

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Irigasi

Irigasi adalah penyediaan, pengambilan, pembagian, pemberian dan pengaliran air menggunakan sistem, saluran dan bangunan tertentu dengan tujuan sebagai penunjang produksi pertanian, persawahan dan perikanan. Istilah irigasi berasal dari bahasa Belanda, yaitu *irrigate* dan dalam bahasa Inggris, yaitu *irrigation* yang artinya pengairan atau penggenangan.

Irigasi adalah upaya pemberian air dalam bentuk lengas (kelembaban) tanah sebanyak keperluan untuk tumbuh dan berkembang bagi tanaman (Najiyati : 1987). Pengertian lain dari irigasi adalah penambahan kekurangan kadar air tanah secara buatan yakni dengan memberikan air secara sistematis pada tanah yang diolah. Kebutuhan air irigasi untuk pertumbuhan tergantung pada banyaknya atau tingkat pemakaian dan efisiensi jaringan irigasi yang ada (Kartasaputra, 1991: 45).

Irigasi merupakan upaya yang dilakukan manusia untuk mengairi lahan pertanian. 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 dengan menggunakan wadah kemudian menuangkan pada tanaman satu per satu. Untuk irigasi dengan model seperti ini di Indonesia biasa 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.

Menurut UU No. 7 Tahun 2004 pasal 41 ayat 1 tentang Sumber Daya Air, irigasi adalah usaha penyediaan, pengaturan, dan pembuangan air untuk menunjang pertanian yang jenisnya meliputi irigasi permukaan, irigasi rawa, irigasi air bawah tanah, irigasi pompa, dan irigasi tambak. Berdasarkan UU No.7

Tahun 2004, irigasi meliputi usaha penyediaan, pengaturan dan pembuangan air dengan tujuan untuk menunjang pertanian.

Berikut adalah beberapa pengertian dan definisi irigasi dari beberapa sumber buku:

- Menurut Kartasapoetra (1994), irigasi merupakan kegiatan penyediaan dan pengaturan air untuk memenuhi kepentingan pertanian dengan memanfaatkan air yang berasal dari air permukaan dan tanah.
- Menurut Suhardjono (1994), irigasi adalah sejumlah air yang pada umumnya diambil dari sungai atau bendung yang dialirkan melalui sistem jaringan irigasi untuk menjaga keseimbangan jumlah air di dalam tanah.
- Menurut Hansen, dkk (1990), irigasi adalah penggunaan air pada tanah untuk keperluan penyediaan cairan yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanam-tanaman.
- Menurut Wirosoedarmo (1986), irigasi merupakan kegiatan-kegiatan yang berhubungan dengan usaha untuk mendapatkan air untuk sawah, ladang, perkebunan, perikanan atau tambak dan sebagainya, yang intinya untuk keperluan usaha tani.
- Menurut Sosrodarsono dan Takeda (1987), irigasi adalah menyalurkan air yang perlu untuk pertumbuhan tanaman ke tanah yang diolah dan mendistribusikannya secara sistematis.

2.2 Tujuan Irigasi

Menurut Standar Perencanaan Irigasi KP-01 irigasi adalah sistem pemberian air ketanah-tanah pertanian guna mencukupi kebutuhan tanaman agar tanaman tersebut tumbuh dengan baik. Adapun tujuan irigasi adalah sebagai berikut:

1. Membasahi tanah

Membasahi tanah dengan menggunakan air irigasi bertujuan memenuhi kekurangan air di daerah pertanian pada saat air hujan kurang atau tidak

ada. Hal ini penting sekali karena kekurangan air yang di perlukan untuk tumbuh dapat mempengaruhi hasil panen tanaman tersebut.

2. Merabuk

Merabuk adalah pemberian air yang tujuannya selain membasahi juga memberi zat-zat yang berguna bagi tanaman itu sendiri.

3. Mengatur suhu

Mngatur suhu tanaman dapat tumbuh dengan baik pada suhu yang tidak terlalu tinggi dan tidak terlalu rendah, sesuai dengan jenis tanamannya.

4. Membersihkan tanah atau memberantas hama.

Maksud irigasi juga bertujuan untuk membasmi hama-hama yang berada dan bersarang dalam tanah dan membahayakan bagi tanaman sehingga pada musim kemarau sebaiknya sawah diberikan air agar sifat garamnya hilang.

5. Kolmatase

Kolmatase adalah pengairan dengan maksud memperbaiki/meninggikan permukaan tanah.

6. Menambah persediaan air tanah,

Bermaksud menambah persediaan air tanah untuk keperluan sehari-hari. Biasanya dilakukan dengan cara menahan air di suatu tempat, sehingga memberikan kesempatan pada air tersebut untuk meresap ke dalam tanah yang pada akhirnya dimanfaatkan oleh yang memerlukan.

Irigasi sangat dibutuhkan untuk pertanian, perkebunan dan lain-lainnya.

Adapun manfaat irigasi adalah sebagai berikut:

1. Menambahkan air ke dalam tanah untuk menyediakan cairan yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman.
2. Untuk menyediakan jaminan panen pada saat musim kemarau pendek.
3. Untuk mendinginkan tanah dan atmosfer, sehingga menimbulkan lingkungan yang baik untuk pertumbuhan tanamam.
4. Untuk mencuci dan mengurangi garam tanah.
5. Untuk mengurangi bahaya erosi tanah.
6. Untuk melunakkan pembajakan dan gumpalan tanah.

2.3 Jenis-jenis Irigasi

Secara lebih rinci, berikut adalah penjelasan dari beberapa di antara jenis jenis irigasi :

2.3.1 Irigasi Permukaan

Irigasi macam ini umumnya dianggap sebagai irigasi paling kuno di Indonesia. Tekniknya adalah dengan mengambil air dari sumbernya, biasanya sungai, menggunakan bangunan berupa bendungan atau pengambilan bebas. Air kemudian disalurkan ke lahan pertanian menggunakan pipa atau selang memanfaatkan daya gravitasi, sehingga tanah yang lebih tinggi akan terlebih dahulu mendapat asupan air. Penyaluran air yang demikian terjadi secara teratur dalam jadwal dan volume yang telah ditentukan.

2.3.2 Irigasi Bawah Permukaan

Seperti namanya, jenis irigasi ini menerapkan sistem pengairan bawah pada lapisan tanah untuk meresapkan air ke dalam tanah di bawah daerah akar menggunakan pipa bawah tanah atau saluran terbuka. Digerakkan oleh gaya kapiler, lengas tanah berpindah menuju daerah akar sehingga dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Dengan demikian, irigasi jenis ini menyasar bagian akar dengan memberinya asupan nutrisi sehingga dapat disalurkan ke bagian lain tumbuhan dan dapat memaksimalkan fungsi akar menopang tumbuhan.

2.3.3 Irigasi dengan Pancaran

Dibanding dua irigasi sebelumnya, irigasi ini terbilang lebih modern karena memang baru dikembangkan belakangan. Caranya adalah dengan menyalurkan air dari sumbernya ke daerah sasaran menggunakan pipa. Di lahan yang menjadi sasaran, ujung pipa disumbat menggunakan tekanan khusus dari alat pencurah sehingga muncul pancaran air layaknya hujan yang pertama kali membasahi bagian atas tumbuhan kemudian bagian bawah dan barulah bagian di dalam tanah.

2.3.4 Irigasi Pompa Air

Irigasi ini menggunakan tenaga mesin untuk mengalirkan berbagai jenis-jenis air dari sumber air, biasanya sumur, ke lahan pertanian menggunakan pipa atau saluran. Jika sumber air yang digunakan dalam jenis ini bisa diandalkan, artinya tidak surut pada musim kemarau, maka kebutuhan air pada musim kemarau bisa di backup dengan jenis irigasi ini.

2.3.5 Irigasi Lokal

Irigasi lokal melakukan kerja distribusi air menggunakan pipanisasi atau pipa yang dipasang di suatu area tertentu sehingga air hanya akan mengalir di area tersebut saja. Seperti halnya jenis irigasi permukaan, irigasi lokal menggunakan prinsip gravitasi sehingga lahan yang lebih tinggi terlebih dahulu mendapat air.

2.3.6 Irigasi dengan Ember atau Timba

Irigasi jenis ini dilakukan dengan tenaga manusia, yakni para petani yang mengairi lahannya dengan menggunakan ember atau timba. Mereka mengangkat air dari sumber air dengan ember atau timba kemudian menyiramnya secara manual pada lahan pertanian yang mereka tanami. Seperti yang bisa dibayangkan, jenis ini kurang efektif karena memakan banyak tenaga serta menghabiskan waktu yang lama. Namun demikian, jenis yang demikian masih menjadi pilihan sebagian petani utamanya petani di pedesaan yang tidak memiliki cukup modal untuk membeli pompa air atau alat irigasi yang lebih efektif.

2.3.7 Irigasi Tetes

Jenis irigasi tetes menjalankan tugas distribusi air ke lahan pertanian menggunakan selang atau pipa yang berlubang dan diatur dengan tekanan tertentu. Dengan pengaturan yang demikian, air akan muncul dari pipa berbentuk tetesan dan langsung pada bagian akar tanaman. Teknik yang demikian dimaksudkan agar air langsung menuju ke akar sehingga tidak perlu membasahi lahan dan mencegah terbuangnya air karena penguapan yang berlebih. Kelebihan irigasi jenis ini di antaranya adalah efisiensi dan penghematan air, menghindari akibat penguapan

dan infiltrasi serta sangat cocok untuk tanaman di masa-masa awal pertumbuhannya karena dapat memaksimalkan fungsi hara bagi tanaman. Selain itu, jenis ini juga mempercepat proses penyesuaian bibit dengan tanah sehingga dapat menyuburkan tanaman dan menunjang keberhasilan proses penanamannya.

2.3.8 Irigasi Rawa

2.3.8.1 Pengertian Rawa

Pengertian Rawa Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 29 tahun 2015 tentang Rawa pasal 1 butir 1 yang merupakan pengganti Peraturan Pemerintah Nomor 73 tahun 2013 tentang Rawa, yang mendasar kepada Undang-Undang nomor 07 tahun 2004 tentang Sumber Daya Air (SDA), namun Undang-Undang tersebut dinyatakan pembatalan keberlakuan oleh Mahkamah Konstitusi pada 18 Februari 2015 karena Undang-Undang tersebut tidak memenuhi enam prinsip dasar pembatasan pengelolaan sumber daya air, memuat sebagai berikut: “Rawa adalah wadah air beserta air dan daya air yang terkandung di dalamnya, tergenang secara terus menerus atau musiman, terbentuk secara alami di lahan yang relatif datar atau cekung dengan endapan mineral atau gambut, dan ditumbuhi vegetasi, yang merupakan suatu ekosistem”. Pengertian rawa berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 11 tahun 2015 tentang Eksploitasi dan Pemeliharaan Jaringan Reklamasi Rawa Pasang Surut pasal 1 butir 1 sebagai berikut: “Rawa adalah lahan genangan air secara alamiah yang terjadi terus menerus atau musiman akibat drainase alamiah yang terhambat serta mempunyai ciri-ciri khusus secara fisik, kimiawi dan biologis”. Selain Peraturan tersebut diatas, Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 16 tahun 2015 tentang Eksploitasi dan Pemeliharaan Jaringan Irigasi Rawa Lebak pasal 1 butir 1 memuat berikut: “Rawa adalah wadah air beserta air dan daya air yang terkandung di dalamnya, tergenang secara terus menerus atau musiman, terbentuk secara alami di lahan yang relatif datar atau cekung dengan endapan mineral atau gambut, dan ditumbuhi vegetasi,

yang merupakan suatu ekosistem”. Peraturan-peraturan di atas memberikan pengertian rawa yang lazim digunakan di Indonesia.

2.3.8.2 Karakteristik Lahan Rawa

Reklamasi rawa secara umum berarti mengubah lahan rawa sedemikian sehingga tercipta suatu lingkungan baru yang cocok untuk maksud reklamasi tersebut. Apabila dalam reklamasi rawa dimaksudkan untuk pengembangan pertanian, maka lingkungan rawa tersebut harus diubah sedemikian sehingga cocok untuk pertanian. Sebelum reklamasi dilaksanakan pada suatu lahan rawa maka hal penting yang perlu diketahui adalah karakteristik dari lahan tersebut. Karakteristik ini dapat memberikan gambaran apakah reklamasi atas lahan rawa tersebut dapat berhasil menyediakan lahan yang cocok untuk tujuan reklamasi dalam arti berhasil secara teknis dan menguntungkan secara ekonomi. Karakteristik lahan rawa yang akan dibahas mengikuti Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 29 tahun 2015 tentang Rawa pasal 4 ayat (1) yaitu rawa pasang surut dan rawa lebak, yang diuraikan oleh penulis dari hasil review materi terhadap sumber pustaka sebagai berikut:

1. Rawa Pasang Surut Wilayah rawa pasang surut air asin/payau terdapat di bagian daratan yang berkesambungan dengan laut, khususnya di muara sungai besar dan pulau-pulau delta di wilayah dekat muara sungai besar. Di bagian pantai, dimana pengaruh pasang surut air asin/laut masih sangat kuat, sering kali disebut sebagai tidal wetlands yakni lahan basah yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Dalam keadaan alamiah, tanah-tanah pada lahan rawa pasang surut merupakan tanah yang jenuh atau tergenang dangkal, sepanjang tahun atau dalam waktu yang lama, beberapa bulan dalam setahun. Dalam klasifikasi Taksonomi Tanah (*Soil Survey Staff, 1999*), tanah rawa termasuk tanah basah atau wetsoils yang dicirikan oleh kondisi berair, yakni saat ini mengalami penjenuhan air dan reduksi secara terusmenerus atau periodik. Proses pembentukan tanah yang dominan adalah pembentukan horison tanah tereduksi berwarna

kelabu kebiruan disebut proses glesasi, dan pembentukan lapisan gambut di permukaan. Zona wilayah rawa pasang surut terdapat dataran lumpur (mud flats) yang dapat terbenam sewaktu pasang dan muncul sebagai dataran lumpur tanpa vegetasi sewaktu air laut. Tanah dalam zona tersebut seluruhnya terbentuk dari endapan marin, yaitu terbentuk dalam lingkungan laut/marin, yang secara khas dicirikan oleh kandungan mineral besi-sulfida berukuran sangat halus yang disebut pirit. Pada bagian dataran bergaram ditumbuhi bakau/mangrove karena pengaruh air laut pasang, tanahnya bersifat salin, mempunyai reaksi alkalis ($\text{pH} > 7,5$), mengandung garam/salinitas tinggi, dan merupakan wilayah tipologi lahan salin. Pada bagian yang dipengaruhi air payau, tanah umumnya bereaksi mendekati netral ($\text{pH} 6,5 - 7,5$) karena pengaruh air tawar dengan kandungan garam lebih rendah, dan merupakan wilayah tipologi lahan agak salin. Pada wilayah rawa belakang yang dipengaruhi air tawar, tanah bereaksi semakin masam, dan terbentuk lapisan gambut di permukaan, yang bersifat lebih memasamkan tanah.

2. Rawa Lebak Lahan rawa lebak merupakan zona yang terletak makin ke arah hulu sungai, yaitu mendekati atau berada pada daerah aliran sungai (DAS) bagian tengah. Pengaruh pasang surut tidak ada, berganti dengan pengaruh sungai yang sangat dominan yaitu berupa banjir besar yang secara periodik menggenangi wilayah selama musim hujan. Banjir tahunan dapat terjadi, sebagai akibat dari volume air sungai yang menjadi sangat besar selama musim hujan, dan tekanan balik dari arus pasang dari bagian muara. Sungai yang tidak mampu menampung semua air, sehingga meluap membanjiri dataran banjir di kiri kanan sungai. Selama musim hujan, rawa lebak selalu digenangi air kemudian secara berangsur-angsur air banjir akan surut sejalan dengan perubahan musim hujan ke musim kemarau tahun berikutnya. Topografi atau bentuk wilayah lahan lebak secara umum hampir datar (flat) dengan lereng 1-2% secara berangsur menurun membentuk cekungan (basin) ke arah wilayah rawa.

2.3.8.3 Penetapan dan Pengelolaan Rawa

Rawa merupakan lahan yang menempati posisi peralihan diantara sistem daratan dan sistem perairan (sungai, danau atau laut) yaitu antara daratan dan laut, atau di daratan sendiri, antara wilayah lahan kering (uplands) dan sungai atau danau, karena menempati posisi peralihan antara sistem perairan dan daratan, maka lahan ini sepanjang tahun, atau dalam waktu yang panjang dalam setahun (beberapa bulan) tergenang dangkal, selalu jenuh air atau mempunyai air tanah dangkal. Dalam kondisi alami, sebelum dibuka untuk lahan pertanian, lahan rawa ditumbuhi berbagai tumbuhan air, baik sejenis rerumputan, vegetasi semak maupun kayu-kayuan atau hutan. Genangan lahan rawa dapat disebabkan oleh pasangnyanya air laut, genangan air hujan, atau luapan air sungai.

2.3.8.4 Pengelolaan Air Irigasi Rawa

Pengelolaan air di daerah rawa merupakan masalah yang sangat penting, dimana untuk mencapai keberhasilan dalam meningkatkan hasil produksi pertanian. Pengelolaan air adalah kegiatan pengaturan muka air dan aliran air di dalam saluran atau di lahan usaha tani. Operasi dan pemeliharaan jaringan rawa merupakan rangkaian kegiatan dalam teknik pengembangan daerah rawa yang pada akhirnya berguna untuk menjaga dan melestarikan serta mengoptimalkan pemanfaatan pelayanan dari jaringan irigasi rawa yang ada. Tujuan operasi dan pemeliharaan jaringan irigasi rawa adalah:

1. Mengusahakan pemanfaatan jaringan irigasi rawa secara optimal.
2. Menjaga kelestarian fungsi jaringan irigasi rawa agar tetap sesuai dengan desain awal.

Menurut Suripin, (2003) pemeliharaan dapat didefinisikan sebagai seni menjaga peralatan, bangunan dan fasilitas lain yang terkait, pada kondisi yang kondusif untuk memberikan pelayanan sesuai dengan yang diharapkan. Pemanfaatan jaringan daerah irigasi rawa secara optimal, juga diperlukan adanya koordinasi antara pihak-pihak yang terkait dalam kegiatan pengelolaan jaringan irigasi rawa terutama petani sebagai pengguna manfaat melalui organisasi P3A. Berdasarkan Peraturan Pemerintah (PP) Republik Indonesia No. 73 Tahun 2013

Bab VI pasal 68 ayat 2, tentang pemberdayaan masyarakat dalam pengelolaan irigasi rawa dilakukan sesuai ketentuan peraturan perundangundangan yang berlaku.

Secara prinsip ada 3 pilar pengelolaan air yang harus tercakup dalam pengembangan Jaringan Irigasi rawa , yaitu:

1. Konservasi rawa
2. Pendayagunaan rawa
3. Pengendalian daya rusak

2.3.8.5 Perencanaan Teknik Jaringan Irigasi Rawa

Perencanaan Sistem Irigasi Rawa idealnya sama dengan perencanaan sistem irigasi permukaan yaitu menyediakan kebutuhan air melalui pengadaan infrastruktur penunjang untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Tata Cara Perencanaan Teknik Jaringan Irigasi Rawa merupakan sebuah system planning yang memuat tahapan menuju perencanaan teknik jaringan irigasi rawa.

Penyusunan Tata Cara Perencanaan Teknik Jaringan Irigasi Rawa selain mendasar kepada regulasi yang berlaku di Indonesia, juga mengacu kepada Standar Perencanaan Irigasi yang diterbitkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Direktorat Irigasi dan Rawa pada tahun 2013.

2.3.8.6 Kriteria Perencanaan Jaringan Irigasi Rawa

Perencanaan Awal Tata Letak Sistem Saluran Secara umum pengembangan jaringan saluran pada daerah rawa dimaksudkan untuk :

1. Tercapainya keseimbangan air antara evapotranspirasi, air hujan, suplesi air yang menggenangi lahan;
2. Tersedianya pasokan air yang mencukupi pada waktu musim kemarau
3. Mengencerkan / menggelontorkan air bermutu jelek (air sulfat masam beracun) leaching.
4. Jika kondisi hidrotopografi lahan memungkinkan direncanakan saluran supply

Selama terjadi hujan lebat, suatu hal yang tidak dapat dihindari adalah bahwa tinggi muka air (tanah) untuk sementara waktu naik keatas tinggi muka air yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman. Namun demikian, tinggi muka air ini akan kembali normal dalam periode waktu tertentu. Tergantung atas jenis tanaman, kriteria ini ditetapkan untuk tanaman sebagai berikut :

1. Tanaman Padi : Curah hujan selama 3 hari maksimum 1 kali dalam 5 tahun, dikurangi dengan kenaikan penampungan lahan sebesar 50 mm, harus dikosongkan dalam waktu 3 hari
2. Tanaman Keras : Curah hujan selama 6 hari maksimum 1 kali dalam 5 tahun harus dikosongkan dalam waktu 6 hari. Selama tiga hari pertama pada umumnya terjadi limpasan permukaan, dan selama tiga hari berikutnya terjadi limpasan air tanah.

Perencanaan sistem jaringan irigasi rawa untuk jaringan baru maupun untuk peningkatan jaringan yang sudah ada meliputi :

1. Perencanaan Awal Tata letak sistem saluran
2. Perencanaan Untuk Tataguna lahan
3. Perencanaan Hidrotopografi Rawa Lebak
4. Fungsi Prasarana Hidrolik
5. Tata Letak dan Jenis Bangunan Pengendali Air Pada Saluran
6. Pengamanan Banjir

2.4 Klasifikasi Jaringan Irigasi

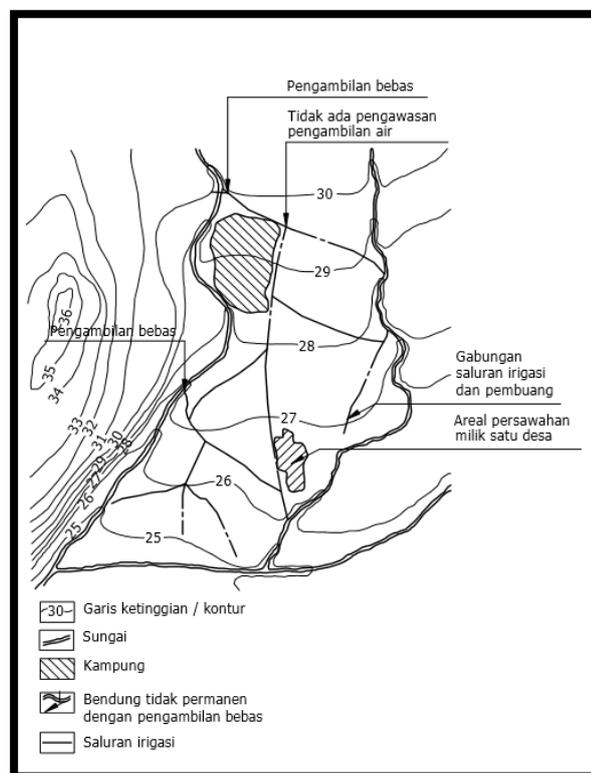
Berdasarkan cara pengaturan, pengukuran aliran air dan lengkapnya fasilitas, jaringan irigasi dapat dibedakan kedalam tiga tingkatan yaitu:

2.4.1. 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 penduduk karena setiap desa membuat jaringan dan pengambilan sendiri-sendiri, karena bangunan pengeleknya bukan bangunan tetap/permanen, maka umumnya mungkin pendek.



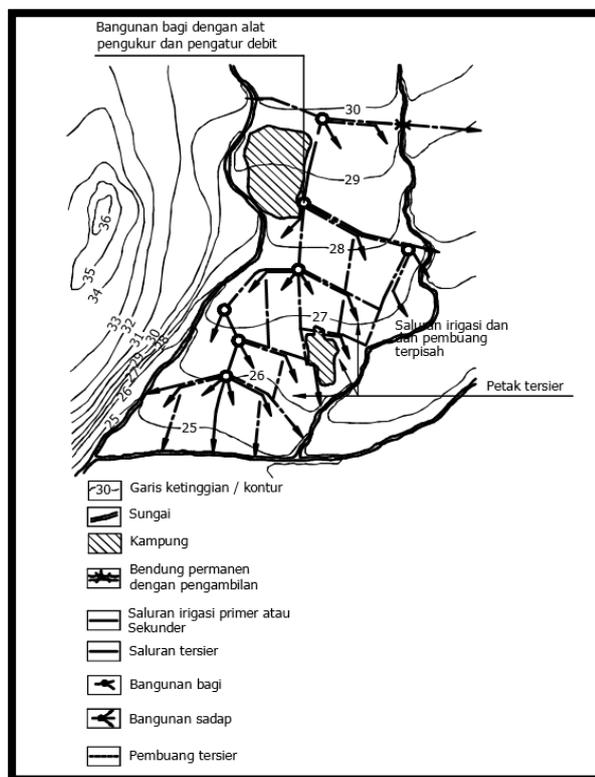
Gambar 2.1 Jaringan Irigasi Sederhana

(Sumber : Kriteria Perencanaan Irigasi KP-01)

2.4.2. 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 pembangian air biasanya serupa dengan jaringan sederhana, mungkin bahwa pengambilan dipakai untuk melayani/mengairi daerah yang lebih luas dari daerah layanan pada jaringan sederhana. Oleh karena itu biayannya ditanggung oleh lebih banyak daerah layanan. Organisasinya akan lebih rumit jika bangunan tepatnya berupa bangunan pengambilan dari sungai, karna diperlukan lbih banyak keterlibatan dari pemerintah, dalam hal ini Departemen Pekerjaan Umum.



Gambar 2.2 Jaringan Semiteknis

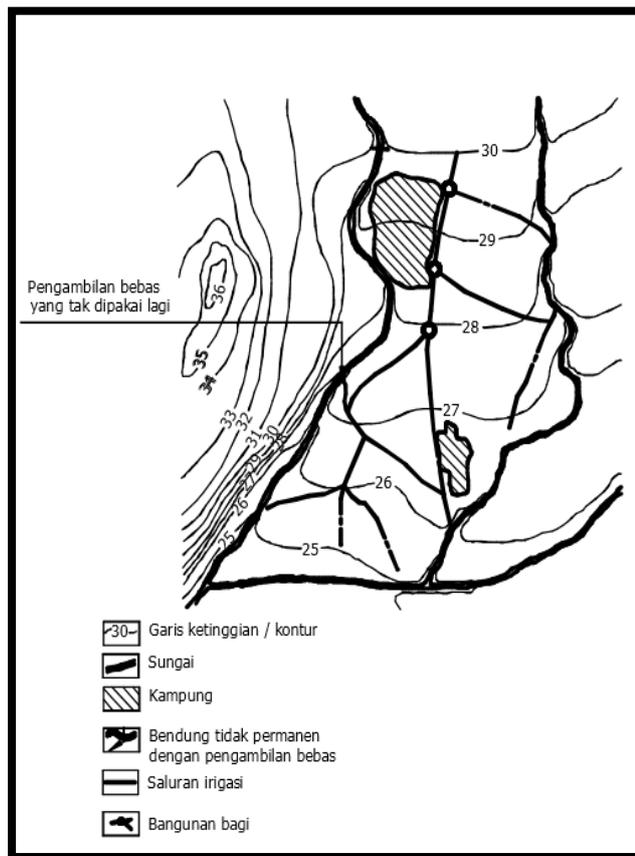
(Sumber : Kriteria Perencanaan Irigasi KP-01)

2.4.3 Jaringan Irigasi Teknis

Salah satu prinsip dalam perencanaan jaringan irigasi teknis adalah pemisahan antara jaringan irigasi dan jaringan pembuang/pematus. Hal ini berarti bahwa baik saluran irigasi maupun pembuang tetap bekerja sesuai

dengan fungsinya masing-masing, dari pangkal hingga ujung. Saluran irigasi mengalirkan air irigasi ke sawah-sawah ke saluran pembuang alamiah yang kemudian akan diteruskan ke laut.

Perlunya batasan petak tersier yang ideal hingga maksimum adaah agar pembagian air disaluran tersier lebih efektif dan efisien hingga mencapai lokasi sawah terjauh.



Gambar 2.3 Jaringan Teknis

(Sumber :Kriteria Perencanaan Irigasi KP-01)

2.5 Petak Irigasi

2.5.1 Petak Tersier

Petak tersier menerima air irigasi yang dialirkan dan diukur pada bangunan sadap (*off take*) tersier. Bangunan sadap tersier mengalirkan airnya ke saluran tersier. Petak tersier yang kelewat besar akan mengakibatkan pembagian air

menjadi tidak efisien. Faktor-faktor penting lainnya adalah jenis tanaman dan topografi. Di daerah-daerah yang ditanami padi luas petak tersier idealnya maksimum 50 ha, tapi dalam keadaan tertentu dapat ditolelir sampai seluas 75 ha, disesuaikan dengan kondisi topografi dan kemudahan eksploitasi dengan tujuan agar pelaksanaan operasi dan pemeliharaan lebih mudah. Petak tersier harus mempunyai batas-batas yang jelas seperti misalnya parit, jalan, batas desa dan batas perubahan bentuk medan (terrain fault).

Petak tersier dibagi menjadi petak-petak kuarter, masing-masing seluas kurang lebih 8 - 15 ha. Apabila keadaan topografi memungkinkan, bentuk petak tersier sebaiknya bujur sangkar atau segi empat untuk mempermudah pengaturan tata letak dan memungkinkan pembagian air secara efisien. Petak tersier harus terletak langsung berbatasan dengan saluran sekunder atau saluran primer. Perkecualian kalau petak-petak tersier tidak secara langsung terletak di sepanjang jaringan saluran irigasi utama yang dengan demikian, memerlukan saluran tersier yang membatasi petak-petak tersier lainnya, hal ini harus dihindari. Panjang saluran tersier sebaiknya kurang dari 1.500 m, tetapi dalam kenyataan kadang-kadang panjang saluran ini mencapai 2.500 m. Panjang saluran kuarter lebih baik dibawah 500 m, tetapi prakteknya kadang-kadang sampai 800 m.

2.5.2 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-tanda topografi yang jelas, seperti misalnya saluran pembuang. Luas petak sekunder bisa berbeda-beda, tergantung pada situasi daerah.

Saluran sekunder sering terletak di punggung medan mengairi kedua sisi saluran hingga saluran pembuang yang membatasinya. Saluran sekunder boleh juga direncana sebagai saluran garis tinggi yang mengairi lereng-lereng medan yang lebih rendah saja.

2.5.3 Petak Primer

Petak primer terdiri dari beberapa petak sekunder, yang mengambil air langsung dari saluran primer. Petak primer dilayani oleh satu saluran primer yang mengambil airnya langsung dari sumber air, biasanya sungai. Proyek-proyek irigasi tertentu mempunyai dua saluran primer. Ini menghasilkan dua petak primer.

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.

2.6 Bangunan Irigasi

Bangunan irigasi digunakan untuk keperluan dalam menunjang pengambilan dan pengaturan air irigasi, sehingga air dapat mengalir dengan baik ke areal persawahan.

2.6.1 Bangunan Utama

Bangunan utama dapat didefinisikan sebagai kompleks bangunan yang direncanakan di sepanjang sungai atau aliran air untuk membelokkan air ke dalam jaringan saluran agar dapat dipakai untuk keperluan irigasi. Bangunan utama bisa mengurangi kandungan sedimen yang berlebihan serta mengukur banyaknya air yang masuk. Bangunan terdiri dari bangunan-bangunan pengelak dengan peredam energi, satu atau dua pengambilan utama, pintu bilas, kolam olak, dan kantong lumpur, tanggul banjir pekerjaan sungai dan bangunan-bangunan pelengkap.

Bangunan utama dapat diklasifikasi ke dalam sejumlah kategori, bergantung kepada perencanaannya. Berikut ini akan dijelaskan beberapa kategori, antara lain:

1. Bendung atau bendung gerak

Bendung (*weir*) atau bendung gerak (*barrage*) dipakai untuk meninggikan muka air di sungai sampai pada ketinggian yang diperlukan agar air dapat dialirkan ke saluran irigasi dan petak tersier. Ketinggian itu

akan menentukan luas daerah yang di airi (*command area*). Bendung gerak adalah bangunan yang dilengkapi pintu yang dapat dibuka untuk mengalirkan air pada waktu terjadi banjir besar dan ditutup apabila air kecil. Di Indonesia, bendung adalah bangunan yang paling umum dipakai untuk membelokkan air sungai untuk keperluan irigasi.

2. Pengambilan bebas

Pengambilan bebas adalah bangunan yang dibuat ditepi sungai yang mengalirkan air sungai ke dalam jaringan irigasi tanpa mengatur tinggi muka air sungai. Dalam keadaan demikian, jelas bahwa muka air disungai harus lebih tinggi dari daerah yang diairi dan jumlah air yang dibelokkan harus dapat dijamin cukup.

3. Pengambilan dari waduk

Waduk (*reservoir*) digunakan untuk menampung air irigasi pada waktu terjadi surplus air disungai agar dapat dipakai sewaktu-waktu terjadi kekurangan air. Jadi, fungsi utama waduk adalah untuk mengatur aliran sungai. Waduk yang berukuran besar sering mempunyai banyak fungsi seperti untuk keperluan irigasi, tenaga air pembangkit listrik, pengendali banjir, perikanan dan sebagainya. Waduk yang berukuran kecil dipakai untuk irigasi saja.

4. Stasiun pompa

Irigasi dengan pompa bisa dipertimbangkan apabila pengambilan secara gravitasi ternyata tidak layak dilihat dari segi teknis maupun ekonomis. Pada mulanya irigasi pompa hanya memerlukan modal kecil, tetapi biaya eksploitasnya mahal.

2.6.2 Bangunan Pembawa

Bangunan pembawa mempunyai fungsi membawa / mengalirkan air dari sumbernya menuju petak irigasi. Bangunan pembawa meliputi saluran primer, saluran sekunder, saluran tersier dan saluran kwarter. Termasuk dalam bangunan pembawa adalah talang, gorong-gorong, siphon, dan got miring. Saluran primer biasanya dinamakan sesuai dengan daerah irigasi yang dilayaninya.

a. Talang

Talang dipakai untuk mengalirkan air irigasi lewat di atas saluran lainnya, saluran pembuang ilmiah atau cekungan dan lembah-lembah. Aliran di dalam talang adalah aliran bebas. Talang dapat terbuat dari pasangan, beton, baja atau kayu.

b. Gorong-gorong

Bangunan yang digunakan untuk membawa aliran air (saluran irigasi atau pembuang) melewati bawah jalan air lainnya (biasanya saluran), di bawah jalan, atau jalan kereta api.

c. Siphon

Untuk mengalirkan air irigasi dengan menggunakan gravitasi di bawah saluran pembuang, cekungan, anak sungai atau sungai. Siphon juga dipakai untuk melewati air di bawah jalan, jalan kereta api, atau bangunan-bangunan yang lain.

d. Got miring

Di buat apabila trase saluran melewati ruas medan dengan kemiringan yang tajam dengan jumlah perbedaan tinggi energi yang besar. Got miring berupa potongan saluran yang diberi pasangan (*lining*) dengan aliran superkritis, dan umumnya mengikuti kemiringan medan alamiah.

Sedangkan saluran sekunder sering dinamakan sesuai dengan nama desa yang terletak pada petak sekunder tersebut. Berikut ini penjelasan berbagai saluran yang ada dalam suatu sistem irigasi.

1. Saluran primer membawa air dari bangunan sadap menuju saluran sekunder dan ke petak-petak tersier yang diairi. Batas ujung saluran primer adalah pada bangunan bagi yang terakhir.
2. Saluran sekunder membawa air dari bangunan yang menyadap dari saluran primer menuju petak-petak tersier yang dilayani oleh saluran sekunder tersebut. Batas akhir dari saluran sekunder adalah bangunan sadap terakhir.
3. Saluran tersier membawa air dari bangunan yang menyadap dari saluran sekunder menuju petak-petak kuarter yang dilayani oleh saluran sekunder

tersebut. batas akhir dari saluran sekunder adalah bangunan boks tersier terakhir.

4. Saluran kuarter membawa air dari bangunan yang menyadap dari boks tersier menuju petak-petak sawah yang dilayani oleh saluran sekunder tersebut. Batas akhir dari saluran sekunder adalah bangunan boks kuarter terakhir.

2.6.3 Bangunan Terjun

Bangunan terjun atau got miring diperlukan jika kemiringan permukaan tanah lebih curam daripada kemiringan maksimum saluran yang diizinkan. Bangunan semacam ini mempunyai empat bagian fungsional, masing- masing memiliki sifat-sifat perencanaan yang khas.

1. Bagian hulu pengontrol, yaitu bagian di mana aliran menjadi superkritis
2. Bagian di mana air dialirkan ke elevasi yang lebih rendah
3. Bagian tepat di sebelah hilir, yaitu tempat di mana energi diredam
4. Bagian peralihan saluran memerlukan lindungan untuk mencegah erosi

2.6.4 Bangunan Bagi Dan Sadap

1. Bangunan bagi terletak disaluran primer dan sekunder pada suatu titik cabang dan berfungsi untuk membagi aliran antara dua saluran atau lebih.
2. Bangunan sadap tersier mengalirkan air dari saluran primer atau sekunder ke saluran tersier penerima
3. Bangunan bagi dan sadap digabungkan menjadi satu rangkaian bangunan
4. Boks-boks bagi disaluran tersier membagi aliran untuk dua saluran atau lebih (tersier, subtersier, kuarter).

2.6.5 Bangunan Pengatur Dan Pengukur

Agar pemberian air irigasi sesuai dengan yang direncanakan, perlu dilakukan pengaturan dan pengukuran aliran di bangunan sadap (awal saluran primer), cabang saluran jaringan primer serta bangunan sadap primer dan sekunder. Bangunan pengatur muka air dimaksudkan untuk dapat mengatur muka

air sampai batas-batas yang diperlukan untuk dapat memberikan debit yang konstan dan sesuai dengan yang dibutuhkan. Sedangkan bangunan pengukur dimaksudkan untuk dapat memberi informasi mengenai besar aliran yang dialirkan. Kadangkala, bangunan pengukur dapat juga berfungsi sebagai bangunan pengatur. Peralatan ukur dapat dibedakan menjadi alat ukur aliran-atas bebas (*free overflow*) dan alat ukur aliran bawah (*underflow*). Beberapa dari alat pengukur dapat juga dipakai untuk mengatur aliran air. Parameter dalam menentukan pemilihan alat ukur debit adalah sebagai berikut :

1. Kecocokan bangunan untuk keperluan pengukuran debit
2. Ketelitian pengukuran di lapangan
3. Bangunan yang kokoh, sederhana dan ekonomis
4. Rumus debit sederhana dan teliti
5. Eksploitasi dan pembacaan mudah
6. Pemeliharaan mudah dan murah
7. Cocok dengan kondisi setempat dan dapat diterima oleh para petani

Tabel 2.1 Beberapa Jenis Alat Ukur Debit

No	Tipe Alat Ukur	Mengukur dengan Aliran	Kemampuan Mengatur
1	Ambang Lebar	Atas	Tidak
2	Parshall	Atas	Tidak
3	Cipoletti	Atas	Tidak
4	Romijin	Atas	Ya
5	Crump de Gruyter	Bawah	Ya
6	Pipa Sederhana	Bawah	Ya
7	Constant- Head Orifice	Bawah	Ya

(Standar Perencanaan Irigasi KP-01, Dept. PU Dirjen Pengairan, 1986)

Peralatan diatas dianjurkan pemakaiannya :

1. Di hulu saluran primer, untuk aliran besar alat ambang lebar dipakai untuk pengukuran dan pintu sorong atau radial untuk mengaturnya.

2. Di bangunan bagi/bangunan sadap sekunder, pintu Romijn dan pintu *Crump de Gruyter* dipakai untuk mengukur dan mengatur airan. Bila debit besar, maka alat ukur ambang lebar dengan pintu sorong atau radial bias dipakai seperti saluran primer.
3. Bangunan sadap tersier, untuk mengatur dan mengukur aliran dipakai alat ukur Romijn atau jika fluktuasi di saluran besar dapat dipakai alat ukur *Crump de Gruyter*. Di petak-petak tersier kecil di sepanjang saluran primer dengan tinggi muka air yang bervariasi, dapat dipertimbangkan untuk memakai bangunan sadap pipa sederhana.

2.6.6 Bangunan Pembuang dan Penguras

Gorong-gorong adalah bangunan pembuang silang yang paling umum digunakan sebagai lindungan-luar. Siphon dipakai jika saluran irigasi kecil melintas saluran pembuang yang besar. Dalam hal ini, biasanya lebih aman dan ekonomis untuk membawa air irigasi dengan siphon lewat dibawah saluran pembuang tersebut. Bangunan penguras, biasanya dengan pintu yang dioperasikan dengan tangan, dipakai untuk mengosongkan seluruh ruas saluran bila diperlukan. Untuk mengurangi tingginya biaya, bangunan ini dapat digabung dengan bangunan pelimpah.

2.6.7 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.

2.7 Analisis Hidrologi

2.7.1 Melengkapi Curah Hujan Yang Hilang

Dalam prakteknya dalam menyusun daftar curah hujan terdapat data yang tidak tertulis atau hilang dikarenakan beberapa kemungkinan antara lain kerusakan alat penakar curah hujan dan kelalaian petugas yang mencatatnya.

Adapun cara melengkapinya yaitu :

1. Standar deviasi < 10 %, dapat diambil dari rata-rata data pada bulan dan tahun yang sama pada stasiun yang mengelilinginya.

$$r = \frac{1}{n-1}(ra+rb+rc+\dots+rn) \dots\dots\dots(2.1)$$

2. Standar deviasi > 10 %, dapat dihitung berdasarkan perbandingan biasa :

$$r = \frac{1}{n-1} \left(\frac{R}{Ra.ra} + \frac{R}{Rb.rb} + \frac{R}{Rc.rc} + \dots + \frac{R}{Rn.rn} \right) \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

R = Curah hujan rata-rata setahun ditempat pengamatan

r = Data curah hujan yang hilang atau akan dicari

ra,rb,rc = Curah hujan di tempat pengamatan Ra,Rb,Rc (pada bulan yang sama)

Ra,Rb,Rc = Curah hujan rata-rata selama tahun pengamatan di STA A,B,dan C

n = jumlah seluruh stasiun pengamat yang dipakai

2.7.2 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 :

$$n/5+1=m.....(2.3)$$

Dimana :

n = jumlah tahun pengamatan

m = urutan CH efektif dari yang terendah

(Sumber : Hidrologi untuk pengairan Ir. Suyono Sosrodarsono, 2003)

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 :

$$R = \frac{1}{R} (R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n).....(2.4)$$

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 :

$$R = \frac{(R_1.A_1 + R_2.A_2 + R_3.A_3 + \dots + R_n.A_n)}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n}.....(2.5)$$

Dimana :

R = Tinggi curah hujan rata-rata (mm)

R1,R2,R3 = Tinggi curh hujan di setiap stasiun pengamat (mm)

A1,A2,...,An = Luas daerah yang dibatasi polygon (km²)

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:

$$R = \frac{A1(R1+R2)}{2At} + \frac{A2(R2+R3)}{2At} + \dots + \frac{An(Rn+Rn)}{2At} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

R = Tinggi curah hujan rata-rata (mm)

R1,R2,Rn = Tinggi curah hujan pada luas setiap daerah (mm)

A1,A2,An = Luas yang dibatasi garis isohyet (km²)

At = Luas total daerah pengaliran sungai (A1+A2+...+An) (km²)

2.7.3 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

$$Q = 0,278.C.I.A \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

Q = Debit, m³/det

C = Koefisien aliran

I = Intensitas curah hujan bulanan rata-rata, mm/jam

A = Luas daerah pengaliran sungai (km²)

(Sumber : Lily Montarcih,2010)

Tabel 2.2 Koefisien Pengaliran

Kondisi Daerah Pengaliran dan Sungai	Koefisien Pengaliran
Daerah pegunungan yang curam	0,75 – 0,90
Daerah pegunungan tersier	0,70 – 0,80
Tanah bergelombang dan hutan	0,50 – 0,75
Tanah dataran yang ditanami	0,45 – 0,60
Persawahan yang diari	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 pngaliran terdiri dari daratan	0,50 – 0,57

(Sumber : Hidrologi untuk Pengaliran, Ir. Suyono Sosrodarsono, 2003)

2.7.4 Evapotranspirasi

Evapotranspirasi adalah gabungan dari peristiwa evaporasi dan transpirasi. Evaporasi adalah peristiwa berubahnya air menjadi uap dan bergerak dari permukaan tanah dan permukaan air ke udara. Sedangkan transpirasi adalah peristiwa penguapan dari tanaman. Jadi, evapotranspirasi adalah peristiwa naiknya air dalam tanah ke udara melalui tumbuh-tumbuhan. (Lily Montarcih, 2010)

Untuk menghitung besarnya evapotranspirasi terdapat beberapa metode, yaitu:

1. Metode Penman

Dalam penyelesaiannya metode Penman dengan menggunakan persamaan :

$$E = \frac{(H+0,27Ea)}{(H+0,27)} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana :

E = energi yang ada untuk penguapan, mm/hari

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

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

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

n/N = Presentase 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

E_a = Evaporasi dalam mm/hari

e_a = Tekanan uap udara pada temperatur udara rata-rata dalam mmHg

Tabel 2.3 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

Tabel 2.4 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 : Hidrologi Perencanaan Bangunan Air, 1980)

Tabel 2.5 Nilai Δ/γ untuk suhu yang berlainan (°C)

T	Δ/γ	T	Δ/γ	T	Δ/γ
10	1,23	20	2,14	30	3,57
11	1,3	21	2,26	41	3,75
12	1,38	22	2,38	42	3,93
13	1,46	23	2,51	43	4,12
14	1,55	24	2,63	44	4,32
15	1,64	25	2,78	45	4,53
16	1,73	26	2,92	46	4,75
17	1,82	27	3,08	47	4,97
18	1,93	28	3,23	48	5,20
19	2,03	29	3,40	49	5,45
20	2,14	30	3,57	50	5,70

 $\gamma = 0.49$ (t dalam °C dan e dalam mm Hg)

(Sumber : Hidrologi Perencanaan Bangunan Air, 1980)

Tabel 2.6 Nilai $\beta = \Delta/\gamma$ fungsi temperatur

Temperatur T (°C)	$\beta = \Delta/\gamma$
0	0,68
5	0,93
10	1,25
15	1,66
20	2,19
25	2,86
30	3,09
35	4,73

(Sumber : Bambang Triadmojo, 2008)

Keterangan : $\gamma = 0.49$

Tabel 2.7 Tekanan Uap Jenuh e dalam mmHg

Temp (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	13.20	13.28	13.37	13.45	13.54
16	13.63	13.71	13.80	13.90	13.99	14.08	14.17	14.26	14.35	14.44
17	14.53	14.62	14.71	14.80	14.90	14.99	15.09	15.17	15.27	15.38
18	15.46	15.56	15.66	15.76	15.86	16.96	16.09	16.16	16.26	16.36
19	16.46	16.57	16.68	16.79	16.90	17.00	17.10	17.21	17.32	17.43
20	17.53	17.64	17.75	17.86	17.97	18.08	18.20	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	24.46	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	31.10	31.28	31.46	31.64

(Sumber: Hidrologi Teknik, C.D Soemarto, 1995 Erlangga Jakarta)

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 2.8 Faktor Koreksi Penyinaran / N (lamanya matahari bersinar)

Sebelah Utara

Utara	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sept	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 : Bambang Triatmodjo,2008)

Tabel 2.9 Faktor Koreksi Penyinaran / N (lamanya matahari bersinar)

Sebelah Selatan

Selatan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sept	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	1.06	1.05	1.01	1.03	1.03	1.06
10	1.08	0.97	1.05	0.99	1.01	0.96	1.08	1.07	1.02	1.02	1.05	1.10
15	1.12	0.98	1.05	0.98	0.98	0.94	1.12	1.08	1.02	1.01	1.07	1.12
20	1.14	1.00	1.05	0.97	0.96	0.91	1.14	1.11	1.02	1.00	1.09	1.15

(Sumber : Bambang Triatmodjo,2008)

Tabel 2.10 Kecepatan Angin

m/det	Knot	Km/jam	Ft/sec	Mil/hr
1	1,944	3,6	32,81	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
0,445	0,869	1,609	1,467	1

(Sumber : Hidrologi Perencanaan Bangunan Air, 1980)

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

2.7.5 Pola Tanam

Pola tanam adalah bentuk-bentuk jadwal tanam secara umum yang menyatakan kapan mulai tanam padi, palawija, tebu dan sebagainya. Untuk mendapatkan polat tanam dari beberapa pola tanam yang diperkirakan ada beberapa aspek yang harus kita perhatikan antara lain :

1. Curah hujan efektif bulanan rata-rata
2. Perkolasi tanah daerah itu
3. Kebutuhan air irigasi
4. Koefisien tanaman

Karakter tanaman dalam masa tumbuhnya dari bulan ke bulan tidak sama sehingga menyebabkan nilai besaran evapotranspirasinya berbeda. Oleh karena itu, dalam pemakaian air konsumtif bulanan atau tengah bulanan akan ada perubahan nilai karena koefisien bulanannya tidak sama (tergantung pada pertumbuhannya).

Tabel 2.11 Koefisien Tanaman Padi

Periode tengah bulan	Padi		Kedelai	
	Varietas Biasa	Varietas Unggul	Varietas Biasa	Varietas Unggul
1	1,20	1,20	1,10	1,10
2	1,20	1,27	1,10	1,10

3	1,32	1,33	1,10	1,05
4	1,40	1,30	1,10	1,05
5	1,35	1,30	1,10	0,95
6	1,24	0	1,05	0
7	1,12	-	0,95	-
8	0	-	0	-

(Sumber: Standar Perencanaan Irigasi, Direktorat Jendral Pengairan PU)

2.7.6 Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan air irigasi sebagian besar dicukupi dari air permukaan. Kebutuhan air irigasi dipengaruhi berbagai faktor seperti klimatologi, kondisi tanah, koefisien tanaman, pola tanam, pasokan air yang diberikan, luas daerah irigasi, efisiensi irigasi, penggunaan kembali air drainase untuk irigasi, sistem golongan, jadwal tanam dan lain-lain. Berbagai kondisi lapangan yang berhubungan dengan kebutuhan air untuk pertanian bervariasi terhadap waktu dan ruang seperti dinyatakan dalam faktor-faktor berikut ini :

1. Jenis dan varitas tanaman yang ditanam petani
2. Variasi koefisien tanaman, tergantung pada jenis dan tahap pertumbuhan dari tanaman.
3. Kapan dimulainya persiapan pengolahan lahan (golongan).
4. Jadwal tanam yang dipakai oleh petani, termasuk di dalamnya pasok air sehubungan dengan persiapan lahan, pembibitan dan pemupukan.
5. Status sistem irigasi dan efisiensi irigasinya.
6. Jenis tanah dan faktor agro-klimatologi.

Kebutuhan air irigasi dapat dihitung dengan persamaan :

$$KAI = \frac{Etc + IR + WLR + P - Re}{IE} \times A \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana :

KAI = Kebutuhan air irigasi (l/dt)

Etc = kebutuhan air konsumtif (mm/hari)

IR = Kebutuhan air irigasi ditingkat persawahan (mm/hari)

- WLR = Kebutuhan air untuk mengganti lapisan air (mm/hari)
 P = Perkolasi (mm/hari)
 Re = Hujan efektif (mm/hari)
 IE = Efisiensi irigasi (mm/hari)

2.7.7 Perkolasi

Perkolasi adalah pergerakan air ke sawah tanah dari zona tidak jenuh (permukaan tanah) ke zona jenuh (permukaan air tanah). Lanjutan sangat tergantung pada sifat tanah dan karakteristik pengolahannya. Air untuk perkolasi diberikan selama masa pertumbuhan tanaman. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi perkolasi diantaranya :

Permibilitas tanah

1. Kondisi topografi
2. Jenis tanah
3. Jenis tanaman

Dari hasil-hasil penyelidikan tanah pertanian, besarnya laju perkolasi serta tingkat kecocokan tanah untuk pengolahan tanah dapat ditetapkan dan dianjurkan pemakaiannya. Guna menentukan laju perkolasi, tinggi muka air tanah diperhitungkan perembesan terjadi akibat meresapnya air melalui tanggul sawah.

Tabel 2.12 Perkolasi Harian untuk Padi

Bulan Ke	Aktifitas	Perkolasi
1	Pembibitan	0
2	Pengolahan Penanaman	6
3	Pemeliharaan	6
4	Pemeliharaan	5
5	Panen	4

(Sumber: Standar Perencanaan Irigasi KP-01, 1986)

Tabel 2.13 Perkolasi Bulanan

Perkolasi	28 hari	30 hari	31 hari
0	0	0	0
6	168	180	186
5	140	150	155
4	112	120	124
2	0	0	0
0	0	0	0

(Sumber: Standar Perencanaan Irigasi KP-01, 1986)

2.7.8 Dimensi Saluran

Setelah debit air masing-masing diketahui maka 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.

Untuk menentukan dimensi saluran primer terlebih dahulu harus diketahui elevasi saluran primer, di mana elevasi air di saluran primer ditentukan sebagai berikut :

1. Elevasi sawah terjauh dan tertinggi yang akan diairi.
2. Tinggi genangan air di sawah.
3. Jumlah kehilangan energi:
 - a. Dari saluran tersier ke sawah.
 - b. Dari saluran sekunder ke tersier.
 - c. Dari saluran primer ke sekunder.
 - d. Akibat kemiringan saluran.
 - e. Kehilangan energi di saluran pengambilan atau sadap.

Adapun langkah-langkah menentukan dimensi saluran irigasi rawa, yaitu:

1. Menentukan debit air sawah (Q), m³/det
2. Menentukan kebutuhan air akibat pasang surut

3. Menentukan luas penampang saluran (A),
4. Menentukan tinggi (h) dan lebar dasar saluran $A = (b + m \cdot h) \cdot h$
5. Kecepatan design (Vd)

$$Vd = Q/Ad$$

6. Menentukan keliling basah $O = bd + 2 \cdot hd \sqrt{1 + m^2}$

7. Jari-jari hidrolis $R = A/P$

8. Kemiringan saluran (I)

$$V = K \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

Dimana :

K = Koefisien saluran

A = Luas area

a = Kebutuhan air pada sumbernya

A = Luas penampang saluran (m^2)

P = Keliling basah (m)

V = Kecepatan aliran (m/det)

Vd = Kecepatan design

m = Serong talud untuk tanah lempung biasa

I = Kemiringan saluran

R = Jari-jari hidrolis (m)

O = Keliling basah

b = Lebar dasar saluran

Tabel 2.14 Pedoman Menentukan Dimensi Saluran Irigasi

Debit (Q) (m^3/det)	b: h	Kec. Air (V) untuk tanah lempung biasa (m/det)	Serong talud untuk tanah lempung biasa 1: m	Keterangan
0.00 – 0.05	-	Min 0.25	1:1	
0.05 – 0.15	1	0.25 – 0.30	1:1	
0.15 – 0.30	1	0.30 – 0.35	1:1	

0.30 – 0.40	15	0.35 – 0.40	1:1	Min
0.40 – 0.50	15	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	
1.50 – 3.00	2.5	0.55 – 0.60	1:15	
3.00 – 4.50	3	0.60 – 0.65	1:15	
4.50 – 6.00	3.5	0.65 – 0.70	1:15	
6.00 – 7.50	4	0.70	1:15	
7.50 – 9.00	4.5	0.70	1:15	
9.00 – 1.00	5	0.70	1:15	
11.00 -15.00	6	0.70	1:15	
15.00 – 25.00	8	0.70	1:2	

(Sumber : Kriteria Perencanaan Irigasi KP-03, 1986)

Tabel 2.15 Koefisien Kekasaran Saluran

Uraian	Keofisien 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 1986)

Tabel 2.16 Harga-harga kekasaran koefisien Strickler (S) untuk saluran irigasi tanah

Debit rencana (m ³ /det)	K (Strickler)
$Q > 10$	45
$5 < Q < 10$	42,5
$1 < Q < 5$	40
$Q < 1$ dan saluran tersier	35

(Sumber: Kriteria Perencanaan Irigasi KP-03, 1986)

Tabel 2.17 Harga-Harga Jagaan untuk Irigasi

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	1 - 2	0.4	1.50	5.50
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	0.60	1.50 – 2.0	5.50
	2 – 3	3.0 – 3.5	0.60	1.50 – 2.0	5.50
	3 - 4	3.5 – 4.0	0.60	1.50 – 2.0	5.50
	4 – 5	4.0 – 4.5	0.60	1.50 – 2.0	5.50
	5 – 10	4.5 – 5.0	0.60	2.0	5.50
	10 - 25	6.0 – 7.0	0.75 – 1.0	2.0	5.0

(Sumber: Kriteria Perencanaan Irigasi KP-03, 1986)

2.7.9 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 2.18 Tinggi 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	1.50	4,5
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	0.60	1.50 – 2.0	5.50
	2 – 3	3.0 – 3.5	0.60	1.50 – 2.0	5.50
	3 - 4	3.5 – 4.0	0.60	1.50 – 2.0	5.50
	4 – 5	4.0 – 4.5	0.60	1.50 – 2.0	5.50
	5 – 10	4.5 – 5.0	0.60	2.0	5.50
	10 - 25	6.0 – 7.0	0.75 – 1.0	2.0	5.0

(Sumber : Direktorat Jenderal Pengairan, Departemen Pekerjaan Umum, 1986)

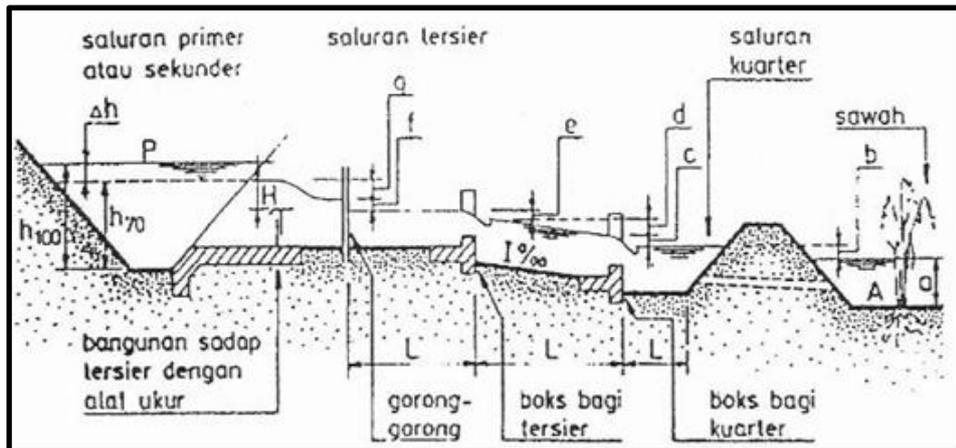
2.7.10 Elevasi Muka Air

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 asli sekitarnya, hal ini dilakukan supaya dapat mempersulit pencurian air atau penyadapan liar.
2. Mengupayakan pekerjaan galian dan timbunan seimbang, agar biaya pelaksanaan bisa 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 2.4 Elevasi Muka Air Di Saluran Primer/Sekunder

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, 2010)

$$P = A + a + b + c + d + e + f + g + \Delta h + Z \dots \dots \dots (2.10)$$

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 = 5cm/bangunan
- g = Kehilangan tinggi energi di bangunan sadap
- Δh = Variasi tinggi muka air 0,18 h (kedalaman rencana)
- Z = Kehilangan energi dibangunan-bangunan lain (missal jembatan, pelimpah samping, dan lain-lain).

2.8 Pintu Otomatis

2.8.1 Umum

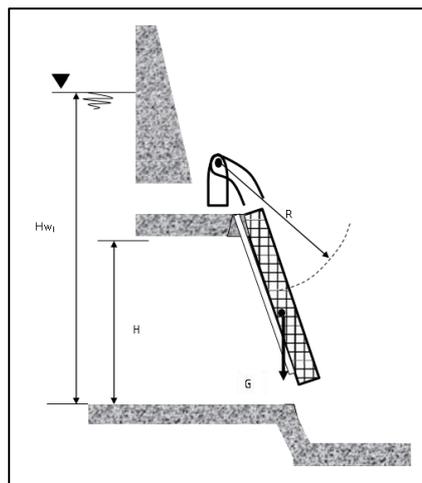
Pintu otomatis dibuat seperti yang ditunjukkan dalam gambar, untuk dipasang pada bangunan pengatur elevasi atau pada saluran pembuangan akhir. Pintu otomatis ditinjau dari faktor lokasi pemasangan ada dua tipe yaitu:

1. Tipe klep seimbang, yang umumnya dipasang pada saluran gorong-gorong.
2. Tipe pintu seimbang, yang umumnya dipasang saluran terbuka.

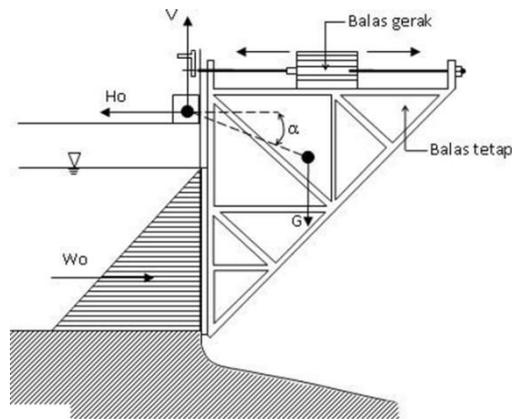
Pintu seimbang dibuat seperti yang ditunjukkan dalam gambar untuk dipasang pada bangunan pengatur elevasi atau pada bangunan pembuangan akhir.

3. Pintu Seimbang Rangka Lurus
 - Pintu Seimbang Tipe Doell Beauchez
 - Pintu Seimbang Tipe VlugterS
 - Pintu Seimbang Tipe Van Veen

Pintu seimbang rangka lurus dibuat seperti yang ditunjuk dalam gambar untuk dipasang pada bangunan gorong-gorong pembuang akhir, sedangkan pintu seimbang, Tipe: *Doell Beauchez*, tipe *Vlugter* dan Tipe *Van Veen* dipasang pada bangunan pengatur elevasi air. Ketiga pintu klep seimbang terakhir dapat dilihat dalam gambar tipe berikut ini:

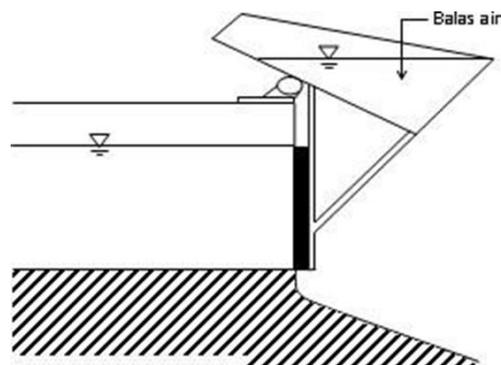


Gambar 2.5. Pintu Seimbang Rangka Lurus



Gambar 2.6. Pintu Seimbang Tipe *Doell Beauchez*

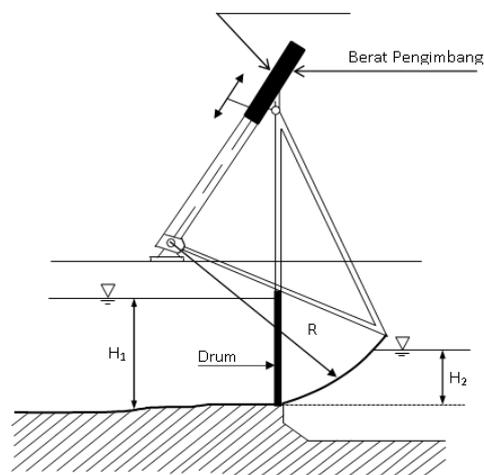
Pintu otomatis tipe *Doell Beauchez* mempunyai balas tetap dan balas yang bisa diatur posisinya tergantung kondisi air di hulu. Jika tinggi air di hulu turun sehingga tekanan statis air berkurang maka pintu akan tidak seimbang sehingga pintu tidak bisa membuka. Untuk itu balas digeser mendekati engsel sehingga momen putar pintu menjadi lebih kecil. Dengan demikian pintu dapat membuka dalam keadaan tinggi air lebih rendah. Ketelitian dalam desain keseimbangan pintu dapat dibantu dengan adanya beban penyeimbang yang dapat disetel menurut kebutuhan.



Gambar 2.7. Pintu Seimbang Tipe *Van Veen*

Secara garis besar pintu tipe *VanVeen* ini dalam fungsi dan gerakan sama dengan tipe *Beauchez*, hanya konstruksi pemberatnya (balas) menggunakan tangki yang isi air. Pengaturan beban untuk mencapai keseimbangan dengan menambah

dan mengurangi isi air, konstruksi rangka pintu lebih sederhana dari tipe *Doell Beauchez*.



Gambar 2.8. Pintu Seimbang Tipe *Vlugter*

Pintu seimbang tipe *Vlugter* hampir sama konstruksinya dengan tipe Sudut *Begemann*, hanya daun pintu berbentuk drum. Beban pemberat dapat diatur dengan cara menggeser posisi beban mendekati dan menjauhi engsel sesuai kebutuhan. Para perencana diharapkan dapat mendesain secara teliti agar keseimbangan sesuai kebutuhan dapat dipenuhi. Bobot beban penyeimbang dapat diatur sepenuhnya dalam dua arah mendekati atau menjauhi engsel putar, dengan menggunakan batang ulir penyetel. Semua pena dan pen direncanakan menggunakan baja tahan karat untuk menghindari korosi dan bantalan dipasang bus dan bahan brons mampu melumas sendiri tanpa pemeliharaan. Spesifikasi juga termasuk pengecatan pintu yang tercelup dalam air asin. Pemasangan pintu ini dipermudah dengan menghubungkan kaitan bantalan penumpu putar pada kerangka pintu, sehingga terjamin semua bagian telah saling terhubung. Kehatihatian harus dijaga selama pemasangan untuk menjamin keselamatan tenaga kerja pemasang, karena pintu cenderung berayun membuka atau menutup selama pemasangan. Batang baja rangka tulangan ditunjukkan dalam gambar untuk dimasukkan dalam beton ambang atas untuk mencegah keretakan pada beton. Pintu klep baja dibuat untuk penggunaan di daerah yang tidak bergaram,

sedang Pintu Klep Seimbang Kayu dibuat untuk dipergunakan didaerah yang bergaram.

Pintu klep direncana agar mampu menahan tekanan hidrostatis sebelah hilir sesuai dengan spesifikasi tanpa air disebelah lain. Pintu diberi bobot-lawan sedemikian sehingga pintu mampu membuka otomatis saat muka air dihilir turun dibawah muka air diudik dan akan menutup saat muka air sama tinggi. Tiap pintu terdiri dari kerangka, pintu dengan sumbu putar dan bobot lawan

2.8.2 Ukuran Pintu

Ukuran pintu (bentang dan tinggi) ditentukan oleh Direksi bila dipasang diproyek irigasi baru atau oleh Direksi/pabrik pintu untuk pekerjaan eksploitasi dan pemeliharaan (E&P).

Pintu untuk dipasang diproyek irigasi baru mempunyai ukuran standar sebagai berikut:

- a. 1.000 mm bentang x 1.000 mm tinggi
- b. 1.200 mm bentang x 1.200 mm tinggi
- c. 1.400 mm bentang x 1.400 mm tinggi
- d. 1.600 mm bentang x 1.600 mm tinggi
- e. 1.800 mm bentang x 1.800 mm tinggi

Pintu Klep Seimbang dengan daun pintu baja dan kayu mempunyai ukuran standar sama.

Ukuran pintu untuk penggantian dibangun lama pada pekerjaan E&P dipilih dalam daerah standar ukuran pintu dalam tabel “Bagian Standar”, yang tercantum dalam gambar. Bentang dan tinggi pintu berukuran bertahap seratus milimeter yakni 1200, 1300, 1400,1500, 1600, 1700 dan seterusnya.

Bentang dan tinggi pintu bersama dengan muka air tertahan, tinggi bangunan dan lain-lain dimasukkan dalam tabel “Detail Pintu Spesifik” di gambar pintu.

Berdasar keterangan ini suatu perbandingan dapat dibuat terhadap

keterangan yang terdapat dalam tabel “Bagian Standar”, ukuran penyesuai “X” dan jumlah unit bobot lawan yang diperlukan untuk ditetapkan.

Tabel “Detail Pintu Spesifik” diisi sepenuhnya, hal ini memberikan keseluruhan detail bagi pabrik pembuat pintu.

2.8.3 Kerangka Pintu

Tiap pintu harus menutup berpasangan dengan sebuah rangka baja persegi yang dipasang pada bangunan/ bagian akhir saluran pembuangan/gorong-gorong. Kerangka terdiri dari bagian-bagian yang dikerjakan dari kanal baja canai atau profil lain yang sesuai, disambungkan sedemikian rupa dengan baut dan diberi jangkar untuk memungkinkan pelurusan, pendataran dan pentautan secara teliti pada rangka sebelum dicor beton. Penyetop dari kayu untuk pintu, lengkap dengan baut angker harus disediakan sesuai dengan yang tercantum dalam gambar.

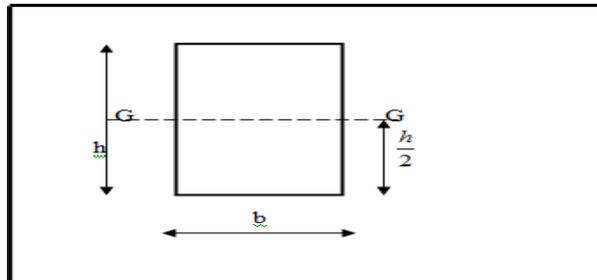
2.8.4 Bobot-Lawan

Bobot lawan untuk tipe klep seimbang rangka lurus terdiri dari unit bobot lawan besi tuang dengan ukuran penampang 200 mm x 40 mm dan panjangnya menyesuaikan ketentuan pintu yang dikehendaki atau untuk tipe pintu seimbang lainnya beban penyeimbang dapat dari beton dan air. Berat jenis besi tuang adalah 7210 kg/m^4 .

Bobot lawan selain berupa air dilengkapi dengan sekrup penyetel dan perakit yang dipasang pada rangka bobot lawan. Kedudukan bobot lawan dapat diubah-ubah dan akhirnya dikunci pada kedudukannya setelah pemasangan ditempat sehingga pintu akan membuka otomatis saat muka air dihilir turun dibawah muka air rencana diudik sebesar 10 cm atau kurang dan menutup bila muka air sama.

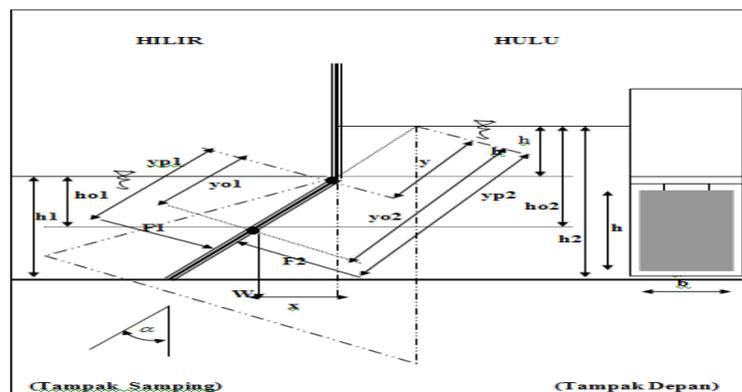
2.8.5 Gaya-gaya Yang Bekerja Pada Pintu Air Otomatis

Adapun pintu air tipe segiempat dapat dilihat pada Gambar 2.9



Gambar 2.9 Pintu Air Tipe Segiempat

Untuk mengetahui gaya-gaya yang bekerja pada pintu air otomatis dan memudahkan penyelesaian dalam perhitungan pintu air ini maka digunakan Gambar 4. sebagai berikut :



Gambar 2.10 Pintu Air Tipe Segiempat

- h_1 = Tinggi muka air di hilir (m)
- h_2 = Tinggi muka air di hulu (m)
- h_{o1} = Kedalaman air di hilir (m)
- h_{o2} = Kedalaman air di hulu (m)
- h = Selisih tinggi muka air (m)
- y_{o1} = Letak tekanan air di hilir (m)
- y_{o2} = Letak tekanan air di hulu (m)

y_{p1}	= Letak pusat tekanan di hilir (m)
y_{p2}	= Letak pusat tekanan di hulu (m)
$F1$	= Gaya tekanan hidrolis di hilir (N)
$F2$	= Gaya tekanan hidrolis di hulu (N)
W	= Berat pintu (kg)
α	= Kemiringan
S	= Sendi

Gaya-gaya yang bekerja pada pintu air otomatis tipe segiempat antara lain :

- a. Luas pintu penampang (A)

$$A = b \cdot h$$

Dimana : A = Luas pintu air (m^2)

b = Lebar pintu air (m)

h = Tinggi pintu air (m)

- b. Pusat berat (Y_o)

$$y = \frac{h}{\cos \alpha}$$

$$y_{o1} = h_{o1} = \frac{1}{2} h$$

$$y_{o2} = y + \frac{1}{2} h$$

Dimana : y_{o1} = Letak tekanan air di hilir (m)

y_{o2} = Letak tekanan air di hulu (m)

α = Sudut kemiringan

- c. Momen Inersia (I_o)

$$I_o = \frac{1}{2} b h^3$$

Dimana : I_o = Momen Inersia (m^4)
 b = Lebar pintu (m)
 h = Tinggi pintu (m)

d. Tinggi muka air di hulu dan di hilir

$$h_1 = h \cos \alpha$$

$$h_2 = h_1 + h$$

Dimana : h_1 = Tinggi muka air di hilir (m)
 h_2 = Tinggi muka air di hulu (m)
 h = Tinggi pintu (m)
 α = Sudut kemiringan

e. Kedalaman air di hulu dan di hilir

$$h_{o1} = y_{o1} = \frac{1}{2} h$$

$$h_{o2} = \left(h + \frac{1}{2} h_1 \right)$$

Dimana : h_{o1} = Kedalaman air di hilir (m)
 h_{o2} = Kedalaman air di hulu (m)

f. Gaya tekanan hidrostatis di hulu dan di hilir

$$F_1 = A \cdot \rho \cdot g \cdot h_{o1}$$

$$F_2 = A \cdot \rho \cdot g \cdot h_{o2}$$

Dimana : F_1 = Gaya tekan hidrolis di hilir (N)
 F_2 = Gaya tekan hidrolis di hulu (N)
 g = Gravitasi bumi ($9,81 \text{ m/d}^2$)
 γ = Rapat massa (1000 kg/m^3)
 A = Luas pintu air (m^2)
 h_{o1} = Kedalaman air di hilir (m)
 h_{o2} = Kedalaman air di hulu (m)

g. Letak pusat tekanan

$$y_{p1} = y_{o1} + \frac{I_o}{A y_{o1}}$$

$$y_{p2} = y_{o2} + \frac{I_o}{A y_{o2}}$$

Dimana : y_{o1} = Letak tekanan air di hilir (m)

y_{o2} = Letak tekanan air di hulu (m)

y_{p1} = Letak pusat tekanan di hilir (m)

y_{p2} = Letak pusat tekanan di hulu (m)

I_o = Momen Inersia (m^4)

A = Luas Pintu air (m^2)

h. Gesekan pada engsel

Pengaruh momen akibat gesekan engsel dapat diabaikan karena engsel dianggap licin sempurna.

i. Gaya akibat dari gelombang

Momen yang timbul akibat pengaruh gelombang saluran kecil, sehingga pengaruh juga diabaikan.

$$M_{s1} = -F_1 \cdot y_{p1}$$

$$M_{s2} = F_2 \cdot y_{p2}$$

$$\Sigma M_s = 0$$

$$-F_1 \cdot y_{p1} - W(x) + F_2(y_{p2} - y) = 0$$

2.9. Perhitungan Dinding Penahan Tanah

2.9.1. Dinding Penahan Tanah

Menurut Nur dan Hakam (2010) dinding penahan tanah adalah suatu bangunan yang berfungsi untuk menstabilkan kondisi tanah tertentu, yang pada umumnya dipasang pada daerah tebing yang labil. Jenis konstruksi antara lain

pasangan batu dengan mortar, pasangan batu kosong, beton, kayu dan sebagainya. Dinding penahan tanah merupakan suatu struktur yang direncanakan dan dibangun untuk menahan tekanan tanah lateral yang ditimbulkan oleh tanah urug atau tanah asli yang labil, sehingga dinding penahan tanah aman terhadap pergeseran, penggulingan dan keruntuhan kapasitas dukung tanah. Fungsi utama dari konstruksi dinding penahan tanah ialah menahan tanah yang berada di belakangnya dari bahaya longsor akibat:

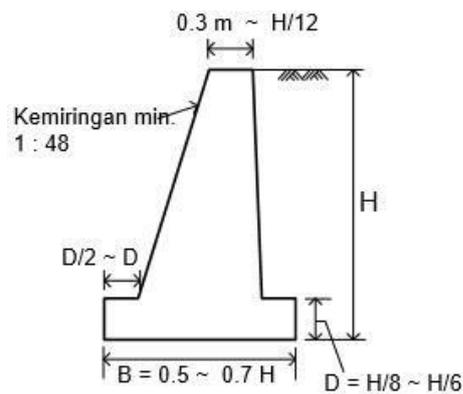
- a. Benda-benda yang berada di atas tanah (perkerasan dan konstruksi jalan, jembatan, kendaraan dan lain-lain).
- b. Berat tanah.
- c. Berat air (tanah).

Menurut Hyo dkk. (2016) dinding penahan tanah adalah suatu konstruksi penahan agar tanah tidak longsor. Konstruksi ini digunakan untuk suatu tebing yang agak curam atau tegak yang jika tanpa dinding penahan tebing tersebut akan longsor. Dinding penahan tanah juga digunakan bila suatu jalan dibangun berbatasan dengan sungai, danau atau tanah rawa. Bahan yang digunakan di belakang dinding penahan tanah disebut tanah urugan (*backfill*). Tanah urugan ini sebaiknya dipilih dari bahan yang lolos air atau tanah berbutir seperti pasir, kerikil atau batu pecah. Tanah lempung sangat tidak disarankan untuk digunakan sebagai tanah urugan. Pemilihan macam dinding penahan tanah tergantung dari pertimbangan teknik dan ekonomi. Yang perlu diperhatikan adalah sifat-sifat tanah asli, kondisi tanah urugan, kondisi lingkungan setempat dan kondisi lapangan.

2.9.2. Jenis-Jenis Dinding Penahan Tanah

Menurut syofyan dan Frizaldi (2017), dinding penahan tanah (*retaining wall*) dibagi menjadi beberapa jenis yaitu Dinding penahan gravitasi (*gravity wall*) Dinding penahan tanah ini biasanya dibuat dari beton murni (tanpa tulangan) atau dari pasangan batu kali, walaupun kadang beberapa dibuat dengan beton bertulang namun dengan tulangan yang sedikit. Penggunaan dinding penahan ini biasanya untuk menahan tanah pada lereng yang terlalu tinggi dan pada tepi sungai.

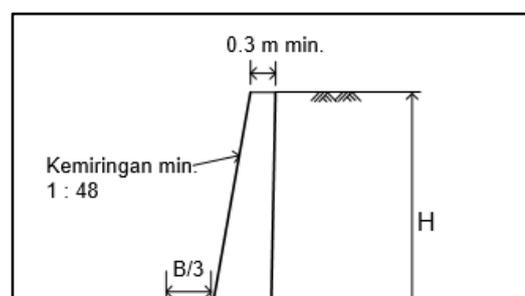
Stabilitas konstruksinya diperoleh hanya dengan mengandalkan berat sendiri dari konstruksinya. Untuk mendapatkan total tekanan tanah yang bekerja, perhitungan dilaksanakan dengan grafis, apabila digunakan cara teori Coulomb. Pada umumnya dihitung dengan cara teori Rankine, apabila tinggi dinding penahan tanah kurang dari 6 meter.



Gambar 2.11 Dinding Penahan Tanah Gravitasi (*Gravity Wall*)

a. Dinding penahan kantilever (*cantilever retaining wall*)

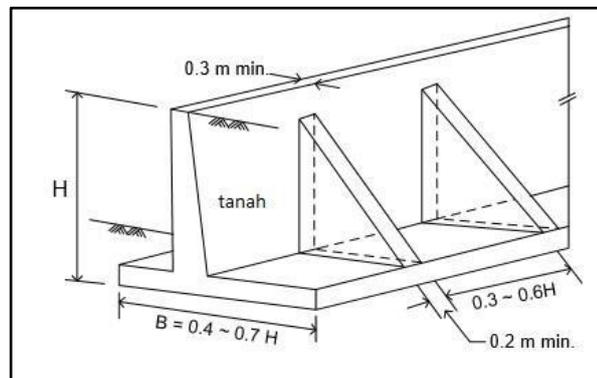
Dinding penahan tanah kantilever dibuat dari beton bertulang yang tersusun dari suatu dinding vertikal dan tapak lantai. Masing-masing berperan sebagai balok atau pelat kantilever. Stabilitas konstruksinya diperoleh dari berat sendiri dinding penahan dan berat tanah di atas tumit telapak (*heel*). Terdapat 3 bagian struktur yang berfungsi sebagai kantilever, yaitu bagian dinding vertikal (*stem*), tumit tapak dan ujung kaki tapak (*toe*). Biasanya ketinggian dinding ini tidak lebih dari 6-7 meter.



Gambar 2.12 Dinding Penahan Tanah Kantilever (*Cantilever Wall*)

b. Dinding penahan *counterfort* (*counterfort wall*)

Apabila tekanan tanah aktif pada dinding vertikal cukup besar, maka bagian dinding vertikal dan tumit perlu disatukan (*counterfort*). *Counterfort* berfungsi sebagai pengikat tarik dinding vertikal dan ditempatkan pada bagian timbunan dengan interval jarak tertentu. Dinding *counterfort* akan lebih ekonomis digunakan bila ketinggian dinding lebih dari 7 meter.

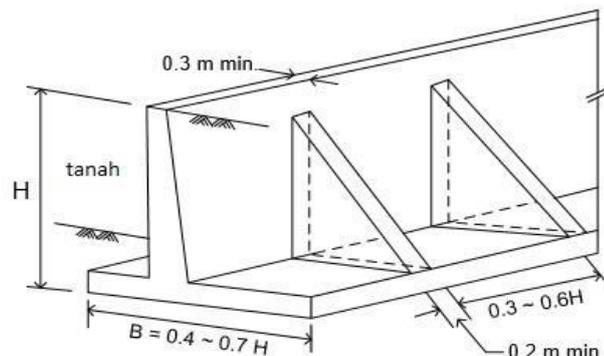


Gambar 2.13 Dinding Penahan Tanah *Counterfort* (*Counterfort Wall*)

c. Dinding penahan *batters* (*batters wall*)

Dinding *batters* hampir sama dengan dinding *counterfort*, hanya bedanya bagian *counterfort* diletakkan di depan dinding. Dalam hal ini, struktur *counterfort* berfungsi memikul tegangan tekan. Pada dinding ini, bagian tumit lebih pendek dari pada bagian kaki. Stabilitas konstruksinya diperoleh dari

berat sendiri dinding penahan dan berat tanah di atas tumit tapak. Dinding ini lebih ekonomis untuk ketinggian lebih dari 7 meter.



Gambar 2.14 Dinding Penahan Tanah *Buttersn (butters wall)*

2.9.3. Tekanan Tanah Lateral

Tekanan tanah lateral merupakan parameter utama dalam perancangan dinding penahan tanah. Oleh karena itu diperlukan perkiraan tentang tanah lateral secara kuantitatif pada pekerjaan konstruksi, baik untuk analisis perencanaan maupun analisis stabilitas. Tekanan aktual yang terjadi di belakang dinding penahan cukup sulit untuk diperhitungkan karena begitu banyak variabelnya. Ini termasuk jenis bahan penimbunan, kepadatan dan kadar airnya, jenis bahan di bawah dasar pondasi, ada tidaknya beban permukaan, dan lainnya. Akibatnya, perkiraan detail dari gaya lateral yang bekerja pada berbagai dinding penahan hanyalah suatu masalah teoritis dalam mekanika tanah (Muntohar, 2006). Jika suatu dinding penahan digunakan untuk menahan batuan *solid*, maka tidak ada tekanan pada dinding yang ditimbulkan oleh batuan tersebut. Tetapi jika dinding dibangun untuk menahan air, tekanan hidrostatis akan bekerja pada dinding. Pembahasan berikut ini dibatasi untuk dinding penahan tanah, perilaku tanah pada umumnya berada diantara batuan dan air, dimana tekanan yang disebabkan oleh tanah jauh lebih tinggi dibandingkan oleh air. Tekanan pada dinding akan meningkat sesuai dengan

kedalamannya. Pada prinsipnya kondisi tanah dalam kedudukannya ada 3

kemungkinan yaitu:

1. Dalam keadaan diam (K_0).
2. Dalam keadaan aktif (K_a).
3. Dalam keadaan pasif (K_p).

Dalam perencanaan dinding penahan tanah pasti ada beban yang berpengaruh terhadap tekanan yang terjadi di sekitar dinding penahan tanah. Selain pengaruh dari tekanan tanah terdapat juga pengaruh akibat adanya pengaruh akibat beban merata yang berada di atas dinding penahan tanah. Biasanya dalam konstruksi dinding penahan tanah pasti akan ada beban yang berada di atasnya, seperti beban jalan, beban bangunan dan lain sebagainya. Beban yang berada di atas bangunan tersebut memberikan tekanan kepada bangunan yang ada di bawahnya.

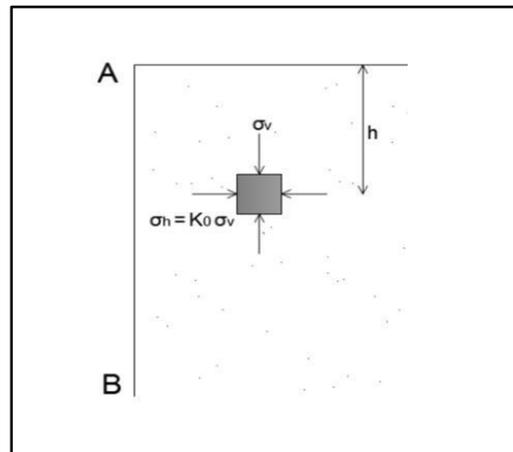
Teori yang membahas tentang tekanan tanah lateral yaitu teori tekanan tanah lateral Rankine (1857). Teori ini memberikan analisis mengenai besar dari kedua jenis tekanan tanah lateral yang disebut dengan tekanan aktif dan tekanan pasif. Menurut Rankine (1857) dalam Kusnan (2017), dalam analisis tekanan lateral dilakukan dengan asumsi-asumsi sebagai berikut:

- a. Tanah dalam kedudukan keseimbangan plastis, yaitu setiap elemen tanah dalam kondisi tepat akan runtuh.
- b. Tanah urugan di belakang dinding penahan tanah tidak berkoheesi ($c = 0$).
- c. Gesekan antara dinding dan urugan diabaikan atau permukaan dinding dianggap licin sempurna ($\delta = 0$).

2.9.4. Tekanan Tanah dalam Keadaan Diam

Pada gambar di bawah tanah dibatasi oleh dinding dengan permukaan licin AB yang dipasang sampai kedalaman tak terhingga. Suatu elemen tanah yang terletak pada kedalaman z akan mendapat tekanan arah vertikal σ_v dan tekanan arah horisontal σ_h , dimana σ_v dan σ_h merupakan tekanan efektif dan tekanan total tanah. Apabila dinding AB dalam keadaan diam, maka tanah akan berada dalam keadaan keseimbangan statis (*static equilibrium*). Rasio tekanan arah horisontal

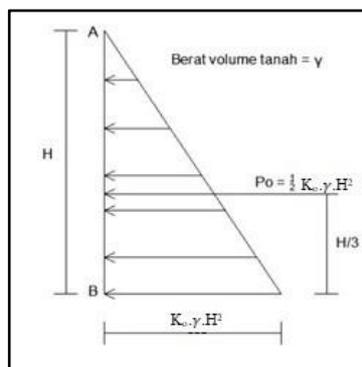
dan vertikal disebut koefisien tekanan tanah dalam keadaan diam (*coefficient of earth preassure at rest*) K_0 (Hardiyatmo, 2010).



Gambar 2.15 Tekanan Tanah dalam Keadaan Diam

$$K_0 = \frac{\sigma_h}{\sigma_v} \dots\dots\dots (2.11)$$

Nilai gaya total per satuan lebar dinding P_0 sama dengan luas dari diagram tekanan tanah. Diagram tekanan tanah dalam keadaan diam yang bekerja pada dinding setinggi H dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.16 Distribusi Tekanan Tanah dalam Keadaan Diam

$$P_0 = \frac{1}{2} K_0 \times \gamma \times H^2 \dots\dots\dots (2.12)$$

Pada posisi ini tekanan tanah pada dinding akan berupa tekanan tanah saat diam (*earth pressure at rest*) dan tekanan tanah lateral horisontal pada dinding, pada kedalaman tertentu (z), dinyatakan oleh Persamaan 2.13.

$$\sigma_h = K_o \times \sigma_v = K_o \times \gamma \times z \dots\dots\dots (2.13)$$

dengan:

σ_h = tekanan tanah horisontal saat diam (kN/m),

σ_v = tekanan tanah vertikal saat diam (kN/m),

K_o = koefisien tekanan tanah saat diam,

γ = berat volume tanah (kN/m³),

H = tinggi dinding (m),

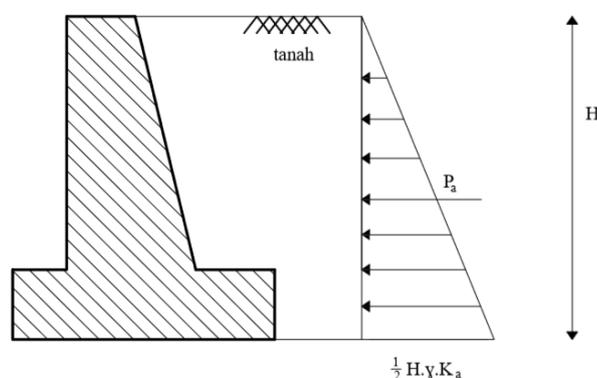
z = kedalaman dinding (m).

2.9.5. Tekanan Tanah Aktif

Konsep tekanan tanah aktif dan tanah pasif sangat penting untuk masalah masalah pada stabilitas tanah, pemasangan batang-batang penguat pada galian, desain dinding penahan tanah dan lain sebagainya. Permasalahan disini adalah untuk menentukan faktor keamanan terhadap keruntuhan yang disebabkan oleh gaya lateral. Pemecahan diperoleh dengan membandingkan gaya-gaya yang bekerja pada dinding penahan tanah, yaitu gaya-gaya yang cenderung menggulingkan dan menggeser.

Untuk gaya-gaya yang cenderung melawan misalnya berat sendiri dari konstruksi dinding penahan tanah yang bekerja vertikal sehingga dapat menghambat gaya lateral atau gaya yang bekerja horisontal.

Kondisi tekanan tanah aktif merupakan kondisi dimana dinding bergerak menjauhi bagian tanah timbunan atau timbul apabila dinding penahan tanah bagian atas bergerak relatif ke depan terhadap dasarnya. Hal ini disebabkan oleh adanya momen yang terjadi atau bekerja pada dinding tersebut. Sedangkan nilai banding tekanan horisontal dan tekanan vertikal terjadi, didefinisikan sebagai koefisien tekanan tanah aktif (K_a)



Gambar 2.17 Distribusi Tekanan Tanah Aktif pada Dinding Penahan Tanah

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma \times H^2 \times K_a \dots \dots \dots (2.14)$$

dengan harga K_a untuk tanah datar adalah

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \dots \dots \dots (2.15)$$

Momen pada tanah aktif

$$M_a = P_a \times H / 3 \quad (2.16)$$

dengan:

M_a = momen tanah aktif (kNm),

P_a = tekanan tanah aktif (kN/m),

K_a = koefisien tekanan tanah

aktif, γ = berat volume tanah

(kN/m³),

H = tinggi dinding penahan tanah (m),

ϕ = sudut gesek tanah (°).

- Tekanan akibat kohesi

Pada tanah urugan yang memiliki nilai kohesi, tekanan yang terjadi akibat adanya nilai kohesi di dalam tanah sekitar dinding penahan tanah akan mengurangi besarnya tekanan tanah aktif. Hitungan berdasarkan pada persamaan Rankine dengan mempertimbangkan kondisi-kondisi tegangan lingkaran Mohr, dengan menggunakan lingkaran Mohr dapat diperoleh persamaan untuk tekanan arah horisontal $\sigma_h = P_a$ (Hardiyatmo, 2010).

$$P_a = \gamma \times z \times \text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) - 2c \times \text{tg} \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \dots \dots \dots (2.16)$$

Berdasarkan Persamaan (2.6), terdapat kemungkinan yang menyatakan bahwa galian tanah pada tanah kohesif dapat dibuat dengan tebing atau lereng galian yang vertikal dengan permukaan tanah atau $z = 0$. Besarnya tekanan tanah aktif pada dinding penahan tanah setinggi H , dengan tanah urugan yang memiliki nilai kohesi, dinyatakan oleh:

$$P_a = -2c \times \sqrt{K_a} \times H^2 \dots \dots \dots (2.17)$$

Momen tanah aktif akibat kohesi

$$M_a = P_a \times H/2 \dots \dots \dots (2.18)$$

dengan:

M_a = momen tanah aktif (kNm),

P_a = tekanan tanah aktif (kN/m),

c = kohesi tanah (kN/m²),

K_a = koefisien tekanan tanah aktif,

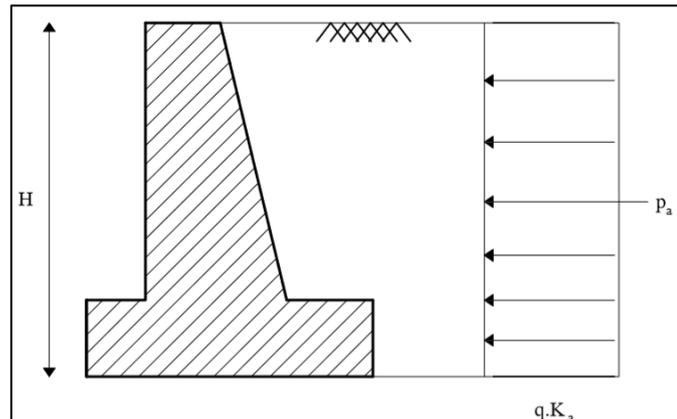
H = tinggi dinding penahan tanah (m),

γ = berat volume tanah (kN/m³),

ϕ = sudut gesek tanah (°).

- Tekanan akibat beban merata

Pada biasanya tanah urugan di belakang dinding penahan tanah dipengaruhi oleh beban merata atau beban yang terbagi merata. Berdasarkan anggapan beban merata q sebagai beban tanah setebal h_s dengan berat volume (γ) tertentu, maka tinggi lapisan tanah $h_s = q/\gamma$. Besar tekanan tanah lateral pada kedalaman h_s dari tinggi tanah asumsi atau di permukaan tanah urugan akan sebesar (Hardiyatmo, 2010):



Gambar 2.19 Tekanan Tanah Aktif Akibat Beban Merata

$$P_a = h_s \times \gamma \times K_a = q \times K_a \dots \dots \dots (2.19)$$

Maka akibat adanya beban merata ini, bertambahnya tekanan tanah aktif total pada dinding penahan tanah setinggi H dapat dinyatakan oleh persamaan:

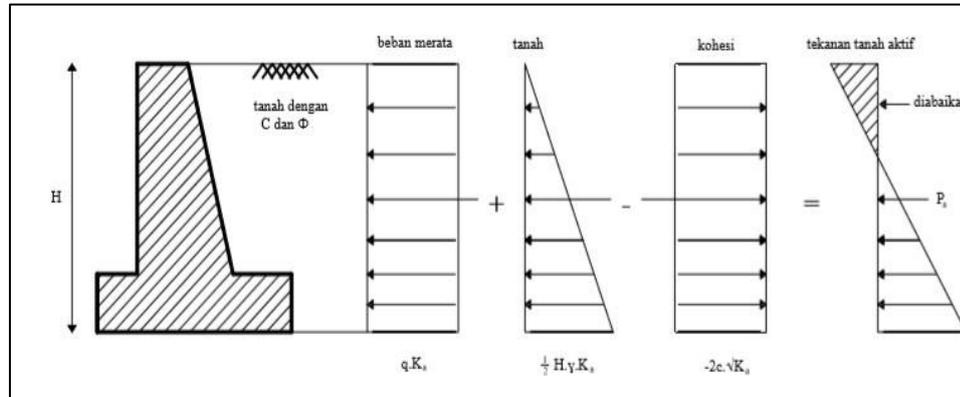
$$P_a = q \times K_a \times H \dots \dots \dots (2.20)$$

Momen tanah aktif akibat adanya beban merata

$$M_a = P_a \times H/2 \dots \dots \dots (2.21)$$

dengan:

- M_a = momen tanah aktif (kNm),
- P_a = tekanan aktif akibat beban merata,
- γ = berat volume tanah (kN/m³),
- q = beban merata (kN/m³),
- H = tinggi dinding penahan tanah (m),
- K_a = koefisien tekanan tanah aktif.



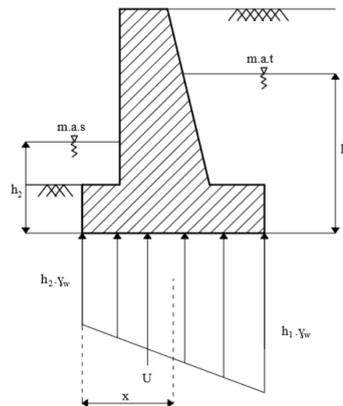
Gambar 2.20 Tekanan Tanah Aktif Total

2.9.6. Tekanan Tanah Pasif

Besarnya gaya tegangan lateral yang terjadi bertambah dengan bertambahnya regangan dalam tanah seiring dengan bergerakinya dinding, hingga sampai suatu regangan tertentu. Maka tanah akan mengalami keruntuhan geser akibat desakan dinding penahan, saat gaya lateral tanah mencapai nilai yang konstan yaitu pada nilai maksimumnya. Berlawanan dengan terjadinya tekanan tanah aktif, pada tekanan tanah pasif, kondisi tekanan tanah yang bekerja pada dinding akan bertambah dari kondisi seimbang sampai suatu harga maksimum yang mungkin. Tekanan tanah lateral maksimum yang mengakibatkan keruntuhan geser tanah akibat gerakan dinding menekan tanah urug disebut tekanan tanah pasif (*passive earth pressure*).

2.9.7. Tekanan Angkat (*Uplift*)

Pada konstruksi-konstruksi di daerah yang tergenang air (pilar jembatan, dinding penahan tanah dan lain-lain) atau muka air tanah yang tinggi, akan terjadi tekanan hidrostatis yang mengurangi besarnya angka faktor keamanan. Tekanan air akan mempengaruhi gaya vertikal dan menyebabkan tahanan terhadap guling semakin kecil, sehingga kemungkinan terjadinya guling semakin tinggi (Chairullah, 2013).



Gambar 2.23 Pengaruh Tekanan *Uplift* pada Dinding Penahan Tanah

$$U = 0,5 \times B \times h \times \gamma_w \dots\dots\dots (2.22)$$

Momen akibat gaya angkat (*uplift*)

$$M_u = U \times x \dots\dots\dots (2.23)$$

dengan:

U = tekanan *uplift* (kN),

M_u = momen *uplift* (kNm),

h_1, h_2 = tinggi permukaan air

(m), B = lebar pondasi (m),

x = lengan beban (m),

γ_w = berat volume air (kN/m³).

2.10 Perhitungan Kebutuhan Tulangan

Langkah-langkah menghitung kebutuhan tulangan pada pelat satu arah berdasarkan SNI 2847:2013:

- Menghitung h minimum pelat
- Menghitung beban mati (W_d) dan beban hidup (W_l) pelat
- Menghitung beban rencana total (W_u)

$$W_u = 1,2 W_d + 1,6 W_l$$
- Menghitung momen rencana (M_u)
- Perkiraan tinggi efektif (d_{eff})

$d_{eff} = h - \text{tebal selimut beton} - 1/2 \text{ diameter tulangan pokok rencana}$

f. Hitung k perlu

$$K = M_u / \phi b d_{eff}^2$$

g. Tentukan rasio penulangan (ρ)

h. Hitung luas tulangan yang diperlukan A_s

i. Pilih tulangan baja yang akan dipasang

j. Pilih tulangan susut dan suhu

2.11 Pengelolaan Proyek

2.11.1 Rencana Kerja dan Syarat-syarat

Rencana kerja dan syarat-syarat atau yang sering disebut RKS merupakan dokumen yang berisi sekumpulan persyaratan baik persyaratan administratif maupun persyaratan teknis yang diberlakukan pada perencanaan bangunan tertentu. Pada umumnya RKS terdiri atas RKS administratif dan RKS teknis. RKS administratif terdiri dari persyaratan administrasi dan umum. Sedangkan RKS teknis terdiri RKS Arsitektural, RKS Struktural, dan RKS Mekanikal Elektrikal (ME). Susunan daftar isi dalam sebuah dokumen RKS pada umumnya terdiri atas pasal-pasal. Setiap pasal menjelaskan tentang definisi maupun kriteria tertentu.

2.11.2 Perhitungan Kuantitas Pekerjaan

Sebelum dapat memperkirakan suatu harga pekerjaan baik struktur maupun finishing bangunan, biasanya kita menghitung volume tiap-tiap pekerjaan terlebih dahulu. Untuk menghitung volume bisa menggunakan rumus matematika untuk satuan luas atau isi, dan menghitung langsung untuk satuan jumlah.

2.11.3 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.

2.11.4 Network Planning

Network Planning diperkenalkan pada tahun 50-an oleh tim perusahaan *Dupont dan Rand Corporation* untuk mengembangkan sistem control manajemen. Metod ini dikembangkan untuk mengendalikan sejumlah besar kegiatan yang memiliki ketergantungan yang kompleks. Metode ini relatif lebih sulit, hubungan antar kegiatan jelas, dan memperlihatkan kegiatan kritis. Dari informasi *Network Planning*-lah monitoring serta tindakan koreksi kemudian dapat dilakukan, yakni dengan memperbarui jadwal. Akan tetapi, metode ini perlu dikombinasikan dengan metode lain.

Tahap penyusunan *Network Planning* :

1. Menginventarisasikan kegiatan-kegiatan dari paket terakhir WBS berdasar item pekerjaan, lalu diberi kode kegiatan untuk memudahkan indentifikasi.
2. Memperkirakan durasi setiap kegiatan dengan mempertimbangkan jenis pekerjaan, volume pekerjaan, jumlah sumber daya, lingkungan kerja, serta produktivitas pekerjaan.
3. Penentuan logika ketrgantungan antar kegiatan dilakukan dengan tiga kemungkinan hubungan yaitu kegiatan yang mendahului (*prodecessor*), kegiatan yang didahului (*successor*) serta bebas.
4. Perhitungan analisis waktu serta alokasi sumber daya dilakukan setelah langkah-langkah diatas dilakukan dengan akurat dan teliti.

Penggambaran logika hubungan antar kegiatan, membuat perencanaan proyek menjadi lebih rinci dan detail. Dengan memperhitungkan dan mengetahui waktu terjadinya setiap kegiatan yang ditimbulkan oleh satu atau beberapa kegiatan, kesukaran-kesukaran yang bakal timbul Tahap penyusunan *Network Planning* :

1. Menginventarisasikan kegiatan-kegiatan dari paket terakhir WBS berdasar item pekerjaan, lalu diberi kode kegiatan untuk memudahkan indentifikasi.
2. Memperkirakan durasi setiap kegiatan dengan mempertimbangkan jenis pekerjaan, volume pekerjaan, jumlah sumber daya, lingkungan kerja, serta produktivitas pekerjaan.
3. Penentuan logika ketrgantungan antar kegiatan dilakukan dengan tiga kemungkinan hubungan yaitu kegiatan yang mendahului (*prodecessor*), kegiatan yang didahului (*successor*) serta bebas.
4. Perhitungan analisis waktu serta alokasi sumber daya; dilakukan setelah langkah-langkah diatas dilakukan dengan akurat dan teliti.

Manfaat penerapan *Network Planning* :

1. Penggambaran logika hubungan antar kegiatan, membuat perencanaan proyek menjadi lebih rinci dan detail.
2. Dengan memperhitungkan dan mengetahui waktu terjadinya setiap kegiatan yang ditimbulkan oleh satu atau beberapa kegiatan, kesukaran-kesukaran yang bakal timbul dapat diketahui jauh sebelum terjadi sehingga tindakan pencegahanyang diperlukan dapat dilakukan.
3. Dalam *network* daoat terlihat jelas waktu penyelesaian yang dapat ditunda atau ditepati.
4. Membantu mengomunikasikan hasil *network* yang ditampilkan.
5. Memungkinkan dicapainya hasil proyek yang lebih ekonomis dari segi biaya langsung (*direct cost*) serta penggunaan sumber daya.
6. Berguna untuk menyelesaikan legal *claim* yang diakibatkan oleh keterlambatan dalam menentukan pembayaran kemajuan pekerjaan, *cashflow* dan pengendalian biaya.
7. Menyediakan kemampuan analisis untuk mencoba mengubah sebagian dari proses, lalu mengamati efek terhadap proyek secara keseluruhan.
8. Terdiri atas metode *Activity on Arrow* dan *Activity on Node Precedence Diagram Method*.

2.11.5 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:

1. Memberikan tampilan grafis dari alur kegiatan sebuah proyek,
2. Memprediksi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan sebuah proyek,
3. 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.

2.11.6 Rencana Anggaran Biaya

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.
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. Renca : 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.