

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

Untuk melakukan analisis mengenai kajian operasional daerah irigasi rawa pasang surut (studi kasus DIR Sebusus Komplek) di Kecamatan Paloh , Kabupaten Sambas berdasarkan data mentah yang tersedia (berupa data topografi, hidrometri dan hidrologi, curah hujan , pasang surut , iklim di lokasi studi) diperlukan beberapa metoda pengolahan data untuk mendapatkan data yang siap digunakan dalam pemodelan numerik.

Berikut ini akan diuraikan beberapa teori yang mendasari metode pengolahan data dan analisis yang digunakan dalam penyusunan model numerik untuk permasalahan irigasi rawa pasang surut (studi kasus DIR Sebusus Komplek) di Kecamatan Paloh, Kabupaten Sambas.

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.

## 2.2 Pengertian Irigasi

Irigasi adalah penyediaan, pengambilan, pembagian, pemberian dan pengaliran air menggunakan sistem, saluran dan bangunan tertentu dengan tujuan sebagai penunjang produksi pertanian, persawahan dan perikanan.

Menurut Kartasapoetra (1994), irigasi merupakan kegiatan penyediaan dan pengaturan air untuk memenuhi kepentingan pertanian dengan memanfaatkan air yang berasal dari air permukaan dan tanah.

Menurut Wirosoedarmo (1986), irigasi merupakan kegiatan-kegiatan yang berhubungan dengan usaha untuk mendapatkan air untuk sawah, ladang, perkebunan, perikanan atau tambak dan sebagainya, yang intinya untuk keperluan usaha tani.

Menurut Sosrodarsono dan Takeda (1987), irigasi adalah menyalurkan air yang perlu untuk pertumbuhan tanaman ke tanah yang diolah dan mendistribusikannya secara sistematis.

Tujuan utama irigasi ini adalah pemberian air sesuai kebutuhan tanaman dan pembuangan air kelebihan. Selain itu irigasi juga bertujuan untuk melakukan kegiatan pemupukan, pencucian dan kolmatasi.

Beberapa jenis sistem irigasi yaitu sebagai berikut ;

### 1. Irigasi Sistem Gravitasi.

Irigasi gravitasi adalah sistem irigasi yang mengalirkan air irigasi secara gravitasi. Pengaturan dan pembagian air irigasi menuju ke petak-petak sawah dilakukan secara gravitasi, sumber airnya diambil dari air permukaan, yaitu sungai, waduk maupun danau di dataran tinggi. Sistem irigasi gravitasi sudah dikenal lama dan diterapkan dalam banyak kegiatan usaha tani.

### 2. Irigasi Sistem Pompa.

Irigasi sistem pompa dapat dipertimbangkan bilamana pengambilan air secara gravitasi ternyata sulit atau tidak layak dilakukan, baik ditinjau dari segi ekonomi maupun teknis. Sistem irigasi ini membutuhkan modal awal relatif lebih kecil, tetapi memerlukan biaya operasional yang besar.

### 3. Irigasi Pasang Surut.

Sistem irigasi pasang surut adalah suatu sistem irigasi yang memanfaatkan pengempangan (pembendungan) air sungai akibat peristiwa

pasang surut air laut. Areal yang dapat direncanakan menggunakan irigasi ini adalah areal yang mendapat pengaruh langsung dari peristiwa pasang surut air laut. Untuk daerah Kalimantan misalnya, daerah ini dapat mencapai 30-50 km memanjang pantai dan 10-15 km masuk ke darat. Genangan berupa air tawar dari sungai akan menekan dan mencuci kandungan tanah sulfat masam dan dibuang saat air laut surut.

### **2.3 Pengertian Rawa**

Lahan rawa adalah suatu bentangan tanah yang mempunyai topografi yang relatif datar atau cekung dengan kondisi drainase yang buruk dan secara alami tergenang air sepanjang tahun atau selama periode tertentu yang cukup panjang (semusim) (Kodoatie et. al., 2007; Kementerian PU, 2008). Penggenangan air ini dapat berasal dari air hujan, luapan banjir dari sungai utama, pasang naik dari air laut atau kombinasi keduanya.

Pengertian rawa berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 11 tahun 2015 tentang Eksploitasi dan Pemeliharaan Jaringan Reklamasi Rawa Pasang Surut pasal 1 butir 1 sebagai berikut: "Rawa adalah lahan genangan air secara alamiah yang terjadi terus menerus atau musiman akibat drainase alamiah yang terhambat serta mempunyai ciri-ciri khusus secara fisik, kimiawi dan biologis".

Selain Peraturan tersebut diatas, Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 16 tahun 2015 tentang Eksploitasi dan Pemeliharaan Jaringan Irigasi Rawa Lebak pasal 1 butir 1 memuat berikut: "Rawa adalah wadah air beserta air dan daya air yang terkandung di dalamnya, tergenang secara terus menerus atau musiman, terbentuk secara alami di lahan yang relatif datar atau cekung dengan endapan mineral atau gambut, dan ditumbuhi vegetasi, yang merupakan suatu ekosistem". Peraturan-peraturan di atas memberikan pengertian rawa yang lazim digunakan di Indonesia.

Ditinjau dari segi fisik atau proses pembentukannya, lahan rawa dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu rawa pasang surut atau rawa pantai dan rawa non pasang surut atau rawa pedalaman atau rawa lebak (Noor, 2004; Kementerian PU, 2008). Penelitian ini membahas tentang daerah rawa pasang surut yaitu daerah rawa yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut.

Lahan rawa pasang surut berada di sepanjang pesisir dan di sepanjang ruas sungai bagian hilir dimana regime sungainya dipengaruhi oleh pasang surut air laut (Sudana, 2005). Pengaruh pasang surut ini menyebabkan terjadinya semacam “pembendungan” sehingga permukaan air sungai naik dan meluapi lahan-lahan di sekitarnya. Genangan air pada lahan dapat pula berasal dari air hujan yang tertahan tidak dapat keluar dari lahan.

Berbeda dengan lahan usaha tani di daerah tinggi dimana sistem tata airnya mudah diatur dengan menggunakan gaya gravitasi, daerah rawa pasang surut tata airnya sangat tergantung pada tinggi muka air pasang surut air laut. Daerah rawa yang umumnya relatif datar hanya mampu diairi dengan mengandalkan perbedaan tinggi muka air saat pasang dan membuang air (drainase) saat surut.

Pembangunan dan pengembangan daerah rawa pasang surut di Kalimantan sebagai lahan pertanian dimulai sejak tahun 1957 oleh pemerintah. Pengembangan ini didasari dengan memperhatikan keberhasilan suku Bugis, Banjar dan suku Melayu yang telah berhasil membuka sawah di daerah rawa pasang surut (Darmanto, 2001). Pada saat awal pembangunan persawahan pasang surut dibuat dengan sistem kanalisasi dan dibuat saluran primer dan sekunder supaya drainase dapat berfungsi dengan baik di daerah tersebut (Darmanto, 2001). Teknologi tata air yang digunakan pada daerah rawa pasang surut mulai berkembang dengan teknologi yang beragam dan disesuaikan dengan lingkungan setempat.

Dalam pengembangan lahan rawa biasanya dibatasi 2000 s.d. 3000 ha, hal ini dimaksudkan untuk mengurangi heterogenitas tanah dan hidrologi dalam satu kawasan pengelolaan. Dengan cara seperti ini, perencanaan tata air menjadi lebih mudah dan diharapkan tata airnya lebih terjamin efektifitasnya secara merata (Notohadiprawiro, 1996).

#### **2.4 Pasang Surut**

Pasang surut adalah gerakan naik turunnya muka air laut, dimana amplitudo dan fasenya berhubungan langsung terhadap gaya geofisika yang periodik, yakni gaya yang ditimbulkan oleh gerak regular benda-benda angkasa, terutama bulan, bumi dan matahari (Wangsadipoera, 2007). Sifat dan keadaan muka air lahan rawa pasang surut dipengaruhi oleh perilaku pasang surut sungai/laut, iklim dan topografi (Noor, 2001; Kementerian PU, 2008).

Dalam suatu perencanaan bangunan air dibutuhkan elevasi-elevasi penting pasang surut. Satu periode nodal pasang surut yang merupakan periode panjang dan mempunyai elevasi penting yang tetap akan terjadi selama 18,6 tahun sekali (Royer, 1993; Yasuda et. al., 2006; Widyantoro, 2014). Oleh karena itu untuk mendapatkan elevasi penting pasang surut, terlebih dahulu harus didapatkan data selama rentang waktu tersebut. Dengan data yang diketahui dilakukan peramalan untuk mengetahui elevasi-elevasi penting pasang surut selama satu periode nodal pasang surut. Peramalan elevasi pasang surut dapat dilakukan dengan menggunakan analisis harmonik dengan metode kuadrat terkecil (least square) (Syetiawan, 2014).

Metode kuadrat terkecil adalah salah satu metode yang sering digunakan pada peramalan pasang surut dengan analisis regresi yang bertujuan untuk meminimumkan kuadrat kesalahan sehingga nilai regresinya akan mendekati nilai yang sesungguhnya.

Dalam konteks lahan rawa pasang surut dikenal istilah pasang tunggal dan pasang ganda. Pasang tunggal (spring tide) adalah pasang yang paling tinggi yang terjadi hanya dua kali dalam satu bulan, yaitu pada bulan mati (hari ke-1 menurut kalender qomariah) dan bulan purnama (hari ke-14). Pasang ganda atau perbani (neap tide) adalah pasang kecil yang terjadi dua kali dalam 1 x 24 jam dengan ketinggian dari hari ke hari berfluktuasi berdasarkan gaya tarik bulan terhadap bumi (Noor, 2004).

Berdasarkan nilai Farmzahl (F) tersebut, maka pasang surut dapat dibedakan menjadi;

1. Pasang surut ganda (semi diurnal tides) :  $F \leq 0,25$ .

Dalam satu hari pasang surut (24 jam 52 menit) terjadi dua kali pasang (air tinggi) dan dua kali surut (air rendah).

2. Pasang surut campuran:  $0,25 < F \leq 3,00$ .

Dalam satu hari pasang surut kadang-kadang terjadi dua kali pasang dan dua kali surut, tinggi pasang surutnya tidak sama, kadang-kadang terjadi satu kali pasang dan satu kali surut. Tipe campuran ini dibedakan menjadi pasang surut campuran dominan ganda (mixed-dominant semi diurnal) untuk  $0,25 < F \leq 1,50$  dan pasang surut campuran tunggal (mixed-dominant diurnal) untuk  $1,50 < F \leq 3,00$ .

3. Pasang surut diurnal:  $F > 3,00$ .

Dalam satu hari pasang surut terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut.

## **2.5 Lahan Rawa Pasang Surut**

Daerah rawa pasang surut telah diidentifikasi potensinya untuk pengembangan pertanian seluas 9,5 juta ha (Noor, 2004). Hal ini menunjukkan bahwa daerah rawa pasang surut sangat berpotensi untuk dikembangkan meskipun banyak kendala yang dijumpai di lapangan. Kawasan ini mempunyai genangan dangkal pada musim penghujan yang disebabkan oleh drainase yang terhambat sebagai efek dari elevasi muka air pada bagian hilirnya. Proses drainase lahan dapat terjadi pada kondisi surut, sedangkan pada kondisi pasang memberikan peluang untuk terjadinya irigasi pasang surut (Kodoatie et. al., 2007).

### **2.5.1 Potensi dan Kendala Lahan Rawa Pasang Surut**

Berdasarkan PP No. 73 Tahun 2013 tentang Rawa, rawa merupakan salah satu sumber daya air. Sebagai sumber daya air, rawa merupakan salah satu sumber daya alam yang potensial bagi kesejahteraan masyarakat, sehingga potensi yang ada pada lahan rawa perlu dilestarikan dan dikembangkan atau ditingkatkan fungsi dan manfaatnya. Potensi pemanfaatan lahan rawa selain ditunjukkan untuk pengembangan (ekstensifikasi) lahan pertanian yang produktif, berfungsi pula sebagai sumber daya alam (lahan dan air) serta sebagai lahan konservasi.

Daerah rawa pasang surut di Indonesia umumnya terletak pada daerah beriklim hujan tropis dengan temperatur, kelembaban udara, dan curah hujan yang tinggi. Temperatur harian rata-rata berkisar antara 25oC sampai 30oC. Kelembaban udara umumnya lebih dari 80%. Besarnya evapotranspirasi bervariasi antara 3,5 mm/hari sampai 4,5 mm/hari. Curah hujan tahunan rata-rata pada sebagian besar daerah rawa berkisar antara 2.000 mm sampai 3.000 mm. Berdasarkan potensi curah hujan dan iklim yang terjadi di daerah rawa pasang surut, maka sebagian besar daerah rawa pasang surut di Indonesia berpeluang ditanami padi dua kali setahun (Menteri PUPR, 2015).

Indonesia memiliki lahan pertanian yang luas totalnya sekitar 162,4 juta ha, terdiri dari daerah rawa seluas 33,4 juta ha (20,56%), dan lahan kering seluas 129 juta ha (79,44%). Daerah rawa seluas 33,4 juta ha tersebut tidak termasuk daerah rawa yang ada di Pulau Jawa. Luas rawa tersebut tersebar di sepanjang pantai Pulau

Sumatera seluas 9,37 juta ha, Pulau Kalimantan seluas 11,71 juta ha, Pulau Sulawesi 1,79 juta ha, dan Pulau Papua 10,52 juta ha. Sekitar 60% (20 juta ha) dari daerah rawa tersebut diantaranya merupakan daerah rawa pasang surut (Kementerian PU, 2008) dan yang berpotensi untuk dikembangkan sebagai lahan pertanian sekitar 9,5 juta ha (Noor, 2004).

Kegiatan pengembangan rawa sendiri terdapat hambatan atau kendala dalam pelaksanaannya. Ada beberapa aspek yang menghambat pengembangan lahan rawa antara lain aspek air (tata air, banjir, kekeringan, pH, salinitas, dll.), aspek tanah (pirit, gambut, mudah tumbuh gulma, miskin unsur hara, dll.), aspek sosial budaya ekonomi (permukiman, pemasaran, penggarap, sarana transportasi, keterbatasan modal, keterisolasian, dll.), dan aspek lingkungan (Sjarief, 2006).

Aspek air dapat dijelaskan sebagai berikut ini :

#### 1. Tata Air

Berbeda halnya dengan lahan usaha tani di daerah tinggi dimana sistem tata airnya mudah diatur dengan menggunakan gaya gravitasi, pada daerah rawa tata airnya sangat tergantung dengan tinggi muka air pasang surut. Daerah rawa yang umumnya relatif datar hanya mampu diairi dengan mengandalkan perbedaan tinggi muka air saat pasang dan membuang air saat surut.

#### 2. Banjir

Pada saat musim hujan kelebihan air tidak dapat dibuang karena topografi lahan rawa yang relatif datar dan pada umumnya elevasi lahan berada di bawah elevasi muka air sungai sehingga sulit untuk membuang air kelebihan, terutama saat muka air laut naik.

#### 3. Kekeringan

Kekeringan dijumpai di lahan rawa pasang surut tipe C dan D. Semakin jauh dari sungai maka semakin besar kemungkinan untuk mengalami kekeringan. Adanya aktifitas pembuatan saluran tanpa perencanaan yang tepat dapat berakibat terjadinya pembuangan air yang berlebih (overdrain), sehingga terjadi penurunan muka air tanah yang tidak terkendali.

#### 4. Ph

Derajat keasaman pH air di lahan rawa umumnya sangat tinggi yaitu kurang dari 4,5. Dengan derajat keasaman yang tinggi, lahan sulit untuk dikembangkan

menjadi lahan pertanian terutama untuk budidaya padi. Musim kemarau penduduk di lahan rawa kesulitan air bersih, karena air dengan kondisi asam tidak layak untuk dikonsumsi.

#### 5. Salinitas

Lahan rawa yang termasuk dalam tipe hidrotopografi A biasanya dekat dengan sungai atau laut, daerah ini cocok untuk dikembangkan menjadi lahan budidaya padi. Namun demikian pada musim kemarau intrusi air laut mempengaruhi sumber air di daerah ini. Pada saat musim kemarau debit dari hulu sungai yang mengairi lahan rawa ini menjadi kecil sehingga tidak mampu melawan dorongan pasang air laut dan terjadi intrusi.

Selain kendala dan hambatan di atas, pada daerah rawa yang merupakan daerah marginal juga terdapat permasalahan dari aspek lingkungan, dimana terjadinya perubahan lingkungan dengan cepat akan menimbulkan masalah seperti hama, gulma, dan penyakit manusia. Masalah lain mengenai penyediaan air tawar, operasional dan pemeliharaan, jaringan irigasi/drainase (infrastruktur pengelolaan hidrolis), juga merupakan permasalahan yang terdapat pada daerah rawa (Kodoatie, 2006).

Hambatan dan kendala pada aspek-aspek di atas terutama menyangkut aspek teknis sebetulnya dapat diatasi dengan pengembangan daerah rawa sesuai dengan tahapan- tahapan pengembangan dan pengelolaan air yang baik. Tata air yang baik dapat dilakukan dengan pengendalian muka air tidak hanya mengandalkan muka air laut semata melainkan perlu dibangun bangunan pengendali seperti pintu air. Hal ini dimaksudkan dengan dilakukan pengelolaan air yang baik, maka akan diperoleh tata air yang baik pula pada lahan rawa sebagai lahan budidaya pertanian.

#### **2.5.2 Pengaruh Pasang Surut terhadap Jaringan Tata Air**

Muka air pasang harian dalam kaitannya dengan elevasi lahan, sangat menentukan peluang terjadinya pemberian air pada lahan dan pembuangan air dari lahan. Dengan memperhitungkan kehilangan beda tinggi di sepanjang ruas saluran antara sungai dan lahan pertanian, agar air pada waktu pasang dapat mengalir secara gravitasi, taraf muka air pada saat pasang di sungai harus jauh lebih tinggi



dibandingkan dengan elevasi permukaan lahan. Sedangkan muka air surut harian dan muka air rata-rata akan menentukan peluang terjadinya;

1. Drainase.

Dasar drainase yang ingin dicapai adalah muka air surut di sungai yang terdekat. Apabila terdapat kasus dimana waktu drainase sangat pendek maka elevasi drainase terendah berada diantara muka air surut dan muka air pasang rata-rata. Untuk perkiraan awal dari drainabilitas, muka air pasang surut rata-rata diasumsikan sebagai dasar drainase, dengan waktu drainase efektif adalah 2 sampai 6 jam per hari (Kementerian PU, 2005). Drainabilitas ditentukan oleh kedalaman dasar drainase yang tergantung pada kondisi topografi lahan, muka air rata-rata di saluran sertapotensi kehilangan beda tinggi hidrolis dari lahan pertanian terhadap saluran. Dengan elevasi lahan yang kebanyakan berada di sekitar elevasi muka air pasang tinggi, semakin besar kisaran fluktuasi pasang surutnya, semakin besar pula selisih antara elevasi lahan dengan muka air surut dan muka air rata-rata, sehingga ini berarti peluang drainase makin baik.

2. Pengelontoran air di saluran.

Semakin besar kisaran pasang surut, semakin besar pula potensi kecepatan air pada saluran dan semakin baik pula peluang terjadinya pengelontoran air di saluran selama air surut, namun demikian yang harus dihindari adalah bilamana kecepatan aliran di saluran terlalu tinggi maka dapat menyebabkan terjadinya erosi pada tebing saluran maupun pada tanggul.

3. Pengamanan banjir.

Elevasi muka air tertinggi menentukan elevasi tanggul yang diperlukan untuk pengamanan banjir.

4. Intrusi air asin.

Intrusi air asin tidak dapat digunakan untuk pemberian air bagi tanaman dan air baku untuk air minum. Untuk kasus khusus, air asin dapat digunakan untuk menggantikan air yang sudah sangat masam di lahan (Kementerian PU, 2005). Air payau masih dapat digunakan untuk pengelontoran saluran jika air segar tidak tersedia (Kementerian PU, 2005).

## 5. Kualitas Air.

Kualitas air sungai yang berada di kasawan pasang surut umumnya memenuhi kelayakan sebagai air irigasi untuk tanaman selagi tidak terjadi intrusi air asin pada daerah tersebut. Ketika kualitas air di saluran tercemari, seperti pH rendah, kandungan bahan organik tinggi dan airnya berwarna kehitam-hitaman, dalam kondisi ini air dibatasi penggunaannya hanya untuk keperluan penggelontoran saluran.

### 2.6 Analisa Distribusi Curah Hujan

Hujan rencana merupakan kemungkinan tinggi hujan yang terjadi dalam kala ulang tertentu sebagai hasil dari suatu rangkaian analisis hidrologi yang biasa disebut frekuensi, analisis frekuensi merupakan prakiraan untuk terjadi suatu peristiwa hidrologi dalam bentuk hujan rencana yang berfungsi sebagai dasar perhitungan perencanaan hidrologi untuk antisipasi setiap kemungkinan yang akan terjadi. Secara sistematis ,metode analisis frekuensi perhitungan hujan rencana ini dilakukan secara berurutan , yaitu:

#### a. Parameter statistik

Parameter yang digunakan dalam perhitungan analisis frekuensi meliputi parameter nilai rata-rata ( $\bar{X}$ ), simpangan baku ( $S$ ), koefisien variasi ( $C_v$ ), koefisien kemiringan ( $C_s$ ), dan koefisien kurtosis ( $C_k$ ). Perhitungan tersebut didasarkan pada data catatan tinggi hujan harian maksimum minimal 10 tahun terakhir dan untuk memudahkan perhitungan maka proses analisisnya dilakukan secara matriks dengan menggunakan tabel . sementara untuk memperoleh harga parameter statistik dilakukan perhitungan dengan rumus dasar sebagai berikut :

$$\bar{X} = \frac{\sum y}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$C_v = s/\bar{X}$$

$$C_s = \frac{n \sum (X - \bar{X})^3}{((n-1) \sum (X - \bar{X})^2)^{\frac{3}{2}}} \times \frac{n^2}{(n-1)(n-2)}$$

$$C_k = \frac{\frac{1}{n} \sum (X - \bar{X})^4}{\left( \frac{1}{n} \sum (X - \bar{X})^2 \right)^2} \times \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)}$$

$\bar{X}$  = tinggi hujan harian maksimum rata-rata selama n tahun

$\sum X$  = jumlah tinggi hujan harian maksimum selama n tahun

n = jumlah tahun pencatatan data hujan

S = simpangan baku

$C_v$  = koefisien variasi

$C_s$  = koefisien kemiringan

$C_k$  = koefisien kurtois

Parameter statistik diatas akan menentukan jenis distribusi yang akan digunakan. Pemilihan distribusi sebaran ditentukan sesuai dengan syarat dan ketentuan yang berlaku . berbagai macam distribusi teoritis yang kesemuanya dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu distribusi diskrit dan distribusi kontinyu. Diskrit adalah binomial dan poisson , sedangkan yang kontinyu adalah normal, log normal, pearson, gumbel (soewarno , 1995). Syarat masing-masing jenis distribusi dapat dilihat pada tabel 2.1.

**Tabel 2. 1** Jenis Distribusi

Jenis Distribusi	Syarat
Distribusi Normal	$C_k \leq 3$
Distribusi Log Normal	$C_v \leq 0,06$ $C_s \leq 3C_v + C_v^2$
Distribusi Gumbel	$C_k \leq 5,4002$ $C_s \leq 1,14$
Distribusi log Pearson III	$C_s \sim 0$ $C_v \sim 0.05$

a. Uji kecocokan sebaran data curah hujan

Uji sebaran dilakukan dengan uji keselarasan distribusi yang dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih, dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis (soemarto, 1999), ada dua jenis keselarasan , yaitu uji keselarasan *chi square* dan *smirnov kolgomorov* . pada tes ini biasanya yang diamati adalah perhitungan yang diharapkan.

### 1. Uji keselarasan *chi square*

Prinsip pengujian dengan metode ini didasarkan pada jumlah pengamatan yang diharapkan pada pembagian kelas, dan ditentukan terhadap jumlah data pengamatan yang terbaca didalam kelas tersebut, atau dengan membandingkan nilai chi square ( $X^2$ ) dengan nilai chi square kritis ( $X^2_{cr}$ ). Uji keselarasan chi square menggunakan rumus (soewarno,1995).

$$X^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Dimana

$X^2$  = Harga chi square terhitung

$O_i$  = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke-i

$E_i$  = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-i

$N$  = Jumlah data

Suatu distribusi dikatakan selaras jika nilai  $X^2$  hitung  $< X^2$  kritis. Nilai  $X^2$  kritis dapat dilihat pada tabel chi square. dari hasil pengamatan yang didapat dicari penyimpangannya dengan chi square kritis paling kecil. Untuk suatu nilai nyata tertentu ( level of signifikan ) yang sering diambil adalah 5%. Derajat kepercayaan ini secara umum dihitung dengan rumus sebagai berikut (soewarno,1995):

$$Dk = n-3$$

Dimana :

$Dk$  = derajat kepercayaan

$N$  = jumlah data

### 2. Uji keselarasan *Smirnov Kolmogorof*

Uji keselarasan smirnov kolmogorof, sering juga disebut uji keselarasan non parametrik ( non parametric test), karena pengujian nya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. uji ini digunakan untuk menguji simpangan secara horizontal. Dari grafik plotting data curah hujan diperoleh perbedaan maksimum antara distribusi teoritis dan empiris  $\Delta_{maks}$ . Dengan persamaan sebagai berikut :

$$\Delta_{maks} = P_e - P_t$$

Dimana:

$\Delta_{maks}$  = selisih data probabilitas teoritis dan empiris

$P_t$  = peluang teoritis

$P_e$  = peluang empiris

Kemudian di bandingkan antara  $\Delta_{maks}$  dan  $\Delta_{cr}$  dari tabel . apabila  $\Delta_{maks} < \Delta_{cr}$  maka pemilihan metode frekuensi tersebut dapat diterapkan untuk data yang ada.

b. Perhitungan hujan rencana

Berdasarkan pemilihan metode distribusi dan telah dilakukannya uji keselarasan , dilakukannya perhitungan curah hujan. Perhitungan curah hujan ditentukan berdasarkan metode distribusi yang telah diuji . berikut adalah beberapa metode perhitungan curah hujan:

1. Distribusi normal

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S$$

Dimana:

$X_T$  = hujan rencana dengan periode ulang T tahun

$\bar{X}$  = nilai rata-rata dari data hujan (x) mm

S = standart deviasi dari data curah hujan (x) mm

$K_T$  = Faktor frekuensi , nilai nya tergantung nilai T

2. Distribusi Log normal

$$\log X_T = (\log \bar{x}) + (K_T \cdot S \log X)$$

Dimana :

$(\log \bar{x})$  = Nilai rata-rata dari log X

$$= \frac{\sum \log X_i}{n}$$

$S \log X$  = Deviasi standart dari log x

$$= \frac{\sum (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1}$$

$K_T$  = Faktor frekuensi , nilai nya tergantung nilai T

3. Distribusi log person III

$$\log X_T = \log \bar{x} + sK$$

Dimana :

$\bar{x}$  = harga rata-rata sampel

s = standart deviasi  
 K = variabel standart untuk x

#### 4. Distribusi gumbel

Gumbel menggunakan harga ekstrim untuk menunjukkan bahwa dalam deret harga-harga ekstrim  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$  mempunyai fungsi distribusi eksponensial ganda.

$$P X = e^{-e^{-a(x-b)}}$$

Dimana :

e = bilangan alam = 2.7182818

Kala ulang merupakan nilai banyaknya tahun rata-rata dimana suatu besaran disamai atau dilampaui oleh suatu harga, sebanyak satu kali. Hubungan antara periode ulang dan probabilitas dapat dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$X_T = x + Sk$$

Dimana :

$X_T$  = Hujan Rencana (mm)

X = Nilai rata-rata dari hujan

S = Standart Deviasi

K = Variabel standart untuk X

$$K = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{sn}$$

$Y_n$  = reduced mean yang tergantung jumlah sampel /data n

$Sn$  = reduced variate yang juga tergantung pada data jumlah sampel/data n

### 2.7 Analisa Debit

Debit (discharge) atau besarna aliran sungai (stream flow) adalah volume aliran yang melalui suatu penampang melintang per satuan waktu. Biasanya dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik ( $m^3/detik$ ) atau liter per detik ( $l/detik$ ). Aliran adalah pergerakan air di dalam alur sungai. Pengukuran debit yang dilaksanakan disuatu pos duga air tujuannya terutama adalah untuk membuat lengkung debit dari pos duga air yang bersangkutan.

Debit rencana adalah debit dengan periode ulang tertentu yang sudah diperkirakan akan melalui suatu aliran. Perhitungan debit rencana menjadi bagian

yang sangat penting dalam perencanaan suatu saluran, karena besar kecilnya suatu debit rencana, akan menentukan besar kecilnya dimensi hidrolis dari suatu bangunan air. Metode untuk mendapatkan debit banjir rencana dapat menggunakan metode sebagai berikut Limpasan air permukaan merupakan air yang mengalir pada permukaan tanah yang diakibatkan oleh jenuhnya tanah atau melebihi kapasitas laju infiltrasi. Air yang terjatuh akan mengisi lekukan lekukan tanah (basin) dan kemudian air akan mengalir. Banjir limpasan merupakan air limpasan yang mengalir akibat dari penuhnya sungai yang meluap sehingga merusak daerah sekitar sungai.

Debit banjir dapat ditentukan berdasarkan hujan, intensitas hujan, kondisi tata guna lahan, dan luas daerah aliran sungai. Banyak metode yang dapat digunakan untuk memperkirakan debit puncak antara lain ialah metode rasional. Namun, penggunaan metode di atas tergantung pada data yang tersedia, tingkat detail perhitungan, dan tingkat bahaya kerusakan akibat banjir.

Metode Rasional dibuat dengan mengasumsikan banjir berasal dari intensitas curah hujan yang sama dan seragam dalam kurun waktu tertentu. Stasiun hujan yang ada di wilayah daerah aliran sungai diasumsikan bisa menangkap curah hujan dengan luasan yang luas. Metoda ini adalah yang tertua dan yang terkenal di antara rumus – rumus empiris. Metoda ini banyak digunakan untuk sungai – sungai biasa dengan daerah pengaliran yang luasnya lebih dari 100 km<sup>2</sup>, dan juga perencanaan drainase daerah pengaliran yang relatif sempit.

Rumus :

$$Q = 0,2778 \times C \times I \times A$$

dimana :

Q = debit banjir maksimum (m<sup>3</sup>/s)

C = koefisien aliran.

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

A = Luas daerah yang dialiri (km<sup>2</sup>).

Rumus rasional tersebut dapat diartikan bahwa jika terjadi hujan selama 1 jam dengan intensitas hujan 1mm/jam pada daerah aliran sungai seluas 1 km<sup>2</sup> , dengan asumsi besarnya koefisien aliran 0,2778 m<sup>3</sup>/s.

**Tabel 2. 2** Koefisien limpasan (oleh Dr. Mononobe)

Kondisi daerah pengaliran dan sungai	Harga dari C
Daerah pegunungan yang curam	0,75 – 0,90
Daerah pegunungan tersier	0,70 – 0,80
Tanah bergelombang dan hutan	0,50 – 0,75
Tanah dataran yang ditanami	0,45 – 0,60
Persawahan yang diairi	0,70 – 0,80
Sungai daerah pegunungan	0,75 – 0,85
Sungai kecil di dataran	0,45 – 0,75
Sungai besar yang lebih dari setengah daerah pengalirannya terdiri dari dataran	0,50 – 0,75

Metode ini mengasumsikan bahwa curah curah hujan mempunyai intensitas yang merata di seluruh daerah aliran sungai untuk durasi tertentu. Run-off merupakan faktor terpenting untuk mendapatkan hasil terbaik, waktu konsentrasi merupakan waktu terjadinya run-off dan mengalir dari jarak antara titik terjauh dai DAS ketitik yang ditinjau.

## 2.8 Modul Drainase

Modulus Drainase adalah jumlah kelebihan air yang harus dibuang per petak unit irigasi. Besarnya modulus drainase tergantung pada beberapa hal sebagai berikut :

1. Curah hujan selama periode tertentu.
2. Pemberian air pada waktu tertentu.
3. Luasnya daerah.
4. Perkolasi tanah.
5. Tampungan di sawah-sawah atau pada akhir periode yang bersangkutan.
6. Kebutuhan Air Tanaman.
7. Sumber-sumber kelebihan air yang lain.

Pembuangan permukaan untuk petak dinyatakan sebagai :

$$D(n) = R(n)_T + n(I - ET - P) - \Delta S$$



di mana :

$n$  = jumlah hari berturut-turut

$D(n)$  = limpasan pembuangan permukaan selama  $n$  hari, mm

$R(n)_T$  = curah hujan dalam  $n$  hari berturut-turut dengan periode ulang  $T$  tahun, mm

$I$  = pemberian air irigasi, mm/hari

$ET$  = evapotranspirasi, mm/hari

$P$  = Perkolasi, mm/hari

$\Delta S$  = tampungan tambahan, mm

Untuk modulus pembuang rencana dipilih curah hujan 1 hari dengan periode ulang 5 tahun. Kemudian modulus pembuang tersebut adalah :

$$D_m = \frac{D(n)}{n \times 8,64}$$

di mana :

$D_m$  = Modulus pembuang, l/s/ha

$D(n)$  = limpasan pembuang permukaan selama  $n$  hari, mm

$n$  = curah hujan harian

1 mm/hari = 1/8,64 l/s/ha

## 2.9 Evapotranspirasi

Evaporasi adalah penguapan air yang jatuh ke permukaan bumi sebagai persipitasi. Air yang diuapkan ini dapat berupa pengauapan air pada permukaan tanah, permukaan air atau air yang berada pada jatuh ke permukaan daun.

Transpirasi adalah air yang diserap melalui akar dan dialirkan melalui batang ke jaringan tanaman dan air ini sebagian kecil tertahan di jaringan dan sebagian besar menguap kembali ke udara melalui permukaan tanaman, khususnya permukaan daun.

Evapotranspirasi adalah besarnya kehilangan air akibat evaporasi dan akibat transpirasi. Hal ini mengingat dalam perhitungan sulit memisahkan banyaknya air untuk evaporasi dengan banyaknya air untuk transpirasi.

Evapotranspirasi tanaman adalah besarnya evapotranspirasi yang terjadi pada setiap tahapan pertumbuhan tanaman. Untuk menghitung Evapotranspirasi Tanaman ( $ET_c$ ), maka besarnya Evapotranspirasi Acuan ( $ET_o$ ) tersebut harus dikalikan dengan koefisien tanaman ( $k_c$ ), atau  $ET_c = ET_o \times k_c$ . Besarnya

koeffisien tanaman tersebut tergantung jenis tanaman, umur tanaman serta tingkat pertumbuhan tanaman.

### **2.9.1 Metoda Menghitung Evapotranspirasi Acuan**

Pada dasarnya untuk mengetahui besarnya evapotranspirasi ini harus dilakukan di lapangan. Namun kegiatan ini memerlukan waktu dan biaya. Karena itu dalam perencanaan irigasi, sering diperlukan ramalan besarnya evapotranspirasi berdasar data yang tersedia. Ada beberapa metoda yang selama ini digunakan, dan FAO melalui "*FAO Group on Crop Water Requirement*", telah menghasilkan pedoman yang dihasilkan melalui sidangnya di Lebanon tahun 1971 dan Roma tahun 1972. Pedoman ini kemudian dihaluskan lagi berdasar tanggapan yang diterima serta hasil uji coba penggunaan pedoman tersebut. Dan konsep pedoman tersusun pada tahun 1975 dan hasilnya adalah buku "*Crop Water Requirements*" yang diterbitkan oleh FAO pada tahun 1984.

Berdasar pedoman tersebut, ada 4 metoda yang direkomendasikan yaitu:

- Blaney Criddle
- Radiation
- Penman
- Pan evaporation

Perlu diperhatikan, bahwa pada waktu metoda Blaney - Criddle tersebut dikembangkan untuk pertama kalinya, tujuan metoda tadi bukanlah untuk meramal evapotranspirasi acuan, tapi untuk menghitung pemakaian konsumtif tanaman. Sedangkan metoda radiasi dan Penman, bertujuan meramal besarnya penguapan pada panci penguapan. Karena itu sesuai dengan hasil kelompok kerja FAO tersebut diatas, maka terhadap metoda-metoda tersebut telah dilakukan penyesuaian atau modifikasi. Karena itu walaupun dalam tulisan ini metoda aslinya disampaikan, tapi akhirnya yang digunakan adalah metoda yang telah dimodifikasikan oleh FAO dalam bukunya tersebut diatas. Dan bagaimanapun, karena ini adalah ramalan, maka tidak mustahil berbeda dengan besarnya evapotranspirasi yang dihasilkan dari pengukuran lapangan. Namun tentunya metoda ini akan membantu kita dalam menyusun perencanaan.

### 2.9.2 Perhitungan Evaporasi Acuan dengan Metode Penman

Rumus yang digunakan berikut ini adalah rumus Penman yang telah dimodifikasi oleh FAO seperti yang diuraikan dalam bukunya *Crop Water Requirement*, disajikan dalam bentuk:

$$\begin{array}{ll}
 E_{To} &= c \{W.R_n + (1 - W) f(u) (e_a - e_d)\} & f(T) &= \gamma T_k^4 \\
 R_n &= R_{ns} - R_{nl} & f(e_d) &= 0.34 - 0.044 \sqrt{e_d} \\
 R_{ns} &= (1 - \alpha) R_s & f(n/N) &= 0.1 + 0.9 n/N \\
 R_s &= (0.25 + 0.50 n/N)R_a & f(u) &= 0.27 (1 + u/100)
 \end{array}$$

Menurut FAO, besarnya  $\alpha$  diambil = 0,25.

Langkah-langkah perhitungan Evapotranspirasi acuan dengan metode Penman adalah sebagai berikut:

1. Kumpulkan data iklim yang diketahui seperti suhu rata-rata ( $T_{mean}$ ), kelembaban maksimum ( $RH_{max}$ ), kelembaban minimum ( $RH_{min}$ ), kecepatan angin 2 m dari tanah ( $U_2$ ), kecepatan angin di siang hari ( $U_{day}$ ), rasio kecepatan angin siang dan malam ( $U_d/U_n$ ).
2. Dari tabel 2.2 carilah nilai  $e_a$  sesuai dengan suhu rata-rata udara ( $T_{mean}$ ). Kalau yang diketahui suhu maksimum dan minimum, hitung rata-rata suhu.
3. Carilah harga  $e_d$  dengan rumus  $e_d = RH \text{ rata-rata} \times e_a$ , nilai  $e_a$  dari langkah (2).
4. Hitunglah  $(e_a - e_d)$  dengan menggunakan nilai  $e_a$  dan  $e_d$  dari langkah (2) dan (3).
5. Hitunglah  $f(U) = 0,27(1 + U_2/100)$  atau dengan menggunakan tabel 2.3.
6. Carilah faktor penimbang  $(1 - W)$  dari t daftar 2.4.
7. Carilah nilai  $R_a$  dari tabel 2.5 sesuai dengan garis lintang lokasi yang ditinjau.
8. Masukkan data penyinaran matahari yang terjadi ( $n$ ).
9. Cari besarnya jam penyinaran matahari yang mungkin ( $N$ ) untuk bulan dan garis lintang yang ditinjau, dari tabel 2.6.
10. Hitung  $n/N$  dimana nilai  $n$  dan  $N$  didapat dari langkah (8) dan (9).
11. Hitung besarnya  $R_s = [0,25 + 0,50 (n/N)].R_a$  dengan nilai  $n/N$  dari langkah (10) dan  $R_a$  dari langkah (7).

12. Hitunglah nilai  $Rns = (1 - \alpha) Rs$  dengan menggunakan nilai  $Rs$  dari langkah (11) dan ambil  $\alpha = 0,25$ .
13. Carilah nilai  $f(T) = \alpha \cdot Tk^4$  dengan menggunakan tabel 2.7.
14. Carilah  $f(ed) = 0,34 - 0,044 \sqrt{ed}$  atau dengan menggunakan tabel 2.8.
15. Carilah nilai  $f(n/N) = 0,1 + 0,9 n/N$  atau dengan menggunakan tabel 2.9.
16. Hitunglah nilai  $Rnl = f(T) \cdot f(ed) \cdot f(n/N)$  dari nilai yang didapat dari langkah (13), (14), dan (15).
17. Hitunglah  $Rn = Rns - Rnl$  dengan menggunakan nilai dari  $Rns$  dari langkah (12) dan nilai  $Rnl$  dari langkah (16).
18. Carilah nilai faktor penimbang ( $W$ ) dari tabel 2.10.
19. Carilah besarnya faktor penyesuaian ( $c$ ) dari tabel 2.11.
20. Hitunglah nilai  $Eto = c \cdot [W \cdot Rn + (1 - W) \cdot f(U) \cdot (ea - ed)]$  dengan nilai  $c$  dari langkah (18),  $W$  dari langkah (18),  $Rn$  dari langkah (17), nilai  $(1 - W)$  dari langkah (6),  $f(U)$  dari langkah (5) serta  $(ea - ed)$  dari langkah (4). Hasil akhir dari perhitungan  $Eto$  ini dalam satuan mm/hari.

Hitunglah nilai  $Eto$  dalam satuan mm/bulan dengan cara mengalikan langkah (20) dengan jumlah hari pada tiap bulannya.

**Tabel 2. 3** Besarnya  $ea$  dalam mbar Berdasar Suhu dalam Derajat Celcius.

Suhu udara	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Tekanan uap jenuh	6.1	6.6	7.1	7.6	8.1	8.7	9.3	10	10.7	11.5	12.3	13.1	14	15

Suhu udara	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Tekanan uap jenuh	16.1	17	18.2	19.4	20.6	22	23.4	24.9	26.4	28.1	29.8	31.7	33.6	35.7

Suhu udara	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39		
Tekanan uap jenuh	37.8	40.1	42.4	44.9	47.6	50.3	53.2	56.2	59.4	62.8	66.3	69.9		

**Tabel 2. 4** Besarnya Faktor Angin  $f(u) = 0,27(1 + u^2/100)$  untuk Kecepatan Angin dalam km/hari.

Angin (km/hari)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
		0.3	0.32	0.35	0.38	0.41	0.43	0.46	0.49	0.51
100	0.54	0.57	0.59	0.62	0.65	0.68	0.7	0.73	0.76	0.78
200	0.81	0.84	0.86	0.89	0.92	0.95	0.97	1	1.03	1.05
300	1.08	1.11	1.13	1.16	1.19	1.22	1.24	1.27	1.3	1.32
400	1.35	1.38	1.4	1.43	1.46	1.49	1.51	1.54	1.57	1.59
500	1.62	1.65	1.67	1.7	1.73	1.76	1.78	1.81	1.84	1.86
600	1.89	1.92	1.94	1.97	2	2.03	2.05	2.08	2.11	2.13
700	2.16	2.19	2.21	2.24	2.27	2.3	2.32	2.35	2.38	2.4
800	2.43	2.46	2.48	2.51	2.54	2.57	2.59	2.62	2.65	2.67
900	2.7									

**Tabel 2. 5** Besarnya Faktor Penimbang ( 1-W ) Berdasar Suhu Rata-rata dan Ketinggian.

Suhu udara rata-rata (°C)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Ketinggian (m)	0	0,57	0,54	0,51	0,48	0,45	0,42	0,39	0,36	0,34
	500	0,56	0,52	0,49	0,46	0,43	0,4	0,38	0,35	0,33
	1000	0,54	0,51	0,48	0,45	0,42	0,39	0,36	0,34	0,31
	2000	0,51	0,48	0,45	0,42	0,39	0,36	0,34	0,31	0,29
	3000	0,48	0,45	0,42	0,39	0,36	0,34	0,31	0,29	0,27
	4000	0,46	0,42	0,39	0,36	0,34	0,31	0,29	0,27	0,25
Suhu udara rata-rata (°C)	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
Ketinggian (m)	0,29	0,27	0,25	0,23	0,22	0,2	0,18	0,17	0,16	0,15
	0,28	0,26	0,24	0,22	0,21	0,19	0,18	0,16	0,15	0,14
	0,27	0,25	0,23	0,21	0,2	0,18	0,17	0,15	0,14	0,13
	0,25	0,23	0,21	0,19	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12
	0,23	0,21	0,19	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11
	0,21	0,19	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13	0,11	0,1	0,1

**Tabel 2. 6** Radiasi Matahari pada Berbagai Garis Lintang.

Belahan bumi utara												
	Jan	Feb	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
50	3.8	6.1	9.4	12.7	15.8	17.1	16.4	14.1	10.9	7.4	4.5	3.2
48	4.3	6.6	9.8	13	15.9	17.2	16.5	14.3	11.2	7.8	5	3.7
46	4.9	7.1	10.2	13.3	16	17.2	16.6	14.5	11.5	8.3	5.5	4.3
44	5.3	7.6	10.6	13.7	16.1	17.2	16.6	14.7	11.9	8.7	6	4.7
42	5.9	8.1	11	14	16.2	17.3	16.7	15	12.2	9.1	6.5	5.2
40	6.4	8.6	11.4	14.3	16.4	17.3	16.7	15.2	12.5	9.6	7	5.7
38	6.9	9	11.8	14.5	16.4	17.2	16.7	15.3	12.8	10	7.5	6.1
36	7.4	9.4	12.1	14.7	16.4	17.2	16.7	15.4	13.1	10.6	8	6.6
34	7.9	9.8	12.4	14.8	16.5	17.1	16.8	15.5	13.4	10.8	8.5	7.2
32	8.3	10.2	12.8	15	16.5	17	16.8	15.6	13.6	11.2	9	7.8
30	8.8	10.7	13.1	15.2	16.5	17	16.8	15.7	13.9	11.6	9.5	8.3
28	9.3	11.1	13.4	15.3	16.5	16.8	16.7	15.7	14.1	12	9.9	8.8
26	9.8	11.5	13.7	15.3	16.4	16.7	16.6	15.7	14.3	12.3	10.3	9.3
24	10.2	11.9	13.9	15.4	16.4	16.6	16.5	15.8	14.5	12.6	10.7	9.7
22	10.7	12.3	14.2	15.5	16.3	16.4	16.4	15.8	14.6	13	11.1	10.2
20	11.2	12.7	14.4	15.6	16.3	16.4	16.3	15.9	14.8	13.3	11.6	10.7
18	11.6	13	14.6	15.6	16.1	16.1	16.1	15.8	14.9	13.6	12	11.1
16	12	13.3	14.7	15.6	16	15.9	15.9	15.7	15.1	14.1	12.8	12
14	12.4	13.6	14.9	15.7	15.8	15.7	15.7	15.7	15.1	14.1	12.8	12
12	12.4	13.6	15.1	15.7	15.7	15.5	15.5	15.6	15.2	14.4	13.3	12.5
10	13.2	14.2	15.3	15.7	15.5	15.3	15.3	15.5	15.3	14.7	13.6	12.9
8	13.6	14.5	15.3	15.6	15.3	15	15.1	15.4	15.3	14.8	13.9	13.3
6	13.9	14.8	15.4	15.4	15.1	14.7	14.9	15.2	15.3	15	14.2	13.7
4	14.3	15	15.5	15.5	14.9	14.4	14.6	15.1	15.3	15.1	14.5	14.1
2	14.7	15.3	15.6	15.3	14.6	14.2	14.3	14.9	15.3	15.3	14.8	14.4
0	15	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8

**Tabel 2. 7** Besarnya Jam Penyinaran Matahari yang Mungkin Berdasarkan Garis Lintangnya

Lintang Utara												
G.L.	Jan.	Pebr.	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agus.	Sept.	Okt.	Nop.	Des.
0	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
5	11.8	11.9	12	12.2	12.3	12.4	12.3	12.3	12.1	12	11.9	11.8
10	11.6	11.8	12	12.3	12.6	12.7	12.6	12.4	12.1	11.8	11.6	11.5
15	11.3	11.6	12	12.5	12.8	13	12.9	12.6	12.2	11.8	11.4	11.2
20	11	11.5	12	12.6	13.1	13.3	13.2	12.8	12.3	11.7	11.2	10.9
25	10.7	11.3	12	12.7	13.3	13.7	13.5	13	12.3	11.6	10.9	10.6
30	10.4	11.1	12	12.9	13.6	14	13.9	13.2	12.4	11.5	10.6	10.2
35	10.1	11	11.9	13.1	14	14.5	14.3	13.5	12.4	11.3	10.3	9.8
40	9.6	10.7	11.9	13.3	14.4	15	14.7	13.7	12.5	11.2	10	9.3
42	9.4	10.6	11.9	13.4	14.6	15.2	14.9	13.9	12.6	11.1	9.8	9.1
44	9.3	10.5	11.9	13.4	14.7	15.4	15.2	14	12.6	11	9.7	8.9
46	9.1	10.4	11.9	13.5	14.9	15.7	15.4	14.2	12.6	10.9	9.5	8.7
48	8.8	10.2	11.8	13.6	15.2	16	15.6	14.3	12.6	10.9	9.3	8.3
50	8.5	10.1	11.8	13.8	15.4	16.3	15.9	14.5	12.7	10.8	9.1	8.1

**Tabel 2. 8** Pengaruh Suhu  $f(T)$  terhadap Radiasi Gelombang Panjang ( $R_{nl}$ ).

T °C	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
$f(T) = \gamma T k^4$	11	11.4	11.7	12	12.4	12.7	13.1	13.5	13.8	14.2
T °C	20	22	24	26	28	30	32	34	36	
$f(T) = \gamma T k^4$	14.6	15	15.4	15.9	16.3	16.7	17.2	17.7	18.1	

**Tabel 2. 9** Besarnya Faktor Kelembaban  $f(ed)$  pada Berbagai Tekanan Uap ( $ed$ ) dalam Menghitung Radiasi Gelombang Panjang Netto ( $R_{nl}$ ).

$ed$ (mbar)	6	8	10	12	14	16	18	20	22
$f(ed)=0.34-0.044 ed$	0.23	0.22	0.2	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13
$ed$ (mbar)	24	26	28	30	32	34	36	38	40
$f(ed)=0.34-0.044 ed$	0.12	0.12	0.11	0.1	0.09	0.08	0.08	0.07	0.06

**Tabel 2. 10** Besarnya  $f(n/N)$  untuk Menghitung Besarnya ( $R_{nl}$ ).

$n/N$	0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5
$f(n/N) = 0.1 + 0.9n/N$	0.1	0.15	0.19	0.24	0.28	0.33	0.37	0.42	0.46	0.51	0.55
$n/N$	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	1	
$F(n/N)=0.1+0.9n/N$	0.6	0.64	0.69	0.73	0.78	0.82	0.87	0.91	0.96	1	

**Tabel 2. 11** Besarnya Faktor Penimbang ( $W$ ) Berdasar Suhu Rata-rata dan Ketinggian

Suhu udara rata-rata	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	
Ketinggian	0	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7
	500	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7
	1000	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7
	2000	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7
	3000	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8
	4000	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8
Suhu udara rata-rata	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	
Ketinggian	0	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	
	500	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	
	1000	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	
	2000	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	
	3000	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	
	4000	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	

**Tabel 2. 12** Besarnya Faktor Penyesuaian (c) untuk Perhitungan ETo dengan Metoda Penman.

Rs mm/day	RHmax = 30 %				RHmax = 60 %				RHmax = 90 %					
	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12		
Uday m/sc	Uday/Unight = 4.0													
0	0.86	1	1	1	0	0.96	0.98	1.05	1.05	0	1.02	1.06	1.1	1.1
3	0.79	0.84	0.92	0.97	3	0.92	1	1.11	1.19	3	0.99	1.1	1.27	1.32
6	0.68	0.77	0.87	0.93	6	0.85	0.96	1.11	1.19	6	0.94	1.1	1.26	1.33
9	0.55	0.65	0.78	0.9	9	0.76	0.88	1.02	1.14	9	0.88	1.01	1.16	1.27
	Uday/Unight = 3.0													
0	0.86	1	1	1	0	0.96	0.98	1.05	1.05	0	1.02	1.06	1.1	1.1
3	0.76	0.81	0.88	0.94	3	0.87	0.96	1.06	1.12	3	0.94	1.04	1.18	1.28
6	0.61	0.68	0.81	0.88	6	0.77	0.88	1.02	1.1	6	0.86	1.01	1.15	1.22
9	0.46	0.56	0.72	0.82	9	0.67	0.79	0.88	1.05	9	0.78	0.92	1.06	1.18
	Uday/Unight = 2.0													
0	0.86	1	1	1	0	0.96	0.98	1.05	1.05	0	1.02	1.06	1.1	1.1
3	0.69	0.76	0.85	0.92	3	0.83	0.91	0.99	1.05	3	0.89	0.98	1.1	1.14
6	0.53	0.61	0.74	0.84	6	0.7	0.8	0.94	1.02	6	0.79	0.92	1.05	1.12
9	0.37	0.48	0.65	0.76	9	0.59	0.7	0.84	0.95	9	0.71	0.81	0.96	1.06
	Uday/Unight = 1.0													
0	0.86	1	1	1	0	0.96	0.98	1.05	1.05	0	1.02	1.06	1.1	1.1
3	0.64	0.71	0.82	0.89	3	0.78	0.86	0.94	0.99	3	0.85	0.92	1.01	1.05
6	0.43	0.53	0.68	0.79	6	0.62	0.7	0.84	0.93	6	0.72	0.82	0.95	1
9	0.27	0.41	0.59	0.7	9	0.5	0.6	0.75	0.87	9	0.62	0.72	0.87	0.96

## 2.10 Hidrotopografi

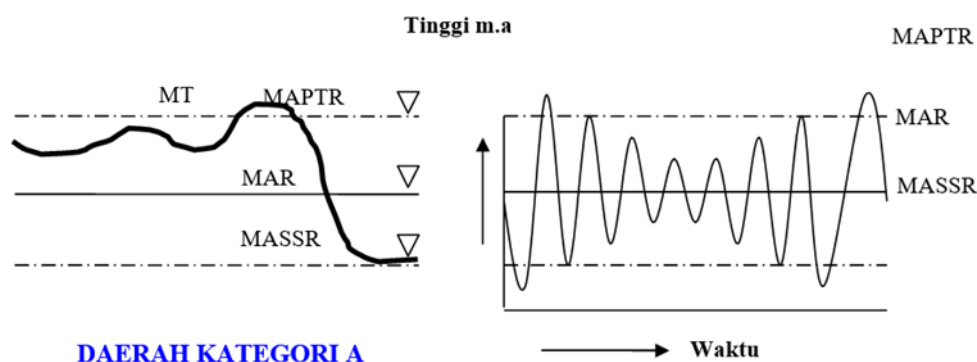
Kondisi hidrotopografi didefinisikan sebagai perbandingan relatif antara elevasi lahan dengan elevasi muka air sungai atau muka air saluran terdekat. Kondisi ini sangat penting dalam menentukan potensi lahan untuk pengembangan pertanian. Umumnya dikenal 4 (empat) kategori hidrotopografi lahan rawa pasang surut sebagai berikut.

### 1. Kategori A (areal yang terluapi air pasang)

Lahan dapat diluapi oleh air pasang paling sedikit 4 atau 5 kali selama 14 hari siklus pasang purnama, baik musim hujan maupun musim kemarau. Umumnya areal ini terletak di lahan cekungan atau dekat dengan muara sungai. Dalam hubungannya dengan pengembangan pertanian daerah ini dapat dikembangkan menjadi lahan persawahan yang baik, oleh karena kebutuhan air bagi budidaya pertanian selalu tersedia setiap waktu. Dengan demikian lahan



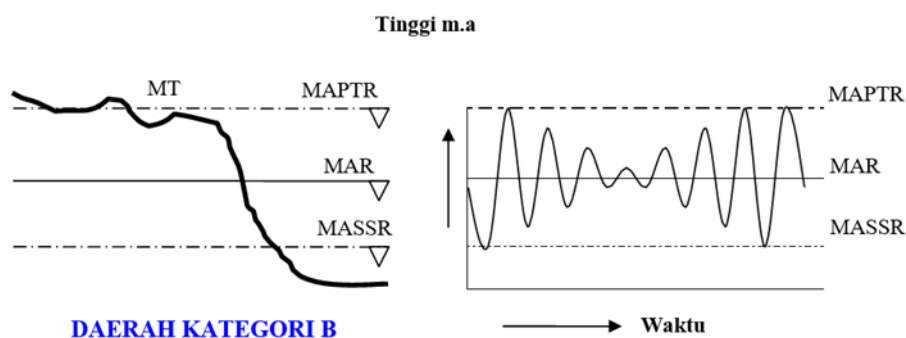
persawahannya memiliki peluang untuk diusahakan penanaman padi 2 kali setahun.



**Gambar 2. 1** Hidrotopografi Lahan Kategori A

2. Kategori B (arealnya secara periodik terluapi air pasang)

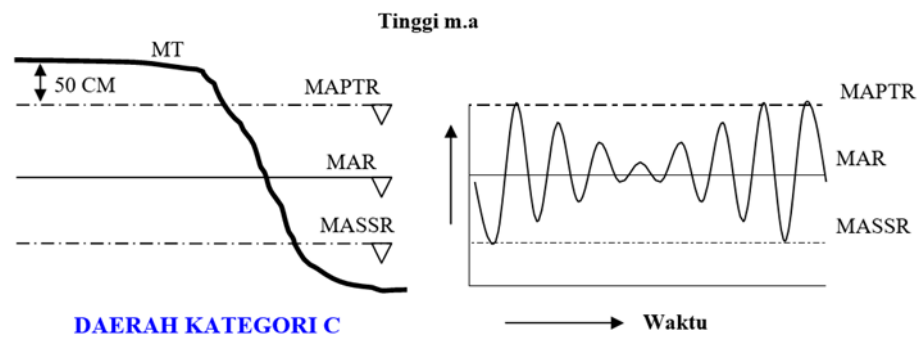
Lahan dapat diluapi oleh air pasang paling sedikit 4 atau 5 kali selama 14 hari siklus pasang purnama, hanya di musim hujan saja. Daerah ini dapat dikembangkan mejadi lahan pertanian, namun karena terbatasnya penyediaan air hanya dapat ditanami padi 1 kali setahun diikuti tanaman palawija.



**Gambar 2. 2** Hidrotopografi Lahan Kategori B

3. Kategori C (arealnya di atas elevasi muka air pasang tinggi)

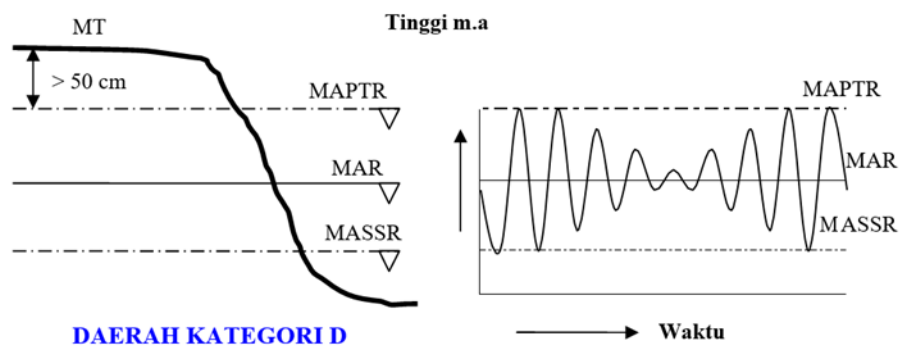
Lahan tidak dapat terluapi air pasang secara reguler, tetapi air pasang masih mempengaruhi muka air tanah. Elevasi lahan yang relatif tinggi dapat mengakibatkan banyaknya kehilangan air lewat rembesan yang akan menyebabkan sulitnya atau tidak mungkinnya upaya menahan lapisan air di lahan persawahan. Budidaya tanaman palawija dan tanaman keras lebih cocok dilahan ini. Daerah ini sangat tergantung pada curah hujan dan lahan semacam ini cocok untuk ditanami palawija pada musim hujan maupun kemarau dan lahan ini cocok untuk tanaman keras diantaranya kelapa dan pinang.



**Gambar 2. 3** Hidrotopografi Lahan Kategori C

4. Kategori D (lahan kering)

Lahan ini sama sekali tidak dipengaruhi oleh air pasang surut, sangat cocok untuk budidaya palawija dan tanaman keras. Lahan ini tidak pernah terluapi walaupun oleh pasang tinggi. Tidak ada pengaruh pasang surut pada air tanah. Palawija dan tanaman keras lebih baik dibandingkan padi.



**Gambar 2. 4** Hidrotopografi Lahan Kategori D

Keterangan :

MAPTR = Muka Air Pasang Tinggi Rata-rata

MAR = Muka Air Rata-rata

MASRR = Muka Air Surut Rendah Rata-rata

MA = Muka Air

MT = Muka Tanah

Berdasarkan kondisi hidrotopografi lahan, peluang irigasi pasang surut dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

Klas 1 : kedalaman irigasi pasang surut lebih dari 0,25 m baik di musim hujan maupun musim kemarau

Klas 2 : kedalaman irigasi pasang surut antara 0,00 - 0,25 m baik di musim hujan maupun musim kemarau

Klas 3 : tidak ada irigasi pasang surut.

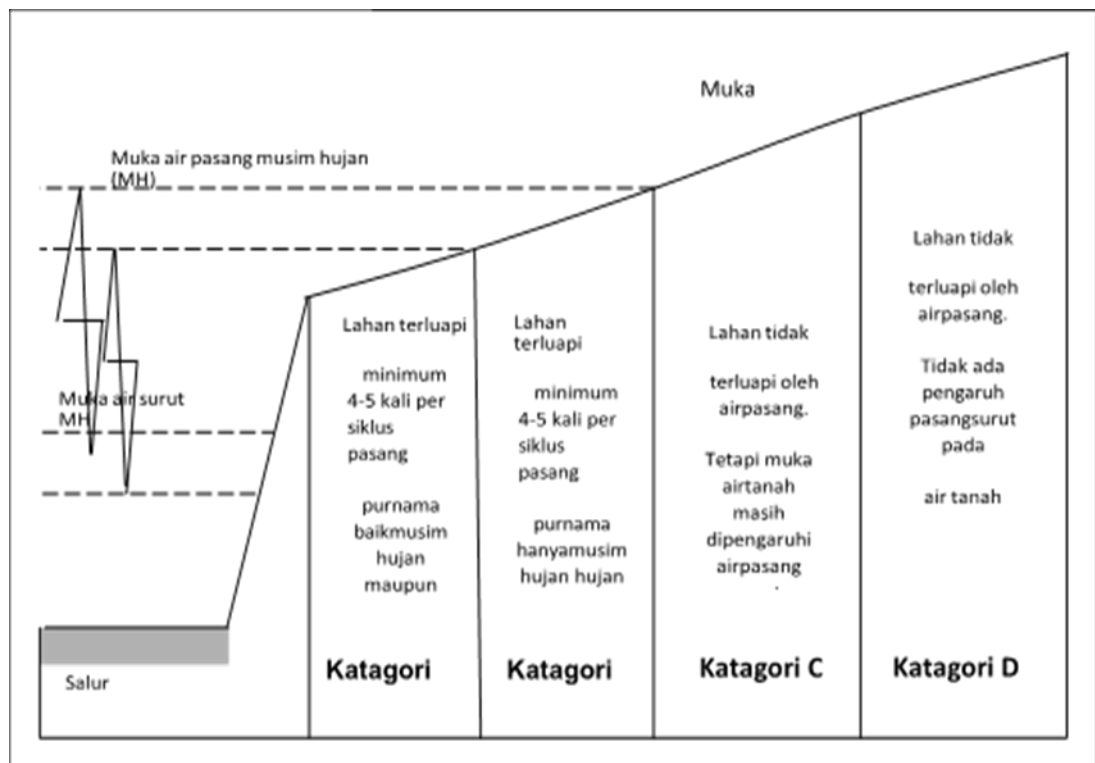
Drainabilitas didefinisikan sebagai kedalaman dasar drainase yang harus ditetapkan berdasarkan kondisi topografi lahan, muka air rata-rata pada saluran terbuka dan potensi kehilangan air hidraulis dari lahan pertanian sampai pada sistem saluran sebagai berikut :

Klas 1 : dasar drainase di atas muka tanah

Klas 2 : dasar drainase antara 0,00 – 0,20 m di bawah muka tanah

Klas 3 : dasar drainase antara 0,20 – 0,60 m di bawah muka tanah

Klas 4 : dasar drainase lebih dari 0,60 m di bawah muka tanah.



**Gambar 2. 5** Hidrotopografi Lahan Kategori A,B,C,D

## 2.11 Pintu Air

Pintu air merupakan bangunan memotong tanggul sungai yang berfungsi sebagai pengatur aliran air untuk pembangunan ( drainase ), penyadapan, dan pengatur lalu lintas air. Pintu air sebagai penyadap berfungsi untuk mengatur besarnya debit air yang dialirkan ke dalam system saluran air, sehingga pintunya dapat diatur sesuai dengan debit yang diinginkan, sebagai pengatur lalu lintas air, pintu air selalu dibuka dan di tutup secara periodik sebagai lalu lintas pelayaran kapal – kapal (Sosrodarsono, 1994).

Menurut Soedibyo (1993), bagian – bagian yang penting dari pintu air antara lain :

1. Daun pintu ( gate leaf ).

Adalah bagian pintu air yang menahan tekanan air dan dapat digerakkan untuk membuka, mengatur dan menutup aliran air, pada pintu air yang berat dapat digunakan roda – roda ( roller ) agar gerakkannya menjadi ringan.

2. Rangka pengatur arah gerakan ( guide frame ).

Adalah alur dari baja atau besi yang dipasang masuk ke dalam beton ayang digunakan untuk menjaga agar gerakan dari daun pintu sesuai dengan yang direncanakan, agar tidak ada rembesan air maka digunakan lapisan penutup (seal) yang kuat dan rapat.

3. Angker ( anohorage ).

Adalah baja atau besi yang ditanam dalam beton dan digunakan untuk menahan rangka pengatur arah gerakan agar dapat memindahkan muatan dari pintu air ke dalam konstruksi beton.

4. Hoist.

Adalah alat untuk menggerakkan daun pintu air agar dapat dibuka dan ditutup dengan mudah.



**Gambar 2. 6** Pintu Air

Untuk melakukan perhitungan pengoprasian bukaan pintu air berdasarkan tinggi muka air di lahan, dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$a = \frac{Q}{\alpha \cdot b \sqrt{2} \cdot g \cdot h}$$

Dimana :

a = tinggi bukaan pintu (m)

$\alpha$  = koefisien debit

b = lebar pintu (m)

g = gravitasi (m/s)

h = tinggi air dibelakang pintu (m)

Q = debit (m<sup>3</sup>/s)