

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Sejarah Irigasi

Irigasi adalah usaha untuk memperoleh air yang menggunakan bangunan dan saluran buatan untuk keperluan penunjang produksi pertanian. Kata irigasi berasal dari kata irrigate dalam bahasa belanda dan irrigation dalam bahasa inggris.

Menurut Abdullah Angoedi dalam sejarah irigasi di Indonesia disebutkan bahwa dalam laporan pemerintah belanda irigasi didefinisikan sebagai berikut :

“secara teknis menyalurkan air melalui saluran- saluran pembawa ke tanah pertanian dan setelah air tersebut diambil manfaat sebersar-besarnya menyalurkannya ke saluran- saluran pembuangan terus ke sungai”.

Sejarah irigasi di Indonesia telah cukup panjang. Yang dimulai sejak zaman Hindu. Sebagai contoh pertanian padi sistem Subak di Bali, sistem Tuo Banda di Sumatera Barat, sistem Tudang Sipulung di Sulawesi Selatan dan sistem kalender pertanian Prتامangsa di Jawa. Dan dikembangkan pada masa penjajahan Belanda dan dilanjutkan di zaman Indonesia membangun (1970-an).

Selanjutnya, tercatat bahwa bangunan irigasi yang pertama dibangun yaitu di Jawa Timur yang dibuktikan dengan prasasti Harinjing yang sekarang di simpan di museum Jakarta. Data prasasti tertua di Indonesia menyebutkan pula bahwa saluran air tertua telah di bangun di Desa Tugu dekat Cilincing dalam abad V Masehi.

Pembutan bendung pertama di Indonesia untuk irigasi dilakukan di Jawa Timur yaitu bendung Sampean di kali Sampean. Ir. Van Thiel yang diutus Pemerintah Belanda ke Situbondo membangun bendung tersebut tahun 1852

sampai dengan 1857 dibangun pula bendung Lengkong di Mojokerto untuk mengairi areal seluas 34.000 hektar.

Bendung Glapan di Kali Tuntang Jawa Tengah dibangun tahun 1852 dan selesai tahun 1959. Namun baru bisa berfungsi 20 tahun kemudian, yaitu pada tahun 1880 – 1890. Bendung Glapan adalah bendung pertama yang dibangun di bawah Pemerintah Kolonial untuk tanaman rakyat.

Disebutkan bahwa setelah Pemerintah Hindia – Belanda mendirikan Departemen BOW mulailah dibentuk “Irrigatie-Afdeling”. Tercatat 1 Januari 1889 dibentuk daerah irigasi yang pertama yaitu Irrigating Afdeling Serayu yang meliputi Kepresidenan Banyumas dan Begelan di Jawa Tengah. Selanjutnya disusul Irrigate – Afdeling Brantas yang meliputi daerah Malang Kediri Surabaya pada tahun 1892, Irrigate-Afdeling Serang yang meliputi daerah Semarang – Demak dan Purwodadi. Dalam tahun 1910 Pulau Jawa telah terbagi habis oleh daerah- daerah irigasi. (Erman Mawardi,2007,*Desain Hidraulik Bangunan Irigasi*)

2.2. Pengertian Irigasi

Menurut PP no 20 tahun 2006 irigasi adalah usaha penyediaan, pengaturan dan pengembangan air irigasi untuk menunjang pertanian yang jenisnya meliputi irigasi permukaan, irigasi rawa, irigasi air bawah tanah, irigasi pompa dan irigasi tambak. Sementara kebutuhan air irigasi merupakan jumlah air yang dibutuhkan untuk menambah curah hujan guna memenuhi kebutuhan pertumbuhan tanaman.(<http://Agronomi3000.blogspot.com>)

2.2.1. Jenis- jenis Irigasi

Dalam perkembangannya, irigasi dibagi menjadi 3 tipe, yaitu :

2.2.1.1. Irigasi Sistem Gravitasi

Irigasi gravitasi merupakan sistem irigasi yang telah lama dikenal dan diterapkan dalam kegiatan usaha tani. Dalam sistem irigasi ini, sumber air yang

diambil dari air yang ada di permukaan bumi yaitu dari sungai, waduk dan danau, yang ada di dataran tinggi. Pengaturan dan pembagian air irigasi menuju ke petak-petak yang membutuhkan dilakukana secara gravitatif.

2.2.1.2. Irigasi Sistem Pompa

Sistem irigasi dengan menggunakan pompa dapat dipertimbangkan, apabila pengambilan secara gravitatif ternyata tidak layak dari segi ekonomi maupun teknik. Cara ini membutuhkan modal kecil, namun memerlukan biaya eksploitasi yang besar.

Sumber air yang dapat dipompa untuk keperluan irigasi dapat diambil dari sungai, misalnya Stasiun Pompa Gambasari dan Pesangrahan (sebelum ada Bendung Gerak Serayu), atau dari air tanah, seperti pompa air suplesi di DI. Simo, Kabupaten Gunung Kidul, Yogyakarta

2.1.1.3. Irigasi Pasang Surut

Yang dimaksud dengan irigasi pasang-surut adalah suatu tipe irigasi yang memanfaatkan pengempangan air sungai akibat peristiwa pasang – surut air laut. Areal yang direncanakan untuk tipe Irigasi ini adalah areal yang mendapat pengaruh langsung dari peristiwa pasang-surut air laut. Untuk daerah kalimantan misalnya, daerah ini bisa mencapai panjang 30 – 50 Km memanjang panatai dan 10 – 15 km masuk ke darat. Air genangan yang berupa air tawar dari sungai akan menekan dan mencuci kandungan tanah sulfat masam dan akan dibuang pada saat air laut surut. (Sidartha SK, 1997 *Irigasi dan Bangunan Air*)

2.3. Klasifikasi Jaringan Irigasi

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

1. Irigasi Non Teknis (Sederhana)
2. Irigasi Semi Teknis

3. Irigasi Teknis

Dalam konteks standarisasi irigasi ini, hanya irigasi teknis saja yang ditinjau. Bentuk Irigasi yang lebih maju ini cocok untuk dipraktikkan disebagian besar pembangunan irigasi di Indonesia

Dalam suatu jaringan irigasi yang dapat dibedakan adanya empat unsur fungsional pokok yaitu:

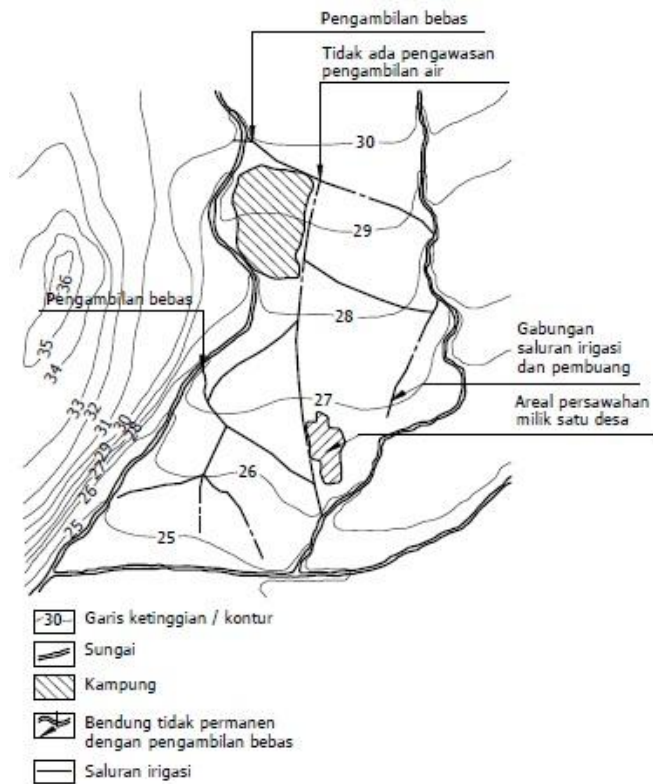
1. Bangunan-bangunan utama (*headworks*) dimana air diambil dari sumbernya, umumnya sungai atau waduk.
2. Jaringan pembawa berupa saluran yang mengalirkan air irigasi ke petak-petak tersier.
3. Petak-petak tersier dengan sistem pembagian air dan sistem pembuangan kolektif, air irigasi dibagi-bagi dan dialirkan ke sawah-sawah dan kelebihan air ditampung di dalam suatu system pembuangan di dalam petak tersier.
4. Sistem pembuangan berupa saluran dan bangunan bertujuan untuk kelebihan air dari sawah ke sungai atau saluran-saluran alamiah.

2.3.1. Irigasi Sederhana

Di dalam Irigasi sederhana pembagian air tidak diukur atau diatur, air lebih akan mengalir kesaluran pembuang. Para petani pemakai air itu tergabung dalam satu kelompok jaringan yang sama, sehingga tidak memerlukan keterlibatan pemerintah di dalam organisasi jaringan ini. Persediaan air biasanya belimpah dengan kemiringan berkisar antara sedang sampai curam. Oleh karena itu hampir-hampir tidak memerlukan teknik yang sulit untuk membagi airnya.

Jaringan yang sederhana itu masih diorganisasi tapi memiliki kelemahan-kelemahan yang serius. Pertama-tama, ada pemborosan air dan karena pada umumnya jaringan ini terletak di daerah yang tinggi, air yang terbuang itu tidak selalu terbuang ketempat daerah yang lebih subur. Kedua terdapat banyak penyadapan yang memerlukan lebih banyak biaya lagi dari penduuduk karena

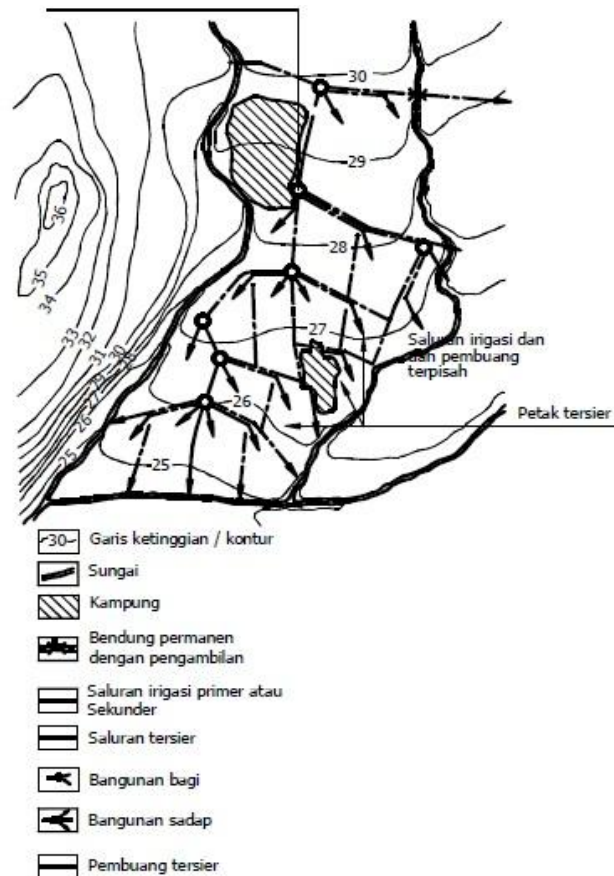
setiap desa membuat jaringan dan pengambilan sendiri-sendiri, karena bangunan pengeleknnya bukan bangunan tetap/permanen, maka umumnya mungkin pendek



Gamba .1. Jaringan Irigasi Sederhana

2.3.2. Jaringan Irigasi Semiteknis

Dalam banyak hal perbedaan hal satu-satunya antara jaringan irigasi sederhana dan jaringan semiteknis adalah bahwa jaringan semiteknis ini bendungnya terletak di sungai lengkap dengan bangunan pengambilan dan bangunan pengukur dibagian hilirnya. Mungkin juga dibangun beberapa bangunan permanen di jaringan saluran. Sistem pembagian air biasanya serupa dengan jaringan sederhana. Adalah mungkin bahwa pengambilan dipakai untuk melayani/mengairi daerah yang lebih luas dari daerah layanan pada jaringan sederhana. Oleh karena itu biayanya ditanggung oleh lebih banyak daerah layanan. Organisasinya akan lebih rumit jika bangunan tepatnya berupa bangunan



Gambar 3. Jaringan Irigasi Teknis

2.3.3.1. Petak tersier

Petak tersier menerima air irigasi yang dialirkan dan diukur pada bangunan sadap (offtake) tersier yang menjadi tanggung jawab Dinas Pengairan. Bangunan sadap tersier mengalirkan airnya ke saluran tersier.

Petak tersier yang kelewat besar akan mengakibatkan pembagian air menjadi tidak efisien. Faktor-faktor lainnya adalah jumlah petani dalam satu petak, jenis tanaman dan topografi. Di daerah-daerah yang ditanami padi, luas petak yang ideal antara 50-100 ha, kadang-kadang sampai 150 ha.

Petak tersier terdiri dari beberapa petak kuartir masing-masing seluas kurang lebih 8-15 hektar. Petak tersier sebaiknya mempunyai batas-batas yang jelas, misalnya jalan, parit, batas desa dan batas-batas lainnya. Ukuran petak

tersier berpengaruh terhadap efisiensi pemberian air. Apabila kondisi topografi memungkinkan, petak tersier sebaiknya berbentuk bujur sangkar atau segi empat. Hal ini akan memudahkan dalam pengaturan tata letak dan perabagian air yang efisien.

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.

Panjang saluran tersier sebaiknya kurang dari 1500 m tetapi dalam kenyataan kadang-kadang panjang saluran ini mencapai 2500 m.

2.3.3.2 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.

2.2.3.3 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 airnya langsung dari sumber air biasanya sungai

. 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. (Standar Perencanaan Irigasi Bagian 2, 2002)

2.4. Bangunan Irigasi

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

2.4.1. Bangunan Bagi dan Sadap

Bangunan bagi dan sadap pada irigasi teknis dilengkapi dengan pintu dan alat ukur debit untuk memenuhi kebutuhan air irigasi sesuai jumlah dan pada waktu tertentu.

Namun dalam keadaan tertentu sering dijumpai kesulitan-kesulitan dalam operasi dan pemeliharaan sehingga muncul usulan sistem proposional, yaitu bangunan bagi dan sadap tanpa pintu dan alat ukur tetapi dengan syarat-syarat sebagai berikut :

1. Elevasi ambang kesemua arah harus sama
2. Bentuk ambang harus sama agar koefisien debit sama.
3. Lebar bukaan proposional dengan luas sawah yang diairi.

Tetapi disadari bahwa sistem proposional tidak bisa diterapkan dalam irigasi yang melayani lebih dari satu jenis tanaman dari penerapan sistem golongan.

Untuk itu kriteria ini menetapkan agar diterapkan tetap memakai pintu dan alat ukur debit dengan memenuhi tiga syarat proposional.

- a. Bangunan bagi terletak di saluran primer dan sekunder pada suatu titik cabang dan berfungsi untuk membagi aliran antara dua saluran atau lebih.
- b. Bangunan sadap tersier mengalirkan air dari saluran primer atau sekunder ke saluran tersier penerima.

- c. Bangunan bagi dan sadap mungkin digabung menjadi satu rangkaian bangunan.
- d. Boks-boks bagi di saluran tersier membagi aliran untuk dua saluran atau lebih (tersier, subtersier dan/atau kuarter. (KP-01)

2.4.5. 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 penyeberangan, tangga mandi manusia, sarana mandi hewan, serta bangunan lainnya. (<http://ilmutekniksipil.com>)

2.5. Standar Tata Nama

Nama-nama yang diberikan untuk saluran-saluran irigasi dan pembuang, bangunan-bangunan dan daerah irigasi harus jelas dan logis. Nama yang 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.

2.5.1. Daerah Irigasi

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

2.5.2. Jaringan Irigasi Primer

Saluran irigasi primer sebaiknya diberi nama sesuai dengan daerah irigasi yang dilayani, contoh: Saluran Primer Metukul.

2.5.3. Jaringan Irigasi Sekunder

Saluran sekunder sering diberi nama sesuai dengan nama desa yang terletak di petak sekunder. Petak sekunder akan diberi nama sesuai dengan nama saluran sekundernya. Sebagai contoh saluran sekunder Gusung mengambil nama Desa Gusung.

2.5.4. 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 antara 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 di hilir bangunan sadap tersier: T1, T2 dan sebagainya
3. Petak kuarter diberi nama sesuai dengan petak rotasi, diikuti dengan nomor urut menurut 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 pembuang tersier, diberi kode dt1, dt2 juga menurut arah jarum jam. (KP-01)

2.6. Pengertian Daerah-Daerah Irigasi

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/brutto adalah daerah proyek dikurangi dengan perkampungan dan tanah-tanah yang dipakai untuk mendirikan bangunan daerah yang tidak diairi, jalan utama, rawa-rawa dan 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 bisa diairi dikurangi dengan saluran-saluran irigasi dan pembuang (primer, sekunder, tersier dan 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. (Sidartha SK, 1997 *Irigasi dan Bangunan Air*)

2.7. 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 pengamat juga penting dan harus teliti agar mendapatkan hasil yang baik, hendaknya posisi stasiun pengamat di dekat DAS. (Standar Perencanaan Irigasi Bagian 2, 2002)

2.8. 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. Adapun data-data klimatologi untuk Daerah Irigasi Air Rias adalah :

1. Temperatur udara bulanan rata-rata berkisar antara 26,03°C-27,46°C
2. Kecepatan angin rata-rata yang tercatat berkisar antara 4,70 Km/hari-10,82 Km/hari
3. Kelembaban udara relatif bulanan rata-rata berkisar antara 76,98%-86,68%
4. Besarnya penyinaran matahari bulanan rata-rata berkisar antara 19,89%-57,35%

Dengan adanya data-data tersebut diatas maka dapat diperoleh besaran-besaran perencanaan yang meliputi:

1. Curah hujan efektif
2. Debit andalan
3. Evapotranspirasi

4. Pola Tanam
5. Kebutuhan air irigasi

Dengan adanya data-data hidrologi tersebut dapat dilakukan perhitungan besaran nilai curah hujan maksimum, debit andalan, evapotranspirasi, pola tanam. Selain itu juga dapat menghitung jumlah kebutuhan air irigasi agar tercukupi.

2.8.1. 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).

2.8.2 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 :

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 :

Dimana :

R = Curah hujan rata-rata setahun ditempat pengamatan R
yang datanya harus dilengkapi

R_a, R_b, R_c = Curah hujan di tempat pengamatan R_a, R_b, R_c (pada
bulan dan tahun yang sama)

R_a, R_b, R_c = Curah hujan rata-rata selama tahun pengamatan di Sta
A, Sta B, dan Sta C

n = Jumlah seluruh stasiun pengamat yang dipakai

2.8.3. 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 :

$$n/5 + 1 = m$$

Dimana :

n = jumlah tahun pengamatan

m = urutan CH efektif dari yang terendah

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

1. Metoda Aritmetik (rata-rata aljabar)

Metoda rata-rata aljabar ini merupakan metode yang paling sederhana untuk memperoleh curah hujan rata-rata yaitu dengan menjumlahkan curah hujan masing-masing stasiun pengamatan dan membaginya dengan jumlah stasiun pada daerah pengamatan secara aritmetik. Metode ini menggunakan rumus :

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

Dimana :

R = Tinggi curah hujan rata-rata (mm)

R₁, R₂, R_n = Tinggi curah hujan tiap pos hujan yang diamati (mm)

N = Jumlah pos pengamat atau pos hujan

2. Metode Polygon Thiessen

Metode ini berusaha untuk mengimbangi tidak meratanya distribusi alat ukur dengan menyediakan suatu faktor bobot bagi masing-masing stasiun. Stasiun-stasiunnya diplot pada suatu peta dan tarik garis yang menghubungkan stasiun-stasiun tersebut. Sehingga rumusnya :

$$R = \frac{(R_1.A_1 + R_2.A_2 + R_3.A_3 + \dots + R_n.A_n)}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n}$$

Dimana :

R = Tinggi curah hujan rata-rata (mm)

R₁, R₂, ... R_n = Tinggi curah hujan di setiap stasiun pengamat

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

3. Metode Isohyet

Metode ini merupakan metode yang paling akurat dalam merata-ratakan hujan pada suatu daerah. Lokasi dan besarnya curah hujan diplot pada petak yang sesuai dan kontur untuk hujan yang sama (isohyet) kemudian digambar berdasarkan data tersebut. Sehingga rumusnya:

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

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 isohyet (km^2)

A_t = Luas total daerah pengaliran sungai
 $(A_1 + A_2 + \dots + A_n)$ (km^2)

2.8.4. Debit Andalan

Dilakukan untuk menyelidiki dan meninjau kemampuan alam diloksi bendung 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 :

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A$$

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 yang curam	0.75 - 0
Daerah pegunungan tersier	0.70 - 0.80
Tanah bergelombang dan hutan	0.50 - 0.75
Tanah dataran yang ditanami	0.45 - 0.60

Persawahan yang diairi	0.70 - 0.80
Sungai di daerah pegunungan	0.75 - 0.80
Sungai kecil di daratan	0.45 - 0.75
Sungai besar yang lebih besar 0.5 daerah pengaliran terdiri dari daratan	0.50 - 0.57

Sumber : Tabel koefisien Limpasan

2.8.5. Evapotranspirasi

Evapotranspirasi adalah gabungan dari peristiwa evaporasi dan transpirasi. Evaporasi 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 :

$$E = (\Delta H + 0,27 E_a) / (\Delta + 0,27)$$

Dimana :

E = energi yang ada untuk penguapan, mm/hari

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

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 Boltzman dalam mm air/hari/°K

σTa^4 = Koefisien bergantung dari temperatur 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 temperatur 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 Perencanaan Bangunan Air

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
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/θ untuk suhu yang berlainan (°C)

T	Δ/θ	T	Δ/θ	T	Δ/θ
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

Keterangan :

$$\gamma = 0.49$$

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)
- 5.

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

Utara	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
0	1.04	0.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04
5	1.02	0.93	1.03	1.02	1.06	1.03	1.06	1.05	1.01	1.03	0.99	1.02
10	1.09	0.91	1.03	1.03	1.08	1.06	1.08	1.07	1.02	1.02	0.98	0.99
15	0.97	0.91	1.03	1.04	1.11	1.08	1.12	1.08	1.02	1.01	0.99	0.97
20	0.95	0.90	1.03	1.05	1.12	1.11	1.14	1.11	1.02	1.00	1.93	0.94

Sumber : Irigasi I, 2004

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

Selatan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
0	1.04	0.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04
5	1.06	0.95	1.04	1.00	1.02	0.99	1.02	1.03	1.00	1.05	1.03	1.06
10	1.08	0.97	1.05	0.99	1.01	0.96	1.00	1.01	1.00	1.06	1.05	1.10
15	1.12	0.98	1.05	0.98	0.98	0.94	0.97	1.00	1.00	1.07	1.07	1.12
20	1.14	1.00	1.05	0.97	0.96	0.91	0.95	0.99	1.00	1.08	1.09	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 Perencanaan Bangunan Air

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 :

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

Dimana :

U = Transpirasi Bulanan (mm)

k = Kt + Kc

$$Kt = 0.0311 t + 0,240$$

t = Suhu rata-rata bulanan (°F)

Kc = 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.

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

Dimana :

E_t = evapotranspirasi potensial bulanan (cm/bulan)

t = suhu udara rata-rata bulanan ($^{\circ}\text{C}$)

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

2.9. 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 varietas 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)

2.9.1. Perkolasi

Perkolasi adalah proses penjenjutan 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.

2.9.2. 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	Varitas	Varitas	Varitas
	Biasa	Unggul	Biasa	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

2.9.3. 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

$$\mathbf{NFR = Etc + P - Re + WLR}$$

2. Kebutuhan air irigasi untuk padi

$$IR = \frac{NFR}{e}$$

Dimana :

Etc = Penggunaan konsumtif (mm)

$$Etc = Kc \cdot Eto$$

Kc = Koefisien tanaman

Eto = Evaporasi potensial (mm/hari)

P = Kehilangan air akibat perkolasi (mm/hari)

Re = Curah hujan efektif (mm/hari)

E = Efisiensi irigasi secara keseluruhan

WLR = Pergantian lapisan air

2.9.4. 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 diperhtungkan 10 %
2. Kehilangan air disalurkan sekunder sebesar 20 % sehingga efisiensi seluruh menjadi :

$$\frac{90.80}{100} \% = 72\% = 0.72$$

2.9.5. 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.

2.10. 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

$$Q = A \cdot v$$

2. Mencari Luas Penampang Saluran (A), m²

$$A = \frac{Q}{v}$$

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

$$A = (b + m \cdot h) h$$

4. Kecepatan design (Vd)

$$Vd = \frac{Q}{Ad}$$

5. Kemiringan Saluran (I)

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

6. Jari-Jari Hidrolis (R)

$$R = \frac{A}{P}$$

Dimana :

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

R = Jari-jari hidrolis

$$= A/P \rightarrow P = b + 2 h$$

A = Luas Penampang basah (m²)

P = Keliling basah (m)

V = Kecepatan aliran (m/det)

Tabel 2.11 Pedoman Menentukan Dimensi Saluran

Debit (m ³ /det)	b:h	Kecepatan air untuk tanah lempung biasa (v) (m/detik)	Serong untuk tanah lempung biasa 1:m	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 m ³ /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	0.70	1:1.5	

7.50 - 9.00	4.5	0.70	1:1.5	
9.00 - 11.00	5	0.70	1:1.5	
11.00 - 15.00	6	0.70	1:1.5	
15.00 - 25.00	8	0.70	1:2	
25.00 - 40.00	10	0.75	1:2	
40.00 - 80.00	12	0.80	1:2	

Sumber : Standar Perencanaan Irigasi Bagian 2, 2002

Tabel 2.12 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 dinding kayu	90

Sumber : Standar Perencanaan Irigasi Bagian 2, 2002

2.10.1 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

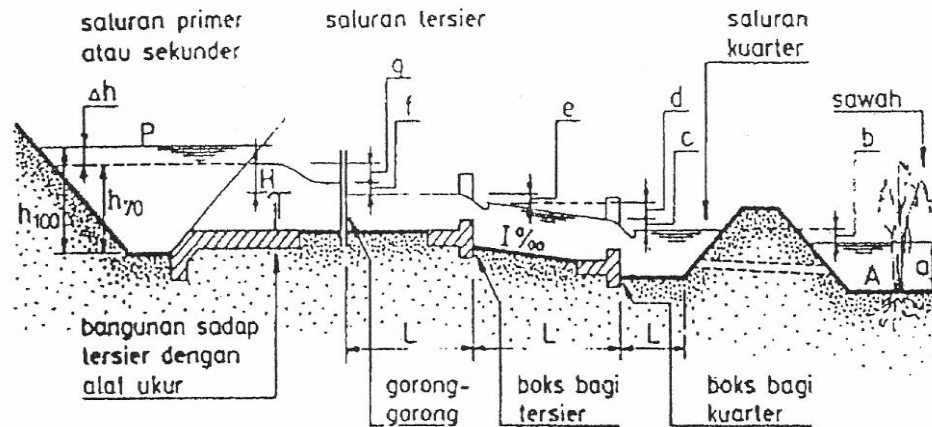
2.11. Menentukan Elevasi Muka Air Dalam Saluran

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 14 Elevasi Muka Air Di Saluran Primer/Sekunder

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

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 (misal jembatan, pelimpah samping, dll). (Irigasi II, 2004)

2.12. Pengelolaan Proyek

2.12.1. 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.

2.12.2. Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Secara umum pengertian Rencana Anggaran Biaya (RAB) Proyek, adalah nilai estimasi biaya yang harus disediakan untuk pelaksanaan sebuah kegiatan proyek. Namun beberapa praktisi mendefinisikannya secara lebih detail, seperti :

1. Menurut Sugeng Djojowiriono, 1984, Rencana Anggaran Biaya (RAB) Proyek merupakan perkiraan biaya yang diperlukan untuk setiap pekerjaan dalam suatu proyek konstruksi sehingga akan diperoleh biaya total yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek.

2. Menurut Ir. A. Soedradjat Sastraatmadja, 1984, dalam bukunya "Analisa Anggaran Pelaksanaan", bahwa Rencana Anggaran Biaya (RAB) dibagi menjadi dua, yaitu rencana anggaran terperinci dan rencana anggaran biaya kasar.

a) Rencana Anggaran Biaya Kasar

Merupakan rencana anggaran biaya sementara dimana pekerjaan dihitung tiap ukuran luas. Pengalaman kerja sangat mempengaruhi penafsiran biaya secara kasar, hasil dari penafsiran ini apabila dibandingkan dengan rencana anggaran yang dihitung secara teliti didapat sedikit selisih.

b) Rencana Anggaran Biaya Terperinci

Dilaksanakan dengan menghitung volume dan harga dari seluruh pekerjaan yang dilaksanakan agar pekerjaan dapat diselesaikan secara memuaskan. Cara

perhitungan pertama adalah dengan harga satuan, dimana semua harga satuan dan volume tiap jenis pekerjaan dihitung. Yang kedua adalah dengan harga seluruhnya, kemudian dikalikan dengan harga serta dijumlahkan seluruhnya. Secara sistematisnya, dapat dilihat pada Gambar 1.2. dalam menghitung anggaran biaya suatu pekerjaan atau proyek.

3. J. A. Mukomoko, dalam bukunya *Dasar Penyusunan Anggaran Biaya Bangunan*, 1987 Rencana Anggaran Biaya (RAB) Proyek adalah perkiraan nilai uang dari suatu kegiatan (proyek) yang telah memperhitungkan gambar-gambar bestek serta rencana kerja, daftar upah, daftar harga bahan, buku analisis, daftar susunan rencana biaya, serta daftar jumlah tiap jenis pekerjaan.

4. John W. Niron dalam bukunya *Pedoman Praktis Anggaran dan Borongan Rencana Anggaran Biaya Bangunan*, 1992, Rencana Anggaran Biaya (RAB) Proyek mempunyai pengertian sebagai berikut :

- a) Rencana : Himpunan planning termasuk detail dan tata cara pelaksanaan pembuatan sebuah bangunan.
- b) Anggaran : Perhitungan biaya berdasarkan gambar bestek (gambar rencana) pada suatu bangunan.
- c) Biaya : Besarnya pengeluaran yang ada hubungannya dengan borongan yang tercantum dalam persyaratan yang ada.

5. Bachtiar Ibrahim dalam bukunya *Rencana dan Estimate Real of Cost*, 1993, yang dimaksud Rencana Anggaran Biaya (RAB) Proyek adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut.

Bagi praktisi konstruksi di Indonesia, istilah Analisa BOW dalam penyusunan **Rencana Anggaran Biaya (RAB) Proyek** bukan merupakan hal asing.

Analisa BOW (Burgerlijke Openbare Werken) yang ditetapkan oleh Dir. BOW pada tanggal 28 Februari 1921 oleh pemerintahan penjajahan Belanda, merupakan standar ketetapan umum yang digunakan untuk mengestimasi nilai sebuah pelaksanaan konstruksi pada waktu itu.

Pada perkembangannya setelah penjajahan Belanda di Indonesia berakhir, analisa BOW menjadi salah satu peninggalan yang mempunyai manfaat bagi para praktisi konstruksi di Indonesia sampai dengan era tahun 1980-an dalam hal menyusun estimasi nilai Rencana Anggaran Biaya (RAB) Proyek.

Namun demikian seiring dengan perkembangan industri konstruksi di Indonesia, Analisa BOW yang menggunakan asumsi-asumsi praktis dalam menentukan harga satuan pekerjaan, di nilai sudah tidak cocok lagi. Jika pada saat dikenalkannya, metode Analis BOW hanya berorientasi pada kegiatan industri konstruksi yang bersifat padat karya dengan peralatan tradisional, maka pada era sekarang disaat pelaksanaan kegiatan industri konstruksi banyak yang menggunakan peralatan berat dan modern dan semakin kompleks, maka kepraktisan analisa BOW akan menghasilkan nilai estimasi Rencana Anggaran Biaya (RAB) Proyek yang kurang memuaskan.

Dalam rangka untuk mengembangkan analisa BOW, maka sejak tahun 1987 sampai 1991, Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman melakukan penelitian terhadap hal itu. Berbagai metode pendekatan melalui pengumpulan data skunder analisa biaya yang digunakan beberapa kontaktor dikumpulkan untuk kemudian dianalisa dan dibandingkan kecocokannya dengan pengamatan langsung terhadap biaya pelaksanaannya. Hasil kegiatan penelitian itu dituangkan dalam sebuah produk analisa harga satuan biaya konstruksi dalam Standar Nasional Indonesia pada tahun 1991. Produk SNI itu kemudian disahkan dalam norma estándar SNI 1991-1992 oleh Badan Standarisasi Nasional, sebagai metode rujukan terbaru dalam penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB) Proyek. Sebagai tindak lanjut dari kegiatan ini maka pada tahun 2002 sampai dengan saat ini, dilakukan kajian lebih mendalam terhadap Analisa Harga Satuan Perkiraan (HSP), agar diperoleh kesempurnaan dengan sasaran pemanfaatan penggunaan metode SNI ini untuk bangunan gedung, perumahan dan jalan.

Sebuah penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB) Proyek mempunyai beberapa kegunaan, antara lain:

1. Sebagai bahan dasar usulan pengajuan proposal agar didupatkannya sejumlah alihan dana bagi sebuah pelaksanaan proyek dari pemerintah pusat ke daerah pada instansi-instansi tertentu.
2. Sebagai standar harga patokan sebuah proyek yang dibuat oleh *stakeholder* dalam bentuk *owner estimate* (OE)
3. Sebagai bahan pembandingan harga bagi *stakeholder* dalam menilai tingkat kewajaran *owner estimate* yang dibuatnya dalam bentuk *engineering estimate* (EE) yang dibuat oleh pihak konsultan.
4. Sebagai rincian item harga penawaran yang dibuat kontraktor dalam menawar pekerjaan proyek.
5. Sebagai dasar penentuan kelayakan ekonomi teknik sebuah investasi proyek sebelum dilaksanakan pembangunannya.

Seperti yang telah disinggung pada bagian diatas, maka jila dirumuskan secara umum Rencana Anggaran Biaya (RAB) Proyek merupakan total penjumlahan dari hasil perkalian antara volume suatu item pekerjaan dengan harga satuannya. Bahasa matematis yang dapat dituliskan adalah sebagai beriku

$$\text{RAB} = \sum [(\text{volume}) \times \text{Harga Satuan Pekerjaan}]$$

Jika merujuk pada sebuah item pekerjaan, maka pada dasarnya untuk melaksanakan sebuah item pekerjaan membutuhkan upah, material, peralatan yang digunakan (sebagai biaya langsung) dan *overhead, profit* dan *tax* (sebagai biaya tidak langsung).

Adapun penjelasan secara rinci mengenai komponen-komponen penyusun dari Rencana Anggaran Biaya (RAB) Proyek adalah sebagai berikut :

1. Komponen biaya langsung (*Direct Cost*)

Biaya langsung atau *direct cost* merupakan seluruh biaya permanen yang melekat pada hasil akhir konstruksi sebuah proyek. Biaya langsung terdiri dari :

a) Biaya bahan/material

Merupakan harga bahan atau material yang digunakan untuk proses pelaksanaan konstruksi, yang sudah memasukan biaya angkutan, biaya loading dan unloading, biaya pengepakan, penyimpanan sementara di gudang, pemeriksaan kualitas dan asuransi.

b) Upah Tenaga Kerja

Biaya yang dibayarkan kepada pekerja/buruh dalam menyelesaikan suatu jenis pekerjaan sesuai dengan keterampilan dan keahliannya.

c) Biaya Peralatan

Biaya yang diperlukan untuk kegiatan sewa, pengangkutan, pemasangan alat, memindahkan, membongkar dan biaya operasi, juga dapat dimasukkan upah dari operator mesin dan pembantunya.

2. Komponen biaya tidak langsung (*Indirect Cost*)

Biaya tidak langsung atau *indirect cost* adalah biaya yang tidak melekat pada hasil akhir konstruksi sebuah proyek tapi merupakan nilai yang dipungut karena proses pelaksanaan konstruksi proyek. Biaya tidak langsung terdiri dari :

a) *Overhead* umum

Overhead umum biasanya tidak dapat segera dimasukkan ke suatu jenis pekerjaan dalam proyek itu, misalnya sewa kantor, peralatan kantor dan alat tulis menulis, air, listrik, telepon, asuransi, pajak, bunga uang, biaya-biaya notaris, biaya perjalanan dan pembelian berbagai macam barang-barang kecil.

a) *Overhead proyek*

Overhead proyek ialah biaya yang dapat dibebankan kepada proyek tetapi tidak dapat dibebankan kepada biaya bahan-bahan, upah tenaga kerja atau biaya alat-alat seperti misalnya; asuransi, telepon yang dipasang di proyek, pembelian tambahan dokumen

kontrak pekerjaan, pengukuran (survey), surat-surat ijin dan lain sebagainya. Jumlah overhead dapat berkisar antara 12 sampai 30 %.

b) *Profit*

Merupakan keuntungan yang didapat oleh pelaksana kegiatan proyek (kontraktor) sebagai nilai imbal jasa dalam proses pengadaan proyek yang sudah dikerjakan. Secara umum keuntungan yang diset oleh kontraktor dalam penawarannya berkisar antara 10 % sampai 12 % atau bahkan lebih, tergantung dari keinginan kontraktor.

c) *Pajak*

Berbagai macam pajak seperti PPN, PPh dan lainnya atas hasil operasi perusahaan.

(<http://iskandarzulkarnainpolinela.blogspot.com>)

2.12.3 Network Planning (NWP)

Suatu kegiatan yang merupakan rangkaian penyelesaian pekerjaan haruslah direncanakan dengan sebaik-baiknya. Sedapat mungkin semua kegiatan atau aktivitas dalam perusahaan dapat diselesaikan dengan efisien. Semua aktivitas tersebut diusahakan untuk dapat selesai dengan cepat sesuai dengan yang diharapkan serta terintegrasi dengan aktivitas yang lainnya.

Dengan adanya *Network*, manajemen dapat menyusun perencanaan penyelesaian proyek dengan waktu dan biaya yang paling efisien. Pada prinsipnya *Network* tersebut digunakan untuk merencanakan penyelesaian berbagai macam pekerjaan/proyek.

Ahyari (1986: 457) menyatakan :

Pada prinsipnya *Network Planning* digunakan untuk merencanakan penyelesaian berbagai macam pekerjaan, dengan menggunakan *Network* sebagai alat perencanaan dapatlah disusun perencanaan yang baik serta dapat diadakan

realokasi tenaga kerja. Adapun keuntungan menggunakan analisis *Network* adalah sebagai berikut :

1. Mengorganisir data dan informasi secara sistematis.
2. Penentuan urutan pekerjaan.
3. Dapat menemukan pekerjaan yang dapat ditunda tanpa menyebabkan terlambatnya penyelesaian proyek secara keseluruhan sehingga dari pekerjaan tersebut dapat dihemat tenaga, waktu dan biaya.
4. Dapat menentukan pekerjaan-pekerjaan yang harus segera diselesaikan tepat pada waktunya, karena penundaan pekerjaan tersebut dapat mengakibatkan tertundanya penyelesaian secara keseluruhan.
5. Dapat segera mengambil keputusan apabila jangka waktu kontrak tidak sama dengan jangka waktu penyelesaian proyek secara normal.
6. Dapat segera menentukan pekerjaan-pekerjaan mana yang harus dikerjakan dengan lembur, atau pekerjaan mana yang harus di sub-kontrak-kan agar penyelesaian proyek secara keseluruhan dapat sesuai dengan permintaan konsumen.

Dari berbagai keuntungan penggunaan *Network* sebagai perencanaan tersebut, maka jelaslah bahwa *Network* sangat membantu manajemen untuk menyusun perencanaan.

Menurut Subagya (2000: 169) “Hubungan antar aktivitas ditunjukkan dengan *network*, yaitu jaringan kerja yang menggunakan simbol lingkaran untuk awal atau akhir aktivitas dan anak panah untuk kegiatan”.

2.12.3.1. CPM

Critical Path Method (CPM) atau Metode Jalur Kritis merupakan model kegiatan proyek yang digambarkan dalam bentuk jaringan. Kegiatan yang digambarkan sebagai titik pada jaringan dan peristiwa yang menandakan awal atau akhir dari kegiatan digambarkan sebagai busur atau garis antara titik.

CPM memberikan manfaat sebagai berikut:

- Memberikan tampilan grafis dari alur kegiatan sebuah proyek,
- Memprediksi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan sebuah proyek,
- Menunjukkan alur kegiatan mana saja yang penting diperhatikan dalam menjaga jadwal penyelesaian proyek.

Critical Path Method / CPM adalah suatu rangkaian item pekerjaan dalam suatu proyek yang menjadi bagian kritis atas terselesainya proyek secara keseluruhan. Ini artinya, tidak terselesaikannya tepat waktu suatu pekerjaan yang masuk dalam pekerjaan kritis akan menyebabkan proyek akan mengalami keterlambatan karena waktu finish proyek akan menjadi mundur atau delay. CPM dibangun atas suatu network yang dihitung dengan cara tertentu dan dapat pula dengan software sehingga menghasilkan suatu rangkaian pekerjaan yang kritis.

Dalam konsep menggunakan milestone dan CPM secara integrated ini secara sederhana bermaksud untuk membuat schedule yang berukuran besar pada proyek besar menjadi schedule yang lebih kecil. Secara logika kita pahami bahwa schedule yang lebih kecil berarti schedule tersebut lebih manageable atau dapat lebih mudah untuk dikelola. Inilah intinya peran konsep ini dalam mengatasi kompleksitas proyek yang besar.

Konsep ini tentu saja dapat dikembangkan sesuai dengan kondisi proyek yang ada dan dapat di trial. Langkah standart dalam pemikiran saya adalah sebagai berikut:

1. Membagi seluruh pekerjaan menjadi beberapa kelompok pekerjaan yang dapat dikatakan sejenis.
2. Menentukan durasi penyelesaian pekerjaan masing-masing milestone.
3. Menentukan keterkaitan-keterkaitan (interdependencies) antara kelompok-kelompok pekerjaan tersebut.
4. Menentukan critical path method atas milestone berdasarkan hubungan saling keterkaitannya
5. Membandingkan durasi total pekerjaan dengan waktu yang dibutuhkan. (<http://adrianade.blogspot.com>)

2.12.4 Barchart dan Kurva S

Barchart adalah merupakan deskripsi grafis atas sekumpulan tugastugas 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. (<http://imuitekniksipil.com>)