

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu menjadi salah satu acuan dan juga referensi penulis dalam melakukan penelitian sehingga penulis dapat memperkaya teori, metode dan juga perhitungan yang digunakan dalam mengkaji penelitian yang dilakukan. Dari penelitian terdahulu, penulis tidak menemukan penelitian dengan judul yang sama seperti judul penelitian penulis. Namun penulis mengangkat beberapa judul penelitian sebagai referensi dalam memperkaya bahan kajian pada penelitian penulis. Berikut ini merupakan penelitian terdahulu berupa jurnal terkait dengan penelitian yang akan dilakukan penulis :

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Judul	Kesimpulan
1	1). Yuliya Mahdalena Hidayat 2). Dhemi Harlan 3). Winskayati	Kajian Optimalisasi Penggunaan Air Irigasi di Daerah Irigasi Wanir Kabupaten Bandung	Hasil optimalisasi yaitu bahwa perubahan waktu pengolahan lahan sebaiknya dari 30 hari menjadi 15 hari, besarnya kebutuhan air maksimal yang tadinya kekurangan air, dengan cara pemberian air secara terus menerus, tapi masih menunjukkan terjadi kekurangan air pada awal musim tanam. Cara pemberian air sebaiknya tidak dilakukan secara terus menerus, tetapi dengan cara pemberian air secara bergiliran.
2	1). Herry Hajiansyah 2). Fransiskus Higang 3). Azwa Nirmala	Studi Optimalisasi Daerah Irigasi Tunjuk Kecamatan Tanah Pinoh Kabupaten Melawi Provinsi Kalimantan Barat	Debit andalan maksimum sebesar 161 lt/dt, debit andalan minimum sebesar 54 lt/dt. Kebutuhan air irigasi maksimum adalah sebesar 92,62 lt/dt. Luas areal maksimum yang terairi adalah 53,46 ha. Pada bulan-bulan permulaan tanam yang kekurangan air dapat dilakukan pemberian air dengan cara rotasi atau bergiliran.

3	<ol style="list-style-type: none"> <li>1). Fauriza Patirajawane</li> <li>2). Rini Wahyu Sayekti</li> <li>3). Endang Purwati</li> </ol>	<p>Studi Optimasi Distribusi Pemanfaatan Air di Daerah Irigasi Melik Kabupaten Jombang Dengan Menggunakan Program Linier</p>	<p>Luas total eksisting (1.833 ha) dipilih pola tanam eksisting yaitu Padi, Palawija, Tebu-Padi, Palawija, TebuPalawija, Tebu, dengan intensitas tanaman selama satu tahun sebesar 300% dan keuntungan sebesar Rp 136.419.700.000,00. Sedangkan untuk luas total setelah pengembangan (2.152 ha) dipilih pola tanam eksisting yaitu Padi, Palawija, Tebu-Padi, Palawija, Tebu-Palawija, Tebu, dengan intensitas tanaman selama satu tahun sebesar 300% dan keuntungan sebesar Rp 147.018.500.000,00.</p>
4	<ol style="list-style-type: none"> <li>1). Dave Steve Kandey</li> <li>2). Liany A. Hendratta</li> <li>3). Jeffry S. F. Sumarauw</li> </ol>	<p>Optimalisasi Pemanfaatan Sungai Polimaan Untuk Pemenuhan Kebutuhan Air Irigasi</p>	<p>Dari 18 pola tanam yang dibuat, 15 diantaranya masih mengalami kekurangan air. Pola tanam yang tidak mengalami kekurangan air merupakan Pola Tanam 18, 17 dan 16.</p>
5	<ol style="list-style-type: none"> <li>1). Eko Noerhayati</li> <li>2). Bambang Suprpto</li> <li>3). Al Adlu Syahid</li> </ol>	<p>Peningkatan Keuntungan Melalui Optimasi Sistem Pemberian Air Daerah Irigasi Molek dengan Program Linier</p>	<p>Keuntungan maksimum didapat dari hasil optimasi pada pola tata tanam alternative III, yaitu sebesar Rp 86.483.810.550,00.</p>
6	<ol style="list-style-type: none"> <li>1). Ahmad Syarif Sukri</li> <li>2). Fatma Balany</li> </ol>	<p>Studi Optimalisasi Operasi Pembagian Air Pada Jaringan Irigasi Wawotobi Kecamatan Unaaha Kabupaten Konawe (Studi Kasus : Jaringan Irigasi BW1-BUn.5Tg)</p>	<p>Pola tanam padi-padi didapat hasil perhitungan kebutuhan air maksimum pada jaringan irigasi BW1-BUn.5Tg pada saat musim tanam pertama adalah 8,50 mm/hari. Pada saat musim tanam ke dua adalah 10,95 mm/hari dengan angka setimbangan air yang cukup tinggi yakni 1.538 saat persiapan lahan. Upaya yang dapat dilakukan untuk mengoptimalkan operasi pembagian air dengan ketersediaan air yang cukup melimpah adalah pembagian air secara serentak dengan tinggi bukaan pada pintu air diperkecil agar air yang mengalir pada</p>

			saluran sesuai dengan kebutuhan air pada tanaman.
7	1). Aniessa Rinny Asnaning 2). Muhammad Idrus 3). Kelik Istanto	Optimasi Pemberian Air Irigasi Berdasarkan Penggeseran Jadwal Tanam Terhadap Luas Tanam Maksimum (Studi Kasus Daerah Irigasi Sekampung Batanghari Kabupaten Lampung Tengah)	Hasil optimasi didapatkan bahwa luas tanam maksimum yang dapat ditanami yaitu pada penggeseran awal musim tanam pertama pada bulan Januari atau Mei dengan intensitas tanam sebesar 230% dengan total luas lahan yang dapat ditanami sebesar 1.823,77 ha per tahun, sedangkan luas tanam minimum yang dapat ditanami yaitu pada penggeseran awal musim tanam pertama pada bulan November dengan intensitas tanam sebesar 134% dengan total luas lahan yang dapat ditanami sebesar 1.062,71 ha per tahun.
8	Era Silvia	Studi Optimasi Pemberian Air Irigasi Pada Saluran Induk Peterongan Daerah Irigasi Mrican Kanan	Hasil produksi pertanian maksimal Rp 481.555.100,00 pada Desember I dengan pola tata tanam padi/palawija - padi/palawija-palawija dan pola tata tanam padi/palawija-padi/palawijapadi/palawija pada Januari I dengan luas tanam maksimal 18.569,58 ha
9	Hariyanto	Analisis Penerapan Sistem Irigasi Untuk Peningkatan Hasil Pertanian di Kecamatan Cepu Kabupaten Blora	Jenis jaringan irigasi tertutup debit air rata 0,042 m <sup>3</sup> /menit mampu menggenangi lahan rata-rata 0,5 ha selama 40 jam (dua hari) air mengalir ke area persawahan, pola tanam dengan Metode SRI yang menerapkan 2/10 untuk mencapai hasil optimal dan efisien penggunaan air.
10	1). I Nyoman Sedana Triadi 2). I Nyoman Anom P Winaya 3). I Wayan Sudiasa	Optimalisasi Kebutuhan Air Irigasi di Daerah Irigasi Sengempel Kabupaten Badung	Pola tanam yang paling optimal dan efisien dari 4 (empat) alternatif yang diusulkan di Daerah Irigasi Sengempel adalah alternatif pertama dengan mulai tanam padi pertama pada tanggal 1 Oktober, padi kedua pada tanggal 1 Februari dan mulai tanam palawija tanggal 1 Mei, dan total kebutuhan air

			irigasi untuk luas persawahan 952,925 lt/dt atau 0,952 m <sup>3</sup> /dt.
--	--	--	--

Sumber : Studi Literatur, 2022

## 2.2. Tujuan dan Manfaat Irigasi

Menurut Peraturan Pemerintah nomor 23 ayat 1 tahun 1982, tujuan irigasi disediakan dan dimanfaatkan adalah untuk memperoleh hasil produksi yang optimal dari semua usaha pertanian yang mendapatkan manfaat dari air irigasi. Tujuan irigasi secara teknis adalah menampung dan mengumpulkan air serta melancarkan jalannya air dari daerah-daerah tergenang (inundasi). Tujuan irigasi secara langsung adalah untuk membasahi tanah agar dicapai suatu kondisi tanah yang baik untuk pertumbuhan tanaman dalam hubungannya dengan prosentase kandungan air dan udara sebagai pengangkut bahan-bahan pupuk untuk perbaikan tanah. Irigasi menunjang produksi pertanian melalui cara-cara berikut:

- a. Mengatur suhu tanah, misalnya pada suatu daerah yang suhu tanahnya terlalu tinggi dan tidak sesuai untuk pertumbuhan tanaman, maka suhu tanah tersebut dapat disesuaikan dengan cara mengalirkan air yang bertujuan menurunkan suhu.
- b. Pemberantasan hama, sebagai salah satu contohnya adalah dengan penggenangan air irigasi, maka liang atau lubang tempat tikus bersarang akan direndam oleh air dan tikus akan keluar sehingga lebih mudah dalam pemberantasannya.
- c. Membersihkan tanah, yaitu dilakukan pada tanah yang tidak subur akibat adanya unsur-unsur racun dalam tanah. Salah satu usaha untuk membersihkan tanah, antara lain dengan menggenangkan air sawah untuk melarutkan unsur-unsur berbahaya tersebut, kemudian air genangan tersebut dialirkan ke tempat pembuangannya.
- d. Memperbaiki permukaan air tanah, misalnya dengan perembesan melalui dinding-dinding saluran, permukaan air tanah dapat

mempertinggi dan memungkinkan tanaman untuk mengambil air melalui akar-akar meskipun permukaan tanah tidak dibasahi.

- e. Membersihkan bangunan air kotor, misalnya dengan prinsip pengeceran, karena tanpa pengeceran tersebut air kotor dari kota akan berpengaruh jelek bagi pertumbuhan tanaman.
- f. Kulmatasi, yaitu menimbun tanah-tanah rendah dengan jalan mengalirkan air berlumpur dan sebagai akibat dari endapan lumpur tersebut maka tanah yang rendah akan menjadi cukup tinggi, sehingga genangan yang terjadi selanjutnya tidak terlampau dalam, kemudian dimungkinkan adanya usaha pertanian.

Dengan irigasi diharapkan air dari sungai dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air bagi pertanian. Kebutuhan air tanaman dapat dijaga keberadaannya dalam meningkatkan produksi tanaman. Dengan begitu masalah kekurangan pangan dan sandang dapat diatasi. Lebih lanjut meningkatkan produksi tanaman ini akan meningkatkan pendapatan petani.

### **2.3. Kebutuhan Air Irigasi**

Tanaman membutuhkan air agar ia dapat tumbuh dan berproduksi dengan baik. Air tersebut dapat berasal dari air hujan maupun air irigasi. Air irigasi adalah sejumlah air yang umumnya diambil dari sungai atau waduk dan dialirkan melalui jaringan sistem irigasi, guna menjaga keseimbangan jumlah air di lahan pertanian, sehingga sesuai dengan kebutuhan tanaman. (Suhardjono, 1994: 6).

#### **2.3.1. Evapotranspirasi**

##### **2.3.1.1. Evaporasi**

Evaporasi (penguapan) merupakan peristiwa berubahnya air menjadi uap dan bergerak dari permukaan tanah dan permukaan air ke udara (Sosrodarsono, 1976: 57). Evaporasi merupakan faktor penting dalam studi tentang pengembangan sumber-sumber daya air.

Evaporasi sangat mempengaruhi debit sungai, besarnya kapasitas waduk, besarnya kapasitas pompa untuk irigasi, penggunaan konsumtif (consumptive use) untuk tanaman dan lain-lain.

Air akan menguap dari tanah, baik tanah gundul atau yang tertutup oleh tanaman dan pepohonan, pada permukaan yang tidak tembus air seperti atap dan jalan raya, air bebas mengalir. Laju evaporasi atau penguapan akan berubah-ubah menurut warna dan sifat pemantulan permukaan (albedo) dan hal lain juga akan berbeda untuk permukaan yang langsung tersinari oleh matahari dan yang terlindungi dari sinar matahari.

Besarnya faktor meteorologi yang mempengaruhi besarnya evaporasi adalah sebagai berikut (Soemarto, 1986: 43):

1. Radiasi matahari

Evaporasi merupakan konversi air ke dalam uap air. Proses ini terjadi hampir tanpa berhenti di siang hari dan kerap kali juga di malam hari. Perubahan dari keadaan cair menjadi gas ini memerlukan energi berupa panas latent untuk evaporasi. Proses evaporasi akan sangat aktif jika ada penyinaran langsung dari matahari.

2. Angin

Jika air menguap ke atmosfer maka lapisan batas antara permukaan tanah dan udara menjadi jenuh oleh uap air sehingga proses evaporasi berhenti. Agar proses tersebut berjalan terus lapisan jenuh harus diganti dengan udara kering. Pergantian itu hanya dimungkinkan jika ada angin. Jadi, kecepatan angin memegang peranan penting dalam proses evaporasi.

3. Kelembaban (humiditas) relatif

Faktor lain yang mempengaruhi evaporasi adalah kelembaban relatif udara. Jika kelembaban relatif naik, maka kemampuan udara untuk menyerap air akan berkurang sehingga laju evaporasinya akan menurun. Pergantian lapisan udara pada batas tanah dan udara

dengan udara yang sama kelembaban relatifnya tidak akan menolong untuk memperbesar laju evaporasi. Ini hanya dimungkinkan jika diganti dengan udara yang lebih kering.

#### 4. Suhu (temperatur)

Energi sangat diperlukan agar evaporasi berjalan terus. Jika suhu udara dan tanah cukup tinggi, proses evaporasi akan berjalan lebih cepat dibandingkan jika suhu udara dan tanah rendah karena adanya energi panas yang tersedia. Karena kemampuan udara untuk menyerap uap air akan naik jika suhunya naik, maka suhu udara mempunyai efek ganda terhadap besarnya evaporasi, sedangkan suhu tanah dan air hanya mempunyai efek tunggal.

##### 2.3.1.2. Transpirasi

Hanya sebagian kecil air saja yang terserap oleh sistem akar tumbuh-tumbuhan yang tetap berada dalam jaringan pohon, sesungguhnya semuanya dilepaskan ke atmosfer sebagai uap melalui transpirasi. Proses ini merupakan suatu fase penting dari siklus (daur) hidrologi karena merupakan mekanisme utama dengan hujan yang jatuh di permukaan tanah dikembalikan ke atmosfer (Linsley, 1989: 145).

Proses transpirasi berjalan terus hampir sepanjang hari di bawah pengaruh sinar matahari. Pada malam hari pori-pori daun (yang terletak di bagian bawah daun), yang disebut stomata tanaman, menutup, yang menyebabkan terhentinya proses transpirasi dengan drastis (Soemarto, 1986: 44).

##### 2.3.1.3. Evapotranspirasi

Evapotranspirasi adalah air dalam tanah yang naik ke udara melalui tumbuh-tumbuhan. Transpirasi dan evaporasi dari permukaan bersama-sama disebut evapotranspirasi atau kebutuhan air (consumptive-use) (Sosrodarsono, S. 1987). Evapotranspirasi dapat dihitung dengan rumus-rumus teoritis-empiris dengan mempertimbangkan faktor meteorologi seperti sinar matahari (atau

radiasi), angin, kelembaban relatif dan suhu (temperatur). Evapotranspirasi tanaman merupakan kebutuhan air tanaman yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman, yang merupakan hasil kali dengan koefisien tanaman:

$$ET_c = k_c \times E_{t_0} \dots \dots \dots (2-1)$$

Dimana :

$ET_c$  = Evapotranspirasi tanaman (mm/hari),

$k_c$  = Koefisien tanaman yang tergantung dari jenis tanaman dan periode pertumbuhan tanaman,

$E_{t_0}$  = Evapotranspirasi tanaman acuan (mm/hari).

Kegiatan mengatur jenis, varietas dan umur tanaman disebut sebagai pengaturan pola tanam. Dengan demikian usaha mengatur pola tata tanam dimaksudkan untuk mengatur besar koefisien tanaman agar mendapatkan besar  $E_{t_0}$  sehingga sesuai dengan ketersediaan air irigasi (Pribadi, 2010).

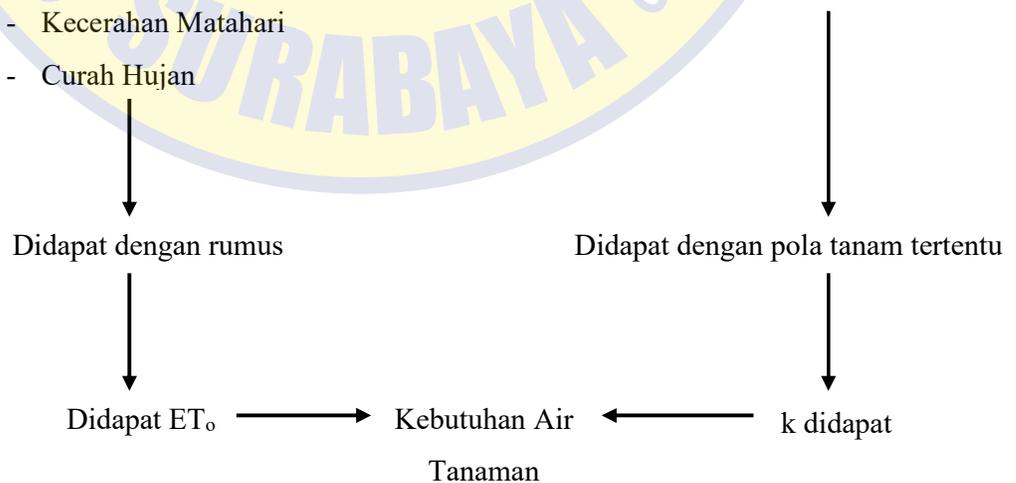
**KEBUTUHAN AIR TANAMAN (ET)**

Faktor Iklim:

- Suhu Udara
- Kelembaban Udara
- Kecepatan Angin
- Kecerahan Matahari
- Curah Hujan

Faktor Tanaman:

- Jenis Tanaman
- Varietas Tanaman
- Umur Tanaman



Gambar 2.1. Diagram Alur Kebutuhan Air Tanaman

Besarnya evapotranspirasi tanaman tergantung dari jenis tanaman dan fase pertumbuhan. Nilai ETo dari rumus Penmann menunjuk pada tanaman acuan apabila digunakan albedo (koefisien pemantulan) 0,25 (rerumputan pendek). Koefisien yang digunakan dalam perhitungan ETc harus didasarkan pada ETo dengan albedo 0,25.

Dalam teknik irigasi pada umumnya digunakan 4 rumus untuk menghitung besarnya evapotranspirasi yang didasarkan atas korelasi antara evapotranspirasi yang diukur dengan faktor-faktor meteorologi yang mempengaruhinya, yaitu Thornthwaite, Blaney-Criddle, Penman, Turc-Langbein-Wundt (Soemarto, 1986: 59).

Besarnya evapotranspirasi potensial dapat dihitung dengan menggunakan Metode Penman Modifikasi yang telah disesuaikan dengan keadaan daerah Indonesia (Suhardjono, 1994: 54) dengan rumus sebagai berikut :

$$E_{To} = c \cdot E_{to}^* \dots \dots \dots (2-2)$$

$$E_{to}^* = W \cdot (0,75 \cdot R_s - R_{n1}) + (1 - W) \cdot f(u) \cdot (e_a - e_d) \dots \dots \dots (2-3)$$

Dimana :

C = angka koreksi Penman

W = faktor yang berhubungan dengan suhu (t) dan elevasi daerah

$$R_s = \text{radiasi gelombang pendek (mm/hr)} \\ = (0,25 + 0,54 \cdot n/N) \cdot R_a \dots \dots \dots (2-4)$$

Ra = radiasi gelombang pendek yang memenuhi batas luar atmosfer (angka angot), tergantung letak lintang daerah (mm/hr)

n = lama kecerahan matahari yang nyata (tidak terhalang awan) dalam 1 hari (jam)

N = lama kecerahan matahari yang mungkin dalam 1 hari (jam)

Rn1 = radiasi bersih gelombang panjang (mm/hr)

$$= f(t).f(ed).f(n/N).....(2-5)$$

$f(t)$  = fungsi suhu

$$= \sigma.Ta^4.....(2-6)$$

$f(ed)$  = fungsi tekanan uap

$$= 0,34 - 0,044\sqrt{ed}.....(2-7)$$

$f(n/N)$  = fungsi kecerahan

$$= 0,1 + 0,9.n/N.....(2-8)$$

$f(u)$  = fungsi kecepatan angin pada ketinggian 2 m di atas permukaan tanah (m/dt)

$$= 0,27 (1 + 0,864.u).....(2-9)$$

$(ea-ed)$  = perbedaan tekanan uap jenuh dengan tekanan uap yang sebenarnya

$ed$  = tekanan uap jenuh

$$= ea \cdot RH.....(2-10)$$

$ea$  = tekanan uap sebenarnya

$RH$  = kelembaban udara relatif (%)

Prosedur perhitungan Eto berdasar rumus Penman

Modifikasi adalah sebagai berikut (Suhardjono, 1994: 56) :

1. Mencari data temperatur rata-rata bulanan (t)
2. Berdasar nilai (t) cari besaran (ea), (W), (1-W) dan f(t) dengan tabel PN.1
3. Mencari data kelembaban relatif (RH)
4. Berdasar nilai (ea) dan (RH) cari (ed) dengan tabel PN. 4
5. Berdasar nilai (ed) cari f(ed) dengan tabel PN. 5
6. Cari letak lintang daerah yang ditinjau
7. Berdasar letak lintang cari nilai (Ra) dengan tabel PN. 2
8. Cari data kecerahan matahari (n/N)
9. Berdasar nilai (Ra) dan (n/N) cari besaran (Rs) dengan tabel PN. 3 atau dihitung
10. Berdasar nilai (n/N) cari f(n/N) dengan tabel PN. 6
11. Cari data kecepatan angin rata-rata bulanan (u)

12. Berdasar nilai (u) cari f(u) dengan tabel PN. 7
13. Hitung besar  $Rn1 = f(t).f(ed).f(n/N)$
14. Cari besarnya angka koreksi (c) dengan tabel PN. 8
15. Berdasar besaran nilai W, (1-W), Rs, Rn1, f(u), ea, dan ed yang telah didapat hitung  $ETo^* = W.(0,75.Rs-Rn1) + (1-W).f(u).(ea-ed)$
16. Hitung  $Eto = c . Eto^*$

Untuk keadaan iklim Indonesia dimana RH cukup tinggi dan kecepatan angin antara rendah dan sedang, besaran c tersebut berkisar antara 0,86 sampai dengan 1,10.

### 2.3.2. Curah Hujan Efektif

#### 2.3.2.1. Analisa Curah Hujan

Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air yang salah satunya seperti alokasi air irigasi adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada satu titik tertentu. Curah hujan ini disebut curah hujan wilayah/daerah. Curah hujan ini harus diperkirakan dari beberapa titik pengamatan curah hujan. Cara-cara perhitungan curah hujan daerah dari pengamatan curah hujan di beberapa titik adalah sebagai berikut (Sosrodarsono, 1976: 27):

- ◆ Metode Rerata Aljabar
- ◆ Metode Thiessen
- ◆ Metode Isohiet

Pada umumnya untuk menghitung curah hujan daerah dapat digunakan standar luas daerah sebagai berikut (Sosrodarsono, 1976: 51):

1. Daerah dengan luas 250 Ha yang mempunyai variasi topografi yang kecil, dapat diwakili oleh sebuah alat ukur curah hujan.
2. Daerah dengan luas 250 Ha sampai 50.000 Ha dengan dua atau tiga titik pengamat hujan dapat digunakan cara rerata aljabar.

3. Daerah dengan luas 120.000 Ha sampai 500.000 Ha yang mempunyai titik pengamat yang tersebar cukup merata dan dimana data curah hujannya tidak terlalu dipengaruhi kondisi topografi, dapat digunakan cara rerata aljabar. Jika titik-titik pengamatan tidak tersebar merata maka digunakan cara Thiessen.
4. Daerah dengan luas lebih besar dari 500.000 Ha dapat digunakan cara Isohiet.

Berdasarkan data curah hujan selama 10 tahun pada tiga stasiun curah hujan yang mewakili Daerah Irigasi Gembleng Kanan, dilakukan analisa data curah hujan yang diamati dari setiap titik (point rainfall) / pos stasiun hujan menjadi curah hujan wilayah /daerah (areal rainfall) adalah dengan menggunakan Metode Rerata Aljabar dengan persamaan sebagai berikut (Sosrodarsono, 1976: 27):

$$\bar{R} = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + \dots + R_n) \dots\dots\dots(2-11)$$

dengan :

$\bar{R}$  = areal rainfall / curah hujan daerah (mm)

$R_1, R_2, \dots, R_n$  = point rainfall / besarnya curah hujan di tiap titik pengamatan (mm)

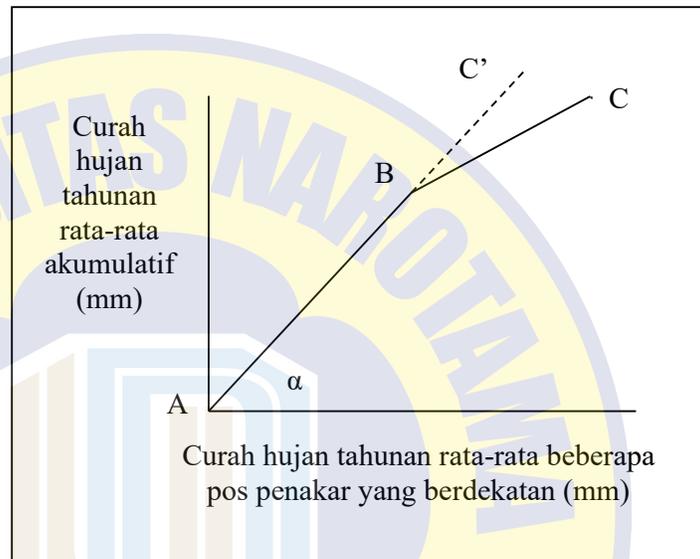
$n$  = jumlah titik-titik (pos-pos) pengamatan

#### 2.3.2.2. Uji Konsistensi Data Curah Hujan

Perubahan dalam lokasi pengukuran, pemaparan, instrumentasi, dan cara pengamatannya dapat menyebabkan suatu perubahan relatif dalam penangkapan hujan (Linsley, 1989: 66). Jika data hujan tidak konsisten yang diakibatkan oleh berubahnya atau terganggunya lingkungan di sekitar tempat dimana penakar hujan dipasang, misalnya: terlindung oleh pohon, terletak berdekatan dengan gedung yang tinggi, perubahan cara penakaran dan

pencatatannya, pemindahan letak penakar dan sebagainya dapat mengakibatkan penyimpangan data hujan yang diukur.

Hal tersebut dapat diselidiki dengan menggunakan lengkung massa ganda seperti terlihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Analisis Kurva Massa Ganda

Kalau tidak terdapat perubahan lingkungan, maka akan didapatkan garis ABC, tetapi karena pada suatu tahun terjadi perubahan lingkungan maka akan didapat garis patah ABC'. Penyimpangan tiba-tiba dari garis semula menunjukkan adanya perubahan tiba-tiba dalam pengamatan. Jadi perubahan tersebut bukan disebabkan oleh perubahan iklim atau keadaan hidrologis (Soemarto, 1986: 38).

#### 2.3.2.3. Tes Homogenitas

Ketidak homogenitasan data curah hujan dapat disebabkan gangguan-gangguan atmosfer karena pencemaran atau adanya hujan buatan yang sifatnya insidental.

Menurut Harto (1993) untuk mengetahui homogenitas data hujan digunakan metode Buishand, metodenya disebut RAPS (Rescaled Adjusted Partical Sums).

**Tabel 2.2 Nilai statistik Q**

n	Q/ $\sqrt{n}$		
	90%	95%	99%
10	1,05	1,14	1,29
20	1,10	1,22	1,42
30	1,12	1,24	1,46
40	1,13	1,26	1,50
50	1,14	1,27	1,52
100	1,17	1,29	1,55

Sumber : Sri, Harto, analisis hidrologi 1993

**Tabel 2.3 Nilai statistik R**

R/ $\sqrt{n}$		
90%	95%	99%
1,21	1,28	1,38
1,34	1,43	1,60
1,40	1,50	1,70
1,42	1,53	1,74

Sumber : Sri, Harto, analisis hidrologi 1993

#### 2.3.2.4. Curah Hujan Efektif

Tanah dalam kondisi alamiah selalu mengandung air. Pemberian air yang cukup adalah yang paling utama yang sangat dibutuhkan oleh pertumbuhan tanaman. Setiap tanaman mencoba mengabsorpsi (menyerap) kadar air secukupnya dari tanah untuk pertumbuhan. Jadi yang terpenting bagi tanaman adalah bahwa air

dalam tanah berada dalam keadaan yang mudah untuk diserap (Sosrodarsono, 1976: 215). Untuk menjaga agar ketersediaan air di dalam tanah selalu berada dalam keadaan yang sesuai bagi pertumbuhan tanaman maka diperlukan adanya pemberian air irigasi atau yang berasal dari alam yaitu air hujan.

Hujan yang turun jumlahnya tidak selalu tepat untuk membuat kondisi tanah sedemikian rupa hingga memudahkan tanaman untuk menyerap air. Di dalam memperhitungkan kebutuhan air untuk irigasi, curah hujan diperhitungkan sebagai penambah untuk memenuhi kebutuhan air tanaman (Sosrodarsono, 1976: 215). Jika curah hujan yang jatuh intensitasnya rendah, maka air akan habis menguap dan tidak bisa dipergunakan untuk pertumbuhan tanaman. Air hujan yang jatuh dan dimanfaatkan oleh tanaman untuk memenuhi kebutuhan air konsumtifnya disebut curah hujan efektif. Jadi curah hujan efektif ini merupakan sebagian dari curah hujan yang jatuh pada suatu daerah pada kurun waktu tertentu.

Berdasarkan pengertian diatas maka perlu dibedakan antara curah hujan efektif dan curah hujan nyata sebagai berikut:

- Curah hujan nyata adalah sejumlah curah hujan yang jatuh pada suatu daerah pada kurun waktu tertentu.
- Curah hujan efektif adalah sejumlah curah hujan yang jatuh pada suatu daerah dan dapat digunakan oleh tanaman untuk pertumbuhannya.

Untuk mendapatkan curah hujan efektif, digunakan metode Basic Year, dimana menentukan suatu tahun tertentu sebagai tahun dasar perencanaan. Dalam studi ini, probabilitas keandalan curah hujan disesuaikan dengan probabilitas keandalan debit sehingga dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$R_x = \frac{n}{\left( \frac{100}{100 - X} \right)} + 1 \dots \dots \dots (2-12)$$

Dimana :

$R_x$  = curah hujan yang terjadi dengan tingkat keandalan tertentu (mm)

$n$  = periode lamanya pengamatan curah hujan (tahun)

$X$  = tingkat keandalan yang dikehendaki (%)

Adapun langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Curah hujan tahunan selama  $n$  tahun diurutkan dari kecil ke besar.
2. Dengan persamaan (2-11) diatas didapatkan urutan curah hujan yang diambil sebagai curah hujan andalan.
3. Curah hujan andalan yang diperoleh merupakan tahun dasar perencanaan.

#### A. Curah Hujan Efektif Untuk Tanaman Padi

Besarnya curah hujan efektif untuk tanaman padi ditentukan dengan 70% dari curah hujan andalan. Sedangkan besarnya curah hujan andalan didapat dengan menggunakan metode *Basic Year*. Curah hujan efektif diperoleh dari  $70\% \times R_x$  per periode waktu pengamatan sehingga persamaannya adalah sebagai berikut (Anonim/KP Penunjang, 1986: 10):

$$Re_{padi} = 0,7 \times (R_x) \dots\dots\dots(2-13)$$

dengan :

$Re_{padi}$  = curah hujan efektif untuk padi sawah (mm/hr)

$R_x$  = tingkat hujan yang terjadi dengan tingkat kepercayaan tertentu (mm)

#### B. Curah Hujan Efektif Untuk Tanaman Palawija

Curah hujan efektif untuk tanaman palawija dan tanaman tebu ditentukan berdasarkan evapotranspirasi yang terjadi, hujan serta ketersediaan air tanah yang siap untuk diserap (pendekatan kedalaman perakaran) dengan persamaan sebagai berikut (Anonim/KP-01, 1986: 175):

$$Re\ plw/tebu = FD(1,25 \times \bar{R}^{-0,824} - 2,93) \times (10^{0,0095 \cdot Eto}) \dots\dots\dots(2-14)$$

$$FD =$$

$$0,53 + (0,0116 \times D) - (8,94 \times 10^{-5} \times D^2) + (2,32 \times 10^{-7} \times D^3) \dots\dots\dots(2-15)$$

Dimana :

Re plw/tebu = curah hujan efektif untuk palawija/tebu (mm/hr)

FD = faktor kedalaman air tanah yang bisa dimanfaatkan oleh tanaman palawija/tebu (mm)

D = kedalaman perakaran tanaman yang siap pakai (mm), dimana :

D untuk tanaman Kedelai	= 75 mm
Jagung	= 80 mm
Kacang tanah	= 55 mm
Bawang	= 35 mm
Tebu	= 90 mm

#### 2.4. Analisa Hidrologi

Analisis hidrologi adalah kumpulan keterangan atau fakta mengenai fenomena hidrologi. Fenomena hidrologi adalah kumpulan, keterangan atau fakta mengenai fenomena hidrologi, seperti besarnya curah hujan, temperatur, penguapan, lama penyinaran matahari, kecepatan angin, debit sungai, tinggi muka air, akan selalu berubah menurut waktu. Untuk suatu tujuan tertentu data-data hidrologi dapat dikumpulkan, dihitung, disajikan, dan ditafsirkan dengan menggunakan prosedur tertentu (Yuliana., 2002).

Analisa curah hujan diperlukan untuk menentukan besarnya intensitas yang digunakan sebagai prediksi timbulnya aliran permukaan wilayah. Curah hujan yang digunakan dalam analisis adalah curah hujan harian maksimum dalam satu tahun yang telah dihitung oleh badan meteorologi.

### 2.4.1. Pencatatan Data Hujan

Dari stasiun yang berpengaruh DAS yang ditinjau diperlukan data curah hujan harian. Selanjutnya dipilih data curah hujan harian maksimum pada setiap stasiun. Pada stasiun yang lain juga ditinjau curah hujan maksimum pada waktu yang sama, dengan cara sebagai berikut :

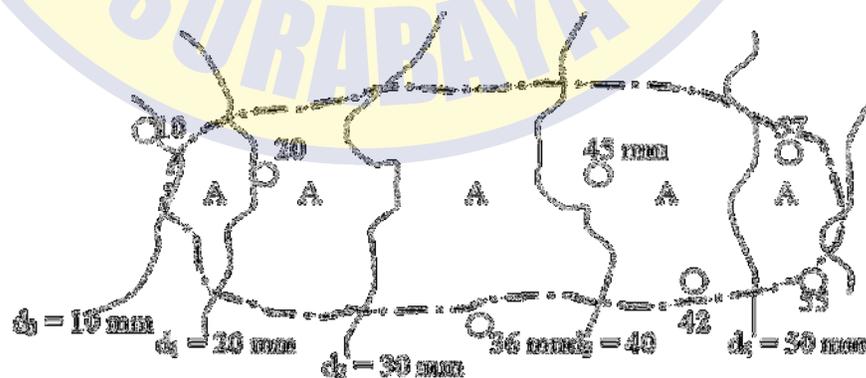
1. Menentukan titik disalah satu stasiun penakar hujan saat terjadi hujan harian maksimum
2. Mencari besarnya curah hujan pada tanggal dan bulan yang sama untuk stasiun yang lain sesuai dengan tanggal dan bulan yang terjadi pada no. 1

### 2.5. Distribusi Curah Hujan

Hujan Daerah adalah hujan yang diperlukan untuk menyusun suatu rancangan-rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir dan merupakan curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan. Curah hujan daerah ini, kegiatan hujan diperkirakan dari beberapa titik pengamatan curah hujan. Cara yang ada dalam menentukan tinggi curah hujan rata-rata di atas areal tertentu dari angka-angka curah hujan di beberapa titik pos penakar atau pencatat.

#### 2.5.1. Isohyet

Dengan cara ini, harus menggambar dulu kontur tinggi hujan yang sama (isohyet), seperti gambar dibawah ini.



Gambar 2.3 Isohyet

Perhitungan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Soemarto, 1995) ;

$$d = \frac{\frac{d_0 + d_1}{2} \cdot A_1 + \frac{d_1 + d_2}{2} \cdot A_2 + \dots + \frac{d_{n-1} + d_n}{2} \cdot A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots(2-16)$$

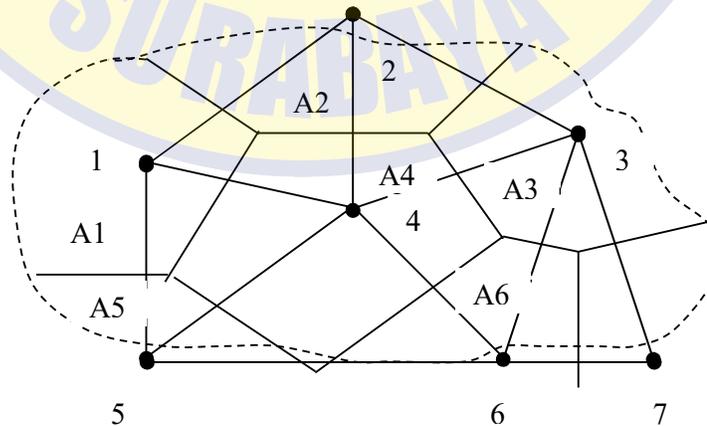
$$d = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{d_{i-1} + d_i}{2} \cdot A_i}{A} \dots\dots\dots(2-17)$$

Dengan ;

- A =  $A_1 + A_2 + \dots + A_n$  = luas areal total
- d = tinggi curah hujan rata-rata areal
- $d_0, d_1, d_n$  = curah hujan pada isohyet 0, 1, 2, .. n
- $A_1, \dots, A_n$  = luas bagian areal yang dibatasi oleh Isohyet yang bersangkutan.

**2.5.2. Poligon Thiessen**

Cara ini didasarkan atas cara rata-rata timbang (weight average). Masing-masing penakar mempunyai daerah pengaruh yang terbentuk dengan menggambar garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos penakar.



**Gambar 2.4 Polygon Thiessen**

Misalnya  $A_1$  adalah luas daerah pengaruh pos penakar 1,  $A_2$  luas daerah pengaruh pos penakar 2, dan seterusnya,. Jumlah  $A_1 + A_2 + A_3$  merupakan jumlah luas seluruh areal yang dicari tinggi curah hujannya. Jika pos penakar 1 menakar tinggi hujan  $d_1$ , pos penakar 2 menakar tinggi hujan  $d_2$  hingga pos penakar  $n$  menakar tinggi hujan  $d_n$ , maka :

$$d = \frac{A_1 \cdot d_1 + A_2 \cdot d_2 + A_3 \cdot d_3 + \dots + A_n \cdot d_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \dots\dots\dots(2-18)$$

$$d = \sum pI \cdot d_i \dots\dots\dots(2-19)$$

Dengan :

A	= luas areal
d	= tinggi curah hujan rata-rata areal
$d_1 \dots d_n$	= tinggi curah hujan di pos 1...n
$A_1 \dots A_n$	= luas daerah pengaruh di pos 1...n
PI	= jumlah persentase luas = 100 %

Klasifikasi metoda ini :

1. Sesuai dengan kawasan-kawasan yang mempunyai jarak penakar presipitasi yang tidak merata.
2. Memerlukan stasiun pengamat di kawasan tersebut
3. Penambahan atau pemindahan suatu stasiun pengamatan akan mengubah seluruh jaringan
4. Metoda ini tidak memperhitungkan topografi.

## 2.6. Curah Hujan Rancangan

Banjir rencana harus kita tentukan berdasarkan hujan, oleh karenanya kita harus menetapkan besarnya hujan rencana. Cara untuk memperkirakan frekwensi kejadian curah hujan dengan intensitas tertentu yang digunakan dalam perhitungan pengendalian banjir, rancangan drainase, dan lain-lain adalah hanya dengan menggunakan data pengamatan yang lalu. Jika data pada sebuah titik pengamatan itu lebih dari 20 tahun, maka frekwensi atau perkiraan data hidrologi itu dapat diperoleh dengan cara perhitungan

kemungkinan. Atau dengan adanya grafik yang menunjukkan hubungan antara besar hujan selama satu periode tertentu (satu hari, dua hari, dst) dan masa ulangnya, yang mana grafik itu berupa lengkung-lengkung.

### 2.6.1. Probabilitas Normal

Merupakan salah satu bentuk distribusi continuous atau disebut juga distribusi Gaussian. Distribusi normal merupakan distribusi 2 parameter ( $\mu$  dan  $\sigma$ ) dengan persamaan density sebagai berikut ;

$$Y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2}(X-\mu)^2/\sigma^2} \dots\dots\dots(2-20)$$

Dengan ;

- X = variabel statistik
- $\mu$  = rerata (*mean*)
- $\sigma$  = simpangan baku (*standart deviasi*)

### 2.6.2. Probabilitas Log Normal

Apabila variabel statistik X terdistribusi secara log-normal, maka dengan menggunakan persamaan transformasi sebagai berikut ;

$$Y = \ln(X) \dots\dots\dots(2-21)$$

### 2.6.3. Distribusi Gumbel

Aplikasi distribusi peluang yang digunakan untuk dianalisis data-data ekstrim curah hujan maksimum yaitu :

$$x = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \dots\dots\dots(2-22)$$

$$Tr = \left[ \frac{(x_i - x)^2}{(n-1)} \right]^{0,5} \dots\dots\dots(2-23)$$

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots(2-24)$$

$$Y_t = -\ln \left[ \frac{-\ln(T_r - 1)}{T_r} \right] \dots\dots\dots(2-25)$$

$$X_r = X + T_r \cdot K \dots\dots\dots(2-26)$$

Dimana :

X = Curah hujan rata-rata

$Y_n$  = *Reduced mean*

$Y_T$  = *Reduced variate*

$T_r$  = Periode ulang hujan

n = jumlah data

**2.6.4. Metode Log Pearson Type III**

Metode ini berdasarkan pada perubahan data yang ada ke dalam bentuk logaritma. Parameter statistik yang diperlukan untuk distribusi Log Pearson III adalah :

- a) Rata rata ( $\bar{r}$ )
- b) Standar deviasi log ( $\sigma_R$ )
- c) Koefisien skew log ( $g$ )

persamaan-persamaan yang digunakan adalah :

$$\bar{r} = \frac{\sum ri}{N} \dots\dots\dots(2-27)$$

$$\sigma_R = \sqrt{\frac{\sum(ri - \bar{r})^2}{N - 1}} \dots\dots\dots(2-28)$$

$$g = \frac{N \sum(ri - \bar{r})^3}{(N - 1)(N - 2)(\sigma_R)^3} \dots\dots\dots(2-29)$$

Dimana :

$r_i$  = Logaritma hujan harian maksimum (mm/24 jam)

$\bar{r}$  = Rata-rata  $r_i$

N = Banyaknya data

$\sigma_R$  = Standar deviasi  $r_i$

g = Koefisien skew  $r_i$

Besarnya curah hujan harian maksimum dihitung dengan persamaan :

$$\log R_T = r + K \cdot \sigma_R \dots\dots\dots(2-30)$$

dimana :

$R_T$  = curah hujan harian maksimum dalam PUH TR (mm/24 jam)

$K$  = Skew Curve Faktor, dihitung dengan menggunakan Tabel 2.4 berdasarkan koefisien skew ( $g$ ) dan periode ulang ( $T$ )

Tabel 2.4 *Skew Curve Factor* ( $K$ ) digunakan dalam distribusi peluang Log Pearson Type III

koefisien kews	Periode ulang hujan (tahun)					
	2	5	10	25	50	100
(g)	Probabilitas					
	0.5	0.2	0.1	0.04	0.02	0.01
2	-0.307	0.069	1.302	2.219	2.912	3.605
1.8	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499
1.6	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388
1.4	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.700	3.271
1.2	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149
1.0	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022
0.9	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957
0.8	-0.132	0.780	1.336	1.998	2.453	2.891
0.7	-0.116	0.790	1.333	1.967	2.407	2.824
0.6	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755
0.5	-0.083	0.806	1.323	1.910	2.311	2.686
0.4	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615
0.3	-0.050	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544
0.2	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472
0.1	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.107	2.400
0.0	0.000	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326
-0.1	0.017	0.846	1.270	1.716	2.000	2.252
-0.2	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178
-0.3	0.050	0.853	1.245	1.643	1.890	2.104

koefisien kews	Periode ulang hujan (tahun)					
	2	5	10	25	50	100
	Probabilitas					
-0.4	0.066	0.855	1.231	1.606	1.843	2.029
-0.5	0.083	0.856	1.216	1.567	1.777	1.955
-0.6	0.099	0.857	1.20	1.528	1.720	1.880
-0.7	0.116	0.857	1.183	1.488	1.663	1.806
-0.8	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733
-0.9	0.143	0.854	1.147	1.407	1.594	1.660
-1.0	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588
-1.2	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449
-1.6	0.254	0.817	0.994	1.116	1.116	1.197
-1.8	0.232	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087
-2.0	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990

Sumber : Soemarto, Hidrologi Teknik, 1987.

### 2.6.5. Koefisien Pengaliran ( C )

Koefisien pengaliran diperoleh dari hasil perbandingan antar jumlah hujan yang jatuh dengan yang mengalir sebagai limpasan dalam permukaan tanah tertentu. Harga koefisien pengaliran dari berbagai tata guna lahan dapat dilihat pada table berikut:

Tabel 2.5 Harga Koefisien Pengaliran Untuk Berbagai Keadaan Aliran

No	Keadaan Daerah Aliran	Koefisien Runoff
1	Bergunung dan curam	0.75 - 0.90
2	Pegunungan tersier	0.70 - 0.80
3	Sungai dengan tanah dan hutan di bagian atas dan bawahnya	0.50 - 0.75
4	Tanah datar yang ditanami	0.45 - 0.60
5	Sawah waktu diairi	0.70 - 0.80
6	Sungai bergunung	0.75 - 0.85

No	Keadaan Daerah Aliran	Koefisien Runoff
7	Sungai dataran	0.45 - 0.75

Persamaan pendekatan untuk mencari harga koefisien pengaliran pada daerah perumahan dengan kerapatan bangunan z rumah/ha adalah sebagai berikut:

$$C = (0.3 \text{ sampai } 0.4) + 0.015z \dots\dots\dots(2-31)$$

Tabel 2.6 Harga Kofisien Pengaliran Untuk Berbagai Penggunaan Tanah

No	Tata Guna Lahan	C
1	Urban	
	- Pusat perdagangan	0.90 – 0.95
	- Industri	0.80 – 0.90
2	Permukiman	
	- Kepadatan rendah (20 rumah/ha)	0.25 – 0.40
	- Kepadatan menengah (20-60 rumah/ha)	0.40 – 0.70
	- Kepadatan tinggi (60-100 rumah/ha)	0.70 – 0.80
3	Taman dan daerah rekreasi	0.20 – 0.30
4	Rural	
	- Kemiringan curam (>20 %)	0.50 – 0.60
	- Kemiringan gelombang (<20 %)	0.40 – 0.50
	- Kemiringan bertingkat	0.25 – 0.35
	- Pertanian padi	0.45 – 0.55

Sumber: Liewelyn – Davies Kinhill, 1978

Pada suatu daerah dengan tata guna lahan yang berbeda-beda, besarnya koefisien pengaliran ditetapkan dengan mengambil rata-rata berdasarkan bobot luas, sebagai berikut:

$$C_r = \frac{\sum C_i \cdot A_i}{A_i} \dots\dots\dots(2-32)$$

Dimana:

$C_r$  = Harga rata-rata angka pengaliran

$C_i$  = Koefisien pengaliran pada tiap-tiap daerah

$A_i$  = luas pada masing-masing daerah (ha)

Harga  $C$  berubah untuk setiap perubahan PUH. Perubahannya dapat didekati dengan persamaan:

Untuk daerah normal :

$$C_{T2} = 1 - (1 - C_{T1}) \sqrt{\frac{I_{T1}}{I_{T2}}} \dots\dots\dots(2-33)$$

Untuk daerah pasang surut (becak) :

$$C_{T2} = 1 - (1 - C_{T1}) \left( \frac{I_{T1}}{I_{T2}} \right) \dots\dots\dots(2-34)$$

Dimana:

$C_{T1}, C_{T2}$  = Harga  $C$  pada PUH  $T1$  dan  $T2$  berturutan

$I_{T1}, I_{T2}$  = Harga  $l$  pada PUH  $T1$  dan  $T2$  Berturutan

## 2.7. Debit Banjir Rancangan

Indonesia berada di daerah yang beriklim tropis dimana pada musim penghujan mempunyai curah hujan yang relatif cukup tinggi, dan seringkali mengakibatkan terjadi banjir. Setiap perencanaan dan perancangan suatu bangunan hidraulik diperlukan suatu usaha memperkirakan banjir rancangan (design flood) agar diperoleh hasil rancangan bangunan yang efektif, efisien dan aman. Salah satu metode perkiraan banjir rancangan untuk bangunan hidraulik adalah dengan metode hidrograf satuan. Konsep hidrograf satuan sangat bermanfaat untuk analisis hidrologi dan sampai saat ini masih dianggap sebagai pendekatan yang baik untuk perkiraan banjir dengan periode ulang tertentu.

### 2.7.1. Hidrograf Satuan Sintetik

Pengertian hidrograf satuan sintetik adalah hidrograf yang digunakan untuk membuat hidrograf banjir pada sungai-sungai yang tidak pernah atau sangat jarang dilakukan observasi hidrograf banjirnya.

Caranya dengan mencari karakteristik atau parameter daerah pengaliran tersebut terlebih dahulu. Misalnya untuk mencapai puncak hidrograf, lebih dasar, luas kemiringan, panjang alur terpanjang, koefisien limpasan dan lain-lain.

Hidrograf satuan sintetik terbagi menjadi :

1. Hidrograf Satuan Sintetik SNYDER ( HSS SNYDER )
2. Hidrograf Satuan Sintetik NAKAYASU ( HSS NAKAYASU)

#### 2.7.1.1. HSS Nakayasu

Seseorang yang berasal dari Jepang yang bernama Nakayasu telah melakukan penyelidikan hidrograf satuan pada beberapa sungai di Jepang., sehingga ia dapat merumuskan sebagai berikut :

$$Q_p = \frac{C.A.R_o}{3,6[0,3T_p + T_{0,3}]} \dots\dots\dots(2-35)$$

dimana :

$Q_p$  = Debit puncak banjir ( m<sup>3</sup>/detik )

$R_o$  = Hujan satuan ( mm )

$T_p$  = Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir ( jam )

$T_{0,3}$  = Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari debit puncak sampai 30% debit puncak ( jam )

Bagian lengkung naik untuk hidrograf satuan sintetik mempunyai persamaan :

$$Q_d = Q_p (t / t_p)^{2,4} \dots\dots\dots(2-36)$$

Bagian lengkung turun untuk hidrograf satuan mempunyai persamaan :

$$Q_d > 0,3 Q_p : Q_{d1} = Q_p \cdot 0,3^{\frac{t-t_p}{0,3}}$$

$$0,3 Q_p > Q_d > 0,3^2 Q_p : Q_{d2} = Q_p \cdot 0,3_{0,3}^{\frac{t_{tp}+1,5t_{0,3}}{1,5t}}$$

$$0,3^2 \cdot Q_p > Q_d : Q_d = Q_p \cdot 0,3_{0,3}^{\frac{t_{tp}+1,5t_{0,3}}{2t}}$$

Tenggang waktu :

$$T_p = t_g + 0,8 t_r \dots\dots\dots (2-37)$$

Dimana :

$$L < 15 \text{ km, } t_g = 0,21 L^{0,7}$$

$$L > 15 \text{ km, } t_g = 0,4 + 0,058 L$$

L = panjang saluran aluran sungai (km)

T<sub>g</sub> = waktu konsentrasi (jam)

Q<sub>d</sub> = limpasan sebelum mencapai puncak (m<sup>3</sup> / dt)

t = waktu

$$t_1 = 0,5 \cdot t_g \text{ sampai } t_g \text{ (jam)}$$

$$t_{0,3} = x \cdot t_g \text{ (jam)}$$

dimana x :

- a. untuk daerah pengairan biasa = 2
- b. untuk bagian naik hidrograf yang lambat dan bagian menurun yang cepat = 1,5
- c. Untuk hidrograf naik yang cepat dan menurun yang lambat = 3

**2.7.2 Metode Snyder Dan Alexeyev**

Perhitungan debit hidrograf banjir dinyatakan bentuk curve. Untuk mendapatkan debit puncak maka terlebih dahulu memepergunakan beberapa perumusan, antara lain sebagai berikut :

$$t_p = 0,175 \cdot C_t (L \cdot l_c)^{0,3} \dots\dots\dots (2-38)$$

Dimana :

t<sub>p</sub> = waktu antara pusat curah hujan sampai puncak hidrograf satuan (jam).

L = Panjang sungai dari titik pengukuran sampai titik yang terjauh (km).

$L_c$  = Panjang sungai dari titik pengukuran sampai titik di sungai yang terdekat dengan pusat berat daerah pengaliran (km).

$C_t$  = Koefisien yang tergantung dari variasi kemiringan medan dan tampungan daerah pengaliran antara 1,1 – 1,4

$$T_p = t_p + 0.5 t_r \quad \dots\dots\dots(2-39)$$

Dimana :

$T_p$  = time peak (waktu dari mulai hujan sampai mencapai puncak unit hidrograf (jam).

$t_r$  = Lama hujan satuan

$$t_r = \frac{t_p}{5,5} \text{ (jam)}$$

$$Q_p = 2,75 \cdot \frac{C_p}{t_p} \cdot A \quad \dots\dots\dots(2-40)$$

Dimana :

$Q_p$  = debit puncak unit hidrograf ( $m^3/dt$ )

$A$  = Luas daerah aliran ( $km^2$ )

$C_p$  = Koefisien antara 0,56 – 0,69

Yaitu koefisien yang memperhitungkan gelombang banjir dengan kondisi tampungan.

### 2.7.3 Metode Rational

Metode rational adalah metode tertua di antara rumus-rumus yang ada, rumusnya dalam bentuk

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \text{ ( } m^3/dt \text{ ) } \quad \dots\dots\dots(2-41)$$

Dimana :

$A$  = Luas daerah aliran sungai (  $km^2$  )

$I$  = Intensitas curah hujan rata-rata selama waktu yang sama dengan lama waktu konsentrasi (  $mm/jam$  )

$C$  = Koefisien pengaliran atau koefisien run-off bervariasi antara 0,5 – 0,9

Metode rational, antara lain :

1. metode Melchior

2. metode Der Weduwen
3. metode Haspers
4. metode rational jepang

#### 2.7.3.1 Der Weduwen

Metode perhitungan banjir der weduwen di terbitkan pertama kali pada tahun 1937, metode ini

$$Q_n = \alpha \cdot \beta \cdot q_n \cdot A \dots\dots\dots(2-42)$$

Dimana :

$$\alpha = 1 - \frac{4,1}{\beta q + 7} \dots\dots\dots(2-43)$$

$$\beta = \frac{120 + \frac{t+1}{t+9} A}{120 + A} \dots\dots\dots(2-44)$$

$$q_n = \frac{R_n}{240} \cdot \frac{67,65}{t+1,45} \dots\dots\dots(2-45)$$

$$t = 0,25 \cdot L \cdot Q^{-0,126} \cdot I^{-0,26} \dots\dots\dots(2-46)$$

Dimana :

$Q_n$  = Debit banjir ( $m^3/dt$ ) dengan kemungkinan tidak terpenuhi  $n$  %

$R_n$  = Curah hujan harian maksimum (mm/hari) dengan kemungkinan tidak terpenuhi  $n$  %

$\alpha$  = Koefisien lintasan air hujan

$\beta$  = koefisien pengurangan daerah untuk curah hujan daerah aliran sungai

$q_n$  = curah hujan ( $m^3/dt/km^2$ )

$A$  = Luas daerah aliran ( $km^2$ ) sampai  $100 km^2$

$t$  = lamanya curah hujan ( jam )

$L$  = panjang sungai ( km )

$I$  = Gradien ( melchiot ) sungai atau medan

### 2.7.3.2 Metode Haspers

Perhitungan debit maksimum (Q) dari hujan harian maksimum pada suatu daerah aliran dengan menggunakan Metode Haspers adalah sebagai berikut:

$$Q = \alpha \cdot \beta \cdot q \cdot A \dots\dots\dots(2-47)$$

Dimana :

Q = Debit maksimum (m<sup>3</sup>/det)

$\alpha$  = Koefisien aliran

$\beta$  = Faktor Reduksi

q = Debit per-satuan luas (m<sup>3</sup>/det/km<sup>2</sup>)

A = Luas daerah aliran (km<sup>2</sup>)

$$\alpha = \frac{1 + 0,012 A^{0,7}}{1 + 0,075 A^{0,7}}$$

$$tr = Tc = 0,1 \cdot L^{0,8} \cdot I^{0,3} \dots\dots\dots(2-48)$$

Dimana :

L = Panjang sungai (km)

I = Kemiringan rata-rata sungai

Sedangkan besarnya angka reduksi ( $\beta$ ) menurut Haspers adalah memenuhi persamaan sebagai berikut:

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \frac{tr + 3,7 \times 10^{-0,4tr}}{tr^2 + 15} \times \frac{A^{3/4}}{12}$$

Untuk tr < 2 jam

$$rt = \frac{tr \cdot R24}{tr + 1 - 0,0008(260 - R24)(2 - tr)^2}$$

Untuk 2 jam < tr < 19 jam

$$rt = \frac{tr \cdot R24}{tr + 1}$$

Untuk 19 jam < tr < 30 hari

$$rt = 0,707 \cdot R24 \sqrt{tr + 1}$$

Bila harga tr dinyatakan dalam jam, maka

$$q = \frac{rt}{3,6tr}$$

Bila harga  $tr$  dinyatakan dalam hari, maka

$$q = \frac{rt}{86,4tr}$$

#### 2.7.4. Periode ulang ( Return Period )

Apabila jumlah hari hujan rata-rata dalam 1 tahun adalah  $n$ , maka dalam 1 tahun dapat diperkirakan bahwa kemungkinan curah hujan harian itu melampaui 200 mm adalah  $nW(x)$  dan dalam  $T$  tahun adalah  $nW(x)T$ . Panjang tahun  $T$  dengan kemungkinan sama dengan 1 disebut periode ulang ( return period ).

$$T = \frac{1}{n \int 200 f(x) dx} = \frac{1}{nW(x)} \dots \dots \dots (2-49)$$

Periode ulang  $T$  untuk kemungkinan tak terlampaui  $S(x)$  dihitung dengan cara yang sama :

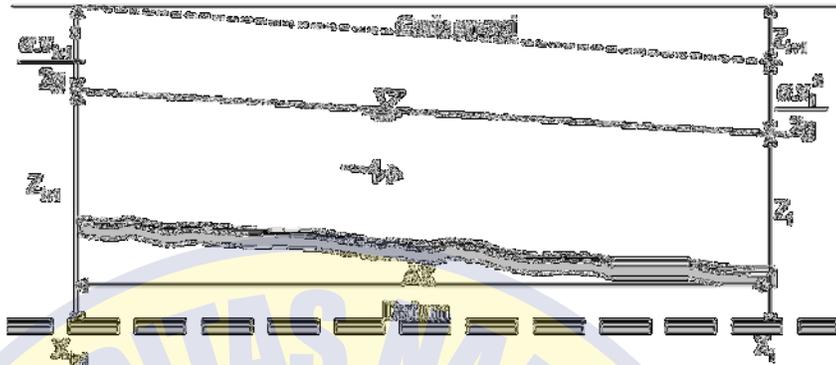
$$T = \frac{1}{n \int 200 f(x) dx} = \frac{1}{nS(x)} \dots \dots \dots (2-50)$$

Peristiwa yang terjadi sekali dalam setahun seperti curah hujan maksimum atau curah hujan harian minimum dalam setahun adalah:

$n = 1$ , maka rumus diatas menjadi:

$$T = \frac{1}{W(x)} = \frac{1}{S(x)} \dots \dots \dots (2-51)$$

### 2.7.5. Tinggi Muka Air



Gambar 2.5 Garis Energi Tampak Tunggal

$$Q = \frac{A}{n} R^{2/3} \alpha S^{1/2} \dots (2-52)$$

$$R = \frac{A}{P} \dots (2-53)$$

Dimana :

S = kemiringan garis energi ekivalen

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

A = luas penampang basah (m<sup>2</sup>)

n = koefisien kekasaran Manning

R = jari-jari hidraulik (m)

$\alpha$  = koefisien energi untuk keperluan praktis dapat digunakan nilai

$$1,15 < \alpha < 1,50$$

$$Z_{i+1} = Z_i - \frac{Q^2}{2g} \left[ \frac{1}{A_{i+1}^2} - \frac{1}{A_i^2} \right] + S \Delta X \dots (2-54)$$

Dimana :

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

Z<sub>i+1</sub> = tinggi muka air dari datum pada penampang Xi+1 (m)

Z<sub>i</sub> = tinggi muka air dari datum pada penampang Xi (m)

A<sub>i+1</sub> = luas penampang basah Xi+1 (m<sup>2</sup>)

- $A_i$  = luas penampang basah  $X_i$  ( $m^2$ )  
 $\Delta X$  = jarak antara penampang  $X_{i+1}$  dan  $X_i$  (m)  
 $S$  = kemiringan garis energi rata-rata  
 $g$  = percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )  
 $\alpha$  = koefisien energi untuk keperluan praktis dapat digunakan nilai

$$1,15 < \alpha < 1,50$$

Kemiringan garis energi rata-rata antar penampang melintang  $X_j$  dan  $X_{j+1}$  seperti berikut.

$$\bar{S} = \frac{1}{2} \left[ \frac{n_{i+1}^2 \cdot Q^2}{A_{i+1}^2 \cdot R_{i+1}^{4/3}} + \frac{n_i^2 \cdot Q^2}{A_i^2 \cdot R_i^{4/3}} \right] \dots \dots \dots (2-55)$$

Dimana:

- $S$  = kemiringan garis energi rata-rata  $X$   
 $n_{i+1}$  = koefisien kekasaran Manning pada penampang  $X_{i+1}$   
 $n_i$  = koefisien kekasaran Manning pada penampang  $X_i$   
 $R_{i+1}$  = jari-jari hidraulik pada penampang  $X_{i+1}$  (m)  
 $R_i$  = jari-jari hidraulik pada penampang  $X_i$  (m)

## 2.8. Kebutuhan Air di Sawah

Tanaman membutuhkan air agar dapat tumbuh dan berproduksi dengan baik. Air tersebut dapat berasal dari air hujan maupun air irigasi. Air irigasi adalah sejumlah air yang pada umumnya diambil dari sungai atau waduk dan dialirkan melalui sistem jaringan irigasi, guna menjaga keseimbangan jumlah air di lahan pertanian (Suhardjono, 1994: 6).

Besarnya kebutuhan air di sawah dipengaruhi oleh faktor-faktor sebagai berikut (Anonim/KP-01, 1986: 157):

- Penyiapan lahan
- Penggunaan konsumtif
- Perkolasi

- Pergantian lapisan air
- Curah hujan efektif

Pendugaan kebutuhan air di sawah dilakukan berdasarkan jenis tanaman, persamaan netto kebutuhan air (Netto Farm Requirement) dengan Metode Standar Perencanaan Irigasi yaitu dengan persamaan sebagai berikut (Anonim/KP-01, 1986: 157):

$$\text{NFR padi} = \text{LP} + \text{ET} + \text{WLR} + \text{P} - \text{Re padi} \dots \dots \dots (2-56)$$

$$\text{NFR plw} = \text{ET} - \text{Re plw} \dots \dots \dots (2-57)$$

Dimana :

NFR padi = netto kebutuhan air padi sawah (mm/hr)

NFR plw = netto kebutuhan air palawija (mm/hr)

LP = kebutuhan air untuk persiapan lahan (mm/hr)

ET = kebutuhan air untuk tanaman (mm/hr)

WLR = (*Water Level Requirement*) kebutuhan air untuk penggantian lapisan air (mm/hr)

P = perkolasi (mm/hr)

Re padi = curah hujan efektif untuk padi sawah (mm/hr)

Re plw = curah hujan efektif untuk palawija (mm/hr)

## 2.9. Kebutuhan Air Tanaman

Kebutuhan air tanaman adalah sejumlah air yang dibutuhkan untuk mengganti air yang hilang akibat penguapan. Air dapat menguap melalui permukaan air maupun melalui daun-daun tanaman. Besar penguapan air permukaan (evaporasi) sangat erat berhubungan dengan faktor iklim yaitu (Suhardjono, 1994: 11):

- Suhu udara
- Kecepatan angin
- Kelembaban udara
- Kecerahan penyinaran matahari

Sedangkan besarnya air yang menguap melalui daun-daun tanaman (transpirasi), disamping dipengaruhi oleh keadaan iklim, juga erat berhubungan dengan faktor tanaman, yaitu (Suhardjono, 1994: 11):

- ▣ Jenis tanaman
- ▣ Varitas (macam) tanaman
- ▣ Umur pertumbuhan tanaman

Dengan demikian besar kebutuhan air tanaman adalah sebesar jumlah air yang hilang akibat proses evapotranspirasi. Kebutuhan air tanaman dapat dirumuskan sebagai berikut (Suhardjono, 1994: 12):

$$ET = k \cdot E_{to} \dots \dots \dots (2-58)$$

Dimana :

ET = kebutuhan air untuk tanaman (mm/hr)

k = koefisien tanaman, yang besarnya tergantung pada jenis, macam, dan umur tanaman

$E_{to}$  = evapotranspirasi potensial (mm/hr)

## 2.10. Kebutuhan Air Irigasi

Besarnya kebutuhan air irigasi harus disesuaikan dengan besarnya masukan (inflow). Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya kebutuhan air di bangunan pengambilan air irigasi adalah:

1. Luas daerah irigasi
2. Pola tata tanam yang direncanakan
3. Evapotranspirasi potensial
4. Koefisien tanaman
5. Teknik pengolahan lahan
6. Perkolasi
7. Curah hujan efektif
8. Efisiensi irigasi

## 2.11. Sistem Pemberian Air

Sistem pemberian air yang akan diterapkan pada suatu lahan pertanian merupakan masalah pokok sebelum jaringan tersier direncanakan (anonim/ KP 05, 1986:24). Pemilihan sistem pemberian air dan jenis tanaman bertujuan agar kebutuhan air di jaringan irigasi selama masa irigasi sesuai dengan air yang tersedia.

Tujuan pengaturan pemberian air adalah :

- 1) Untuk memberikan air dalam jumlah yang tepat, misalnya pada besarnya frekuensi dan lamanya pengaliran yang tertentu.
- 2) Untuk memberikan air secara adil dan pada tempat yang sesuai, misalnya harus sampai ke petak paling ujung.
- 3) Untuk memberikan air dalam jangka waktu tertentu.

Pada musim penghujan dimana ketersediaan air cukup untuk kebutuhan irigasi, maka pembagian airnya dilakukan secara terus-menerus. Sedangkan pada musim kemarau dimana kemungkinan terjadi kekurangan air karena persediaan air yang sangat terbatas, maka pemberian air dilakukan secara bergiliran.

### 2.11.1. Sistem Pemberian Air Secara Terus-Menerus

Air diberikan secara terus-menerus dari saluran ke petakan sawah atau dari petakan sawah yang satu ke petakan sawah yang lain. Sistem pembagian air secara terus-menerus memerlukan pembagian air yang proporsional, sehingga besarnya bukaan pada boks harus proporsional atau sebanding dengan daerah irigasi sebelah hilir. Pemberian air irigasi ke petak-petak kuarter di petak tersier berlangsung secara terus menerus. Pemberian air ini dialirkan ke tiap blok sawah di petak kuarter. Pada waktu debit kecil, efisiensi penggunaan air sangat rendah akibat kehilangan air yang relatif tinggi (Anonim/ KP 05, 1986:24)

### 2.11.2. Sistem Pemberian Air Secara Giliran

Irigasi secara bergiliran atau rotasi adalah pemberian air secara bergantian menurut bagian daerah atau blok tertentu dalam jadwal tertentu dalam jangka waktu yang telah ditentukan sesuai gilirannya.

Sistem pemberian air secara rotasi dipakai di jaringan irigasi selama debit rendah untuk mengatasi kehilangan air yang relatif tinggi. Sistem rotasi diterapkan jika debit yang tersedia dibawah 60 – 80% dari debit rencana. Bila debit tersedia lebih dari itu maka dipakai sistem pengaliran terus-menerus ( Anonim/ KP 05, 1986:24). Idealnya periode giliran adalah dua sampai tiga hari dan tidak lebih dari satu minggu karena akan berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman (Anonim, 2008). Agar eksploitasi menjadi lebih muda maka giliran dilakukan pada tingkat terendah (giliran kuarter) dengan ketentuan air yang diberikan tidak boleh kurang dari 15 lt/detik, atau tingkat lebih atas atau tersier. Pemberian air dapat dilakukan dengan tanpa memperhitungkan faktor jarak dan dengan memperhitungkan faktor jarak.

Kriteria sistem pembagian air irigasi berdasarkan jumlah petak tersier yang ada di daerah irigasi adalah sebagai berikut :

Untuk petak tersier yang terbagi menjadi 4 blok (blok A, B, C dan D). Pemberian air dibedakan menjadi 4 keadaan yaitu :

1) Jika debit tersedia > 80% debit maksimum pemberian air dapat dilakukan secara terus-menerus

2) Rotasi I

Jika debit tersedia 60 – 80%. Pemberian air dengan satu blok tidak diairi, tiga blok diairi. Pemberian air terhadap blok A, B, C dan D terbagi menjadi 4 periode dalam waktu 14 hari (336 jam).

a. Periode I : A, B dan C diairi, sedangkan D tidak diairi

$$\text{Lama pemberian air} = \frac{A+B+C}{A+B+C+D} \times \frac{336}{3} \text{ jam}$$

b. Periode II : B, C dan D diairi, sedangkan A tidak diairi

$$\text{Lama pemberian air} = \frac{B+C+D}{A+B+C+D} \times \frac{336}{3} \text{ jam}$$

c. Periode III : A, C dan D diairi, sedangkan B tidak diairi

$$\text{Lama pemberian air} = \frac{A+C+D}{A+B+C+D} \times \frac{336}{3} \text{ jam}$$

d. Periode IV : A, B dan D diairi, sedangkan C tidak diairi

$$\text{Lama pemberian air} = \frac{A+B+D}{A+B+C+D} \times \frac{336}{3} \text{ jam}$$

## 3) Rotasi II

Jika debit tersedia 40 – 60% debit maksimum maka pemberian air dengan dua blok tidak diairi, dua blok diairi. Pembagian air terbagi menjadi 2 periode dalam waktu 7 hari (168 jam).

- a. Periode I : A dan C diairi, sedangkan B dan D tidak diairi

$$\text{Lama pemberian air} = \frac{A+C}{A+B+C+D} \times 168 \text{ jam}$$

- b. Periode II : B dan D diairi, sedangkan A dan C tidak diairi

$$\text{Lama pemberian air} = \frac{B+D}{A+B+C+D} \times 168 \text{ jam}$$

## 4) Rotasi III

Jika debit tersedia < 40 debit maksimum maka pemberian air dengan satu blok diairi, tiga blok tidak diairi. Pembagian air terbagi menjadi 4 periode dalam waktu 7 hari (168 jam).

- a. Periode I : A diairi, sedangkan B, C dan D tidak diairi

$$\text{Lama pemberian air} = \frac{A}{A+B+C+D} \times 168 \text{ jam}$$

- b. Periode II : B diairi, sedangkan A, C dan D tidak diairi

$$\text{Lama pemberian air} = \frac{B}{A+B+C+D} \times 168 \text{ jam}$$

- c. Periode III : C diairi, sedangkan A, B dan D tidak diairi

$$\text{Lama pemberian air} = \frac{C}{A+B+C+D} \times 168 \text{ jam}$$

- d. Periode IV : D diairi, sedangkan A, B dan C tidak diairi

$$\text{Lama pemberian air} = \frac{D}{A+B+C+D} \times 168 \text{ jam}$$

Untuk petak tersier yang menjadi tiga blok (Blok A, B dan C).

Pemberian air dibedakan menjadi tiga keadaan yaitu :

1. Jika debit tersedia > 80% debit maksimum pemberian air dapat dilakukan secara terus menerus.

## 2. Rotasi I

Jika debit tersedia 50-80% debit maksimum maka pemberian air dengan satu blok tidak diairi, dua blok diairi. Pemberian air terhadap blok A, B dan C terbagi menjadi 3 periode dalam waktu 7 hari = 168 jam.

- a. Periode I : A dan B diairi, sedangkan C tidak diairi

$$\text{Lama pemberian air} = \frac{A+B}{A+B+C} \times \frac{168}{2} \text{ Jam}$$

b. Periode II : A dan C diairi, sedangkan B tidak diairi

$$\text{Lama pemberian air} = \frac{A+C}{A+B+C} \times \frac{168}{2} \text{ Jam}$$

c. Periode II : B dan C diairi, sedangkan A tidak diairi

$$\text{Lama pemberian air} = \frac{B+C}{A+B+C} \times \frac{168}{2} \text{ Jam}$$

### 3. Rotasi II

Jika debit tersedia < 50% debit maksimum maka pemberian air dengan dua blok tidak diairi, satu blok diairi. Pemberian air terhadap blok A, B dan C terbagi menjadi 3 periode dalam waktu 7 hari = 168 jam

a. Periode I : A diairi, sedangkan B dan C tidak diairi

$$\text{Lama pemberian air} = \frac{A}{A+B+C} \times 168 \text{ Jam}$$

b. Periode II : B diairi, sedangkan A dan C tidak diairi

$$\text{Lama pemberian air} = \frac{B}{A+B+C} \times 168 \text{ Jam}$$

c. Periode II : C diairi, sedangkan A dan B tidak diairi

$$\text{Lama pemberian air} = \frac{C}{A+B+C} \times 168 \text{ Jam}$$

Untuk petak tersier yang terbagi menjadi dua blok ( Blok A dan B ).

Pemberian air dibedakan menjadi 2 keadaan yaitu :

1. Jika debit tersedia > 60% debit maksimum pemberian air dapat dilakukan secara terus menerus.

2. Jika debit tersedia < 60% debit maksimum maka pemberian air dengan satu blok tidak diairi dan satu blok diairi. Pemberian air terhadap blok A, B terbagi menjadi 2 periode dalam waktu 7 hari = 168 jam

a. Periode I : A diairi, sedangkan B tidak diairi

$$\text{Lama pemberian air} = \frac{A}{A+B} \times 168 \text{ Jam}$$

b. Periode II : B diairi, sedangkan A dan C tidak diairi

$$\text{Lama pemberian air} = \frac{B}{A+B} \times 168 \text{ Jam}$$