjadi aliran antara (*sub surface flow*) mengalir menuju sungai, dan dapat juga mengalir masuk ke dalam tanah (perkolasi) hingga ke air tanah yang kemudian bersama-sama dengan air tanah mengalir sebagai aliran air tanah (*ground water flow*) menuju sungai beserta anak-anak sungainya yang membentuk suatu jaringan alur sungai (Wesli, 2008).

2. Drainase Buatan (*artificial drainage*)

Drainase buatan adalah sistim yang dibuat dengan maksud tertentu dan merupakan hasil rekayasa berdasarkan hasil hitungan-hitungan yang dilakukan untuk upaya penyempurnaan atau melengkapi kekurangan sistim drainase alamiah. Pada sistim drainase buatan memerlukan biaya-biaya baik pada perencanaannya maupun pada pembuatannya (Wesli, 2008).

2.1.1.2. Drainase Berdasarkan Sistem Pengalirannya

Menurut Wesli, 2008, jenis drainase ditinjau berdasarkan dari sistem pengalirannya, dapat dikelompokkan menjadi:

1. Drainase Dengan Sistem Jaringan

Drainase dengan sistem jaringan adalah suatu sistim pengeringan atau pengaliran air pada suatu kawasan yang dilakukan dengan mengalirkan air melalui sistem tata saluran dengan bangunan-bangunan pelengkapannya.

2. Drainase Dengan Sistem Serapan

Drainase dengan sistem serapan adalah sistim pengeringan atau pengaliran air yang dilakukan dengan meresapkan air ke dalam tanah. Cara resapan ini dapat dilakukan langsung terhadap genangan air di permukaan tanah ke dalam tanah atau

melalui sumuran/saluran resapan. Sistem resapan ini sangat menguntungkan bagi usaha konservasi air.

2.1.1.3. Drainase Berdasarkan Tujuan/Sasarannya

Menurut Wesli, 2008, jenis drainase ditinjau berdasarkan dari tujuan pembuatan, dapat dikelompokkan menjadi:

1. Drainase Perkotaan

Drainase perkotaan adalah pengeringan atau pengaliran air dari wilayah perkotaan ke sungai yang melintasi wilayah perkotaan tersebut sehingga wilayah perkotaan tidak digenangi air.

2. Drainase Daerah Pertanian

Drainase daerah pertanian adalah pengeringan atau pengaliran air dari daerah pertanian baik di persawahan maupun daerah sekitarnya yang bertujuan untuk mencegah kelebihan air agar pertumbuhan tanaman tidak terganggu.

3. Drainase Lapangan Terbang

Drainase lapangan terbang adalah pengeringan atau pengaliran air dikawasan lapangan terbang terutama pada *runway* (landasan pacu) dan *taxiway* sehingga kegiatan penerbangan baik *take off*, *landing* maupun *taxing* tidak terhambat. Pada lapangan terbang drainase juga bertujuan untuk keselamatan terutama pada saat *landing* dan *take off* yang apabila tergenang air dapat mengakibatkan tergelincirnya pesawat terbang.

4. Drainase Jalan Raya

Drainase jalan raya adalah pengeringan atau pengaliran air di permukaan jalan yang bertujuan untuk menghindari kerusakan pada jalan dan menghindari kecelakaan lalu lintas. Drainase jalan raya biasanya berupa saluran di kiri kanan jalan serta gorong-gorong yang melintas di bawah badan jalan.

5. Drainase Jalan Kereta Api

Drainase jalan kereta api adalah pengeringan atau pengaliran air disanjang jalur rel kereta api yang bertujuan untuk menghindari kerusakan pada jalur kereta api.

6. Drainase Pada Tanggul dan Dam

Drainase pada tanggul dan dam adalah pengeringan atau pengaliran air di daerah sisi luar tanggul dan dam yang bertujuan untuk mencegah keruntuhan tanggul dan dam akibat erosi rembesan aliran air (*piping*).

7. Drainase Lapangan Olah Raga

Drainase lapangan olah raga adalah pengeringan atau pengaliran air pada suatu lapangan olah raga seperti lapangan bola kaki dan lainnya bertujuan agar kegiatan olah raga tidak terganggu meskipun dalam kondisi hujan.

8. Drainase Untuk Keindahan Kota

Drainase untuk keindahan kota adalah bagian dari drainase perkotaan, namun pembuatan drainase ini lebih ditujukan pada sisi estetika seperti tempat rekreasi dan lainnya.

9. Drainase Untuk Kesehatan Lingkungan

Drainase untuk kesehatan lingkungan merupakan bagian dari drainase perkotaan, dimana pengeringan dan pengaliran air bertujuan mencegah genangan yang dapat menimbulkan wabah penyakit.

10. Drainase Untuk Penambalan Areal

Drainase untuk penambalan areal adalah pengeringan atau pengaliran air pada daerah rawa ataupun laut yang tujuannya sebagai upaya untuk menambah areal.

2.1.1.4. Drainase Berdasarkan Tata Letaknya

Menurut Wesli, 2008, jenis drainase ditinjau berdasarkan dari tata letaknya, dapat dikelompokkan menjadi:

1. Drainase Permukaan Tanah (*surface drainage*)

Drainase permukaan tanah adalah sistem drainase yang salurannya berada di atas permukaan tanah yang pengaliran air terjadi karena adanya beda tinggi permukaan saluran (*slope*).

2. Drainase Bawah Permukaan Tanah (*subsurface drainage*)

Drainase bawah permukaan tanah adalah sistem drainase yang dialirkan di bawah tanah (ditanam) biasanya karena sisi artistik atau pada suatu areal yang tidak memungkinkan untuk mengalirkan air di atas permukaan tanah seperti pada lapangan olah raga, lapangan terbang, taman dan lainnya.

2.1.1.5. Drainase Berdasarkan Fungsinya

Menurut Wesli, 2008 jenis drainase ditinjau berdasarkan dari fungsinya, dapat dikelompokkan menjadi:

1. Drainase *Single Purpose*

Drainase *single purpose* adalah saluran drainase yang berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan misalnya air hujan atau air limbah atau lainnya.

2. Drainase *Multi Purpose*

Drainase *multi purpose* adalah saluran aliran drainase yang berfungsi mengalirkan lebih dari satu air buangan baik secara bercampur maupun bergantian misalnya campuran air hujan dan air limbah.

2.1.1.6. Drainase Berdasarkan Konstruksinya

Menurut Wesli, 2008, jenis drainase ditinjau berdasarkan konstruksinya, dapat dikelompokkan menjadi:

1. Drainase Saluran Terbuka

Drainase saluran terbuka adalah sistem saluran yang permukaan airnya terpengaruh dengan udara luar (atmosfer). Drainase saluran terbuka biasanya mempunyai luasan yang cukup dan digunakan untuk mengalirkan air hujan atau air limbah yang tidak membahayakan kesehatan lingkungan dan tidak mengganggu keindahan pada lingkungan sekitar drainase.

2. Drainase Saluran Tertutup

Drainase saluran tertutup adalah sistem saluran yang permukaan airnya tidak terpengaruh dengan udara luar (atmosfer). Saluran drainase tertutup sering digunakan untuk mengalirkan air limbah atau air kotor yang mengganggu kesehatan lingkungan dan mengganggu keindahan pada lingkungan sekitar drainase.

2.1.2 Pola Jaringan Drainase

Menurut Wesli, 2008 sistem jaringan drainase terdiri dari beberapa saluran yang saling berhubungan sehingga membentuk suatu pola jaringan dapat dibedakan sebagai berikut:

1. Pola Siku

Pola siku adalah suatu pola dimana saluran cabang membentuk siku-siku pada saluran utama, dibuat pada daerah yang mempunyai topografi sedikit lebih tinggi

dari pada sungai dimana sungai merupakan saluran pembuang utama berada di tengah kota.

2. Pola Paralel

Pola paralel adalah suatu pola dimana saluran utama terletak sejajar dengan saluran cabang yang pada bagian akhir saluran cabang dibelokkan menuju saluran utama. Pada pola paralel saluran cabang cukup banyak dan pendek-pendek.

3. Pola *Grid Iron*

Pola *grid iron* merupakan pola jaringan drainase dimana sungai terletak di pinggiran kota. sehingga saluran-saluran cabang dikumpulkan dulu pada saluran pengumpul kemudian dialirkan pada sungai.

4. Pola Alamiah

Pola alamiah adalah suatu pola jaringan drainase yang hampir sama dengan pola siku, dimana sungai sebagai saluran utama berada di tengah kota namun jaringan saluran cabang tidak selalu terbentuk siku terhadap saluran utama (sungai).

5. Pola Radial

Pola radial adalah pola jaringan drainase yang mengalirkan air dari pusat sumber air mencar ke berbagai arah, pola ini sangat cocok digunakan pada daerah yang berbukit.

6. Pola Jaring-jaring

Pola jaring-jaring adalah pola drainase yang mempunyai saluran-saluran pembuang mengikuti arah jalan raya. Pola ini sangat cocok untuk daerah yang topografinya datar.

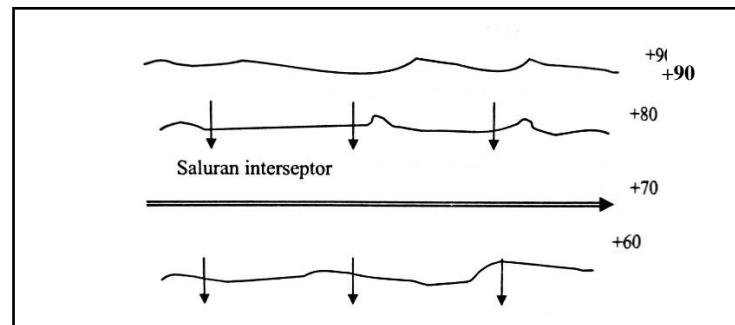
2.1.3 Fungsi Saluran Drainase

Menurut Wesli,2008 dalam sebuah sistem drainase digunakan saluran sebagai sarana pengaliran air yang terdiri dari saluran *interseptor*, saluran *kolektor* dan saluran *konveyor*. Masing-masing saluran mempunyai fungsi yang berbeda yaitu:

a. Saluran *Interseptor*

Saluran *interseptor* adalah saluran yang berfungsi sebagai pencegah terjadinya pembebanan aliran dari suatu daerah terhadap daerah lain di bawahnya. Saluran ini biasanya dibangun dan diletakkan pada bagian sejajar dengan kontur atau garis ketinggian topografi. *Outlet* dari saluran ini biasanya berada pada saluran

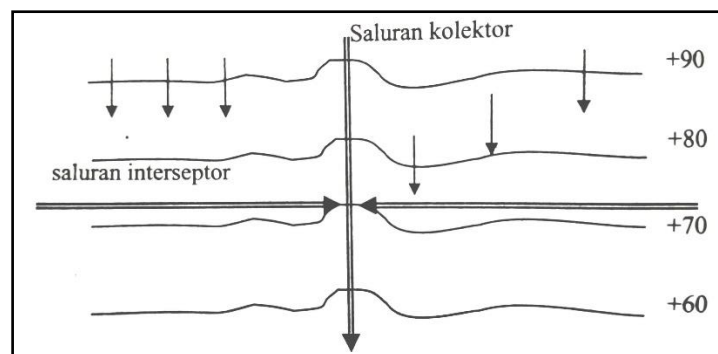
kolektor atau *konveyor* atau langsung pada saluran alamiah/sungai seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Posisi saluran *interseptor* (Wesli, 2008).

b. Saluran *Kolektor*

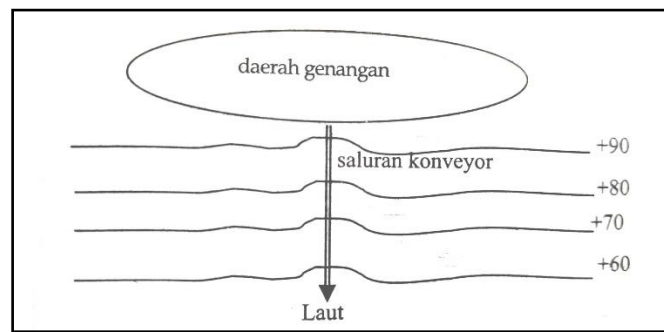
Saluran *kolektor* berfungsi sebagai pengumpul aliran dari saluran drainase yang lebih kecil, misalnya saluran *inseptor*. *Outlet* saluran ini berada pada saluran *konveyor* atau langsung ke sungai. Letak saluran *kolektor* ini di bagian terendah lembah dari suatu daerah sehingga secara efektif dapat berfungsi sebagai pengumpul dari anak cabang saluran yang ada seperti pada Gambar 2.2.



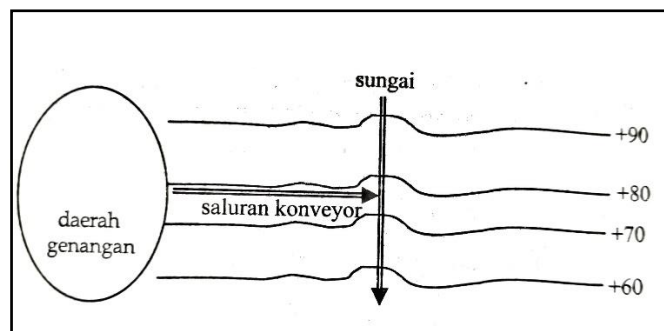
Gambar 2. 2 Posisi saluran *kolektor* (Wesli, 2008).

c. Saluran *Konveyor*

Saluran *konveyor* adalah saluran yang berfungsi sebagai saluran pembawa saluran air buangan dari suatu daerah ke lokasi pembuang, misalnya ke sungai tanpa membahayakan daerah yang dilaluinya. Sebagai contoh saluran/kanal banjir atau saluran *bypass* yang bekerja khusus hanya mengalirkan air secara cepat sampai ke lokasi pembuangan. Letaknya boleh seperti saluran *kolektor* atau saluran *interseptor* seperti pada Gambar 2.3 dan 2.4.



Gambar 2. 3 Posisi saluran *konveyor* (Wesli, 2008).



Gambar 2. 4 Posisi saluran *konveyor* (Wesli, 2008).

2.1.4 Daerah Pelayanan dan Daerah Aliran

Daerah pelayanan adalah suatu daerah yang memiliki jaringan drainase mulai dari hulu hingga ke satu muara pembuangan tersendiri sehingga jaringan drainasenya terpisah dengan jaringan drainase daerah pelayanan lainnya. Daerah pelayanan dapat terdiri dari satu atau lebih daerah aliran. Daerah aliran adalah daerah yang dibatasi oleh batas-batas topografi sehingga air yang menggenangnya tidak membebani daerah aliran sungai (Wesli, 2008).

Membagi suatu daerah menjadi beberapa daerah pelayanan mempunyai keuntungan, yaitu luas daerah genangan menjadi lebih kecil sehingga debit rencana yang dialirkan saluran menjadi relatif lebih kecil, dan akhirnya dapat memberikan dimensi saluran menjadi relatif lebih ekonomis. Selain itu, dapat menghindari terjadinya kemungkinan letak elevasi dasar saluran atau elevasi permukaan air di saluran berada di bawah elevasi muka air sungai (Wesli, 2008).

2.2. Rawa Pasang Surut

2.2.1 Gambaran Umum Lahan Rawa Pasang Surut

Daerah rawa pasang surut adalah suatu daerah yang digenangi air yang disebabkan oleh adanya pengaruh pasang surut tinggi muka air laut. Pengembangan daerah rawa pasang surut sangat ditentukan oleh keadaan ketinggian muka air (akan menentukan sistem drainase serta ada tidaknya peluang menggunakan sistem irigasi gravitasi) dan ada tidaknya intrusi air laut (akan menentukan kualitas air irigasi sebagai air tanaman).

Lahan rawa pasang surut berada disuatu daratan, dimana air pasang surut dapat mempengaruhi tinggi rendahnya permukaan air di daerah tersebut. Daerah ini dapat mencapai berpuluh-puluh kilometer dari garis pantai. Pada daerah dekat pantai pengaruh pasang surutnya cukup besar sehingga biasanya tidak dibuka untuk lahan pertanian. Sebaliknya, daerah dimana pengaruh pasang surut tidak mampu lagi menggenangi permukaan tanah sawah tidak dapat lagi dikategorikan sebagai lahan pasang surut.

Daerah rawa pasang surut, lokasinya berada di sepanjang pesisir dan di sepanjang ruas sungai bagian hilir pada rezim sungai yang dipengaruhi fluktuasi muka air pasang surut harian. Umumnya meliputi zona *mangrove* diikuti kemudian dengan rawa air tawar yang cukup luas arealnya. Elevasi lahannya sebagian besar berada di sekitar taraf muka air pasang tinggi. Kawasan ini ditandai keberadaannya oleh genangan dangkal pada musim penghujan terutama diakibatkan oleh air hujan yang terakumulasi karena drainasenya terhambat. Setiap harinya pada saat muka air sungai dalam keadaan surut, terdapat peluang bagi berlangsungnya proses drainase air yang berlebihan mengalir keluar. Di kawasan-kawasan tertentu, muka air sungai pada saat pasang memberikan peluang bagi berlangsungnya irigasi pasang surut. Dari hasil survei tahun 1984, seluas 9 juta Ha dari daerah rawa pasang surut diidentifikasi potensial untuk pengembangan pertanian (Rusdiansyah et. al, 2019).

Berikut ini kejadian yang menyebabkan terjadinya rawa pasang surut Menurut Rusdiansyah et. al, (2019), yaitu sebagai berikut :

- Akibat adanya pasang, muka air laut akan menjadi pengempang bagi air dari sungai, sehingga muka air sungai ikut naik (pengaruh ini dapat puluhan kilometer ke hulu sungai dari muara)
- Naiknya muka air sungai meluap ke kiri-kanan sungai, sehingga lahan tergenang air, terbentuklah rawa pasang surut.
- Karena berbagai bentuk topografi maka tidak semua air yang melimpah kiri-kanan sungai kembali ke sungai pada saat surut, sehingga pada daerah tersebut terbentuklah rawa-rawa. Genangan air pada lahan di kedua tepi sungai dapat pula berasal dari air hujan yang tidak dapat mengalir keluar dari daerah cekungan.

Pada prinsipnya reklamasi daerah rawa pasang surut dengan memanfaatkan mekanisme pasang surut mengalirkan air genangan kotor dan memberikan air bersih (air segar luapan sungai) yang diperlukan oleh tanaman; mekanisme pasang surut dimanfaatkan dengan sistem saluran/kanal. Dengan memanfaatkan kekuatan alam yang berupa pasang surut itulah dapat diciptakan tata air di daerah rawa-rawa dalam upaya mereklamasi daerah tersebut (Rusdiansyah et. al, 2019)

Berdasarkan pola genangannya (jangkauan air pasangannya), lahan pasang surut dibagi menjadi empat tipe, yaitu:

1. Tipe A, tergenang pada waktu pasang besar dan pasang kecil;
2. Tipe B, tergenang hanya pada pasang besar;
3. Tipe C, tidak tergenang tetapi kedalaman air tanah pada waktu pasang kurang dari 50 cm;
4. Tipe D tidak tergenang pada waktu pasang air tanah lebih dari 50 cm tetapi pasang air masih terasa atau tampak pada saluran tersier.

2.2.2 Klasifikasi Wilayah Rawa

Berdasarkan pengaruh air pasang surut, khususnya sewaktu pasang besar (*Spring tides*) di musim hujan, bagian daerah aliran sungai dibagian bawah (*down stream area*) dapat dibagi menjadi 3 (tiga) zona. Klasifikasi zona-zona wilayah rawa ini telah diuraikan oleh Subagyo (1997). Ketiga zona wilayah tersebut adalah:

Zona I : Wilayah rawa pasang surut air asin/payau

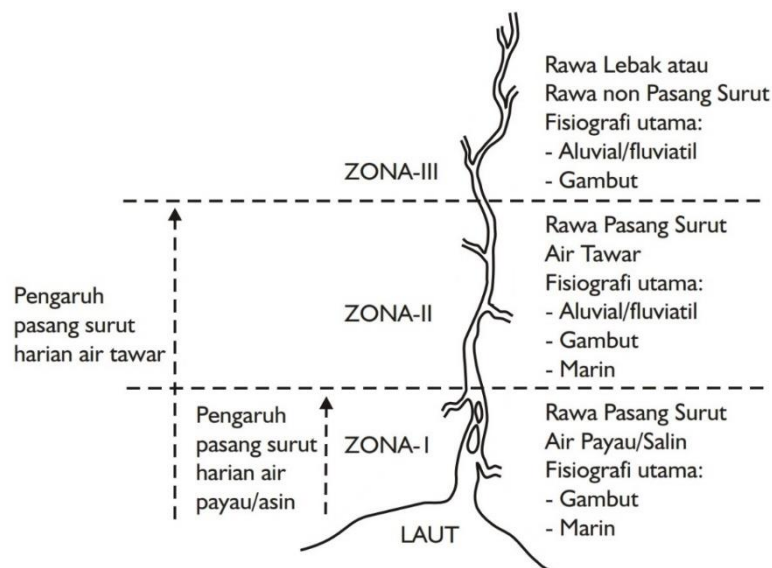
Zona II : Wilayah rawa pasang surut air tawar

Zona III : Wilayah rawa lebak, atau rawa non-pasang surut.

a. Zona I : Wilayah Rawa Pasang Surut Air Asin/Payau

Wilayah rawa pasang surut air asin/payau terdapat di bagian daratan yang bersambung dengan laut, khususnya di muara sungai besar, dan pulau-pulau delta di wilayah dekat muara sungai besar. Di bagian pantai ini, dimana pengaruh pasang surut air asin/laut masih sangat kuat, sering kali disebut sebagai “*tidal wetlands*”, yakni lahan basah yang dipengaruhi langsung oleh pasang surut air laut.

Di bagian pantai yang terbuka ke laut lepas, apabila pesisir pantainya berpasir halus, dan ombak langsung mencapai garis pantai, oleh pengaruh energi ombak dan angin biasanya terbentuk beting pasir pantai (*coastal dunes/ridges*), yang dibelakangnya terdapat semacam danau-danau sempit yang disebut laguna (*lagoons*). Wilayah dibelakang laguna, merupakan jalur yang ditumbuhi hutan bakau atau mangrove (*Rhizophora sp.*, *Bruguiera sp.*), dan masih dipengaruhi oleh air pasang melalui sungai-sungai kecil (*creeks*). Di belakang hutan mangrove, terdapat jalur wilayah yang dipengaruhi oleh air payau (*brackish water*), dan ditumbuhi vegetasi ripah (*Nipa fruticans*). Di belakang hutan ripah, terdapat landform rawa belakang (*backswamp*) yang dipengaruhi oleh air tawar (*fresh water*).



Gambar 2.5 Pembagian zona lahan rawa di sepanjang Daerah Aliran Sungai (DAS) bagian bawah tengah.

Selanjutnya lebih jauh ke arah daratan, pada *landform* cekungan/depresi, ditempati oleh hutan rawa dan gambut air tawar (*fresh-water swamp and peat forests*).

Di bagian estuari atau teluk yang terlindung dari hantaman ombak langsung, atau di bagian pantai yang terlindung gosong pasir (*sand spits*), pada bagian paling depan terdapat dataran lumpur tidak bervegetasi, yang terbenam di bawah air laut sewaktu air pasang, tetapi terlihat muncul sebagai daratan sewaktu air surut. Dataran berlumpur ini disebut *tidal flats*", atau *mudflats*". Pada bagian daratan yang sedikit lebih tinggi letaknya, yang sebagian atau seluruhnya masih digenangi air pasang, disebut tidal marsh" (rawa pasang surut), atau "salt marsh" (rawa dipengaruhi air garam). Di bagian terluar yang masih dipengaruhi oleh pasang surut, biasanya didominasi oleh vegetasi rambai (*Sonneratia sp.*), api-api (*Avicennia sp.*), dan jeruju (*Acanthus licifolius*), dan di belakangnya ke arah daratan ditumbuhi oleh hutan bakau/mangrove, dengan tumbuhan bawah buta-buta (*Excoecaria agallocha*), dan pial (*Acrostichum aureum*). Jalur bakau ini lebarnya beragam dan dapat mencapai 1,5-2 km ke arah darat.

Wilayah di belakang hutan mangrove, masih dipengaruhi oleh air pasang melalui sungai-sungai kecil, namun sudah ada pengaruh air tawar dari hutan rawa pantai lebih ke darat. Bagian yang dipengaruhi oleh air payau ini, didominasi oleh nipah bersama panggang (*Araliceae*) dan pedada (*Sonneratia acida*), membentuk jalur hutan nipah yang lebarnya dapat mencapai 500 m. Di belakang jalur hutan nipah terdapat *landform* rawa belakang yang sudah dipengaruhi oleh air tawar. Di rawa delta Pulau Petak, wilayah rawa belakang ini, umumnya didominasi pohon gelam (*Melaleuca leucadendron*). Lebih jauh ke arah daratan, pada sub-*landform* cekungan depresi ditempati hutan rawa dan gambut air tawar.

Bagian wilayah pasang surut yang dipengaruhi oleh air asin/salin dan air payau ini, di pantai timur pulau Sumatera seperti di Sumatera Selatan, Jambi, dan Riau, umumnya masuk ke dalam daratan Pulau Delta dan sepanjang sungai besar sejauh dari beberapa ratus meter sampai sekitar 4-6 km ke dalam. Wilayah ini, karena pengaruh air laut/salin atau air payau, tanahnya mengandung garamgaram yang tinggi, dikategorikan sebagai tipologi lahan salin, dan tidak sesuai untuk lahan pertanian.

Berapa jauh zona I wilayah pasang surut air asin/payau masuk ke arah hulu dari muara sungai, tergantung dari bentuk estuari, yaitu bagian muara sungai yang melebar berbentuk V ke arah laut, dimana gerakan air pasang dan surut terjadi. Jika bentuk estuari lebar dan lurus, pengaruh air asin/salin dapat mencapai sekitar 10-20 km dari mulut/muara sungai besar. Namun, apabila relatif sempit dan sungai berkebok, pengaruh air asin/salin hanya mencapai jarak 5-10 km dari muara sungai. Sementara dari laut/ sungai ke arah daratan Pulau Delta, atau ke arah wilayah pinggiran sungai, jarak masuknya air pasang dapat mencapai sekitar 4-5 km.

b. Zona II : Wilayah Rawa Pasang Surut Air Tawar

Wilayah pasang surut air tawar adalah wilayah rawa berikutnya ke arah hulu sungai. Wilayahnya masih termasuk daerah aliran sungai bagian bawah, namun posisinya lebih ke dalam ke arah daratan atau ke arah hulu sungai. Di wilayah ini energi sungai, berupa gerakan aliran sungai ke arah laut, bertemu dengan energi pasang surut yang umumnya terjadi dua kali dalam sehari (semi diurnal). Karena wilayahnya sudah berada di luar pengaruh air asin/salin, yang dominan adalah pengaruh air-tawar (*fresh-water*) dari sungai sendiri. Walaupun begitu, energi pasang surut masih cukup dominan, yang ditandai oleh masih adanya gerakan air pasang dan air surut di sungai.

Di daerah tropika yang beriklim muson, yang didirikan oleh adanya musim hujan dan musim kemarau, di musim hujan ditandai oleh volume air sungai yang meningkat, berakibat bertambah besarnya pengaruh air pasang ke daratan kiri kanan sungai besar, dan bertambah jauh jarak jangkauan air pasang ke arah hulu. Limpahan banjir sungai selama musim hujan yang dibawa air pasang, mengendapkan fraksi debu dan pasir halus ke pinggir sungai. Pengendapan bahan halus yang terjadi secara periodik selama ber-abad-abad akhirnya membentuk (*landform*) tanggul sungai alam (*natural levee*), yang jelas terlihat ke arah hulu dan makin tidak jelas terbentuk, karena pengaruh pasang surut, ke arah hilir dan di muara sungai besar.

Di antara dua sungai besar, ke arah belakang tanggul sungai, tanah secara berangsur atau secara mendadak menurun ke arah cekungan di bagian tengah yang diisi tanah gambut. Ke bagian tengah, lapisan gambut semakin tebal dalam dan akhirnya membentuk kubah gambut (*peat dome*). Bagian yang menurun tanahnya di antara tanggul sungai dan depresi kubah gambut disebut (*sub landform*) rawa

belakang (*backswamp*). Di musim kemarau, pada saat volume air sungai relatif tetap atau malahan berkurang pengaruh air asin dapat merambat sepanjang sungai sampai jauh ke pedalaman. Pada bulan-bulan terkering, Juli-September, pengaruh air asin di sungai dapat mencapai jarak sejauh 40-90 km dari muara sungai.

Makin jauh ke pedalaman atau ke arah hulu, gerakan naik turunnya air sungai karena pengaruh pasang surut makin berkurang, dan pada jarak tertentu berhenti. Di sinilah batas zona II dimana tanda pasang surut yang terlihat pada gerakan naik turunnya air tanah juga berhenti. Jarak zona dari pantai, tergantung dari bentuk dan lebar estuari di mulut/muara sungai dan kelak-kelok sungai dapat mencapai sekitar 100-150 km dari pantai. Sebagai contoh, kota Palembang di tepi S. Musi, pengaruh pasang surut masih terasa, tetapi relatif sudah sangat lemah, berjarak sekitar 105 km dari pantai. Di muara Anjir Talaran di dekat kota Marabahan di Sungai Barito, Provinsi Kalimantan Selatan, yang berjarak (garis lurus) sekitar 65 km dari muara, pasang surut relatif masih agak kuat.

Pencapaian air pasang di musim hujan dan air asin di musim kemarau pada tiga sungai besar di Sumatera adalah S. Rokan: 48 dan 60 km, S. Inderagiri: 146 dan 86 km, dan S. Musi 108 dan 42 km dari muara sungai. Di Kalimantan, S. Kapuas Besar: 150 dan 24 km, S. Kahayan 125 dan 65 km, dan S. Barito 158 dan 68 km dari muara sungai. Di Papua, S. Mamberamo: 30 dan 8 km, S. Lorenz (pantai selatan, barat Agats) 103 dan 63 km, dan S. Digul (barat Merauke) 272 dan 58 km dari muara sungai (Nedeco/Euroconsult-Biec, 1984).

c. Zona III : Wilayah Rawa Lebak, Atau Rawa Non-Pasang Surut

Wilayah rawa lebak terletak lebih jauh lagi ke arah pedalaman, dan dimulai di wilayah dimana pengaruh pasang surut sudah tidak ada lagi. Oleh karena itu, rawa lebak sering disebut sebagai rawa pedalaman, atau rawa non-pasang surut. Biasanya sudah termasuk dalam daerah aliran sungai bagian tengah pada sungai-sungai besar. *Landform* rawa lebak bervariasi dan dataran banjir (*floodplains*) pada sungai-sungai besar yang relatif muda umur geologisnya, sampai dataran banjir bermeander (*meandering floodplains*), termasuk bekas aliran sungai tua (*old river beds*), dan wilayah danau *oxbow* (*oxbow lakes*) pada sungai-sungai besar yang lebih tua perkembangannya. Pengaruh sungai yang sangat dominan adalah berupa banjir

besar musiman, yang menggenangi dataran banjir di sebelah kiri kanan sungai besar. Peningkatan debit sungai yang sangat besar selama musim hujan, "vervar sungai atau perbedaan penurunan tanah dasar sungai yang rendah, sehingga aliran sungai melambat, ditambah tekanan balik arus air pasang dari muara, mengakibatkan air sungai seakan-akan "berhenti" (*stagnant*), sehingga menimbulkan genangan banjir yang meluas. Tergantung dari letak dan posisi lahan di landscape, genangan dapat berlangsung dari sekitar satu bulan sampai lebih dari enam bulan. Sejalan dengan perubahan musim yang ditandai dengan berkurangnya curah hujan, genangan air banjir secara berangsur-angsur akan surut sejalan dengan perubahan musim ke musim kemarau berikutnya.

2.2.3 Pengertian Pasang Surut

Pasang surut adalah fenomena naik turunnya permukaan air laut yang faktor utamanya disebabkan oleh gravitasi bulan dan matahari (Poerbandono, 1999). Dalam buku berikutnya dipaparkan definisi dari pasang surut merupakan fenomena naik dan turunnya permukaan air laut secara periodik (dalam kurun waktu tertentu) yang dipengaruhi oleh gravitasi matahari dan bulan terhadap bumi. Dan untuk pengaruh gravitasi benda-benda langit lainnya diabaikan karena jaraknya yang jauh atau ukurannya yang lebih kecil (Poerbandono dan Djunarsjah, 2005).

Pasang surut atau yang dapat disingkat pasut merupakan fenomena naik turunnya permukaan air laut dengan periode sekitar 12,4 jam atau 24,8 jam. Fenomena pasut ini juga berpengaruh terhadap perubahan dari atmosfer dan bentuk bumi. Pengamatan pasut dilakukan untuk mendapatkan tinggi nol dari permukaan air laut yang nantinya kedalaman suatu titik di dasar perairan atau ketinggian titik di pantai mengacu pada permukaan laut yang dianggap sebagai bidang referensi atau yang biasa disebut sebagai datum vertikal (Kramadibrata, 2002).

2.2.4 Gaya Pembangkit Pasang Surut

Gravitasi bulan menjadi faktor utama pembangkit pasang surut. Walaupun matahari mempunyai massa yang jauh lebih besar daripada massa yang dimiliki oleh bulan, namun dikarenakan bulan yang mempunyai jarak jauh lebih dekat ke bumi dibanding dengan jarak matahari ke bumi, maka dari itu matahari hanya

memberikan pengaruh yang kecil terhadap pembangkit pasang surut di bumi. Menurut (Heiskanen dan Moritz, 1967).

Menurut Ongkosongo (1989), gerakan dari bulan dan matahari yang mengakibatkan gaya gravitasi bulan dan matahari menjadi faktor terbentuknya pasang surut air laut. Gerakan-gerakan tersebut diantaranya adalah:

- a. Revolusi bulan terhadap bumi, dengan orbit berbentuk *elips* dan memerlukan waktu 29,5 hari untuk menyelesaikan revolusinya.
- b. Revolusi bumi terhadap matahari, dengan orbit berbentuk *elips* dan periode yang diperlukan 365,25 hari untuk menyelesaikan revolusinya.
- c. Perputaran bumi terhadap sumbunya sendiri dengan waktu 24 jam yang diperlukan dalam berputar.

Fenomena pembangkit pasut akan menyebabkan perbedaan tinggi dari permukaan air laut pada kondisi kedudukan-kedudukan tertentu dari bumi, bulan dan matahari. Pada saat kedudukan matahari segaris dengan sumbu bumi- bulan, maka akan terjadi pasang maksimum pada titik di permukaan bumi yang berada di sumbu kedudukan relatif bumi, bulan dan matahari yang disebut dengan *spring*. Saat tersebut terjadi pada saat bulan baru dan bulan purnama, maka fenomena pasut tersebut dinamakan *spring tide* atau pasut perbani.

Saat kedudukan matahari tegak lurus dengan sumbu bumi-bulan, terjadi pasut minimum pada titik di permukaan bumi yang tegak lurus dengan sumbu bumi-bulan, maka saat tersebut dinamakan *neap*. Jika fenomena tersebut terjadi diperempat bulan awal dan perempat bulan akhir, fenomena tersebut dinamakan *neap tide* atau pasut mati (Poerbandono dan Djunarsjah, 2005).

2.2.5 Tipe Pasang Surut

Bentuk pasang surut daerah tidak sama. Menurut Triadmodjo (2012), pasang surut di daerah Indonesia dapat dibedakan menjadi empat tipe, yaitu :

1. Pasang surut tipe tengah harian atau harian ganda (*semi diurnal type*), dimana dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut dengan tinggi yang hampir sama dengan pasang surut terjadi secara berurutan dan teratur. Periode pasang surut rata-rata, yaitu 12 jam 24 menit. Pasang surut tipe ini terdapat di Selat Malaka sampai Laut Andaman.

2. Pasang surut harian tunggal (*diurnal type*), dimana dalam satu hari terjadi satu kali air pasang surut, yaitu 24 jam 50 menit dan terjadi di perairan Selat Karimata.
3. Pasang surut tipe campuran condong ke harian ganda (*mixed tide prevailing semi diurnal type*), dimana dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut, tetapi tinggi dan periodenya berbeda. Pasang surut jenis ini banyak terdapat di perairan Indonesia Timur.
4. Pasang surut tipe campuran condong ke harian tunggal (*mixed tide prevailing diurnal type*), dimana pada tipe ini dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut, terkadang untuk sementara waktu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang berbeda. Pasang surut jenis ini terdapat di Selat Kalimantan dan Pantai Utara Jawa Barat.

2.2.6 Metode Pengamatan Pasang Surut

Pengamatan pasut dilakukan untuk mendapatkan data ketinggian permukaan air laut di suatu lokasi. Dari hasil pengamatan tersebut akan didapatkan datum vertikal tertentu sesuai dengan keperluan tertentu pula. Pengamatan pasut dilakukan dengan mencatat atau merekam data tinggi muka air laut setiap interval waktu tertentu. Rentang waktu pengamatan pasut sebaiknya dilakukan selama selang waktu keseluruhan periodisasi benda-benda langit yang berpengaruh pada terjadinya pasut. Rentang waktu yang biasanya dilakukan untuk keperluan praktis adalah selama 15 atau 29 piantan (1 piantan = 25 jam) dengan interval yang biasa digunakan adalah 15, 30 atau 60 menit.

Dalam pengamatan pasang surut terdapat dua cara, yakni pengamatan langsung dan pengamatan tidak langsung (Ongkosongo, 1989).

- a. Pengamatan Langsung : Pengamatan ini dilakukan dengan membaca langsung skala pada rambu pasut yang terkena atau berimpit dengan permukaan air laut pada rambu pasut pada waktu tertentu. Pengamatan langsung ini biasanya dilakukan pada pengamatan pasut jangka pendek, dikarenakan membutuhkan biaya yang murah. Namun untuk pengamatan pasut jangka panjang cara ini tidak mungkin untuk dilakukan karena biaya yang sangat mahal.
- b. Pengamatan Tidak Langsung : Pengamatan ini dilaksanakan dengan memasang alat *automatic tide gauge* pada stasiun pasut yang ingin diketahui bacaan pasang

surutnya. Pengamatan jangka panjang direkomendasikan pada pengamatan ini. Hasil pengamatan yang diperoleh bukan merupakan besaran-besaran yang langsung menunjukkan kedudukan permukaan air laut. Untuk mendapatkan besaran-besaran kedudukan permukaan air laut itu, harus dilakukan perubahan dari grafik yang diperoleh ke dalam suatu harga yang didasarkan dari pembacaan rambu pasut yang dipasang sebagai skala pembanding (standar).

Cara yang paling sederhana untuk mengamati pasut dilakukan dengan pengamatan langsung seperti yang dijelaskan sebelumnya yakni menggunakan rambu ukur pengamat pasut. Tinggi muka air setiap rentang waktu tertentu diamati secara manual oleh operator (pencatat) dan dicatat pada formulir pengamatan pasut. Pada rambu ukur dilukis tanda-tanda skala bacaan dalam satuan desimeter. Pencatat akan menuliskan nilai kedudukan tinggi dari muka air laut relatif terhadap palem pada rentang waktu tertentu sesuai dengan skala bacaan yang tertulis pada palem. Keadaan muka air yang relatif tidak tenang membatasi kemampuan pencatatan dalam menaksir bacaan dari skala bacaan palem. Meskipun demikian, cara ini cukup efektif dilakukan untuk memperoleh data pasut dengan ketelitian sekitar 2,5 cm (Poerbandono dan Djunarsjah, 2005).

Namun semakin berkembangnya teknologi, pengamatan pasut tidak lagi menggunakan cara manual (langsung) dan memerlukan orang untuk mengamati dan mencatat tinggi muka air. Sebuah alat pengamat pasut mekanik yang dinamakan *automatic tide gauge* akan menghasilkan bacaan pasut secara otomatis. Gerakan naik turunnya muka air laut dideteksi dengan sebuah pelampung yang digantungkan pada kawat baja. Kawat baja tersebut digulungkan pada suatu silinder penggulung. Sebuah sistem mekanik melakukan peredaman dan konversi gerakan silinder penggulung kawat baja dari arah vertikal menjadi ke arah horizontal. Gerakan horizontal bolak-balik tersebut kemudian disambungkan pada sebuah pena yang menggoreskan tinta pada gulungan kertas perekam data yang digulungkan pada suatu silinder (Poerbandono dan Djunarsjah, 2005).

2.3. Pemodelan HEC-RAS

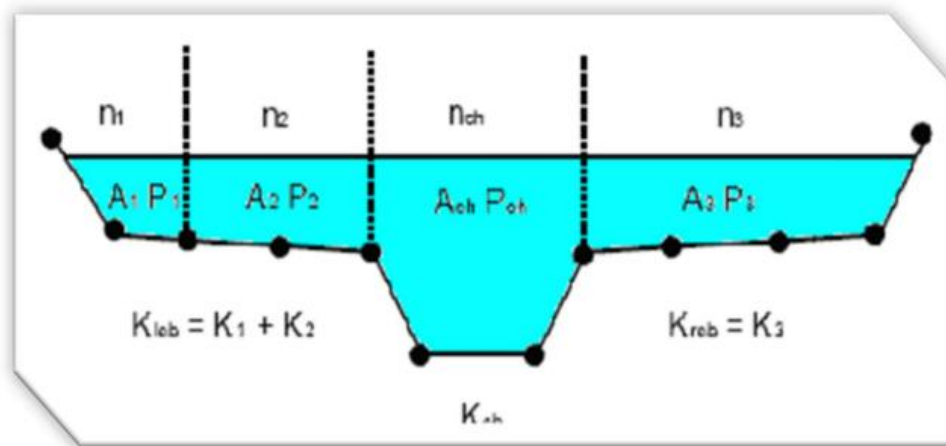
HEC-RAS merupakan program aplikasi untuk memodelkan aliran di sungai, *River Analysis System (RAS)*, yang dibuat oleh *Hydrologic Engineering Center (HEC)* yang merupakan satu divisi di dalam *Institute for Water Resources (IWR)*, di bawah *US Army Corps of Engineers (USACE)*. HEC-RAS merupakan model satu dimensi aliran permanen maupun tak permanen (*steady and unsteady onedimensional flow model*). HEC-RAS memiliki empat komponen model satu dimensi:

- 1) Hitungan profil muka air aliran permanen,
- 2) Simulasi aliran tak permanen,
- 3) Hitungan transpor sedimen, dan
- 4) Hitungan kualitas air.

Satu elemen penting dalam HEC-RAS adalah keempat komponen tersebut memakai data geometri yang sama, *routine* hitungan hidraulika yang sama, serta beberapa fitur desain hidraulik yang dapat diakses setelah hitungan profil muka air berhasil dilakukan.

Persamaan yang digunakan dalam melakukan analisa hidrodinamik, pada aplikasi ini adalah dengan dasar persamaan garis energi. Profil muka air dari satu tampang ke tampang berikutnya dihitung dengan persamaan energi dengan prosedur iterasi standar *step*.

Untuk menghitung debit yang melewati suatu tampang menggunakan persamaan *Manning* dan tampang melintang saluran dibagi menjadi beberapa subdivisi atau pias antara lain saluran sebelah kiri, saluran utama dan saluran sebelah kanan seperti ditunjukkan pada gambar 2.6.



Gambar 2.6. Visual tampang saluran yang dibagi menjadi beberapa pias

Data *cross section* hasil dari survey lapangan menjadi masukan data geometri pemodelan pada program HEC-RAS. Membuat potongan melintang sungai hasil pengukuran lapangan. Selanjutnya setelah dilakukan pembuatan geometri pemodelan, maka selanjutnya dilakukan pembebanan pada syarat batas/*boundary condition* dengan debit dari hasil perhitungan analisa hidrologi untuk masing-masing *boundary condition*/batas pemodelan. Batas pemodelan di bagian hulu sungai berupa *flow*/debit, debit pada bagian hulu ini merupakan debit yang berasal dari analisa hidrologi dengan skenario debit rata-rata (*low flow*), sedangkan *boundary* di bagian hilir sungai berupa fluktuasi air.

Dari hasil pemodelan hidrodinamik dengan menggunakan aplikasi HEC-RAS akan didapatkan beberapa parameter hidrolis sebagai berikut:

1. Profil muka air rencana hasil skenario pemodelan. Dengan diketahuinya profil muka air sungai baik profil memanjang ataupun profil melintang, maka akan dapat direncanakan dimensi saluran rencana ataupun ketinggian tanggul rencana, sehingga tidak terjadi limpasan (banjir).
2. Debit saluran pada lokasi-lokasi tertentu dan pada waktu-waktu tertentu (*flow hydrograph*).
3. Kecepatan aliran yang terjadi pada segmen sungai. Selain pada segmen sungai, kecepatan aliran juga dapat diketahui di lokasi bangunan yang ada di sepanjang sungai.

2.4. Penelitian Terdahulu

Tabel berikut merupakan hasil dari penelitian terdahulu yang berhubungan dengan evaluasi kapasitas tampung saluran drainase dan pengamatan pasang surut, dan memiliki karakteristik tanah yang hampir sama dengan daerah penelitian pada tugas akhir ini. Tabel penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Dari penelitian terdahulu yang telah dilakukan seperti di dalam tabel 2.1, dapat diketahui adanya beberapa persamaan dan perbedaan dengan penelitian yang akan dilakukan pada tugas akhir ini, baik dari segi metode analisis data maupun sumber data dan cara pengambilan data yang dilakukan.

Tabel 2.1 Kajian Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Judul	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Kesimpulan
1	Domie Oktawijaya, 2018	Analisis Kapasitas Tampung Maksimum Saluran Drainase Jl. Tanjungpura	Menghitung debit limpasan di Parit Tokaya dan Mengkaji kapasitas tampung di saluran Parit Tokaya.	Penelitian ini menggunakan metode analisis deskriptif.	<p>a. Kawasan Parit Tokaya ini memiliki topografi yang cukup bervariasi, dimana dataran rendah berada di sepanjang Sungai Kapuas. Semakin kearah hulu elevasinya cenderung semakin tinggi.</p> <p>b. Dengan Perhitungan Debit Pembuangan Rencana didapatkan debit yang harus dibuang pada saluran sekunder Ramayana adalah sebesar 0,04 m³/det pada curah hujan 1 harian maksimum periode ulang 5 tahun dan 0,048 m³/det periode ulang 10 tahun.</p>
2	Wuri Kusuma wahyuningtyas, 2018	Drain Spacing Pada Lahan Rawa pasang Surut di Daerah Rawa Punggur Besar.	Mengetahui tinggi muka air tanah di lokasi penelitian, mengetahui tinggi muka air tanah yang sesuai untuk tanaman tahunan, menghitung drain spacing yang optimal untuk tanaman tahunan di lokasi penelitian.	Penelitian ini menggunakan metode analisis kualitatif.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tinggi muka air tanah (MAT) di lokasi penelitian berkisar antara 30 - 65 cm, sedangkan ketinggian pasang surut di muara Sungai Pinang dari tanggal 13 Januari 2019 sampai 27 Januari 2019 berkisar antara 0,09 - 1,35 m. 2. Ketinggian muka air untuk tanaman tahunan (langsat dan manggis) untuk pertumbuhan yang optimal adalah 1 m di bawah muka tanah. 3. Jarak antar saluran kuarter kiri dan saluran kuarter kanan yang optimal untuk kebutuhan tanaman tahunan (langsat dan manggis) adalah 22,02 m untuk Jalur I; 19,39 m untuk Jalur II; dan 18,77 m untuk Jalur III.

Tabel 2.1 (Lanjutan) Kajian Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Judul	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Kesimpulan
3	Jimmi Mulyanto Situmorang, 2015	Evaluasi Kapasitas Tampung dan Perencanaan Sistem Drainase di Kawasan Desa Dalam Kaum Kec. Sambas Kab. Sambas.	Mengidentifikasi permasalahan banjir, Melakukan evaluasi terhadap kapasitas saluran eksisting, Merencanakan dan mendesain ulang agar saluran dapat memenuhi kapasitas yang dibutuhkan. Serta menyusun rencana sistem jaringan drainase (Arah aliran, dan dimensi saluran)	Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif.	<p>a. Curah hujan yang cukup tinggi dan sistem drainase yang tidak memadai pada ruas-ruas jalan di Desa Dalam Kaum menyebabkan cepat terjadi genangan di daerah tersebut.</p> <p>b. Dari hasil perhitungan, terdapat 3 buah saluran yang cukup untuk menampung debit banjir rencana, yaitu : saluran pada jl. Wakaf, jl. Perkantoran 2, gg. Rachmat. Serta terdapat 35 buah saluran yang tidak cukup untuk menampung debit hujan rencana, saluran tersebut yaitu : saluran pada jl. Tsafiudin, jl. Istana, jl. muhrum dan seterusnya.</p> <p>c. Direncanakan 48 saluran pada ruas jalan atau gang yang belum memiliki saluran drainase.</p> <p>d. Jumlah saluran yang direncanakan adalah sebanyak 84 saluran. Dengan dimensi yang berbeda sesuai jenis saluran nya yaitu saluran sekunder dan tersier. Untuk menghitung kapasitas debit yang harus dibuang pada tiap saluran, maka dilakukan akumulasi debit banjir rencana yang berada dihulu saluran ditambah dengan debit pada saluran drainase tersebut. Setelah didapat akumulasi debit banjir rencana. Direncanakan saluran yang terdiri dari saluran tersier dengan lebar atas (T) = 0,90 m, lebar bawah (b) = 0,60 m, tinggi saluran (y) = 0,70 m, dan untuk saluran sekunder dengan lebar atas (T) = 1,50 m, lebar bawah (b) = 0,80 m, tinggi saluran (y) = 0.90 m, saluran drainase yang direncanakan berbentuk trapesium dimana bahan dinding saluran dibuat dari beton.</p>

Dari penelitian yang telah dilakukan seperti di dalam tabel kajian penelitian terdahulu di atas, dapat diketahui adanya persamaan dan perbedaan dengan penelitian yang dilakukan pada tugas akhir ini, yaitu:

1. Dari penelitian yang dilakukan oleh Oktawijaya, 2018 terdapat beberapa kesamaan dengan penelitian pada tugas akhir ini, yaitu tujuan penelitian dan analisis yang dilakukan menggunakan aplikasi HEC-RAS yang mana hal tersebut juga dilakukan pada tugas akhir ini. Namun terdapat juga perbedaan dari penelitian Oktawijaya, 2018 dengan penelitian ini, yaitu pada penggunaan aplikasi HEC-RAS. Pada tugas akhir ini analisis aplikasi HEC-RAS digunakan untuk menganalisis aliran tidak permanen (*Unsteady Flow*), dimana hal tersebut tidak dilakukan pada penelitian yang dilakukan oleh Oktawijaya, 2018.
2. Dari penelitian yang dilakukan Wahyuningtyas, 2018 memiliki persamaan karakteristik tanah dengan lokasi penelitian pada tugas akhir ini, selain itu pengamatan pasang surut yang dilakukan dengan tujuan yang sama antara penelitian yang dilakukan Wahyuningtyas, 2018 dengan penelitian pada tugas akhir ini, yaitu untuk mengetahui tinggi muka air pada saluran yang diteliti.
3. Dari penelitian yang dilakukan Mulyanto, 2015 memiliki beberapa kesamaan dengan penelitian yang dilakukan dengan penelitian ini, yaitu dari tujuan penelitian dan beberapa metode analisis data yang digunakan. Namun juga terdapat perbedaan antara penelitian yang dilakukan oleh Mulyanto, 2015 dengan penelitian ini, yaitu pada tugas akhir ini dilakukan pengamatan pasang surut dan analisis dengan menggunakan aplikasi HEC-RAS yang mana hal tersebut tidak terdapat pada penelitian Mulyanto, 2015.