

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Air Tanah dan Akuifer

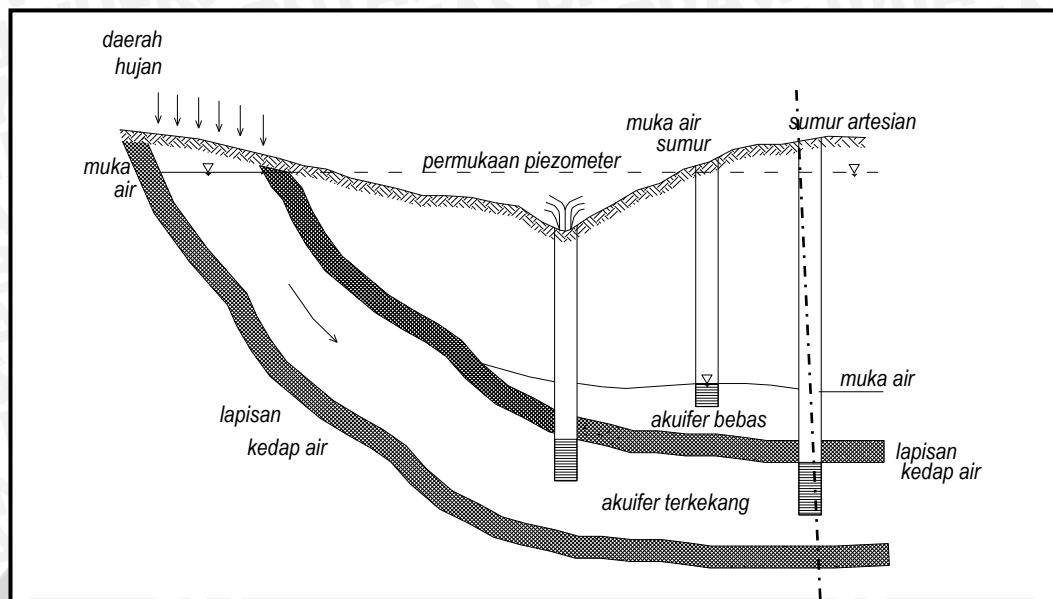
2.1.1. Air Tanah

Ada banyak pengertian dan definisi mengenai air tanah. Menurut Undang-Undang Republik Indonesia nomor 7 tahun 2004 tentang sumber daya air, Air tanah adalah air yang terdapat dalam lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan tanah. Sedangkan menurut beberapa para ahli air tanah adalah air yang bergerak di dalam tanah yang terdapat didalam ruang antar butir-butir tanah yang meresap ke dalam tanah dan bergabung membentuk lapisan tanah yang disebut akuifer.

Menurut Soemarto (1989) air tanah adalah air yang menempati rongga-rongga dalam lapisan geologi. Lapisan tanah yang terletak di bawah permukaan tanah dinamakan lajur jenuh (*saturated zone*), dan lajur tidak jenuh terletak diatas lajur jenuh sampai permukaan tanah, yang rongga-rongganya berisi air dan udara. Menurut Fetter (1994), air tanah adalah air yang tersimpan pada lajur jenuh yang kemudian bergerak sebagai aliran air tanah melalui batuan dan lapisan-lapisan tanah yang ada di bumi sampai air tersebut keluar sebagai mata air, atau terkumpul masuk ke kolam, danau, sungai dan laut. Air bawah permukaan adalah segala bentuk aliran air yang mengalir di bawah permukaan tanah sebagai akibat struktur perlapisan geologi, beda potensi kelembaban tanah, dan gaya gravitasi bumi.

2.1.2 Akuifer

Akuifer merupakan salah satu golongan air tanah yang berada di wilayah jenuh air di bawah permukaan tanah. Lebih dari 98 % dari semua air di atas bumi tersembunyi di bawah permukaan dalam pori-pori batuan dan bahan-bahan butiran. Akuifer sendiri berasal dari kata *aqua* yang berarti air dan *fere* yang berarti mengandung. Jadi akuifer dapat juga diartikan sebagai lapisan pembawa air atau lapisan permeable.



Gambar 2.1. Lapisan Akuifer.

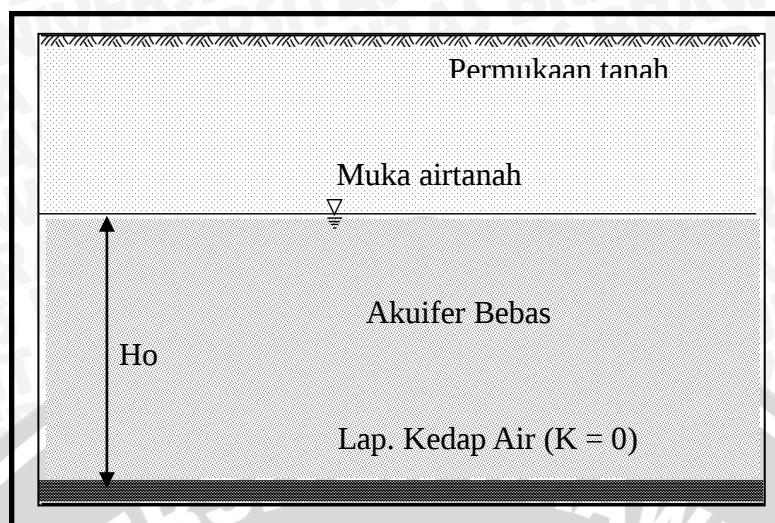
Sumber: Bisri, 1991 : 6

2.1.2.1. Jenis Akuifer

Berdasarkan susunan lapisan geologi (litologinya) dan besarnya koefisien kelulusan air (K), akuifer dapat dibedakan menjadi empat macam, yaitu Akuifer Bebas (*Unconfined Aquifer*), Akuifer Tertekan (*Confined Aquifer*), Akuifer Setengah Tertekan (*Semiconfined Aquifer*), Akuifer Menggantung (*Perched Aquifer*).

1. Akuifer Bebas.

Akuifer bebas (*Unconfined Aquifer*) merupakan akuifer dengan hanya memiliki satu lapisan pembatas kedap air yang terletak dibagian bawahnya. Dengan kata lain muka air tanah merupakan bidang batas sebelah atas daripada daerah jenuh air. Akuifer ini disebut juga sebagai *phreatic aquifer*. Sedangkan nilai $(K') = (K)$. Akuifer bebas (*Unconfined Aquifer*) dapat dilihat pada gambar 2.2 dibawah ini

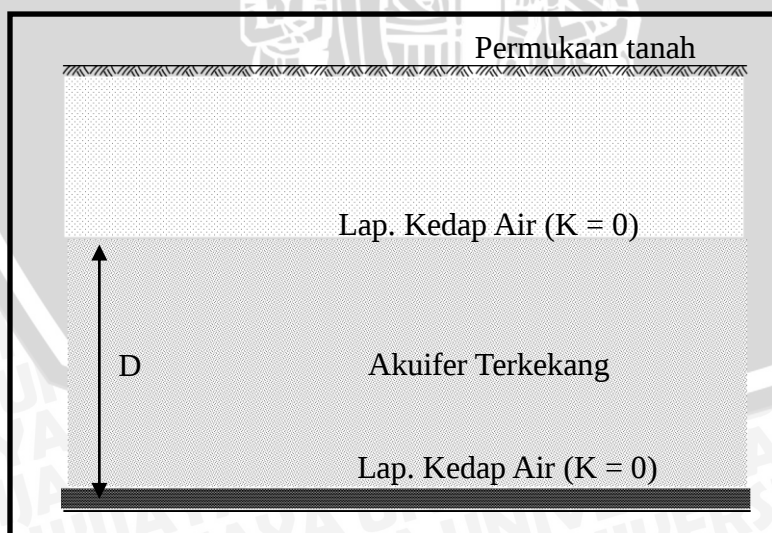


Gambar 2.2. Akuifer Bebas (*Unconfined Aquifer*)

Sumber : <http://sumiadi.files.wordpress.com>

2. Akuifer Tertekan

Akuifer tertekan (*Confined Aquifer*) merupakan suatu akuifer jenuh air yang pada lapisan atas dan lapisan bawahnya merupakan lapisan kedap air sebagai pembatasnya. Pada lapisan pembatasnya dipastikan tidak terdapat air yang mengalir (*no flux*). Pada akuifer ini tekanan airnya lebih besar daripada tekanan atmosfer. Oleh karena itu akuifer ini disebut juga dengan pressure aquifer. Sedangkan nilai $(K') = 0$, $(K) > (K')$. Dapat dilihat pada gambar 2.3 dibawah ini.

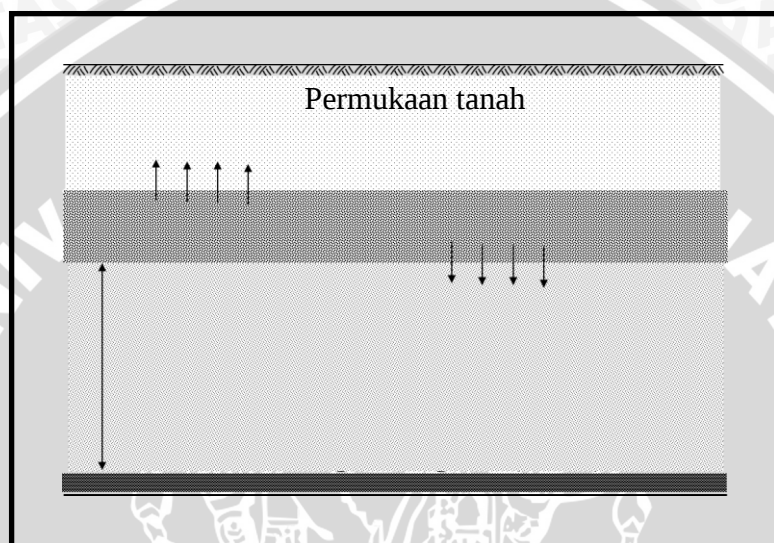


Gambar 2.3. Akuifer Tertekan (*Confined akuifer*)

Sumber : <http://sumiadi.files.wordpress.com>

3. Akuifer Setengah Tertekan

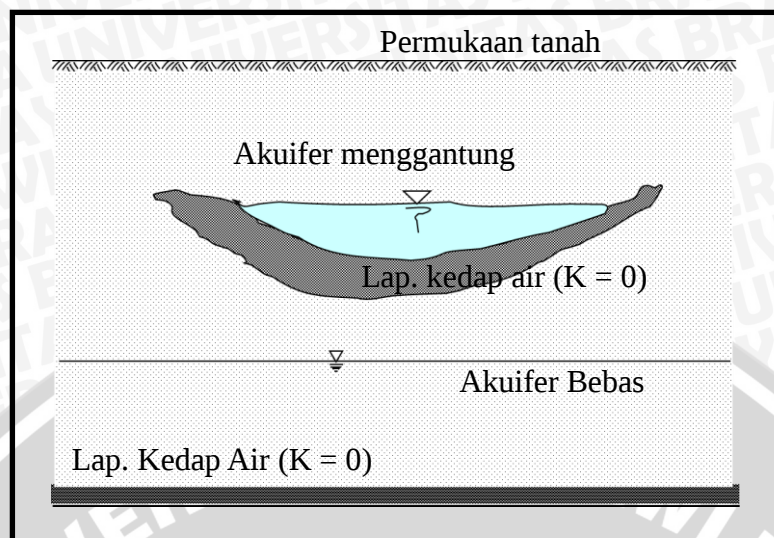
Akuifer setengah tertekan (*Semiconfined Aquifer*) ialah suatu akuifer jenuh air, dengan bagian atas dibatasi oleh lapisan setengah kedap air (nilai kelulusannya terletak antara akuifer dan akuitar) dan pada bagian bawah dibatasi oleh lapisan kedap air. Pada lapisan pembatas dibagian atasnya dimungkinkan masih ada air yang mengalir ke akuifer tersebut. Akuifer ini disebut juga dengan *leaky-artesian aquifer*. Akuifer setengah tertekan (*Semiconfined Aquifer*) dapat dilihat pada gambar 2.4 dibawah ini.



Gambar 2.4. Akuifer Setengah Tertekan (*Semiconfined Aquifer*)
 Sumber : <http://sumiadi.files.wordpress.com>

4. Akuifer Menggantung

Akuifer menggantung (*Perched Aquifer*) merupakan akuifer yang massa airtanahnya terpisah dari air tanah induk. Dipisahkan oleh suatu lapisan yang relatif kedap air yang begitu luas dan terletak diatas daerah jenuh air. Biasanya akuifer ini terletak di atas suatu lapisan formasi geologi yang kedap air. Kadang-kadang lapisan bawahnya tidak murni kedap air namun berupa *aquitards* yang juga bisa memberikan distribusi air pada akuifer dibawahnya. Akuifer menggantung (*Perched Aquifer*) dapat dilihat pada gambar 2.5 dibawah ini.



Gambar 2.5. Akuifer Menggantung (*Perched aquifer*)

Sumber : <http://sumiadi.files.wordpress.com>

2.2. Sifat Hidraulik Akuifer

Disamping air tanah bergerak dari atas ke bawah, air tanah juga bergerak dari bawah ke atas (gaya kapiler). Air bergerak horisontal pada dasarnya mengikuti hukum hidrolika, air bergerak horisontal karena adanya perbedaan gradien hidrolik. Gerakan air tanah mengikuti hukum Darcy yang berbunyi “volume air tanah yang melalui batuan berbanding lurus dengan tekanan dan berbanding terbalik dengan tebal lapisan”.

Potensi airtanah diperoleh dari sifat hidrolik akuifer yang meliputi koefisien keterusan Air/nilai Transmisivitas (T) dan koefisien tampungan (S') yang diperoleh dari uji akuifer (*Akuifer Test*).

1. Koefisien Keterusan Air/Nilai Transmisivitas (T).

Koefisien keterusan air koefisien transmisivitas (*Coefficient of Transmisivity*) merupakan banyaknya air yang dapat mengalir melalui suatu bidang vertikal setebal akuifer, selebar satu satuan panjang. Harga koefisien keterusan dapat ditentukan dengan uji pompa (pumping test), atau melalui perhitungan secara teoritis.

Koefisien keterusan air dinyatakan dalam (Bisri, 1991:117):

$$T = K \times D \quad (2-1)$$

dengan :

T = Koefisien keterusan atau trasmisivitas akuifer ($m^2/detik$)

K = Koefisien kelulusan air (m/hari)

D = Tebal dari akuifer (m)

2. Koefisien Tampung (S')

Koefisien Tampung adalah volume air yang dilepaskan dari atau dimasukkan ke dalam akuifer setiap satu satuan luas akuifer pada satu satuan perubahan kedudukan muka air bawah tanah, koefisien cadangan tidak berdimensi (Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 1451K/10/MEM/2000).

2.2.1. Pengujian Akuifer (*Akuifer Test*)

Untuk menentukan besarnya koefisien keterusan Air/nilai Transmisivitas (T) dan koefisien tampung (S') digunakan empat model uji akuifer, yaitu Metode Theis, Metode Jacob-Cooper, Metode Chow, dan Metode Thiem.

Ada dua kondisi aliran airtanah, yaitu aliran tunak (*steady flow*) dan aliran tidak tunak (*unsteady flow*). (Siswoyo, 2002:8)

- a. Aliran tunak (*steady flow*) yaitu aliran yang tidak berubah atau dapat dianggap tetap selama jangka waktu tertentu. Pada sumur pompa aliran tunak terjadi bila tercapai keseimbangan antara debit yang dipompa dengan debit yang masuk ke dalam akuifer.
- b. Aliran tidak tunak (*unsteady flow*) yaitu aliran yang berubah selama jangka waktu tertentu. Pada sumur pompa aliran tidak tunak terjadi pada saat pemompaan air sumur dimulai sampai terjadi keadaan tunak dan pada saat berlangsungnya pemulihan kembali.

Pengujian akuifer dengan metode Theis, metode Jacob-Cooper, metode Chow, dan metode Thiem adalah sebagai berikut:

1. Metode Theis

Theis, yang telah mengembangkan rumus untuk aliran tidak tunak, yang mana telah diperkenalkan factor waktu dan koefisien tampung. Theis mencatat bahwa jika dari suatu sumur yang memasuki akuifer tertekan yang luas, dipompa dengan laju tetap, pengaruh debitnya meluas dengan bertambahnya waktu. Besarnya pengurangan tinggi muka airtanah dikalikan dengan koefisien tampung, kemudian dijumlahkan untuk seluruh luas daerah pengaruh, akan sama dengan debit. Karena airnya harus didapat dari pengurangan tampung dalam akuifer, maka tinggi muka air tanah akan terus menurun selama akuifernya bekerja efektif secara tidak terbatas. Oleh karenanya, secara teoritis tidak terjadi keadaan tunak. Tetapi besarnya pengurangan muka airtanah akan menurun terus jika daerah pengaruhnya membesar (Bisri, 1991:96).

Di dalam menggunakan metode Theis, anggapan-anggapan yang dipergunakan adalah (Bisri, 1991:98):

1. Aliran ke sumur adalah aliran tidak tunak.
2. Jenis akuifernya terutama untuk akuifer terkekang.
3. Diameter sumur kecil, sehingga kandungan di dalam sumur dapat diabaikan.
4. Akuifer dianggap meluas tak terhingga dalam bidang horizontal, terletak pada lapisan yang kedap air serta mempunyai ketebalan yang seragam.
5. Akuifer adalah homogen, isotropis dalam daerah yang dipengaruhi oleh pemompaan.
6. Kehilangan tinggi tekan yang disebabkan oleh komponen aliran vertical dalam akuifer diabaikan.
7. Air yang mengalir dalam akuifer merupakan aliran laminar (syarat berlakunya hukum Darcy).
8. Pelepasan air terjadi segera, hal ini disebabkan oleh elastisitas air dan kompaksi material akuifer (material yang tidak termampatkan), sebagai dasar hukum kontinuitas.
9. Muka air pada pisometer dan muka air bebas sebelum pemompaan dalam keadaan hampir horizontal.
10. Pemompaan dilakukan dengan debit yang tepat
11. Sumur yang dipompa menembus penuh akuifer.

Persamaan penurunan muka air tanah dan koefisien tampungan menurut Theis adalah (Bisri, 1991:98):

$$S = \frac{Q}{4\pi T} W(U) \quad \text{atau} \quad T = \frac{Q}{4\pi S} W(U) \quad (2-2)$$

$$U = \frac{r^2 S'}{4Tt} \quad \text{atau} \quad S' = \frac{4T'}{r^2/t} U \quad (2-3)$$

dimana:

S = Penurunan pisometer pada jarak r (m) dari sumur yang dipompa

Q = Debit tetap sumur yang dipompa (m^3/dt)

T = Transmisivitas akuifer (m^2/dt)

S' = Koefisien tampungan (tidak berdimensi)

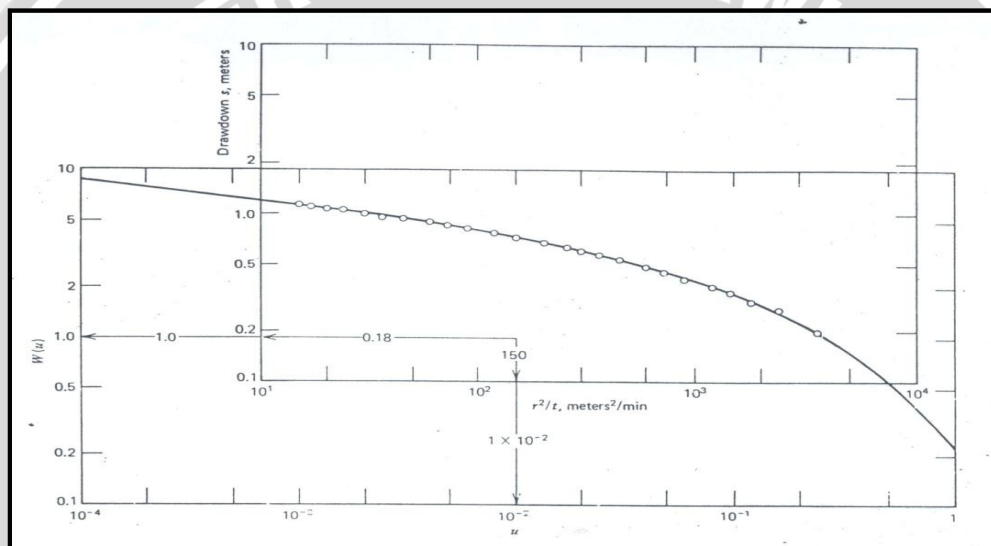
t = Waktu sejak dimulai pemompaan (detik)

r = Jari-jari sumur pengamat diukur terhadap sumur yang dipompa (m)

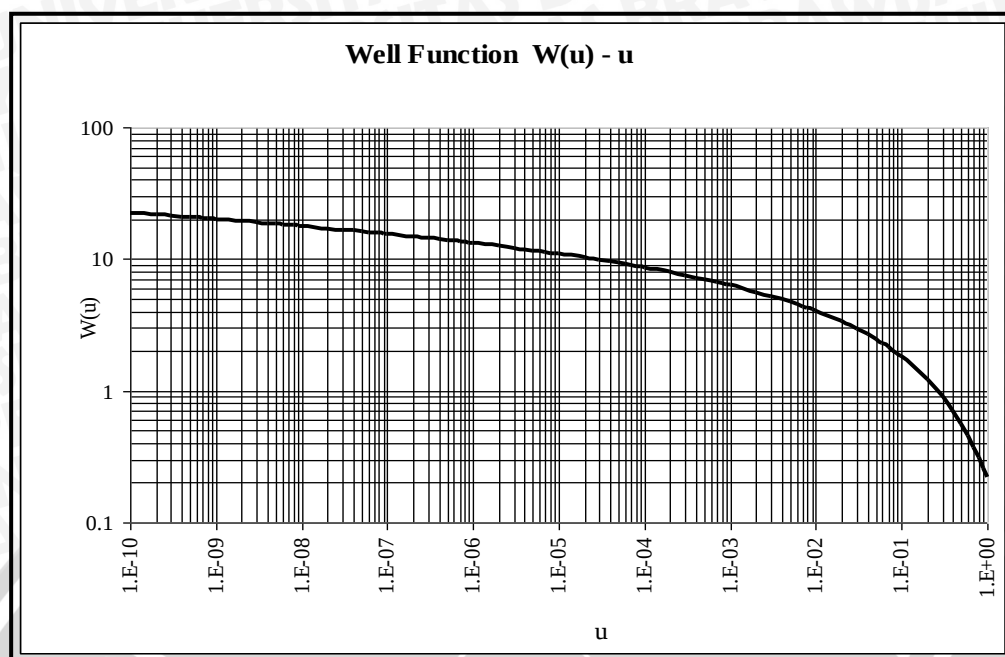
$$W(U) = -0,5772 - \ln U + U - \frac{U^2}{2.2!} + \frac{U^3}{3.3!} - \frac{U^4}{4.4!} + \dots$$

$W(U)$ = Integral eksponensial, atau disebut fungsi sumur U atau juga disebut fungsi sumur Theis

Grafik superposisi Metode Theis pada gambar 2.6. Nilai $W(U)$ dapat diperoleh dengan menggunakan lengkung jenis normal yang dibuat dengan memplot nilai $W(U)$ Vs U , atau lengkung jenis kebalikan yang dapat dibuat dengan memplot nilai $W(U)$ Vs $1/U$, pada grafik log-log dengan $W(U)$ sebagai sumbu vertikalnya. Grafik hubungan antara U dan $W(U)$ dapat dilihat pada gambar 2.7 di bawah ini.



Gambar 2.6. Grafik Superposisi Metode Theis
Sumber: Todd, 1980:128



Gambar 2.7. Grafik Hubungan Antara U dan W(U)
Sumber: Bisri, 1991:100

2. Metode Cooper-Jacob

Metode ini umumnya dikenal dengan nama metode Jacob. Merupakan penurunan dari rumus Theis, tetapi cara ini lebih konsisten dan lebih murah, karena hanya dibutuhkan satu sumur pengamatan. Anggapan-anggapan yang harus dipenuhi adalah sama dengan metode Theis, tetapi nilai U mempunyai batasan lebih kecil dari 0,01 sehingga nilai r kecil dan nilai t besar (Bisri, 1991:100). Dari penurunan metode Theis, Jacob menurunkan persamaan penurunan muka air tanah S menjadi (Bisri, 1991:101):

$$S = \frac{Q}{4\pi T} (-0,5772 - \ln \frac{r^2 S'}{4Tt}) \quad \text{atau dapat ditulis dalam logaritma}$$

$$S = \frac{2,30Q'}{4\pi T} \log \frac{2,25Tt}{r^2 S'} \quad (2-4)$$

dimana:

- S = Penurunan pisometer pada jarak r (m) dari sumur yang dipompa
- Q = Debit tetap sumur yang dipompa (m³/dt)
- T = Transmisivitas akuifer (m²/dt)
- S' = Koefisien tampungan (tidak berdimensi)
- t = Waktu sejak dimulai pemompaan (detik)

r = Jari-jari sumur pengamat diukur terhadap sumur yang dipompa (m)

Ada tiga cara di dalam analisa data lapangan yaitu:

1. Metode Jacob I, dengan menghubungkan S dan $\log t$.
2. Metode Jacob II, yaitu menghubungkan S dengan $\log r$
3. Metode Jacob III, yaitu menghubungkan S dengan $\log t/r^2$

Koefisien tampungan S' dapat dicari dengan kondisi untuk $S = 0$ dan $t = t_0$, sehingga:

$$S = \frac{2.30 Q'}{4 \pi T} \log \frac{2.25 T t}{r^2 S'}$$

$$0 = \frac{2.30 Q'}{4 \pi T} \log \frac{2.25 T t_0}{r^2 S'} \quad \text{menjadikan} \quad \frac{2.25 T t_0}{r^2 S'} = 1$$

$$S' = \frac{2.25 T t_0}{r^2} \quad (2-5)$$

Transmisivitas akuifer diperoleh dengan menggunakan rumus (Bisri, 1991:101):

$$T = \frac{2.30 Q'}{4 \pi \Delta S} \log \left(\frac{10^{n+1}}{10^n} \right) \quad \text{menjadikan} \quad T = \frac{2.30 Q'}{2 \pi \Delta S} 1$$

Atau:

$$T = \frac{2.30 Q 86,40'}{4 \pi \Delta S} \quad \text{dimana } Q \text{ dalam liter/detik} \quad (2-6)$$

dimana:

Q = Debit pemompaan (m^3/hari)

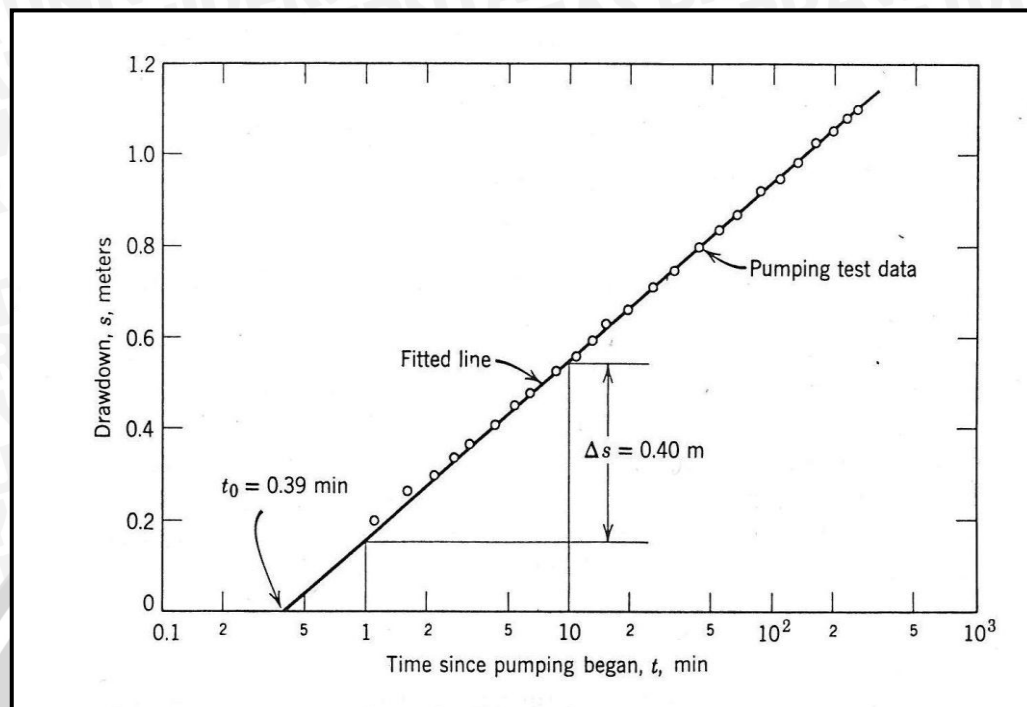
ΔS = Nilai penurunan muka air per siklus log (m)

T = Transmisivitas (m^2/hari)

S' = Koefisien tampungan (tidak berdimensi)

T_0 = Diperoleh dari grafik Jacob

r = Jari-jari sumur pengamat diukur terhadap sumur yang dipompa (m)



Gambar 2.8. Grafik Metode Cooper - Jacob

Sumber: Todd, 1980:129

3. Metode Chow

Chow telah mengembangkan sebuah metode dengan menghindari penarikan garis lurus secara sembarang dari titik-titik data hasil pengamatan. Pengukuran penurunan muka airtanah, boleh dilakukan dengan menempatkan sumur pengamatan yang dekat dengan sumur pompanya. Metode ini menggunakan grafik semi-logaritma. Pada grafik tersebut dipilih titik A sembarang, sehingga koordinat t dan S diperoleh.

Perbedaan $S_2 - S_1$ adalah ΔS . Sehingga: $F(U) = \frac{S}{\Delta S}$ yang menghasilkan nilai $W(U)$

dan U . Harga transmisivitas dan koefisien tampungan dari akuifer dihitung dengan rumus Theis, yaitu (Bisri, 1991:103):

$$T = \frac{Q}{4\pi S} W(U) \quad (2-7)$$

$$S' = \frac{4TtU}{r^2} \quad (2-8)$$

dimana:

Q = Debit pemompaan ($m^3/hari$)

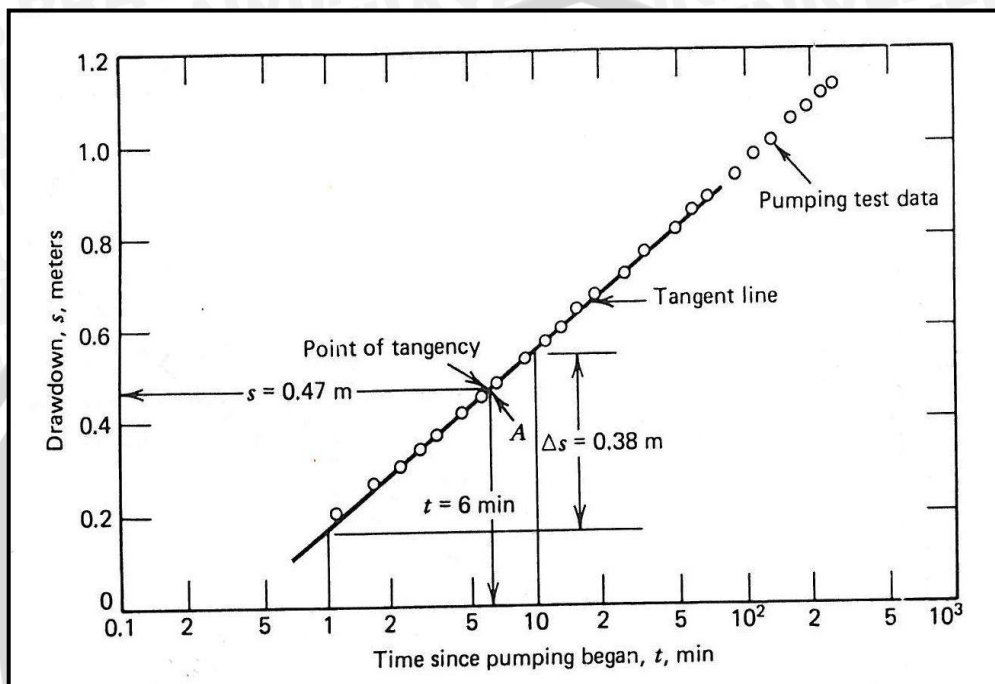
T = Transmisivitas ($m^2/hari$)

S' = Koefisien tampungan (tidak berdimensi)

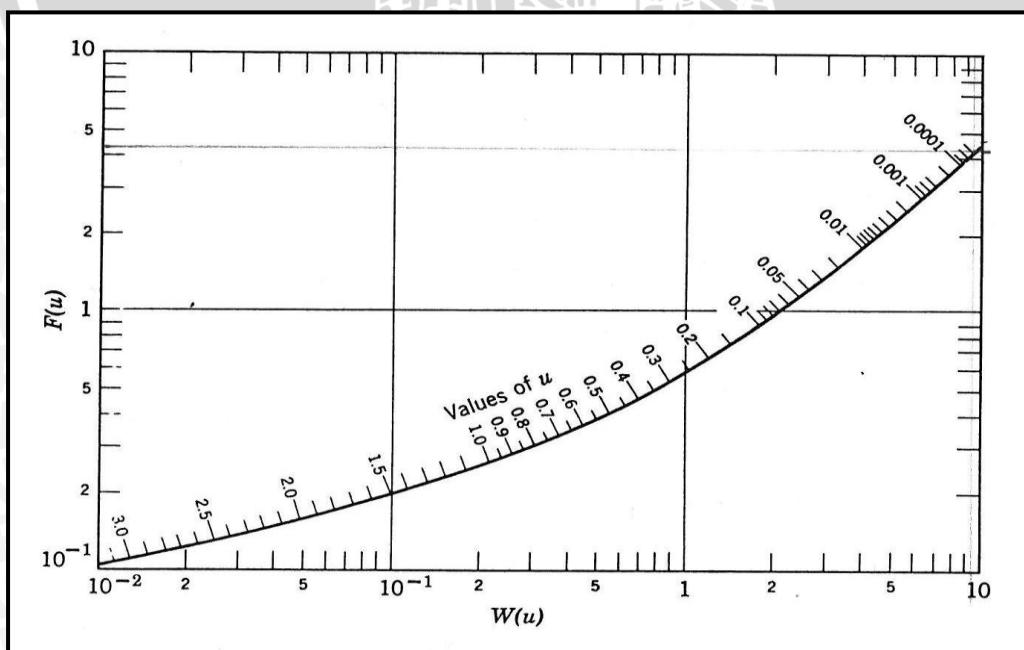
r = Jari-jari sumur pengamat diukur terhadap sumur yang dipompa (m)

S = Penurunan pisometer pada jarak r (m) dari sumur yang dipompa

Grafik metode Chow dapat dilihat pada gambar 2.9 dan Grafik hubungan $F(u)$, $W(u)$ dan u metode Chow dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.9. Grafik Metode Chow
Sumber: Todd, 1980:129



Gambar 2.10. Grafik Hubungan $F(u)$, $W(u)$ dan u Metode Chow
Sumber: Todd, 1980:131

4. Metode Theim

Di dalam metode Long Period Test, metode analisa yang dapat dilakukan adalah dengan metode Theim. Di mana anggapan yang paling penting dari cara ini adalah aliran ke dalam sumur adalah aliran tunak (*steady flow/equilibrium atau steady stage*). Adapun bentuk persamaan Theim adalah (Bisri, 1991:117):

1. Persamaan ini digunakan apabila pisometer lebih dari satu

$$T = \frac{2,30}{2\pi (S_1 - S_2)} \log \left(\frac{r_2}{r_1} \right) \quad (2-9)$$

2. Persamaan ini digunakan apabila pisometer hanya satu

$$T = \frac{2,3Q}{2\pi (S_w - S_1)} \log \left(\frac{r_1}{r_w} \right) \quad (2-10)$$

3. Persamaan ini digunakan apabila pisometer diabaikan

$$T = \frac{1,22Q}{S_w} \quad (2-11)$$

dimana:

Q = Debit sumur yang dipompa (m³/detik)

T = Transmisivitas Akuifer (m²/detik)

S₁ = Penurunan air pada pisometer 1 (m)

S₂ = Penurunan muka air pada pisometer 2 (m)

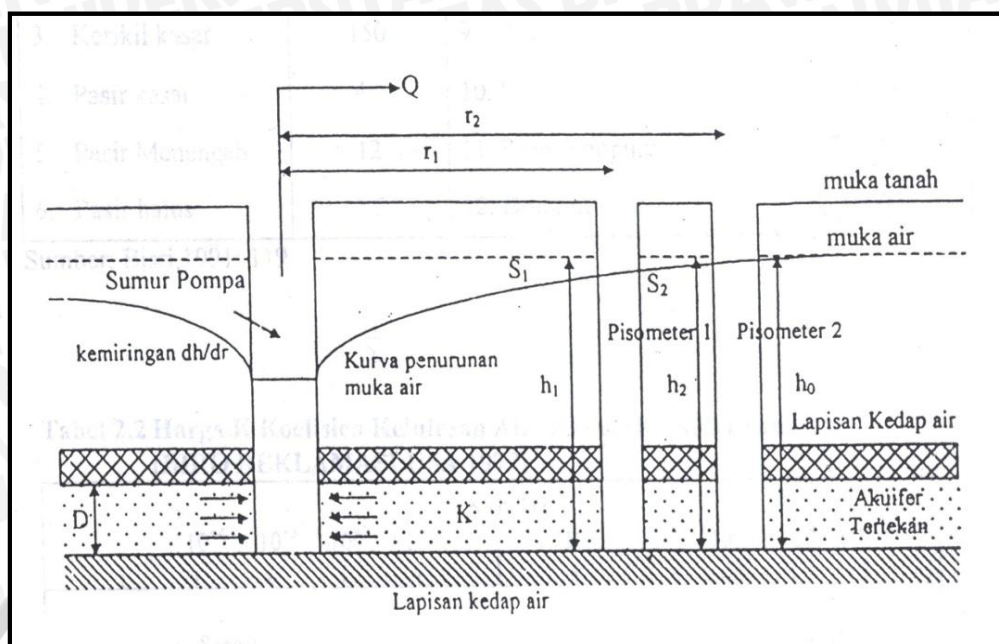
r₁ = Jarak pisometer 1 ke sumur pompa (m)

r₁ = Jarak pisometer 2 ke sumur pompa (m)

r_w = Jari-jari sumur yang dipompa (m)

S_w = Penurunan muka air di dalam sumur yang dipompa (m)

r_e = Jari-jari pengaruh sumur (m)



Gambar 2.11. Potongan Akuifer sebagai Penjelasan Rumus Theim

Sumber: Todd, 1991:118

2.2.2. Analisis Debit Optimum Sumur

Untuk mengetahui debit optimum sumur, langkah-langkah analisisnya adalah :

- Plot nilai S_w dari masing-masing tahap sebagai sumbu y, dan nilai Q sebagai sumbu x.

- Menghitung nilai Q maksimum dengan menggunakan persamaan :

$$Q_{maks} = 2\pi \cdot r_w \cdot D \cdot (K^{0.5} / 15) \quad (2-12)$$

- Menghitung nilai S_w maksimum dengan menggunakan persamaan :

$$S_{w_{maks}} = BQ_{maks} + CQ_{maks}^2 \quad (2-13)$$

- Nilai Q_{maks} dan $S_{w_{maks}}$ diplot dan ditarik garis perpotongan antara kedua garis hasil plotting, maka akan diperoleh nilai $Q_{optimum}$ dan $S_{w_{optimum}}$

- Besarnya $Q_{optimum}$ inilah yang digunakan sebagai dasar dalam memanfaatkan debit airtanah. Artinya pemanfaatan debit airtanah tidak boleh lebih dari debit optimum ($Q_{optimum}$) untuk menjaga kelestariannya.

2.3. Evapotranspirasi

2.3.1 Evaporasi

Peristiwa berubahnya air menjadi uap dan bergerak dari permukaan tanah dan permukaan air ke udara disebut evaporasi atau penguapan (Sosrodarsono, 1976). Air akan menguap dari tanah, baik tanah gundul atau yang tertutup oleh tanaman dari

pepohonan, permukaan tidak tembus air seperti atap dan jalan ray, air bebas dan air mengalir. Evaporasi merupakan faktor penting dalam studi tentang pengembangan sumber-sumber daya air. Evaporasi sangat mempengaruhi debit usngai, besarnya kapasitas waduk, besarnya kapasitas pompa untuk irigasi, penggunaan konsumtif untuk tanaman dan lain-lain (Soemarto, 1986).

Faktor meteorologi yang mempengaruhi besarnya evaporasi adalah sebagai berikut (Soemarto, 1986) :

1. Radiasi Matahari

Evaporasi berjalan terus hampir tanpa henti disiang hari dan kerap kali dimalam hari. Perubahan dari keadaan cair menjadi gas ini memerlukan energi berupa panas untuk evaporasi. Proses evaporasi akan sangat aktif jika memperoleh penyinaran langsung dari matahari.

2. Angin

Jika air menguap ke atmosfer maka lapisan bawah anantara permukaan tanah dan udara menjadi jenuh oleh uap air sehingga proses evaporasi berhenti. Agar proses tersebut berjalan semua 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 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 menurun. Penggantian lapisan udara pada batas tanah dan udara dengan udara yang sama kelembaban relatifnya tidak akan menolong untuk memperbesar laju evaporasi.

4. Suhu (temperatur)

Energi sangat dibutuhkan agar evaporasi berjalan terus. Jika suhu udara dan tanah cukup tinggi, proses evaporasi berjalan lebih cepat dibandingkan jika suhu udara dan tanah rendah karena adanya energi panas yang tersedia.

2.3.2. Transpirasi

Peristiwa penguapan dari tanaman disebut dengan transpirasi (Sosrodarsono, 1976). Semua jenis tanaman memerlukan air untuk kelangsungan hidupnya, dan masing-masing jenis tanaman berbeda-beda kebutuhannya. Hanya sebagian kecil air yang tinggal di dalam tubuh tanaman , sebagian besar air setelah diserap lewat akar dan

dahan di transpirasikan lewat daun. Dalam kondisi lapangan tidaklah mungkin untuk membedakan antara evaporasi dan transpirasi jika tanahnya tertutup oleh tumbuhan. Kedua proses tersebut (evaporasi dan transpirasi) saling berkaitan sehingga dinamakan evapotranspirasi. Proses transpirasi berjalan sepanjang hari dibawah pengaruh sinar matahari (Soemarto, 1986).

Jumlah kadar air yang hilang dalam tanah oleh evapotranspirasi tergantung pada (Soemarto, 1986) :

1. Adanya persediaan air yang cukup (hujan, dll).
2. Fator-faktor iklim (suhu, kelembaban, dll).

2.3.3. Evapotranspirasi

Evapotranspirasi merupakan gabungan dari proses penguapan air bebas (evaporasi) dan penguapan melalui tanaman (transpirasi). Evaporasi potensial (E_t) adalah air yang menguap melalui permukaan tanah dimana besarnya adalah jumlah air yang akan digunakan tanaman untuk perkembangannya (Suhardjono, 1994)

Data-data yang diperoleh dari stasiun klimatologi adalah sebagai berikut (Suhardjono, 1994) :

- a. Temperatur rata-rata

Rata-rata temperatur udara bulanan di Indonesia $24-29^{\circ}\text{C}$ dan tidak terlalu berbeda dengan bulan yang satu dengan bulan yang lainnya.

- b. Kelembaban relatif (Rh)

Kelembaban relatif atau *relative humidity* (Rh) yang dinyatakan dalam presentase (%) merupakan perbandingan antara tekanan uap air dengan uap air jenuh. Dan pengukuran di Indonesia menunjukkan besarnya kelembaban relatif berkisar antara 65% sampai 85%. Hal tersebut menunjukkan bahwa Indonesia memiliki daerah dengan kelembaban relatif yang tinggi daripada musim kemarau (April-September)

- c. Kecepatan angin rata-rata (n)

Data kecepatan angin diukur berdasarkan tiupan angin pada letinggian 2 meter di atas permukaan tanah. Dari data pengukuran kecepatan angin di Indonesia menunjukkan bahwa besarnya angin rata-rata bulanan berkisar antara 0,5 – 4,5 m/dt atau 15 km/jam.

- d. Kecerahan matahari rata-rata (n/N)

Kecerahan matahari merupakan perbandingan antara n dan N disebut rasio keawanan. Nilai N merupakan jumlah potensial matahari bersinar dalam sehari.

Untuk daerah di sekitar khatulistiwa besar N adalah sekitar 12 jam setiap harinya dan tidak jauh berbeda dengan bulan lainnya. Sedangkan nilai n ini sangat berhubungan dengan keadaan awan, maka banyak awan makin kecil nilai n tersebut. Harga rata-rata bulanan kecerahan matahari (n/N) di Indonesia berkisar 30% - 85%. Di musim kemarau harga n/N lebih tinggi di dibandingkan musim hujan yang memperkecil harga n dan prosentase n/N.

Metode yang digunakan dalam studi ini adalah metode Penman modifikasi. Dalam analisis studi ini, evapotranspirasi potensial dihitung dengan menoptimalkan ketersediaan data klimatologi, yaitu suhu udara bulanan, kelembaban udara relatif, kecepatan angin bulanan, dan penyinaran matahari bulanan. Selain itu, penggunaan lebih banyak data terukur membawa hasil perhitungan rumus ini lebih teliti jika dibandingkan rumus yang lain (Suhardjono, 1994)

Dalam perkembangannya, terdapat beberapa rumus Penman yang telah disederhanakan guna memudahkan dalam perhitungan. Rumus Penman dalam menghitung evapotranspirasi potensial membutuhkan lebih banyak data terukur, yaitu suhu udara bulanan rerata (t , $^{\circ}\text{C}$), kelembaban relatif bulanan rerata (RH,%), kecerahan matahari bulanan (n/N, %), kecepatan angin bulanan rerata (u, m/s), dan letak lintang daerah yang ditinjau. Perhitungan ET_0 berdasarkan rumus Penman yang telah disederhanakan adalah sebagai berikut (Suhardjono, 1994) :

$$ET_0 = c \times ET_0^* \quad (2-14)$$

$$ET_0^* = W (0,75 R_s - R_{n1}) + (1 - W). f(n). (e_a - e_d) \quad (2-15)$$

Dengan :

W = faktor yang berhubungan dengan suhu dan elevasi

R_s = radiasi gelombang pendek, dalam satuan evaporasi ekivalen (mm/hr)

$$R_s = (0,25 + 0,54 n/N) R_a \quad (2-16)$$

R_a = radiasi gelombang pendek yang memenuhi batas luar atmosfer (mm/hari)

R_{n1} = radiasi bersih gelombang panjang (mm/hari)

$$R_{n1} = f(t). f(e_d).f(n/N) \quad (2-17)$$

$f(t)$ = fungsi suhu

$$f(t) = \sigma.Ta^4 \quad (2-18)$$

$f(e_d)$ = fungsi tekanan uap

$$f(e_d) = 0,34 - (0,44.e_d^{0,5}) \quad (2-19)$$

$f(n/N)$ = fungsi kecerahan

$$f(n/N) = 0,1 + (0,9 n/N) \quad (2-20)$$

$f(U)$ = fungsi kecepatan angin pada ketinggian 2 meter (m/dt)

$$f(U) = 0,27 (1 + 0,864 U) \quad (2-21)$$

$(e_a - e_d)$ = perbedaan tekanan uap jenuh dengan tekanan uap yang sebenarnya

$$e_d = e_a \cdot R_h \quad (2-22)$$

a = tekanan uap sebenarnya yang besarnya berhubungan dengan t

R_h = kelembaban udara relatif (%)

Setelah harga ET_0^* didapat maka besar harga evapotranspirasi potensial (ET_0) dapat dibidang dengan rumus berikut (Suhardjono, 1994) :

$$ET_0 = c \times ET_0^* \quad (2-23)$$

Dengan :

c = angka koreksi Penman yang besarnya mempertimbangkan perbedaan cuaca.

Prosedur perhitungan ET_0 berdasar rumus Penman adalah sebagai berikut :

- Mengumpulkan data suhu bulanan rata-rata (t)
- Menghitung besaran (e_a), (W), ($W-1$) dan $f(t)$ dari tabel berdasarkan nilai (t)
- Menghitung data kelembaban relatif (R_h)
- Menghitung besaran e_d berdasarkan nilai e_a dan R_h
- Menghitung $f(e_d)$ dari tabel berdasarkan nilai e_d
- Menghitung data letak lintang daerah yang ditinjau
- Menghitung besaran (R_a) berdasarkan letak lintang
- Menghitung data kecerahan matahari (n/N)
- Menghitung besaran R_a dari perhitungan berdasarkan nilai R_a dan (n/N)
- Menghitung besaran $f(n/N)$ berdasarkan nilai (n/N)
- Menghitung data kecepatan angin rata-rata bulanan (U)
- Menghitung besaran $f(U)$ berdasarkan nilai (U)
- Menghitung besar $R_{n1} = R_{n1} = f(t) \cdot f(e_d) \cdot f(n/N)$
- Menghitung besar angka koreksi(c) dari tabel
- Menghitung besar ET_0^* dengan rumus (2-2)
- Perhitungan ET_0 dengan rumus (2-1)

2.4. Analisis 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 di beberapa titik adalah sebagai berikut (Sosrodarsono, 1976) :

- a) Metode Rerata Aljabar
- b) Metode Thiessen
- c) Metode Isohiet

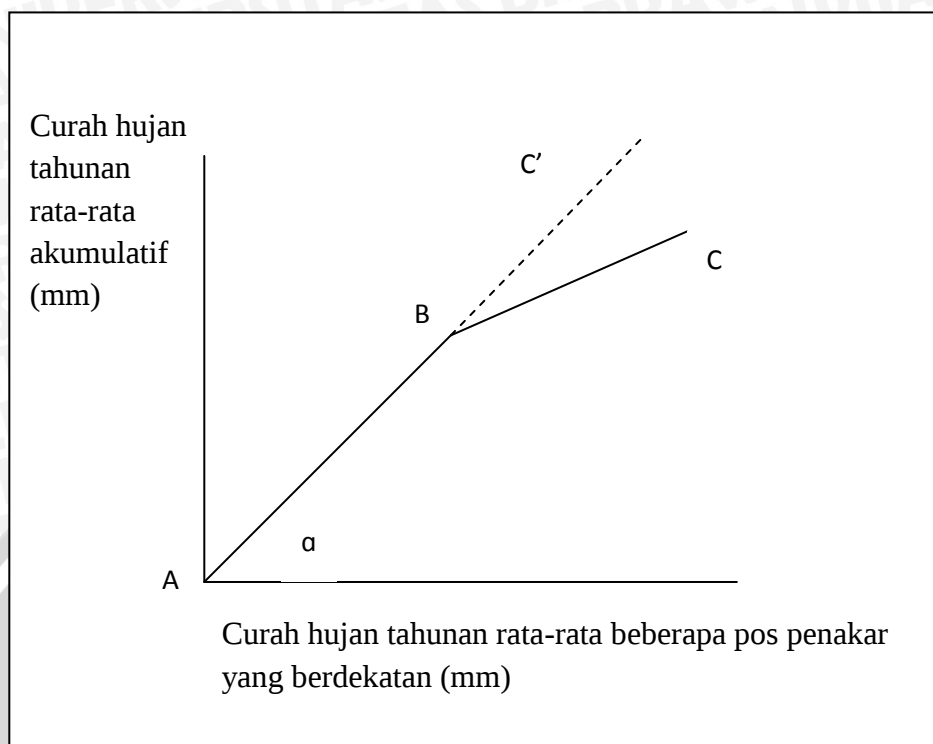
Pada umumnya untuk menghitung curah hujan dapat digunakan standar luas daerah sebagai berikut (Sosrodarsono, 1976: 51) :

1. Daerah dengan luas 250 Ha ang mempunyai variasi topografi yang kecil, dapat diwakili oleh sebuah alat ukur curah hujan.
2. Daerah dengan luas 250 Ha sampai 50.000 Ha yang mempunyai 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.

2.5.1. 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, 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 2.12.



Gambar 2.12. Analisis Kurva Massa Ganda

Jika 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)

2.4.2. Analisis Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif mempunyai arti sejumlah curah hujan yang jatuh pada suatu daerah atau petak sawah semasa pertumbuhan tanaman dan dapat digunakan secara langsung untuk memenuhi kebutuhan air tanaman untuk keperluan perencanaan persawahan, curah hujan efektif yang digunakan adalah curah hujan efektif untuk tanaman padi, palawij dan tebu.

Besarnya curah hujan efektif untuk tanaman padi ditentukan dengan 70% dari curah hujan merata sepuluh harian dengan kemungkinan kegagalan 20% atau curah hujan R_{20} . Curah hujan efektif diperoleh dari 70% nilai R_{80} per periode waktu pengamatan dengan persamaan (KP-01, 1986) sebagai berikut :

$$R_{\text{padi}} = R_{80} \times 70\%/10 \quad (2-24)$$

dengan :

R_{padi} = curah hujan untuk tanaman padi sawah (mm/hari)

R_{80} = tingkat hujan yang terjadi dengan tingkat kepercayaan 80% (mm).

Besarnya curah hujan efektif untuk tanaman palawija dipengaruhi oleh besarnya tingkat evapotranspirasi dan curah hujan bulanan rerata dari daerah yang bersangkutan. Curah hujan efektif diperoleh dari R_{50} per periode waktu pengamatan dengan persamaan di bawah ini (KP-01, 1986) :

$$R_{eff} = R_{50} \quad (2-25)$$

2.5. Kebutuhan Air Irigasi

2.5.1. 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 umumnya diambil dari sungai atau waduk dan dialirkan melalui jaringan sistem irigasi, guna menjaga keseimbangan jumlah air di lahan pertanian (Suhardjono, 1994).

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

- Penyiapan lahan
- Penggunaan Konsumtif
- Perkolasi
- Pergantian lapisan air
- Curah hujan efektif

2.5.2. 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) :

- 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 hubungannya dengan faktor tanaman, yaitu (Suhardjono, 1994) :

- Jenis tanaman

- b. Varitas (macam) tanaman
- c. Umur pertumbuhan tanaman

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

$$ET = k \cdot ETo \quad (2-26)$$

dengan :

ET = kebutuhan air untuk tanaman (mm/hr)

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

ETo = evapotranspirasi potensial (mm/hr)

KEBUTUHAN AIR TANAMAN (ET)

Faktor Iklim :

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

Faktor Tanaman :

- Jenis Tanaman
- Varietas tanaman
- Umur tanaman

Dihitung dengan rumus tertentu

Dirancang dengan pola tanam

Didapat ETo

Kebutuhan air

k didapat

$$(ET = k \times ETo)$$

Gambar 2.13. Diagram Alur Kebutuhan Air Tanaman (Sumber: Suhardjono, 1994)

Setiap jenis dan varietas tanaman selama periode pertumbuhannya memerlukan air dengan jumlah yang berbeda-beda. Selama pertumbuhan vegetatif kebutuhan air selalu bertambah dan pada masa pertumbuhan bunga memerlukan air yang sangat banyak serta pada masa pembuahan kebutuhan airnya berangsur-angsur surut. Perbedaan kebutuhan air tiap umur tanaman dipengaruhi oleh koefisien tanaman.

Tabel 2.1. Nilai Koefisien Tanaman Padi

Padi (Varietas Unggul)	
Umur (hari)	k
10	1.1
20	1.1
30	1.1
40	1.05
50	1.05
60	1.05
70	0.95
80	0.95
90	0

Sumber : KP-PU, 1986

2.5.3. Perkolasi

Perkolasi adalah gerakan air ke bawah dari zona tidak jenuh (antara permukaan tanah sampai ke permukaan air tanah) ke dalam daerah jenuh (daerah di bawah permukaan tanah). Daya perkolasi (P_p) adalah laju perkolasi maksimum yang dimungkinkan dan besarnya dipengaruhi kondisi tanah dan muka air tanah. Perkolasi terjadi saat daerah tak jenuh mencapai daya medan (*field capacity*). (Soemarto, 1986)

Laju perkolasi sangat bergantung kepada sifat-sifat tanah. Pada tanah-tanah lempung berat dengan karakteristik pengolahan yang baik, laju perkolasi dapat mencapai 1-3 mm/hari. Pada tanah-tanah yang lebih ringan laju perkolasi bisa lebih tinggi (Anonim/KP-01, 1986).

Laju perkolasi lahan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain :

1. Tekstur tanah\

Tanah dengan tekstur halus mempunyai angka perkolasi kecil, sedang tekstur yang kasar mempunyai angka perkolasi yang besar.

2. Permeabilitas tanah

Permeabilitas tanah merupakan gaya untuk merembes lewat ruang antar butir tanah. Permeabilitas tanah besar daya perkolasi besar, sedangkan permeabilitas tanah kecil perkolasi tanah kecil.

3. Tebal lapisan tanah bagian atas

Semakin tipis lapisan tanah bagian atas, semakin kecil daya perkolasinya.

4. Letak permukaan air tanah

Lindungan tumbuh-tumbuhan yang padat menyebabkan daya infiltrasi (proses masuknya air hujan ke dalam lapisan permukaan tanah dan turun ke permukaan air tanah) semakin besar, yang berarti daya perkolasi juga besar.

Tabel 2.2. Harga Perkolasi Dari Berbagai Jenis Tanah

NO	Tekstur Tanah	Perkolasi (mm/hr)
1	Tanah Ringan	3-6
2	Lempung Berpasir	2-3
3	Liat lempung	1-2

Sumber : Wirosoedarmo, 1985 : 94

2.5.4. Kebutuhan Air Untuk Penyiapan Lahan

Kebutuhan air untuk penyiapan lahan umumnya menentukan kebutuhan maksimum air irigasi pada suatu proyek irigasi. Pada umumnya jumlah air yang dibutuhkan untuk penyiapan lahan dpata ditentukan berdasarkan kedalaman serta porositas tanah di sawah.

Untuk tanah bertekstur berat tanpa retak-retak, kebutuhan air untuk penyiapan lahan diambil 200 mm. Ini termasuk air untuk penjenuhan dan pengolahan tanah. Pada permulaan transplantasi tidak akan ada lapisan yang tersisa di sawah. Setelah transplantasi selesai, lapisan air di sawah akan ditambah 50 mm. Secara keseluruhan, ini berarti bahwa lapisan air yang diperlukan menjadi 250 mm untuk penyiapan lahan dan untuk lapisan air awal setelah transplantasi selesai.

Bila lahan dibiarkan bero selama jangka waktu yang lama (2,5 bulan atau lebih), maka lapisan air yang diperlukan untuk penyiapan lahan diambil 300 mm, termasuk yang 50 mm untuk penggenangan transplantasi.

Untuk tanah ringan dengan laju perkolasi yang lebih tinggi, harga-harga kebutuhan air untuk penyiapan lahan bisa diambil lebih tinggi lagi. Kebutuhan air untuk penyiapan lahan sebaiknya dipelajari dari daerah-daerah di dekatnya yang kondisi tanahnya serupa dan hendaknya didasarkan pada hasil-hasil penyiapan di lapangan (Anonim/KP-01, 1986)

Dalam prakteknya, pengolahan tanah tidak didahulukan serentak, misalnya untuk satu petak tersier, tersier diolah berkisar antara 10-15 hari. Sedangkan untuk daerah irigasi yang luas baru bisa diselesaikan sekitar 30-45 hari, namun hal ini tergantung pada alat pengolahan tanah yang digunakan. Dengan tidak dilakukan pengolahan serentak tersebut maka kebutuhan air tiap harinya bisa lebih kecil. Kebutuhan air untuk penyiapan lahan dipengaruhi oleh evaporasi, kejenuhan tanah, perkolasi dan jangka waktu untuk penyiapan lahan. Untuk menghemat pemakaian air irigasi pada saat penyiapan lahan, maka dilakukan hal-hal sebagai berikut (Wirosoedarmo, 1985) :

1. Penyiapan lahan tidak dilakukan sekaligus atau serentak dalam waktu singkat, karena terbatasnya persediaan tenaga, di samping itu dengan menunggu bibit persemaian.
2. Saat penyiapan lahan untuk tanam+an padi musim hujan, biasanya menunggu cukup turunnya hujan sehingga dapat menggunakan curah hujan efektif mungkin dan pada saat penyiapan lahan untuk padi gadu biasanya kondisi tanahnya masih lembab.

2.5.5. Kebutuhan Air Irigasi

Irigasi merupakan penyaluran air yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman ke tanah yang diolah dan mendistribusikannya secara sistematis. Perancangan irigasi disusun berdasarkan kondisi-kondisi meteorologi di daerah bersangkutan dan kadar air yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman (Sosrodarsono, 1976).

Besarnya kebutuhan air di sawah dipengaruhi oleh beberapa faktor sebagai berikut (KP-01 Kriteria Perencanaan Jaringan Irigasi, 1986) :

- a. Penyiapan Lahan
- b. Penggunaan Konsumtif
- c. Perkolasi
- d. Pergantian Lapisan Air

e. Curah Hujan Efektif

2.5.5.1. Metode Kriteria Perencanaan PU

a. Kebutuhan air di sawah :

$$NFR = IR + Etc + P - R_{eff} + WLR \quad (2-27)$$

dimana :

NFR = Kebutuhan air bersih di sawah (mm/hr)

IR = Kebutuhan air untuk penyiapan lahan

Etc = Perkolasi (mm/hr)

R_{eff} = Curah hujan efektif

WLR = Pergantian lapisan air

b. Kebutuhan air irigasi untuk tanaman padi

$$IR = \frac{NFR}{eff} \quad (2-28)$$

dimana :

eff = efisiensi irigasi

c. Kebutuhan air irigasi untuk tanaman palawija

$$IR = \frac{ET - R_{eff}}{eff} \quad (2-29)$$

dimana :

ET = kebutuhan air tanaman (mm/hr)

R_{eff} = Curah hujan efektif (mm/hr)

eff = efisiensi irigasi

2.6. Analisa Neraca Air

Analisa neraca air dilakukan untuk melihat apakah air yang tersedia cukup memadai untuk memenuhi kebutuhan air irigasi. Ada 3 unsur pokok dalam analisa neraca air, yaitu (Anonim, 1986:101):

- Tersediannya air.
- Kebutuhan air irigasi
- Neraca air.

Analisa neraca air akan sampai pada kesimpulan mengenai pola tata tanam akhir yang akan dipakai untuk jaringan irigasi yang sedang direncanakan.

1. Tersediannya air

Dalam perencanaan jaringan irigasi air tanah, faktor tersedinya air yang dimaksud adalah debit optimum yang dihasilkan oleh sumur. Debit optimum sumur ini didapat dari perhitungan yang telah dijelaskan di atas.

2. Kebutuhan air irigasi

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kebutuhan air irigasi yaitu:

- Evapotranspirasi
- Koefisien tanaman
- Penggunaan air konsumtif
- Perkolasi
- Kebutuhan air untuk penyiapan lahan
- Penggantian lapisan air
- Curah hujan efektif

3. Neraca Air

Dalam perhitungan neraca air, kebutuhan air irigasi yang dihasilkan untuk pola tata tanam yang dipakai akan dibandingkan dengan debit air yang tersedia. Apabila debit yang tersedia melimpah, maka luas daerah irigasi akan terpenuhi kebutuhannya terhadap air. Bila debit yang tersedia tidak berlimpah dan kadang – kadang terjadi kekurangan debit, maka ada 3 pilihan yang harus dipertimbangkan (Anonim, 1986:108):

- Luas daerah irigasi dikurangi
Pengurangan terhadap luas layanan irigasi yang akan dialiri oleh sumur.
- Melakukan modifikasi dalam pola tata tanam
Dapat diadakan perubahan dalam pemilihan tanaman atau tanggal dimulainya tanam untuk mengurangi kebutuhan air irigasi di sawah, agar ada kemungkinan untuk mengairi areal yang lebih luas dengan debit yang tersedia.
- Rotasi teknis atau golongan
Melakukan pembagian air secara rotasi atau golongan terhadap daerah layanan irigasi.

2.7. Sistem Pemberian Air

2.7.1. Pemberian Air Empat Blok Rotasi

Metode pembagian air pada petak tersier yang dibagi atas empat blok rotasi adalah petak tersier dibagi menjadi empat blok rotasi yaitu:

- Blok 1
- Blok 2
- Blok 3
- Blok 4

Dimana tiap blok diusahakan agar luasnya hampir sama. Ada empat macam cara pemberian air yaitu (Walujo, 1979:34):

1. Pembagian air secara terus menerus (*continous flowing*), dilakukan bila $Q = 80\% Q_{max}$.
2. Rotasi I (satu blok tidak diairi, tiga blok lainnya diairi) dilakukan bila $Q = 60\% - 80\% Q_{max}$.

Pemberian air pada blok rotasi 1, 2, 3, dan 4 dibagi menjadi empat periode selama 14 hari atau 336 jam.

- Periode I : blok 1, 2 dan 3 diairi, sedangkan blok 4 tidak diairi. Lamanya pemberian air dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Walujo, 1979:34):

$$P_I = \frac{A_1 + A_2 + A_3}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4} \times \frac{336}{3} \quad (2-31)$$

dimana:

P_I = lamanya pemberian air (jam)

A_1, A_2, A_3, A_4 = Luas blok 1, 2, 3, dan 4 (ha)

- Periode II : blok 2, 3 dan 4 diairi, sedangkan blok 1 tidak diairi. Lamanya pemberian air dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Walujo, 1979:34):

$$P_{II} = \frac{A_2 + A_3 + A_4}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4} \times \frac{336}{3} \quad (2-32)$$

dimana:

P_{II} = lamanya pemberian air (jam)

A_1, A_2, A_3, A_4 = Luas blok 1, 2, 3, dan 4 (ha)

- Periode III : blok 1, 3 dan 4 diairi, sedangkan blok 2 tidak diairi. Lamanya pemberian air dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Walujo, 1979:34):

$$P_{III} = \frac{A_1 + A_3 + A_4}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4} \times \frac{336}{3} \quad (2-33)$$

dimana:

P_{III} = lamanya pemberian air (jam)

A_1, A_2, A_3, A_4 = Luas blok 1, 2, 3, dan 4 (ha)

- Periode IV : blok 1, 2 dan 4 diairi, sedangkan blok 3 tidak diairi. Lamanya pemberian air dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Walujo, 1979:34):

$$P_{IV} = \frac{A_1 + A_2 + A_4}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4} \times \frac{336}{3} \quad (2-34)$$

dimana:

P_{IV} = lamanya pemberian air (jam)

A_1, A_2, A_3, A_4 = Luas blok 1, 2, 3, dan 4 (ha)

3. Rotasi II (dua Blok tidak diairi, dua blok lainnya diairi) dilakukan bila $Q = 40\% - 60\% Q_{max}$.

Pemberian air dibagi menjadi dua periode selama waktu tujuh hari atau 168 jam, agar mendapatkan hasil yang baik maka supaya diatur agar kedua blok yang digabungkan total luasnya hampir sama, misalnya dengan cara blok yang sama luasnya terkecil digabung dengan blok yang luasnya terbesar.

- Periode I : blok 1 dan 3 diairi, sedangkan blok 2 dan 4 tidak diairi. Lamanya pemberian air dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Walujo, 1979:35):

$$P_I = \frac{A_1 + A_3}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4} \times 168 \quad (2-35)$$

dimana:

P_I = lamanya pemberian air (jam)

A_1, A_2, A_3, A_4 = Luas blok 1, 2, 3, dan 4 (ha)

- Periode II : blok 2 dan 4 diairi, sedangkan blok 1 dan 3 tidak diairi. Lamanya pemberian air dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Walujo, 1979:35):

$$P_{II} = \frac{A_2 + A_4}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4} \times 168 \quad (2-36)$$

dimana:

P_{II} = lamanya pemberian air (jam)

A_1, A_2, A_3, A_4 = Luas blok 1, 2, 3, dan 4 (ha)

4. Rotasi III (Tiga Blok tidak diairi, satu blok lainnya diairi) dilakukan bila $Q = 40\% Q_{max}$.

Pemberian air dibagi menjadi empat periode untuk waktu tujuh hari atau 168 jam.

- Periode I : blok 1 diairi, sedangkan blok 2, 3 dan 4 tidak diairi. Lamanya pemberian air dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Walujo, 1979:35):

$$P_I = \frac{A_1}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4} \times 168 \quad (2-37)$$

dimana:

P_I = lamanya pemberian air (jam)

A_1, A_2, A_3, A_4 = Luas blok 1, 2, 3, dan 4 (ha)

- Periode II : blok 2 diairi, sedangkan blok 1, 3, dan 4 tidak diairi. Lamanya pemberian air dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Walujo, 1979:35):

$$P_{II} = \frac{A_2}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4} \times 168 \quad (2-38)$$

dimana:

P_{II} = lamanya pemberian air (jam)

A_1, A_2, A_3, A_4 = Luas blok 1, 2, 3, dan 4 (ha)

- Periode III : blok 3 diairi, sedangkan blok 1, 2, dan 4 tidak diairi. Lamanya pemberian air dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Walujo, 1979:35):

$$P_{III} = \frac{A_3}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4} \times 168 \quad (2-39)$$

dimana:

P_{III} = lamanya pemberian air (jam)

A_1, A_2, A_3, A_4 = Luas blok 1, 2, 3, dan 4 (ha)

- Periode IV : blok 4 diairi, sedangkan blok 1, 2, dan 3 tidak diairi. Lamanya pemberian air dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Walujo, 1979:35):

$$P_{IV} = \frac{A_4}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4} \times 168 \quad (2-40)$$

dimana:

P_{IV} = lamanya pemberian air (jam)

A_1, A_2, A_3, A_4 = Luas blok 1, 2, 3, dan 4 (ha)

2.7.2. Pemberian Air Tiga Blok Rotasi

Metode pembagian air pada petak tersier yang dibagi atas empat blok rotasi adalah petak tersier dibagi menjadi empat blok rotasi yaitu:

- Blok 1
- Blok 2
- Blok 3

Dimana tiap blok diusahakan agar luasnya hampir sama. Ada tiga macam cara pemberian air yaitu (Walujo, 1979:35):

1. Pembagaian air secara terus menerus (*continous flowing*), dilakukan bila $Q = 80\% Q_{max}$.
2. Rotasi I (satu blok tidak diairi, dua blok lainnya diairi) dilakukan bila $Q = 50\% - 80\% Q_{max}$.

Pemberian air dibagi menjadi tiga periode selama waktu tujuh hari atau 168 jam.

- Periode I : blok 3 tidak diairi, sedangkan blok 1 dan 2 diairi. Lamanya pemberian air dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Walujo, 1979:35):

$$P_I = \frac{A_1 + A_2}{A_1 + A_2 + A_3} \times \frac{168}{2} \quad (2-41)$$

dimana:

P_I = lamanya pemberian air (jam)

A_1, A_2, A_3 = Luas blok 1, 2, dan 3 (ha)

- Periode II : blok 2 tidak diairi, sedangkan blok 1 dan 3 diairi. Lamanya pemberian air dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Walujo, 1979:36):

$$P_{II} = \frac{A_1 + A_3}{A_1 + A_2 + A_3} \times \frac{168}{2} \quad (2-42)$$

dimana:

P_{II} = lamanya pemberian air (jam)

A_1, A_2, A_3 = Luas blok 1, 2, dan 3 (ha)

- Periode III : blok 1 tidak diairi, sedangkan blok 2 dan 3 diairi. Lamanya pemberian air dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Walujo, 1979:36):

$$P_{III} = \frac{A_2 + A_3}{A_1 + A_2 + A_3} \times \frac{168}{2} \quad (2-43)$$

dimana:

P_{III} = lamanya pemberian air (jam)

A_1, A_2, A_3 = Luas blok 1, 2, dan 3 (ha)

3. Rotasi II (dua blok tidak diairi, satu blok lainnya diairi) dilakukan bila $Q = 50\% Q_{max}$.

Pemberian air dibagi menjadi tiga periode selama waktu tujuh hari atau 168 jam.

- Periode I : blok 2 dan 3 tidak diairi, sedangkan blok 1 diairi. Lamanya pemberian air dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Walujo, 1979:36):

$$P_I = \frac{A_1}{A_1 + A_2 + A_3} \times 168 \quad (2-44)$$

dimana:

P_I = lamanya pemberian air (jam)

A_1, A_2, A_3 = Luas blok 1, 2, dan 3 (ha)

- Periode II : blok 1 dan 3 tidak diairi, sedangkan blok 2 diairi. Lamanya pemberian air dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Walujo, 1979:36):

$$P_{II} = \frac{A_2}{A_1 + A_2 + A_3} \times 168 \quad (2-45)$$

dimana:

P_{II} = lamanya pemberian air (jam)

A_1, A_2, A_3 = Luas blok 1, 2, dan 3 (ha)

- Periode III : blok 1 dan 2 tidak diairi, sedangkan blok 3 diairi. Lamanya pemberian air dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Walujo, 1979:36):

$$P_{III} = \frac{A_3}{A_1 + A_2 + A_3} \times 168 \quad (2-46)$$

dimana:

P_{III} = lamanya pemberian air (jam)

A_1, A_2, A_3 = Luas blok 1, 2, dan 3 (ha)

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

