

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Irigasi

Menurut peraturan pemerintah no.23 tahun 1998 irigasi adalah usaha untuk menyediakan dan pengaturan air untuk menunjang pertanian, dan menurut peraturan pemerintah no.20 tahun 2006 merupakan usaha penyediaan pengaturan dan pembuangan air irigasi untuk menunjang pertanian yang jenisnya meliputi irigasi permukaan, irigasi rawa, irigasi air bawah tanah, irigasi pompa, dan irigasi tambak.

Irigasi merupakan upaya yang dilakukan manusia untuk mengairi lahan pertaniannya. Dalam dunia modern saat ini sudah banyak model irigasi yang dapat dilakukan manusia. Pada zaman dahulu jika persediaan air melimpah karena tempat yang dekat dengan sungai atau sumber mata air, maka irigasi dilakukan dengan mengalirkan air tersebut ke lahan pertanian. Namun demikian irigasi juga biasa dilakukan dengan membawa air menggunakan wadah kemudian menuangkan pada tanaman satu persatu. Untuk irigasi dengan model seperti ini di Indonesia biasanya disebut menyiram.

Sebagaimana telah diungkapkan, dalam dunia modern ini sudah banyak cara yang dapat dilakukan untuk melakukan irigasi, dan ini sudah berlangsung sejak Mesir Kuno. Irigasi juga merupakan suatu ilmu yang memanfaatkan air untuk tanaman, mulai dari tumbuh sampai masa panen. Air tersebut diambil dari sumbernya, dibawa melalui saluran, dibagikan kepada tanaman yang memerlukan air secara teratur dan setelah air tersebut terpakai, kemudian dibuang melalui saluran pembuang menuju sungai kembali.

Irigasi merupakan usaha untuk mendatangkan air dengan membuat bangunan dan jaringan berupa saluran-saluran untuk mengalirkan air guna keperluan pertanian, membagi-bagikan air ke sawah-sawah atau ladang-ladang

dengan cara yang teratur dan membuang air yang tidak diperlukan lagi, setelah air itu digunakan dengan sebaik-baiknya. Oleh karena itu ilmu irigasi sangat penting untuk membuat petani atau rakyat sekitar dapat memanfaatkan sumber air yang ada, sehingga petani dapat meningkatkan kesejahteraan hidupnya.

Maksud irigasi adalah suatu sistem pemberian air ke tanah-tanah pertanian guna mencukupi kebutuhan tanaman agar tumbuh dengan baik. Adapun tujuan pemberian air irigasi adalah :

a. Membasahi Tanah

Membasahi tanah dengan menggunakan air irigasi bertujuan untuk memenuhi kekurangan air di daerah pertanian pada saat air hujan kurang atau tidak ada sehingga keperluan air untuk mencukupinya perlu didatangkan atau disuplai dari sumber lain dalam hal ini saluran irigasi yang mengambil air dari salah satu sumber air yang ada. Hal ini sangat penting sekali karena kekurangan air yang diperlukan untuk tumbuh dapat mempengaruhi hasil panen tanaman tersebut.

b. Merabuk

Merabuk adalah pemberian air yang tujuannya selain membasahi juga memberikan zat-zat yang berguna bagi tanaman itu sendiri. Unsur-unsur yang diperlukan untuk tanaman agar tumbuh dengan baik adalah : C, O, H, N, P, K, Mg, Ca, S, dan Fe yang keseluruhannya diperoleh baik dari dalam tanah maupun dari air udara. Jadi membasahi dengan air hujan saja tidak cukup karena air hujan saja kurang memiliki zat-zat yang diperlukan untuk tanaman dibandingkan dengan air sungai, tetapi walaupun demikian terlebih dahulu kita wajib menyelidiki apakah air yang digunakan tersebut cocok untuk tanah dan tanaman yang akan kita tanam.

Zat-zat yang terkandung dalam air terdapat dalam lumpur yang terbawa oleh air dan larut didalamnya. Oleh karena zat-zat yang terkandung dalam air umumnya tidak banyak, maka untuk mencapai tujuan merabuk ini diperlukan banyak air.

c. Mengatur Suhu

Tanaman dapat tumbuh dengan baik pada suhu yang tidak terlalu tinggi dan juga tidak terlalu rendah, sesuai dengan jenis tanamannya. Menurut hasil percobaan terhadap padi ternyata padi dapat tumbuh dengan baik pada temperatur 33°C s/d 37°C. Pada temperatur 40°C pertumbuhan padi akan terhambat. Dengan demikian suhu merupakan faktor penting dalam pertumbuhan tanaman.

d. Membersihkan tanah/membasmi Hama

Irigasi dengan tujuan ini bermaksud untuk membasmi hama-hama yang berada dan bersarang dalam tanah dan membahayakan bagi tanaman, sehingga pada musim kemarau sebaiknya sawah ini diberi air agar sifat garamnya hilang.

e. Kolmatase

Kolmatase adalah pengairan dengan maksud memperbaiki atau meninggikan permukaan tanah. Dengan demikian pengairan dengan maksud seperti ini perlu mengairkan air yang banyak mengandung lumpur dan air yang diperlukan meninggikan air tanah kecepatannya perlu diatur agar lumpur yang terbawa hanyut jatuh dan mengendap ditempat yang kita harapkan dan tidak mengendap pada saluran pembawa.

f. Menambah Persediaan Air Tanah

Tujuan ini bermaksud untuk menambah persediaan air tanah untuk keperluan sehari-hari. Biasanya dilakukan dengan cara menahan air disuatu tempat (waduk), sehingga memberikan kesempatan pada air tersebut untuk meresap kedalam tanah yang pada akhirnya dimanfaatkan oleh yang memerlukannya.

Adapun manfaat yang dapat kita ambil dari irigasi adalah :

- 1) Sistem dapat menjamin sepenuhnya persediaan air untuk tanaman
- 2) Sistem dapat menjamin waktu panen pada saat musim kering.
- 3) Menjaga suhu tanah agar tetap dingin.
- 4) Mencuci garam-garam yang berada dalam tanah.
- 5) Memperkecil resiko rembesan air tanah.
- 6) Agar tanah lebih mudah dikerjakan pada waktu membajak.

Pada penjelasan irigasi diatas, irigasi merupakan suatu tindakan memindahkan air dari sumbernya ke lahan-lahan pertanian, adapun pemberiannya dapat dilakukan dengan bantuan pompa air atau secara gravitasi pada praktek nya terdapat 4 (empat) jenis irigasi ditinjau dari pemberian airnya :

1. Irigasi Grafitasi (*Gravitational Irrigation*)

Irigasi grafitasi adalah irigasi yang memanfaatkan gaya tarik grafitasi untuk mengalirkan air dari sumber ketempat yang membutuhkan, pada umumnya irigasi ini dapat digunakan di Indonesia meliputi irigasi genangan liar, irigasi genangan dari saluran, irigasi alur dan gelombang.



Gambar 2.1 Irigasi Gravitasi

2. Irigasi Bawah Tanah (*Sub Surface Irrigation*)

Irigasi bawah tanah adalah irigasi yang pemberian air dibawah permukaan tanah dilakukan menggunakan pipa (*tiles*) yang ditanamkan kedalam tanah dan penyuplaian air langsung ke daerah akar tanaman yang membutuhkannya melalui aliran air tanah. Dengan demikian, tanaman yang diberi air lewat permukaan tetapi dari bawah permukaan dengan mengatur muka air tanah.



Gambar 2.2 Irigasi Bawah Tanah

3. Irigasi Siraman (*Sprinkler Irrigation*)

Pada irigasi ini pemberian airnya dengan cara penyiraman mencakup *oscillating sprinkler* dan *rotary sprinkler*, semuanya juga disebut *overhad irrigation* karena air diberikan atau disiramkan dari atas seperti air hujan. Pemberiaan air dengan penyiraman sangat efisien. Pada tanah bertekstur kasar, efisiensi pemakaian air dengan penyiraman dua kali lebih tinggi dari pemberian air permukaan.



Gambar 2.3 Irigasi Siraman

4. Irigasi Tetesan (*Trickler Irrigation*)

Pada irigasi tetes, air diberikan dalam kecepatan yang rendah disekitar tanaman menggunakan *emitter*. Pada pemberiaan air dengan penyiraman dan irigasi tetes, kedalam air pengairan, dapat ditambahkan pestisida atau pupuk.



Gambar 2.4 Irigasi Tetes

2.2 Klasifikasi Jaringan Irigasi

Dalam perkembangannya, irigasi dibagi menjadi tiga tipe, yaitu :

1. Irigasi sistem gravitasi

Dalam sistem irigasi ini, sumber air diambil dari air yang ada dipermukaan bumi yaitu dari sungai, waduk dan danau di dataran tinggi. Pengaturan dan pembagian air irigasi menuju ke petak-petak yang membutuhkan, dilakukan secara gravitatif.

Sumber air yang dapat dipompa untuk keperluan irigasi dapat diambil dari sungai, atau dari air tanah. Pengaturan dan pembagian air irigasi menuju ke petak-petak yang membutuhkan, dilakukan dengan menggunakan bantuan pompa.

2. Irigasi pasang surut

Irigasi pasang surut merupakan suatu tipe irigasi yang memanfaatkan pengempangan air sungai akibat peristiwa pasang surut air laut. Areal yang dimanfaatkan untuk tipe irigasi ini adalah areal yang mendapat pengaruh langsung dari peristiwa pasang surut air laut. Air genangan yang berupa air tawar dari sungai akan menekan dan mencuci kandungan tanah sulfat masam dan akan dibuang pada saat air laut surut.

Berdasarkan cara pengaturan, pengukuran aliran air lengkapnya fasilitas, jaringan irigasi dapat dibedakan dalam tiga tingkatan, yaitu :

- a) Irigasi sederhana (irigasi non teknis)
- b) Irigasi semi teknis
- c) Irigasi teknis

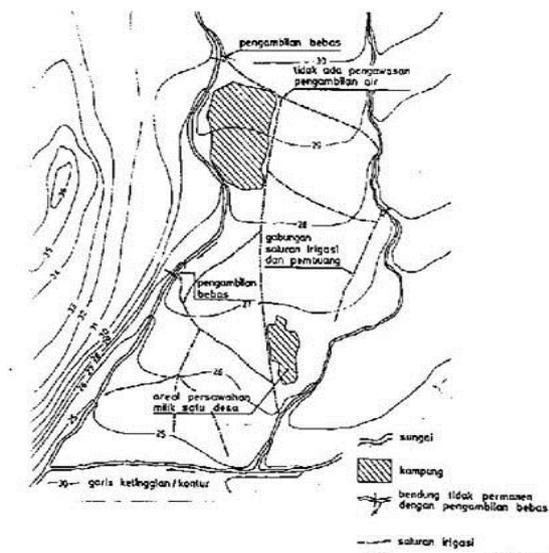
2.2.1 Irigasi sederhana (irigasi non teknis)

Di dalam jaringan irigasi sederhana, pembagian air tidak diukur atau diatur sehingga air lebih akan mengalir ke saluran pembuang. Persediaan air biasanya berlimpah dan kemiringan berkisar antara sedang dan curam. Oleh karena itu hampir-hampir tidak diperlukan teknik yang sulit untuk pembagian air.

Jaringan irigasi ini walaupun mudah diorganisir namun memiliki kelemahan- kelemahan serius yakni :

1. Ada pemborosan air dan karena pada umumnya jaringan ini terletak di daerah yang tinggi, air yang terbuang tidak selalu dapat mencapai daerah rendah yang subur.
2. Terdapat banyak pengendapan yang memerlukan lebih banyak biaya dari penduduk karena tiap desa membuat jaringan dan pengambilan sendiri-sendiri.
3. Karena bangunan penangkap air bukan bangunan tetap/permanen, maka umumnya pendek.

Gambar 2.5 dibawah ini merupakan skematis contoh jaringan irigasi sederhana yang termasuk dalam irigasi non teknis :



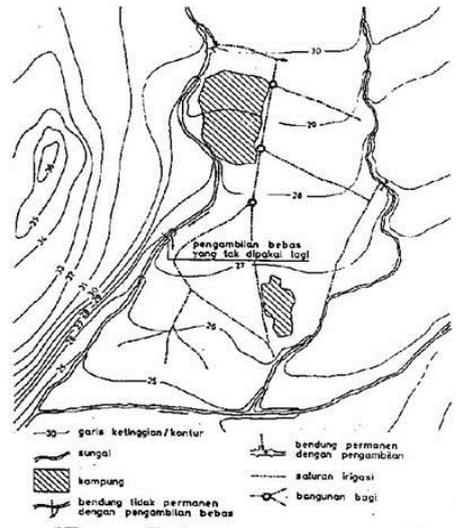
Gambar 2.5 Jaringan Irigasi Sederhana (Irigasi Non Teknis)

2.2.2 Irigasi semi teknis

Pada jaringan irigasi semi teknis, bangunan bendungnya terletak di sungai lengkap dengan pintu pengambilan tanpa bangunan pengukur di bagian hilirnya.

Beberapa bangunan permanen biasanya juga sudah dibangun di jaringan saluran. Sistem pembagian air biasanya serupa dengan jaringan sederhana.

Bangunan pengambilan dipakai untuk melayani/mengairi daerah yang lebih luas dari pada daerah layanan jaringan sederhana.



Gambar 2.6 Jaringan Irigasi Semi Teknis

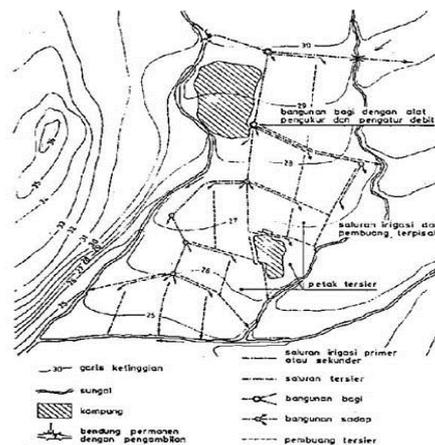
2.2.3 Irigasi teknis

Irigasi/pembawa dan saluran pembuang pematas. Ini berarti bahwa baik saluran pembawa maupun saluran pembuang bekerja sesuai dengan fungsinya masing-masing. Saluran pembawa mengalirkan air irigasi ke sawah-sawah dan saluran pembuang mengalirkan kelebihan air dari sawah-sawah ke saluran pembuang.

Petak tersier menduduki fungsi sentral dalam jaringan irigasi teknis. Sebuah petak tersier terdiri dari sejumlah sawah dengan luas keseluruhan yang umumnya berkisar antara 50 - 100 ha kadang-kadang sampai 150 ha.

Jaringan saluran tersier dan kuarter mengalirkan air ke sawah. Kelebihan air ditampung didalam suatu jaringan saluran pembuang tersier dan kuarter dan selanjutnya dialirkan ke jaringan pembuang sekunder dan kuarter.

Jaringan irigasi teknis yang didasarkan pada prinsip-prinsip di atas adalah cara pembagian air yang paling efisien dengan mempertimbangkan waktu-waktu merosotnya persediaan air serta kebutuhan petani. Jaringan irigasi teknis memungkinkan dilakukannya pengukuran aliran, pembagian air irigasi dan pembuangan air lebih secara efisien. Jika petak tersier hanya memperoleh air pada satu tempat saja dari jaringan utama, hal ini akan memerlukan jumlah bangunan yang lebih sedikit di saluran primer, eksploitasi yang lebih baik dan pemeliharaan yang lebih murah. Kesalahan dalam pengelolaan air di petak-petak tersier juga tidak akan mempengaruhi pembagian air di jaringan utama.



Gambar 2.7 Jaringan Irigasi Teknis

Macam-macam petak pada jaringan irigasi teknis, yaitu :

1. Petak tersier

Petak tersier terdiri dari beberapa petak kuarter masing-masing seluas kurang lebih 8 sampai dengan 15 hektar. Pembagian air, eksploitasi dan pemeliharaan di petak tersier menjadi tanggung jawab para petani yang mempunyai lahan di petak yang bersangkutan dibawah bimbingan pemerintah. Petak tersier sebaiknya mempunyai batas-batas yang jelas, misalnya jalan, parit, batas desa dan batas-batas lainnya.

Petak tersier sebaiknya berbatasan langsung dengan saluran sekunder atau saluran primer. Sedapat mungkin dihindari petak tersier yang

terletak tidak secara langsung di sepanjang jaringan saluran irigasi utama, karena akan memerlukan saluran muka tersier yang membatasi petak-petak tersier lainnya.

2. Petak sekunder

Petak sekunder terdiri dari beberapa petak tersier yang kesemuanya dilayani oleh satu saluran sekunder. Biasanya petak sekunder menerima air dari bangunan bagi yang terletak di saluran primer atau sekunder. Batas-batas petak sekunder pada umumnya berupa tanda topografi yang jelas misalnya saluran drainase. Luas petak sekunder dapat berbeda-beda tergantung pada kondisi topografi daerah yang bersangkutan.

Saluran sekunder pada umumnya terletak pada punggung mengairi daerah di sisi kanan dan kiri saluran tersebut sampai saluran drainase yang membatasinya.

Saluran sekunder juga dapat direncanakan sebagai saluran garis tinggi yang mengairi lereng lereng medan yang lebih rendah.

3. Petak primer

Petak primer terdiri dari beberapa petak sekunder yang mengambil langsung air dari saluran primer. Petak primer dilayani oleh satu saluran primer yang mengambil air langsung dari bangunan penyadap. Daerah di sepanjang saluran primer sering tidak dapat dilayani dengan mudah dengan cara menyadap air dari saluran sekunder. Apabila saluran primer melewati sepanjang garis tinggi daerah saluran primer yang berdekatan harus dilayani langsung dari saluran primer.

2.3 Bangunan Irigasi

Keberadaan bangunan irigasi diperlukan untuk menunjang pengambilan dan pengaturan air irigasi.

2.3.1 Bangunan bagi dan sadap

Bangunan bagi berfungsi membagi air dari saluran primer ke saluran sekunder. Bangunan ini dilengkapi dengan pintu-pintu ukur yang bertujuan untuk mengukur pembagian air dengan teliti, kesaluran-saluran yang dilayani. Salah satu dari pintu tersebut berfungsi sebagai pintu pengatur muka air, sedangkan pintu-pintu lainnya mengukur debit. Biasanya pintu pengatur dipasang pada saluran terbesar. Bangunan bagi akan memberikan air ke saluran sekunder, dan oleh karena itu harus melayani lebih dari satu petak tersier.

Umumnya kapasitas pintu ukurnya berkisar antara 50 sampai dengan 250 l/dt. Pintu ukur yang paling cocok untuk ini adalah pintu ukur Romijn, jika muka air hulu diatur dengan bangunan pengatur. Harga antara debit maksimum/minimum untuk alat ukur ini lebih kecil daripada harga antara debit untuk pintu Romijn. Pada saluran irigasi yang harus tetap memberikan air selama debit sangat rendah, alat ukur *Crump de Gruyter* lebih cocok, karena elevasi pengambilannya lebih rendah daripada elevasi pengambilan pintu Romijn. Sebaiknya dalam suatu daerah irigasi digunakan satu tipe bangunan sadap tersier, dan tidak dianjurkan untuk menggunakan beberapa tipe, karena akan menyulitkan eksploitasi. Untuk bangunan sadap tersier yang mengambil air dari saluran primer yang besar, dimana pembuatan bangunan pengatur akan sangat mahal, dan muka air yang diperlukan di petak tersier rendah dibandingkan dengan elevasi muka air selama debit rendah di saluran, akan menguntungkan untuk memakai bangunan sadap pipa sederhana, yang dilengkapi dengan pintu sorong sebagai penutup. Debit maksimum melalui pipa sebaiknya didasarkan pada muka air rencana di saluran primer dan petak tersier. Hal ini berarti bahwa walaupun mungkin debit terbatas sekali, petak tersier tetap dapat diairi bila tersedia air di saluran primer pada elevasi yang cukup tinggi untuk mengairi petak tersebut.

2.3.2 Bangunan pelengkap

Sebagaimana namanya, bangunan pelengkap berfungsi sebagai pelengkap bangunan-bangunan irigasi yang telah disebutkan sebelumnya. Bangunan

pelengkap berfungsi sebagai untuk memperlancar para petugas dalam eksploitasi dan pemeliharaan. Bangunan pelengkap dapat juga dimanfaatkan untuk pelayanan umum. Jenis-jenis bangunan pelengkap antara lain jalan inspeksi, tanggul, jembatan penyebrangan, tangga mandi manusia, sarana mandi hewan, serta bangunan lainnya.

2.4 Standar Tata Nama

Nama-nama yang diberikan untuk saluran-saluran irigasi dan pembuang, bangunan-bangunan dan daerah irigasi harus jelas dan logis. Nama yang harus diberikan harus pendek dan tidak mempunyai tafsiran ganda (ambigu). Nama-nama harus dipilih dan dibuat sedemikian, sehingga jika dibuat bangunan baru tidak perlu mengubah semua nama yang sudah ada.

- Daerah irigasi

Daerah irigasi dapat diberi nama sesuai nama daerah setempat, atau desa penting di daerah itu, yaitu biasanya terletak dekat dengan jaringan utama atau sungau yang airnya diambil untuk keperluan irigasi.

- Jaringan irigasi primer

Saluran irigasi primer sebaiknya diberi nama sesuai dengan daerah irigasi yang dilayani.

- Jaringan irigasi sekunder

Saluran sekunder sering diberi nama sesuai dengan nama desa yang terletak dipetak sekunder. Petak sekunder akan diberi nama sesuai dengan nama saluran sekundernya.

- Jaringan irigasi tersier

Petak tersier diberi nama seperti bangunan sadap tersier dari jaringan utama.

- 1) Ruas-ruas saluran tersier diberi nama sesuai dengan nama boks yang terletak di anatar kedua boks, misalnya (T1-T2), (T3,K1).
- 2) Boks Tersier diberi kode T, diikuti dengan nomor urut menurut arah jarum jam, mulai dari boks pertama dihilir bangunan sadap tersier: T1, T2, dan sebagainya.

- 3) Petak Kuarter diberi nama sesuai dengan petak rotasi diikuti dengan nomor urut arah jarum jam. Petak rotasi diberi kode A, B, C, dan seterusnya menurut arah jarum jam.
- 4) Boks kuarter diberi kode K, diikuti dengan nomor urut menurut arah jarum jam, mulai dari boks kuarter pertama di hilir boks tersier dengan nomor urut tertinggi: K1, K2, dan seterusnya.
- 5) Saluran irigasi kuarter diberi nama sesuai dengan petak kuarter yang dilayani tetapi dengan huruf kecil, misalnya a1, a2 dan seterusnya.
- 6) Saluran pembuang kuarter diberi nama sesuai dengan petak kuarter yang dibuang airnya, menggunakan huruf kecil diawali dengan dk, misalnya dka1, dka2, dan seterusnya.
- 7) Saluran pembuangan tersier, diberi kode dt1, dt2 juga menurut arah jarum jam. (Sumber : Sidartha SK, 1997 *Irigasi dan Bangunan Air*)

2.5 Pengertian Daerah-Daerah Irigasi

Pengertian daerah-daerah irigasi antara lain sebagai berikut :

1. Daerah studi adalah daerah proyek ditambah dengan seluruh daerah aliran sungai (DAS) dan tempat-tempat pengambilan air ditambah dengan daerah-daerah lain yang ada hubungannya dengan daerah studi.
2. Daerah proyek adalah daerah dimana pelaksanaan pekerjaan dipertimbangkan atau diusulkan dan daerah tersebut akan mengambil manfaat langsung dari proyek tersebut.
3. Daerah irigasi total/bruto adalah daerah proyek dikurangi dengan perkampungan dan tanah-tanah yang dipakai untuk mendirikan bangunan daerah-daerah yang tidak akan dikembangkan untuk irigasi dibawah proyek yang bersangkutan.
4. Daerah irigasi netto/bersih adalah tanah yang ditanami (padi) dan ini adalah daerah total yang bias diairi dikurangi dengan saluran-saluran irigasi dan pembuang (primer, sekunder, tersier, kuarter) jalan inspeksi, jalan setapak dan tanggul sawah. Daerah ini dijadikan dasar perhitungan kebutuhan air, panen dan manfaat/keuntungan yang dapat diperoleh dari proyek yang

bersangkutan. Sebagai angka standar, luas netto daerah yang dapat diairi diambil 0,9 kali luas total daerah-daerah yang dapat diairi.

5. Daerah potensial adalah daerah yang mempunyai kemungkinan baik untuk dikembangkan. Luas daerah ini sama dengan Daerah Irigasi Netto tetapi biasanya belum sepenuhnya dikembangkan akibat terdapatnya hambatan-hambatan nonteknis.
6. Daerah fungsional adalah bagian dari daerah potensial yang telah memiliki jaringan irigasi yang telah dikembangkan. Daerah fungsional luasnya sama atau lebih kecil dari daerah potensial.
7. Daerah pengaliran adalah daerah pada pengaliran sungai (DPS), dimana apabila terjadi peristiwa-peristiwa alam dan perubahan hidro-klimatologi, akan mempengaruhi kondisi pengaliran pada sungai tersebut.

2.6 Keadaan Topografi Daerah Aliran Sungai

Data-data yang diperlukan dalam tahap perencanaan adalah berhubungan dengan informasi mengenai hidrologi, peta topografi dengan skala 1:25.000 s.d 1:100.000 untuk keperluan penentuan DAS dan skala 1:1000 s.d 1:5000 yang digunakan dalam perencanaan teknis serta data geologi teknik.

Didalam studi Daerah Aliran Sungai (DAS) memerlukan topografi agar mengetahui hujan yang akan jatuh didaerah aliran sungai pada daerah tertentu. Selain itu, penempatan posisi stasiun pengamatan juga penting dan harus teliti agar mendapatkan hasil yang baik, hendaknya posisi stasiun pengamat di dekat DAS. (*Standar Perencanaan Irigasi Bagian 2,2002*)

2.7 Parameter Hidrologi

Parameter-parameter hidrologi akan dikumpulkan, dianalisis, dan dievaluasi di dalam proyek. Pada Tahap Perencanaan, hasil evaluasi hidrologi akan ditinjau kembali dan mungkin harus dikerjakan dengan lebih mendetail berdasarkan data-data tambahan dari lapangan dan hasil-hasil studi perbandingan. Dengan adanya data-data hidrologi tersebut dapat dilakukan

perhitungan besaran nilai evapotranspirasi, curah hujan maksimum, debit andalan, pola tanam. Selain itu juga dapat menghitung jumlah kebutuhan air irigasi agar tercukupi.

2.7.1 Curah hujan

Analisis curah hujan dilakukan dengan maksud untuk menentukan:

1. Curah hujan efektif untuk menghitung kebutuhan irigasi. Curah hujan efektif atau andalan adalah bagian dari keseluruhan curah hujan yang secara efektif tersedia untuk kebutuhan air tanaman.
2. Curah hujan lebih dipakai untuk menghitung kebutuhan pembuangan/drainase dan debit (banjir).

2.7.2 Melengkapi data curah hujan

Dalam daftar curah hujan yang disusun terdapat data yang tidak ditulis (hilang), hilangnya data tersebut ada beberapa kemungkinan diantaranya kerusakan alat penakar curah hujan/kelalaian dari petugas yang mencatatnya.

Cara melengkapinya yaitu:

1. Standar deviasi <10%, dapat diambil dari rata-rata data pada bulan dan tahun yang sama pada stasiun yang mengelilinginya.
2. Standar deviasi >10%, hitung berdasarkan perbandingan biasa:

$$r = 1/(n-1)(R/Ra.ra + R/Rb.rb + R/Rc.rc) \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

- | | |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| R | = Curah hujan rata-rata setahun ditempat pengamatan R yang datanya harus dilengkapi |
| ra,rb,rc | = Curah hujan di tempat penganan Ra,Rb,Rc (pada bulan dan tahun yang sama) |
| Ra,Rb,Rc | = Curah hujan rata-rata selama tahun pengamatan di Sta A, Sta B, Sta C |
| n | = Jumlah seluruh stasiun pengamat yang dipakai |

2.7.3 Curah hujan efektif

Curah hujan efektif adalah curah hujan yang secara efektif dan secara langsung dipergunakan memenuhi kebutuhan air tanaman untuk pertumbuhan. Kriteria perencanaan irigasi mengusulkan hitungan hujan efektif berdasarkan data pengukuran curah hujan dengan panjang pengamatan 10 tahun yang telah dilengkapi dan disusun secara sistematis sesuai dengan urutan ranking dan mempunyai resiko kegagalan tertentu misalnya 20% maksimum, persen keberhasilan menjadi 80%. Untuk penentuannya dipakai persamaan:

$$n/5 + 1 = m \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

- n = jumlah tahun pengamatan
- m = urutan curah hujan (CH) efektif dari yang terendah

Pada perhitungan curah hujan rata-rata suatu DAS digunakan beberapa metode antara lain:

1. Metode Aritmetik (Rata-rata Aljabar)

Metode ini merupakan metode yang paling sederhana, yaitu dengan mengambil nilai rata-rata hitung (*arithmetic mean*) dari pengukuran hujan di pos penakar-penakar hujan di dalam areal tersebut selama satu periode tertentu. Cara ini akan menghasilkan nilai rata-rata curah hujan yang baik, apabila daerah pengamatannya datar, penempatan alat ukur tersebar merata dan hasil penakaran masing-masing pos penakar tidak menyimpang jauh dari nilai rata-rata seluruh pos di seluruh areal. (Sumber : Ir. Suryono Sosrodarsono & Kensaku Takeda, *Hidrologi Untuk Pengairan 1978*)

Rumus :

$$R = \frac{1}{n}(R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n) \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

- \bar{R} = tinggi curah hujan rata-rata (mm)
- R1, R2, Rn = tinggi curah hujan pada pos penakar 1,2,...,n (mm)
- n = banyaknya pos penakar

2. Metode *Polygon Thiessen*

Metode Poligon *Thiessen* memiliki ketelitian yang lebih baik dari pada metode rata-rata Aljabar. Metode ini berdasarkan rata-rata timbang dimana masing-masing penakar mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung di antara dua buah pos penakar.

Syarat-syarat penggunaan Metode Poligon *Thiessen*, yaitu :

- 1) Stasiun hujan / pos penakar minimal tiga buah dan letak stasiun dapat tidak merata.
- 2) Daerah yang diperhitungkan dibagi menjadi poligon-poligon, dengan stasiun hujan sebagai pusatnya. (*Sumber : Ir. Suryono Sosrodarsono & Kensaku Takeda, Hidrologi Untuk Pengairan 1978*)

$$R = \frac{(R1.A1+R2.A2+R3.A3+\dots+Rn.An)}{A1+A2+A3+\dots+An} \dots\dots (2.4)$$

Dimana:

R = Tinggi curah hujan rata-rata (mm)

R1,R2,...Rn = Tinggi curah hujan disetiap stasiun Pengamat

A1,A2,...An = Luas daerah yang dibatasi polygon

3. Metode *Isohyet*

Pada metode ini, dengan data curah hujan yang ada dibuat garis-garis yang merupakan daerah yang mempunyai curah hujan yang sama (*isohyet*). Kemudian luas bagian di antara isohyet yang berdekatan diukur dan nilai rata-ratanya dihitung sebagai nilai rata-rata timbang dari nilai kontur, kemudian dikalikan dengan masing-masing luasnya. Hasilnya dijumlahkan dan dibagi dengan luas total daerah maka akan didapat curah hujan areal yang dicari. (*Sumber : Ir. Suryono Sosrodarsono & Kensaku Takeda, Hidrologi Untuk Pengairan 1978*)

Syarat-syarat penggunaan Metode *Isohyet*, yaitu :

- 1) Dapat digunakan di daerah datar maupun pegunungan.
- 2) Stasiun hujan / pos penakar harus banyak dan tersebar merata.
- 3) Bermanfaat untuk hujan yang sangat singkat.

- 4) Perlu ketelitian tinggi dan diperlukan analisis yang berpengalaman.

$$R = \frac{A_1(R_1+R_2)}{2A_t} + \frac{A_2(R_2+R_3)}{2A_t} + \dots + \frac{A_n(R_n+R_{n+1})}{2A_t} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana:

R	= Tinggi curah hujan rata-rata (mm)
R ₁ ,R ₂ ,R _n	= Tinggi curah hujan pada setiap luas daerah (mm)
A ₁ ,A ₂ ,A _n	= Luas yang dibatasi garis isohyets (km ²)
A _t	= Luas total daerah pengaliran sungai (A ₁ +A ₂ +...+A _n) (km ²)

2.7.4 Debit andalan

Dilakukan untuk menyelidiki dan meninjau kemampuan alam dilokasi bending dalam menyediakan air yang akan dijadikan sebagai sumber air untuk memenuhi kebutuhan air pada lahan pertanian. Debit dipengaruhi oleh intensitas curah hujan dalam suatu wilayah dalam setiap bulannya. Debit andalan adalah debit minimum sungai untuk kemungkinan terpenuhi yang sudah ditentukan yang dapat dipakai untuk irigasi. Dengan menggunakan rumus Rasional dapat menghitung Debit Andalan yaitu:

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana:

Q	= debit (m ³ /det)
C	= koefisien aliran
I	= intensitas curah hujan bulanan rata-rata (mm/jam)
A	= luas daerah pengaliran sungai (km ²)

Tabel 2.1 Koefisien Limpasan

Kondisi Daerah Pengaliran dan Sungai	Koefisien Pengaliran
Daerah Pegunungan Curam	0.75-0.9
Daerah Pegunungan Tersier	0.7-0.8
Tanah Bergelombang dan Hutan	0.5-0.75
Tanah Dataran yang Ditanami	0.45-0.6
Persawahan yang Diairi	0.7-0.8
Sungai di Daerah Pegunungan	0.75-0.8
Sungai Kecil di Daratan	0.45-0.75
Sungai Besar yang Lebih Besar 0.5 Daerah Pengaliran Terdiri dari Daratan	0.5-0.57

(Sumber: Suyono Sosrodarsono, Hidrologi untuk Pengairan 1976)

2.7.5 Evapotranspirasi

Evapotranspirasi adalah gabungan dari peristiwa evaporasi dan transpirasi. Evapotranspirasi adalah air yang menguap dari tanah yang berdekatan, permukaan air atau dari permukaan daun-daun tanaman sedangkan transpirasi adalah air yang memasuki daerah akar tanam-tanaman dan dipergunakan untuk membentuk jaringan tanaman-tanaman. Untuk menghitung besarnya evapotranspirasi ada beberapa metode, yaitu:

1. Metode Penman

Dalam penyelesaiannya metode Penman dengan menggunakan persamaan:

$$E = (\Delta H + 0,27 Ea) / (\Delta + 0,27) \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana:

E = energi yang ada untuk penguapan (mm/hari)

$H = Ra (1-r)(0,18+0,55 n/N) - \sigma Ta^4(0,56-0,92 \sqrt{e.d})$
 $(0,10+0,90 n/N)$

Ra = Radiasi extra terensial bulanan rata-rata dalam (mm/hari)

r = Koefisien refleksi (penyerapan oleh tanaman) pada permukaan dalam %

n/N = Prosentase penyinaran matahari dalam %

σ = Konstanta Bpltzman dalam mm air/hari/ $^{\circ}K$

σTa^4 = Koefisien bergantung dari temperature dalam mm/hari

e^d = Tekanan uap udara dalam keadaan jenuh dan yang diamati/sebenarnya dalam mm/Hg

E_a = Evaporasi dalam mm/hari

e_a = Tekanan uap udara pada temperature udara rata-rata dalam mmHg.

Tabel 2.2 Nilai Radiasi Ekstra Terensial Bulanan Rata-Rata/Ra (mm/hari)

Bulan	Lintang Utara		0°	Lintang Selatan	
	20°	10°		20°	10°
Januari	10.8	12.8	14.5	15.8	16.8
Februari	12.3	13.9	15.0	15.7	16
Maret	13.9	14.8	15.2	15.1	14.6
April	15.2	15.2	14.7	13.8	12.5
Mei	15.7	15.0	13.9	12.4	10.7
Juni	15.8	14.8	13.4	11.06	9.6
Juli	15.7	14.8	13.5	11.9	10.0
Agustus	15.3	15.0	14.2	13.0	11.5
September	14.4	14.9	14.9	14.4	13.5
Oktober	12.9	14.1	15.0	15.3	15.3
November	11.2	13.1	14.6	15.7	16.4
Desember	10.3	12.4	14.3	15.8	16.9

(Sumber : Hidrologi untuk Perencanaan Bangunan Air,1980)

Tabel 2.3 Nilai Konstanta Stefan-Boltzman/ σT_a^4 sesuai dengan temperatur

Temperatur (°C)	Temperatur (°K)	σT_a^4 mm air/hari
0	273	11.22
5	278	12.06
10	283	12.96
15	288	13.89
(1)	(2)	(3)
20	293	14.88
25	298	15.92
30	303	17.02
35	308	18.17
40	313	19.38

(Sumber : Irigasi I, 2004)

Tabel 2.4 Nilai Δ/γ ($\gamma = 0.49$) untuk suhu yang berlainan (°C)

T	Δ/γ	T	Δ/γ	T	Δ/γ
10	1.23	20	2.14	30	3.57
11	1.30	21	2.26	31	3.75
12	1.38	22	2.38	32	3.93
13	1.46	23	2.51	33	4.12
14	1.55	24	2.63	34	4.32
15	1.64	25	2.78	35	4.53
16	1.73	26	2.92	36	4.75
17	1.82	27	3.08	37	4.97
18	2.93	28	3.23	38	5.20
19	2.03	29	3.40	39	5.45
20	2.14	30	3.57	40	5.70

(Sumber : Irigasi I, 2004)

Tabel 2.5 Tekanan Uap Jenuh e dalam mmHg

Temperatur (°C)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
15	12.78	12.86	12.95	13.03	13.11	13.2	13.28	13.37	13.45	13.54
16	13.63	13.71	13.8	13.9	13.99	14.08	14.17	14.26	14.35	14.44
17	14.53	14.62	14.71	14.8	14.9	14.99	15.09	15.17	15.27	15.38
18	15.46	15.56	15.66	15.76	15.86	15.96	16.09	16.16	16.26	16.36
19	16.46	16.57	16.68	16.79	16.9	17.00	17.1	17.21	17.32	17.43
20	17.53	17.64	17.75	17.86	17.97	18.08	18.2	18.31	18.43	18.54
21	18.65	18.77	18.88	19.00	19.11	19.23	19.35	19.46	19.58	19.70
22	19.82	19.94	20.66	20.19	20.31	20.43	20.58	20.69	20.80	20.93
23	21.05	21.19	21.33	21.45	21.58	21.71	21.84	21.97	22.10	22.23
24	22.27	22.50	22.63	22.76	22.91	23.05	23.19	23.31	23.45	23.60
25	23.73	23.90	24.03	24.20	24.35	24.29	24.64	24.79	24.94	25.08
26	25.31	25.45	25.60	25.74	25.84	26.03	26.18	26.32	26.46	26.60
27	26.74	26.90	27.05	27.21	27.73	27.53	27.69	27.85	28.00	28.16
28	28.32	28.49	28.66	28.83	29.00	29.17	29.34	29.51	29.68	29.85
29	30.03	30.20	30.38	30.56	30.74	30.92	31.1	31.28	31.46	31.64

(Sumber : Irigasi I, 2004)

Faktor-faktor yang mempengaruhi evapotranspirasi :

- 1) Lamanya Penyinaran Matahari (S).
- 2) Kecepatan angin bulan rata-rata (W1).
- 3) Kelembaban udara bulanan rata-rata (Rh).
- 4) Temperatur udara rata-rata (Tc).

Tabel 2.6 Faktor koreksi Penyinaran/N (lamanya matahari bersinar) Sebelah Utara.

Bulan	Utara (°)				
	0	5	10	15	20
Jan	1.04	1.02	1.09	0.97	0.95
Feb	0.94	0.93	0.91	0.91	0.9
Mar	1.04	1.03	1.03	1.03	1.03
Apr	1.01	1.02	1.03	1.04	1.05
Mei	1.04	1.06	1.08	1.11	1.12
Jun	1.01	1.03	1.06	1.08	1.11
Jul	1.04	1.06	1.08	1.12	1.14
Agu	1.04	1.05	1.07	1.08	1.11
Sep	1.01	1.01	1.02	1.02	1.02
Okt	1.04	1.03	1.02	1.01	1.00
Nov	1.01	0.99	0.98	0.99	1.93
Des	1.04	1.02	0.99	0.97	0.94

(Sumber : Irigasi I, 2004)

Tabel 2.7 Faktor koreksi Penyinaran/N (lamanya matahari bersinar) Sebelah Selatan.

Bulan	Utara (°)				
	0	5	10	15	20
Jan	1.04	1.06	1.08	1.12	1.14
Feb	0.94	0.95	0.97	0.98	1.00
Mar	1.04	1.04	1.05	1.05	1.05
Apr	1.01	1.00	0.99	0.98	0.97
Mei	1.04	1.02	1.01	0.98	0.96
Jun	1.01	0.99	0.96	0.94	0.91
Jul	1.04	1.02	1.00	0.97	0.95
Agu	1.04	1.03	1.01	1.00	0.99
Sep	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00
Okt	1.04	1.05	1.06	1.07	1.08
Nov	1.01	1.03	1.05	1.07	1.09
Des	1.04	1.06	1.1	1.12	1.15

(Sumber : Irigasi I, 2004)

Tabel 2.8 Kecepatan Angin

m/det	Knot	Km/jam	ft/det	Mil/hari
1	1.944	3.6	3.281	2.237
0.514	1	1.852	1.688	1.151
0.278	0.54	1	0.911	0.621
0.305	0.592	1.097	1	0.682
0	0.869	1.609	1.467	1

(Sumber : Hidrologi untuk Perencanaan Bangunan Air, 1980)

2. Metode *Blaney – Criddle*

Rumus *Blaney-Criddle* yang telah diubah oleh Proyek Irigasi dengan Bantuan IDA (PROSIDA), khususnya untuk keperluan tanaman padi di Indonesia, yaitu:

$$U = \frac{k \cdot p (45,7t+813)}{100} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana:

U = Transpirasi Bulanan (mm)

- K = $K_t + K_c$
 $K_t = 0,0311 t + 0,240$
 t = Suhu rata-rata bulanan (°F)
 $K_c =$ Koefisien tanaman bulanan (0,55-1,30 => Padi)
 P = Persentasi lamanya penyinaran matahari dalam Setahun

3. Rumus *Thornthwaite*

Rumus Thornthwaite memberikan evapotranspirasi potensial untuk vegetasi yang pendek dan padat dengan pasokan air permukaan bebas.

$$E_{vt} = 1.6 \left(10 \cdot \frac{t}{I} \right)^a \quad \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

- E_t = evapotranspirasi potensial bulanan (cm/bulan)
 t = suhu udara rata-rata bulanan (°C)
 a = koefisien yang tergantung dari tempat
 $a = 0,000000675 I^3 - 0,00007781 I^2 - 0,0179211 + 0,49239$
 I = Indeks panas tahunan

Dalam beberapa metode yang telah ada diatas metode/cara penman yang paling banyak digunakan karena tingkat ketelitiannya dianggap lebih tepat daripada metode-metode yang lain. Adapun data-data yang digunakan dalam perhitungan evapotranspirasi ini adalah sebagai berikut:

1. Data temperatur bulanan rata-rata
2. Data kelembaban udara rata-rata
3. Data kecepatan angin rata-rata
4. Data penyinaran angin rata-rata

2.8 Alternatif Pola Tanam

Pola tanam adalah bentuk-bentuk jadwal tanam secara umum yang menyatakan kapan mulai tanam padi, palawija, tebu dan sebagainya.

Adapun bentuk pola yang akan diterapkan sangat bergantung kepada kondisi daerah dan ketersediaan air di Daerah Irigasi tersebut, misalnya:

1. Jika ketersediaan air banyak maka dapat dilakukan pola tanam padi-padi.
2. Jika dipakai padi dengan varitas unggul (umur < 140 hari) maka masih dimungkinkan menanam palawija sehingga pola tanamnya menjadi : padi-padi-palawija.
3. Jika persediaan air di musim kemarau terbatas, maka bagi sawah-sawah yang mendapat kesulitan air di musim kemarau akan menerapkan pola tanam : padi palawija-palawija.
4. Kalau di suatu daerah diwajibkan menanam tebu lebih dari 1 tahun (yaitu±15 bulan)

2.8.1 Perkolasi

Perkolasi adalah proses penjuanan tanah permukaan selama masa pertumbuhan tanaman sampai masa sebelum panen. Banyak faktor yang mempengaruhi perkolasi antara lain : kondisi topografi dari suatu daerah irigasi, jenis tanaman, jenis tanah dan permeabilitas tanah.

Laju perkolasi sangat tergantung pada sifat-sifat tanah. Apabila padi sudah ditanam di daerah proyek, maka pengukuran laju perkolasi dapat langsung dilakukan di sawah.

2.8.2 Estimasi koefisien tanaman bulanan

Dalam menganalisa kebutuhan air normal kita tidak akan lepas dari kemampuan tanaman berevapotranspirasi, maka dari itu dibuat suatu estimasi koefisien tanaman bulanan dimana pertumbuhan tanaman didasarkan kepada jenis tanaman padi serta umurnya saat itu bertitik tolak dari kebutuhan tersebut, maka kebutuhan paling tinggi pada saat tanaman tersebut telah mencapai umur pertengahan dari keseluruhan umur produksi.

Di lain pihak kebutuhan air untuk pertumbuhan tanaman ini sangat dipengaruhi oleh evapotranspirasi pada tanaman tersebut, akhirnya dengan menggabungkan kedua kejadian diatas maka dibuatlah angka koefisien tanaman bulanan yang bervariasi terhadap kondisi iklim. Selanjutnya kebutuhan air normal

ini tidak diadakannya observasi ke arah itu, maka diambil sebagai dasar perencanaan kebutuhan air tersebut dari angka-angka koefisien.

Tabel 2.9 Koefisien Tanaman Bulanan

Periode Tengah Bulanan	Padi (Nedeco/Prosida)		FAO	
	Varitas Biasa	Varitas Unggul	Varitas Biasa	Varitas Unggul
1	1.2	1.2	1.1	1.1
2	1.2	1.27	1.1	1.1
3	1.32	1.33	1.1	1.05
4	1.4	1.3	1.1	1.05
5	1.35	1.3	1.1	0.95
6	1.24	0	1.05	0
7	1.12	-	0.97	-
8	0	-	0	-

(Sumber : Dirjen Pengairan, Bina Program PSA 010, 1985)

Tabel 2.10 Koefisien Tanaman Berdasarkan % Pertumbuhan

% Pertumbuhan	Koefisien Tanaman
10	1.08
20	1.18
30	1.27
40	1.37
50	1.4
60	1.33
70	1.23
80	1.13
90	1.02
100	0.92

(Sumber : Bina Program PSA, 1985)

2.8.3 Kebutuhan air untuk pengolahan tanah sawah

Masa Prairigasi diperlukan guna menggarap lahan untuk ditanami dan untuk menciptakan kondisi lembab yang memadai untuk persemaian yang baru tumbuh.

Untuk menghitung kebutuhan air normal dalam mengelola tanah sawah biasanya dipengaruhi tekstur dan struktur tanah sawah, pengaruh akibat pemakaian tanah tersebut sebelumnya, proses pengolahan tanah.

Perkiraan kebutuhan air irigasi dibuat sebagai berikut :

1. Kebutuhan bersih air di sawah untuk padi

$$NFR = Etc + P - Re + WLR \dots\dots\dots (2.10)$$

2. Kebutuhan air irigasi untuk padi

$$IR = \frac{NFR}{e} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana :

Etc = Penggunaan konsumtif (mm)

Etc = $Kc \cdot Eto$

Kc = Koefisien tanaman

Eto = Evaporasi potensial (mm/hari)

Re = Curah hujan efektif (mm/hari)

E = Efisiensi irigasi secara keseluruhan

WLR = Pergantian lapisan air

2.8.4 Efisiensi irigasi

Efisiensi irigasi sangat diperlukan dalam proses irigasi. Selama proses pengaliran air akan terjadi kehilangan air yang diakibatkan oleh penguapan, peresapan, operasional.

Menghitung besaran efisiensi sangat diperlukan agar jumlah air yang diharapkan disawah terpenuhi, yaitu :

1. Kehilangan air di saluran primer diperhitungkan 10 %

2. Kehilangan air disalurkan sekunder sebesar 20 % sehingga efisiensi seluruh menjadi :

$$\frac{90.80}{100} \% = 72\% = 0.72 \quad \dots\dots\dots(2.12)$$

2.8.5 Kebutuhan air

Kebutuhan Air meliputi masalah persediaan air, baik air permukaan maupun air bawah tanah. Untuk mengetahui banyaknya air yang dibutuhkan/harus disediakan maka perlu kiranya mengetahui terlebih dahulu fungsi dan sifat-sifat air dalam proses tumbuhan. Apabila kebutuhan air suatu tanaman diketahui, kebutuhan air untuk unit yang lebih besar dapat dihitung.

Kebutuhan air di sawah sangat bergantung pada penyiapan lahan (pengolahan), penguapan yang terjadi (evapotranspirasi), perkolasi dan rembesan, pergantian lapisan air, curah hujan efektif, genangan air di sawah.

2.9 Menentukan Dimensi Saluran

Setelah debit air masing-masing diketahui maka dapat dihitung dimensi saluran dapat dihitung dimensi saluran. Pada umumnya jaringan irigasi menggunakan saluran berbentuk trapesium, untuk menentukan dimensi saluran ini menggunakan tabel yang dikeluarkan oleh Direktorat Irigasi Pekerjaan Umum yang telah tercantum ukuran perbandingan dimensi, kemiringan talud, dan lain-lain yang disesuaikan dengan debit yang dibutuhkan. Adapun langkah-langkah menentukan dimensi saluran kemiringan saluran :

1. Menentukan debit air sawah (Q), m³/det

$$Q = A \cdot a \quad \dots\dots\dots (2.13)$$

2. Mencari Luas Penampang Saluran (A), m²

$$A = \frac{Q}{V} \quad \dots\dots\dots(2.14)$$

3. Menentukan tinggi (h) dan lebar dasar saluran (b)

$$A = (b+m.h) h \quad \dots\dots\dots(2.15)$$

4. Kecepatan design (Vd)

$$Vd = \frac{Q}{Ad} \dots\dots\dots(2.16)$$

5. Kemiringan Saluran (I)

$$\text{Stickler : } V = K \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(2.17)$$

6. Jari-Jari Hidrolis (R)

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots(2.18)$$

Dimana :

Q = Debit rencana / Kapasitas saluran (m³/det)

R = Jari-jari hidrolis = A/P → P = b + 2 h

A = Luas Penampang basah (m²)

P = Keliling basah (m)

V = Kecepatan aliran (m/det)

Tabel 2.11 Koefisien Kekasaran Saluran

Uraian	Koefisien Kekasaran (K)
saluran dengan dinding teratur	36
saluran dengan dinding tidak teratur	38
Saluran tersier dengan tanggul baru	40
Saluran baru tidak bertanggul	43.5
saluran primer dan sekunder dengan debit < 7.5 m ³ /det	45 - 47.5
Saluran dengan pasangan batu belah dan plesteran	50
Bak atau beton yang tidak diplester	50
Beton licin atau dindidng kayu	90

(Sumber : Standar Perencanaan Irigasi Bagian 2, 2002)

Tabel 2.12 Pedoman Menentukan Dimensi Saluran

Debit	b:h	Kecepatan air untuk tanah lempung	Serong untuk tanah lempung biasa	Keterangan
0.00 - 0.05	Min 0.25	1:1	1. Desain untuk tanah lempung biasa 2. Lebar Saluran Minimum 0.30 m 3. K bernilai - 45 bila $Q > 5 \text{ m}^3/\text{det}$ - 42.5 untuk saluran muka - 40 untuk saluran tersier - 60 untuk saluran pasangan - 35 untuk saluran sekunder -30 untuk saluran tersier
0.05 - 0.15	0.25 - 0.30	1:1	
0.15 - 0.30	1	0.30 - 0.35	1:1	
0.30 - 0.40	1.5	0.35 - 0.40	1:1	
0.40 - 0.50	1.5	0.40 - 0.45	1:1	
0.50 - 0.75	2	0.45 - 0.50	1:1	
0.75 - 1.50	2	0.50 - 0.55	1:1.5	
1.50 - 3.00	2.5	0.55 - 0.60	1:1.5	
3.00 - 4.50	3	0.60 - 0.65	1:1.5	
4.50 - 6.00	3.5	0.65 - 0.70	1:1.5	
6.00 - 7.50	4	0.7	1:1.5	
7.50 - 9.00	4.5	0.7	1:1.5	
9.00 - 11.00	5	0.7	1:1.5	
11.00 - 15.00	6	0.7	1:1.5	
15.00 - 25.00	8	0.7	1:2	
25.00 - 40.00	10	0.75	1:2	
40.00 - 80.00	12	0.8	1:2	

(Sumber : Standar Perencanaan Irigasi Bagian 2, 2002)

- Jagaan (*Waking*)

Jagaan pada suatu saluran adalah jarak vertikal dari puncak saluran ke permukaan air pada kondisi rencana muka air, disediakan untuk mencegah gelombang atau kenaikan tinggi muka air yang melimpah.

Dibawah ini menyajikan beberapa type jagaan berdasarkan jenis saluran dan debit air yang mengalir.

Tabel 2.13 Tipe Jagaan Berdasarkan Jenis Saluran dan Debit Air Yang Mengalir

Jenis Saluran	Debit Air (m ³ /det)	b:h	Jagaan (m)	Lebar Tanggul	
				Tanpa Jalan Inspeksi	Dengan Jalan Inspeksi
Tersier	<0.5	1	0.3	0.75
Sekunder	<0.5	1-2	0.4	1.5	4.50
Saluran utama dan sekunder	0.5 - 1	2.0 - 2.5	0.5	1.50 - 2.0	5.50
	1-2	2.5 - 3.0	0.6	1.50 - 2.0	5.50
	2-3	3.0 - 3.5	0.6	1.50 - 2.0	5.50
	3-4	3.5 - 4.0	0.6	1.50 - 2.0	5.50
	4-5	4.0 - 4.5	0.6	1.50 - 2.0	5.50
	5-10	4.5 - 5.0	0.6	2.0	5.50
	10-25	6.0 - 7.0	0.75 - 1.0	2.0	5.50

(Sumber : *Irigasi I*, 2004)

2.10 Menentukan Elevasi Muka Air Dalam Saluran

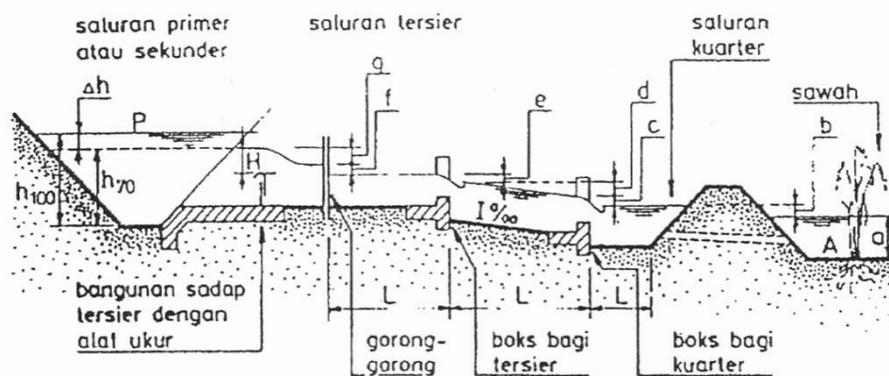
Dalam menentukan elevasi muka air pada saluran ditentukan dari tinggi muka tanah tertinggi pada suatu jaringan irigasi. Untuk menentukan elevasi muka air dekat pintu ukur sebelah hilir yaitu elevasi kontur pada sawah tertinggi ditambah 0,15 m ditambah selisih elevasi akibat kemiringan saluran.

Beberapa faktor yang harus dipertimbangkan dalam menentukan ketinggian (elevasi) muka air pada saluran diantaranya :

1. Muka air rencana pada saluran diupayakan berada dibawah atau sama dengan elevasi muka tanah aslinya sekitarnya, hal ini dilakukan supaya dapat mempersulit pencurian air atau penyadapan liar.

2. Mengupayakan pekerjaan galian dan timbunan seimbang, agar biaya pelaksanaan bias dibuat seminimal mungkin.
3. Muka air direncanakan cukup tinggi agar dapat mengairi sawah-sawah yang letaknya paling tinggi pada petak tersier.

Tinggi muka air pada bangunan sadap pada saluran sekunder atau primer dihitung berdasarkan kehilangan-kehilangan tekanan yang ada pada saluran tersebut.



Gambar 2.8 Elevasi Muka Air Di Saluran Primer/Sekunder

$$P = A + a + b + c + d + e + f + g + \Delta h + Z \dots\dots\dots (2.19)$$

Dimana :

- P = Elevasi muka air di saluran Primer /Sekunder
- A = Elevasi muka tanah tertinggi di sawah
- a = Tinggi genangan air di sawah
- b = kehilangan tinggi energi di saluran kwarter ke sawah= 5 Cm
- c = kehilangan tinggi energi di boks bagi kwarter=5 cm/boks
- d = kehilangan energi selama pengaliran di saluran irigasi
- e = kehilangan energi di boks bagi=5 cm/boks
- f = kehilangan energi di gorong-gorong=5 cm/bangunan
- g = kehilangan tinggi energi di bangunan sadap
- Δh = variasi tinggi muka air, 0.18 h (kedalaman rencana)
- Z = kehilangan energi di bangunan-bangunan lain
(misalnya : jembatan, pelimpah samping, dll).(Irigasi II,2004)

2.11 Pengelola Proyek

2.11.1 Rencana kerja dan syarat-syarat

Rencana kerja dan syarat-syarat adalah segala ketentuan dan informasi yang diperlukan terutama hal-hal yang tidak dapat dijelaskan dengan gambar-gambar yang harus dipenuhi oleh kontraktor pada saat melaksanakan pekerjaan yang akan dilaksanakan.

2.11.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya adalah suatu bangunan atau proyek adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek.

Anggaran biaya merupakan harga dari bahan bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda-beda di masing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja.

Dalam menyusun anggaran biaya dapat dilakukan dengan 2 cara berikut :

1. Angka kasar

Sebagai Pedoman dalam menyusun anggaran biaya kasar digunakan harga satuan tiap meter persegi (m^2) luas lantai. Anggaran kasar dipakai sebagai pedoman terhadap anggaran biaya yang dihitung secara teliti.

Walaupun namanya anggaran biaya kasar, namun harga satuan tiap m^2 luas lantai tidak terlalu jauh berbeda dengan harga yang dihitung secara teliti.

2. Angka yang teliti

Yang dimaksud anggaran biaya teliti adalah anggaran biaya Bangunan atau proyek yang dihitung dengan teliti dan cermat sesuai dengan ketentuan dan syarat-syarat penyusunan anggaran biaya. Pada anggaran biaya kasar sebagaimana diuraikan terdahulu, harga satuan dihitung berdasarkan harga taksiran setiap luas lantai m^2 . Taksiran tsb haruslah berdasarkan harga yang wajar dan tidak terlalu jauh berbeda dengan harga yang dihitung secara teliti.

Sedangkan penyusunan anggaran biaya yang dihitung secara teliti, didasarkan atau didukung oleh :

- a. Bestek
Gunanya untuk menentukan spesifikasi bahan dan syarat- syarat teknis
- b. Gambar bestek
Gunanya untuk menentukan/menghitung besarnya masing- masing volume pekerjaan
- c. Harga Satuan pekerjaan
Didapat dari harga satuan bahan dan harga satuan upah berdasarkan perhitungan analisa BOW.

BOW Singkatan dari *Bugerlijke Openbare Werken* ialah suatu ketentuan dan ketetapan umum yang ditentukan oleh Dir BOW tanggal 28 Februari 1921 Nomor 5372 A Pada zaman pemerintahan Belanda. Di Zaman sekarang BOW diganti dengan HSPK, yang tentunya tiap kota maupun kabupaten mengeluarkan HSPK dan setiap tahun ada pergantian.

- Tahapan Perhitungan Rencana Anggaran Biaya Konstruksi:
Dalam penyusunan anggaran biaya suatu rancangan bangunan biasanya dilakukan 2 (dua) tahapan yaitu :
 1. Estimasi Biaya Kasar, yaitu penaksiran biaya secara global dan menyeluruh yang dilakukan sebelum rancangan bangunan dibuat.
 2. Perhitungan Anggaran Biaya, yaitu penghitungan biaya secara detail dan terinci dsesuai dengan perencanaan yang ada.
- Tahapan Estimasi Biaya:
Penaksiran anggaran biaya yang dilakukan adalah melakukan proses perhitungan volume bangunan yang akan dibuat, harga satuan standar dari tipe bangunan dan kualitas finishing bangunan yang akan dikerjakan.
Karena taksiran dibuat sebelum dimulainya rancangan bangunan, maka jumlah biaya yang diperoleh adalah taksiran kasar biaya bukan biaya sebenarnya atau actual.

- Tahapan Perhitungan Anggaran Biaya:

Perhitungan anggaran terperinci dilakukan dengan cara menghitung volume dan harga-harga dari seluruh pekerjaan yang harus dilaksanakan, agar nilai bangunan dapat dipertanggung jawabkan secara benar dan optimal. Cara penghitungan yang benar adalah dengan menyusun semua komponen pekerjaan mulai dari tahapan awal pembangunan (pekerjaan persiapan) sampai dengan tahapan penyelesaian pekerjaan (pekerjaan *finishing*), contoh:

1. Pekerjaan Persiapan terdiri dari: pembersihan lahan, cut and fill, pagar pengaman, mobilisasi dan demobilisasi.
2. Pekerjaan Sipil, terdiri dari pondasi, sloof, kolom, dinding dan rangka penutup atap.
3. Pekerjaan finishing, terdiri dari lantai, dinding, plafond dan penutup atap.
4. Pekerjaan Instalasi Mekanikal, Elektrikan dan Plumbing, terdiri dari jaringan listrik, telepon, tata suara, tata udara, air bersih dan air kotor.
5. Pekerjaan luar/halaman, terdiri dari perkerasan jalan, jalan setapak, pagar halaman dan taman.

Penghitungan anggaran biaya pada umumnya dibuat berdasarkan 5 hal pokok, yaitu:

1. Taksiran biaya bahan-bahan. Harga bahan-bahan yang dipakai biasanya harga bahan-bahan di tempat pekerjaan, jadi sudah termasuk biaya transportasi atau angkutan, biaya bongkar muat.
2. Taksiran biaya pekerja, biaya pekerja sangat dipengaruhi oleh: panjangnya jam kerja, keadaan tempat pekerjaan, ketrampilan dan keahlian pekerja yang bersangkutan terutama dalam hal upah pekerja.
3. Taksiran biaya peralatan, biaya peralatan yang diperlukan untuk suatu jenis konstruksi haruslah termasuk didalamnya biaya pembuatan bangunan-bangunan sementara (bedeng), mesin-mesin, dan alat-alat tangan (*tools*).

4. Taksiran biaya tak terduga atau *overhead cost*, biaya tak terduga biasanya dibagi menjadi dua jenis, yaitu: biaya tak terduga umum dan biaya tak terduga proyek.
5. Taksiran keuntungan atau *profit*, biaya keuntungan untuk pemborong atau kontraktor dinyatakan dengan prosentase dari jumlah biaya total yang berkisar antara 8-15%.

2.11.3 *Network planning* (NWP)

Pengertian *network planning* adalah sebuah jadwal kegiatan pekerjaan berbentuk diagram *network* sehingga dapat diketahui pada area mana pekerjaan yang termasuk kedalam lintasan kritis dan harus diutamakan pelaksanaannya. Cara membuat *network planning* bisa dengan cara manual atau menggunakan software komputer seperti Ms.Project. Untuk membuatnya kita membutuhkan data-data yaitu:

- 1) Jenis pekerjaan yang dibuat detail rincian item pekerjaan, contohnya jika kita akan membuat *network planning* pondasi batu kali maka apabila dirinci ada pekerjaan galian tanah, pasangan pondasi batu kali kemudian urugan tanah kembali.
- 2) Durasi waktu masing-masing pekerjaan, dapat ditentukan berdasarkan pengalaman atau menggunakan rumus analisa bangunan yang sudah ada.
- 3) Jumlah total waktu pelaksanaan pekerjaan.
- 4) Metode pelaksanaan konstruksi sehingga dapat diketahui urutan pekerjaan.

Selain *network planning* kita kenal juga jenis jadwal lain yang digunakan dalam melaksanakan proyek seperti kurva S, *Bar chart*, *schedule* harian mingguan bulanan dll.

Kegunaan *network planning* :

- 1) Untuk mengatur jalanya proyek dan mengetahui lintasan kritis pekerjaan.
- 2) Untuk mengetahui jenis pekerjaan mana yang tidak masuk lintasan kritis sehingga pengerjaannya bisa lebih santai sehingga tidak mengganggu pekerjaan utama yang harus tepat waktu.

- 3) Mengetahui pekerjaan mana yang harus diutamakan dan dapat selesai tepat waktu.
- 4) Sebagai rekayasa *value engineering* sehingga dapat ditentukan metode kerja termurah dengan kualitas terbaik.
- 5) Untuk persyaratan dokumen tender lelang proyek.

- CPM

CPM (*Critical Path Method*) adalah teknik manajemen proyek yang menggunakan hanya satu faktor waktu per kegiatan. Merupakan jalur tercepat untuk mengerjakan suatu proyek, dimana setiap proyek yang termasuk pada jalur ini tidak diberikan waktu jeda/istirahat untuk pengerjaannya. Dengan asumsi bahwa estimasi waktu tahapan kegiatan proyek dan ketergantungannya secara logis sudah benar. Jalur kritis berkonsentrasi pada timbal balik waktu dan biaya.

Menurut Subagyo & Pangestu (2000), analisa *network* biasa dikenal dengan nama teknik manajemen proyek. Kebutuhan penyusunan *network* ini dirasakan perlu karena adanya koordinasi dan pengurutan kegiatan–kegiatan pabrik yang kompleks, yang saling berhubungan dan saling tergantung satu sama lain. Ada beberapa simbol yang berlaku untuk analisa CPM lebih rinci yaitu:

- TD = *Taksiran durasi*, rata-rata lama waktu suatu aktifitas
- ES = *Earliest start*, saat paling dini saat aktifitas mulai
- EF = *Earliest finish*, saat paling dini aktifitas berakhir
- LS = *Latesr start*, saat paling lambat suatu aktifitas mulai
- LF = *Latesr finish*, saat paling lambat suatu aktifitas berakhir
- S = *Slack*, yaitu selisih antara saat paling dini dengan saat paling lambat pada permulaan atau akhir suatu aktifitas.

Beberapa aturan yang dimiliki oleh *Critical Path Method* adalah sebagai berikut ini:

1. Sebelum aktifitas dimulai maka seluruh aktifitas pendahulunya harus sudah selesai.

2. Anak panah berfungsi untuk menyatakan hubungan ketergantungan diantara aktifitas-aktifitas, sedang panjang dan arah panah tidak mempunyai arti (diabaikan).

Pada setiap garis panah yang meninggalkan suatu *node*, selalu ada ES dan LS-nya. Sedangkan pada ujung panah yang menuju suatu *node*, selalu ada EF dan LF. Kamar kiri adalah untuk menuliskan saat paling dini suatu aktifitas mulai atau berakhir, Sedangkan kamar kanan adalah tempat penulisan saat paling lambat suatu aktifitas mulai (*node* yang ditinggalkan garis panah) atau berakhir (*node* yang dituju garis panah). Arah perhitungan dalam CPM adalah sebagai berikut:

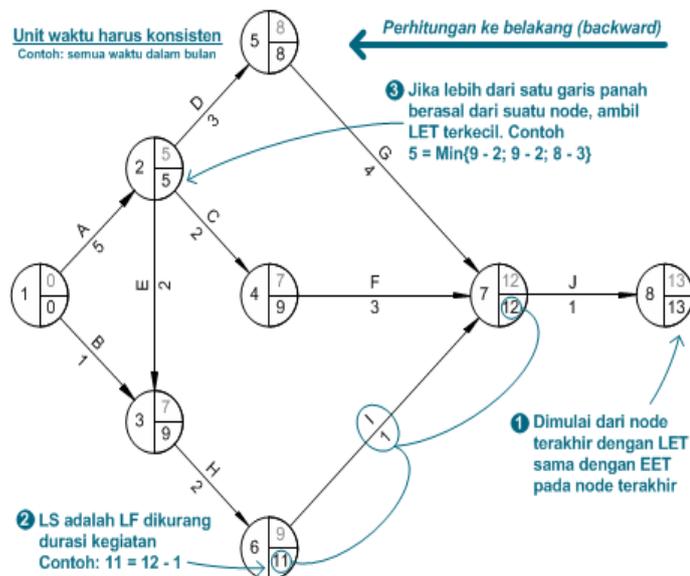
1. Perhitungan maju

Perhitungan waktu paling dini dari terjadinya setiap aktifitas mulai atau berakhir yang terdapat pada diagram lintasan suatu proyek.

2. Perhitungan mundur

Perhitungan waktu paling lambat dari terjadinya setiap aktifitas mulai atau berakhir yang terdapat pada diagram lintasan suatu proyek.

Lintasan kritis (*critical path*) mengandung makna bahwa aktifitas-aktifitas yang ada pada lintasan itu tidak boleh terlambat dikerjakan dan butuh perhatian khusus dari manajemen (Nasrullah, 1996). Gambar 5 dibawah ini merupakan contoh dari NWP (*Network Planning*).



Gambar 2.9. Contoh NWP (*Network Planning*)

2.11.4 Barchart dan Kurva S

Barchart adalah merupakan deskripsi grafis atas sekumpulan tugas-tugas atau aktivitas yang ditandai awal dan akhir. Suatu aktivitas adalah suatu tugas atas sekumpulan tugas yang berkontribusi pada keseluruhan penyelesaian proyek.

Kurva S merupakan suatu plot grafis dari kemajuan komulatif proyek sebagai sumbu vertikal terhadap waktu sebagai sumbu horizontal. Kemajuan tersebut bisa dinyatakan dalam biaya, kualitas pekerjaan yang dilaksanakan, jumlah jam kerja atau cara pengukuran lain. Jika uang merupakan cara pengukuran kemajuan tersebut, maka hal ini lazimnya dinyatakan dalam bentuk *cash-flow*, yakni plot dua grafik yang masing-masing menyatakan biaya yang dikeluarkan (*ekpenditures*) dan pendapatan.

JADWAL WAKTU PELAKSANAAN KURVA "S"																			
No. Paket Kontrak :																			
Nama Paket :		REHABILITASI JARINGAN DAERAH IRIGASI DESA BATANG UBI																	
Kabupaten :																			
NO.	URAIAN	BOBOT (%)	BULAN																
			I				II				III				IV				
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
I	PEKERJAAN PERSIAPAN	1,45	0,48	0,48	0,49														
II	PEKERJAAN GALIAN	2,89			0,96	0,96	0,97												
III	PEKERJAAN DINDING SALURAN	94,21					8,56	8,56	8,56	8,56	8,56	8,56	8,57	8,57	8,57	8,57	8,57	8,57	8,57
IV	PEKERJAAN LAIN-LAIN	1,45	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,1
	RENCANA KEMAJUAN MINGGUAN	100	0,57	1,14	1,54	1,05	9,62	8,65	8,65	8,65	8,65	8,65	8,66	8,66	8,66	8,66	8,66	8,66	0,1
	RENCANA KUMULATIF MINGGUAN		0,57	1,14	2,68	3,73	13,4	22	30,7	39,3	48	56,6	65,3	73,9	82,6	91,2	99,9	100	

Gambar 2.10. *Barchart* dan Kurva S

