

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Irigasi

Menurut Peraturan Pemerintah (PP) No. 20 Tahun 2006 pasal 1, pengertian irigasi, daerah irigasi, dan jaringan irigasi telah dibakukan sebagai berikut :

- a. **Irigasi** adalah usaha penyediaan, pengaturan, dan pembuangan air irigasi untuk menunjang pertanian yang jenisnya meliputi irigasi permukaan, irigasi rawa, irigasi air bawah tanah, irigasi pompa, dan irigasi tambak.
- b. **Daerah irigasi** adalah kesatuan lahan yang mendapat air dari satu jaringan irigasi.
- c. **Jaringan irigasi** adalah saluran, bangunan, dan bangunan pelengkap yang merupakan satu kesatuan yang diperlukan untuk penyediaan, pembagian, pemberian, penggunaan, dan pembuangan air irigasi.

Dalam pasal 2 disebutkan irigasi berfungsi mendukung produktivitas usaha tani guna meningkatkan produksi pertanian dalam rangka ketahanan pangan nasional dan kesejahteraan masyarakat, khususnya petani, yang diwujudkan melalui keberlanjutan sistem irigasi.

2.2 Jenis-jenis Irigasi

Seperti yang telah dijelaskan diatas irigasi adalah suatu tindakan memindahkan air dari sumbernya ke lahan-lahan pertanian, adapun pemberiannya dapat dilakukan secara gravitasi atau dengan bantuan pompa air. Pada penerapannya ada 4 jenis irigasi ditinjau dari cara pemberian airnya yaitu :

1. Irigasi Gravitasi (*Gravitational Irrigation*)

Irigasi gravitasi adalah irigasi yang memanfaatkan gaya tarik gravitasi untuk mengalirkan air dari sumber ke tempat yang membutuhkan, pada umumnya irigasi jenis ini banyak digunakan di Indonesia. Adapun macam-macam irigasi jenis ini adalah sebagai berikut :

1. Irigasi Genangan Liar
2. Irigasi Genangan dari Saluran
3. Irigasi Alur dan Gelombang

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

Irigasi bawah tanah adalah irigasi yang mensuplai air langsung ke daerah akar tanaman yang membutuhkannya melalui aliran tanah. Dengan demikian tanaman tidak diberi air melalui permukaan tetapi melalui bawah tanah. Jenis irigasi ini cocok untuk tanaman yang tidak banyak memerlukan air. Cara ini dapat dilakukan melalui saluran terbuka dan atau saluran tertutup, dimana air akan meresap melalui dinding-dindingnya kedalam tanah.

3. Irigasi Siraman (*Sprinkler Irrigation*)

Irigasi siraman adalah irigasi yang dilakukan dengan cara menirukan air hujan (*Sprinkling*), dimana pada prakteknya dilakukan dengan cara pengaliran air lewat pipa dengan tekanan tertentu (4-6 atm). Sehingga dapat membasahi areal yang cukup luas. Pemberian air dengan cara ini dapat menghemat dalam segi pengelolaan tanah karena dengan pengairan cara ini tidak diperlukan permukaan tanah yang rata, juga dengan pengairan ini dapat mengurangi kehilangan air di saluran karena air dikirim melalui saluran tertutup.

4. Irigasi Tetesan (*Driple Irrigation / Trickler Irrigation*)

Irigasi tetesan adalah irigasi yang pada prinsipnya sama dengan irigasi siraman, hanya saja pipa tersiernya dibuat melalui jalur pohon dan tekanannya lebih kecil karena hanya digunakan untuk meneteskan air saja.

Penentuan cara yang akan dipergunakan sangat bergantung kepada kondisi daerah, sumber air, dan tinjauan akan untung ruginya. Secara umum Indonesia memiliki curah hujan yang cukup tinggi dan dikenal memiliki dua musim penghujan dan musim kemarau. Oleh karenanya perlu air tambahan (irigasi) untuk daerah pertanian pada musim kemarau dan sebaliknya perlu pengaturan pembuangan air kelebihan jika musim kemarau.

Berdasarkan topografi di Indonesia maka jenis irigasi yang banyak dijumpai adalah jenis irigasi gravitasi yang dapat dibagi menjadi irigasi genangan liar, irigasi genangan dari saluran, dan irigasi alur dan gelombang. Jenis irigasi ini dengan memanfaatkan gaya tarik gravitasi untuk mengalirkan air dari sumber setempat yang membutuhkan, disamping itu dengan jenis irigasi ini biaya pembangunan dan biaya pemeliharaannya lebih murah dibandingkan dengan jenis lainnya.

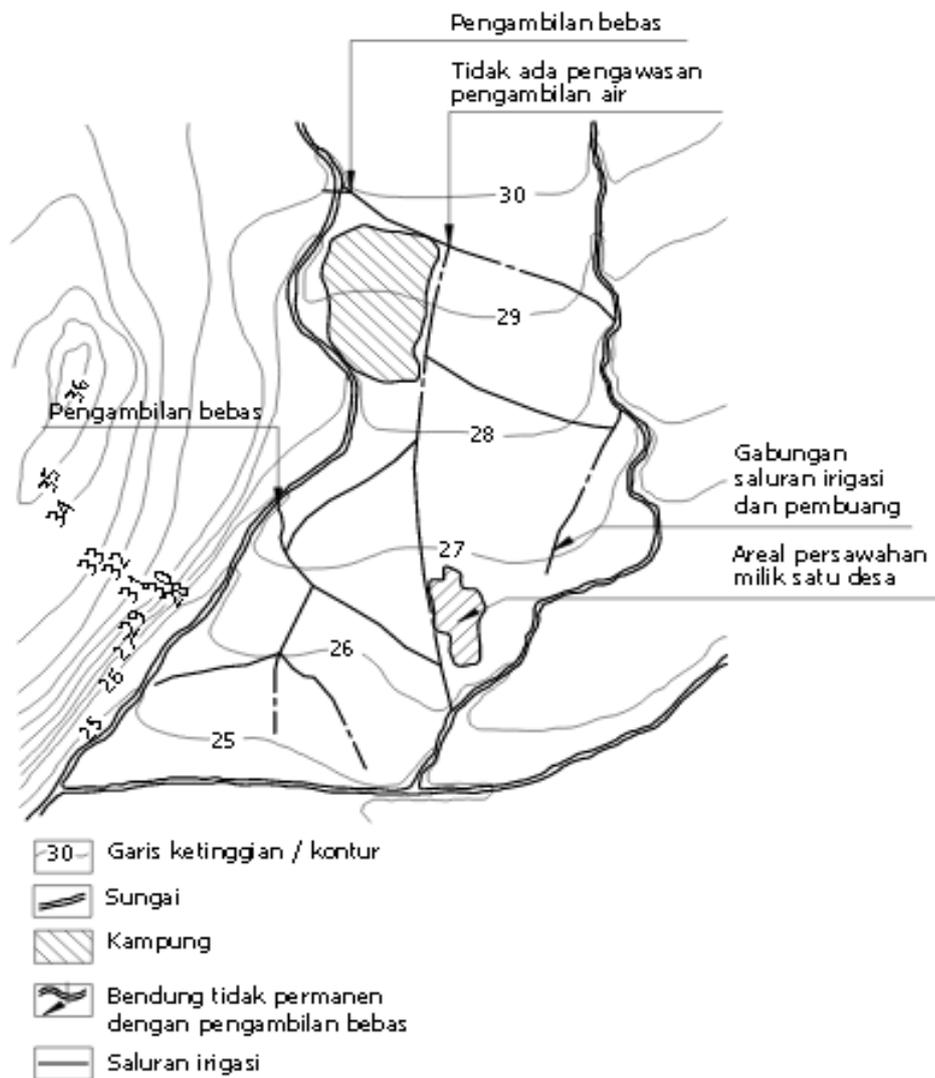
2.3 Klasifikasi Jaringan Irigasi

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

1. Jaringan irigasi sederhana (non teknis)
2. Jaringan irigasi semi teknis
3. Jaringan irigasi teknis

2.3.1 Jaringan irigasi sederhana (non teknis)

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

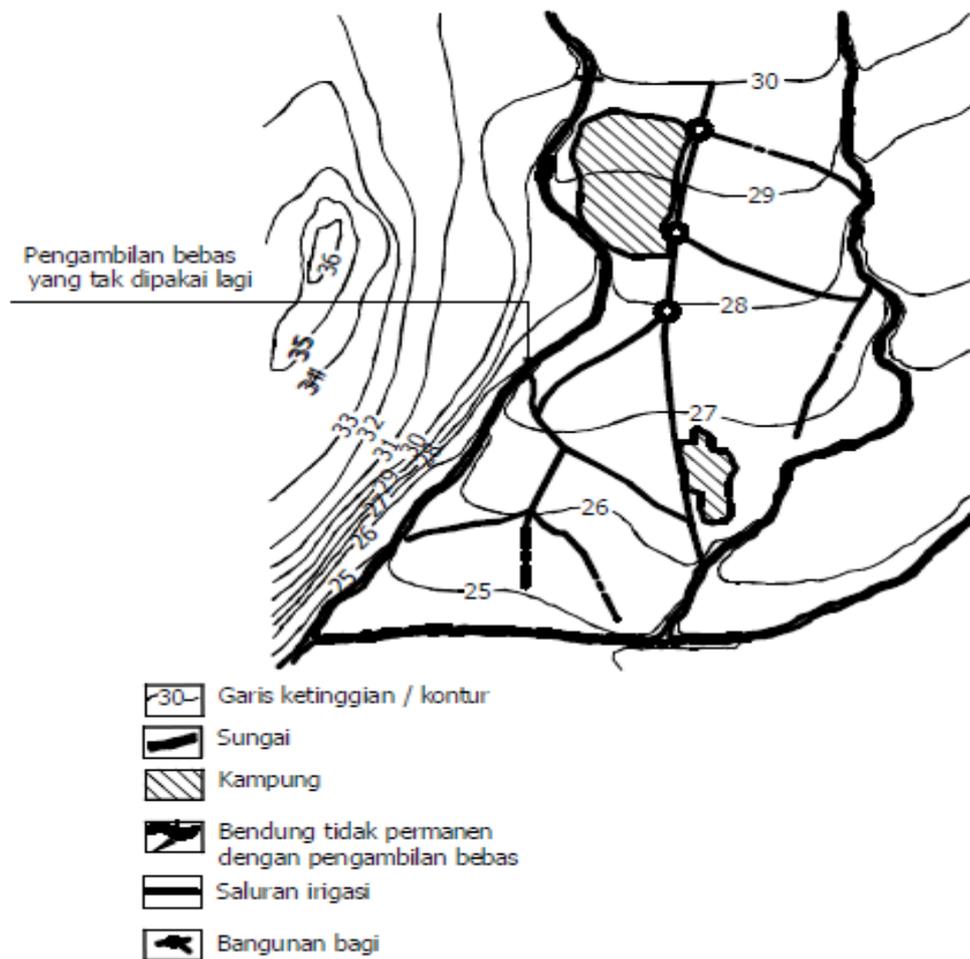


Gambar 2.1 Jaringan irigasi sederhana

2.3.2 Jaringan Irigasi Semi Teknis

Salah satu perbedaan antara jaringan irigasi sederhana dan jaringan irigasi semi teknis adalah bendungnya terletak di sungai lengkap dengan pengambilan dan bangunan pengukur di bagian hilirnya. Mungkin juga dibangun bangunan permanen di jaringan saluran. Sistem pembuangan air biasanya serupa dengan jaringan sederhana mungkin bahwa pengambilan dipakai untuk melayani atau mengalir di daerah yang luas dari pada daerah layanan. Organisasinya lebih sulit dan jika bangunan tetapnya berupa bangunan pengambilan dari sungai maka

diperlukan lebih banyak keterlibatan dari pemerintah dalam hal ini Departemen Pekerjaan Umum.



Gambar 2.2 Jaringan irigasi semi teknis

2.3.3 Jaringan irigasi teknis

Salah satu prinsip dalam perencanaan jaringan irigasi teknis adalah pemisah antara jaringan irigasi dan jaringan pembuang/pemutus. Hal ini berarti bahwa baik saluran irigasi atau pembuang tetap bekerja sesuai fungsinya masing-masing dari hulu hingga ke hilir. Saluran irigasi mengalirkan air irigasi ke sawah-sawah ke saluran pembuang alamiah dan kemudian dibuang ke laut.

Tabel 2.1 Klasifikasi Jaringan Irigasi

		Klasifikasi Jaringan Irigasi		
		Teknis	Semi Teknis	Sederhana
1	Bangunan Utama	Bangunan permanen	Bangunan permanen atau semi permanen	Bangunan sederhana
2	Kemampuan bangun dalam mengukur dan mengatur debit	Baik	Sedang	Jelek
3	Jaringan saluran	Saluran irigasi dan pembuang terpisah	Saluran irigasi dan pembuang tidak sepenuhnya terpisah	Saluran irigasi dan pembuang jadi satu
4	Petak tersier	Dikembangkan seluruhnya	Belum dikembangkan atau densitas bangunan tersier jarang	Belum ada jaringan terpisah yang dikembangkan
5	Efisiensi secara keseluruhan	Tinggi 50 - 60 % (Ancar-ancar)	sedang 40 - 50 % (Ancar-ancar)	Kurang <40 % (Ancar-ancar)
6	Ukuran	Tak ada batasan	sampai 2000 ha	<500 ha
7	Jalan Usaha Tani	Ada keseluruh areal	Hanya sebagian areal	Cenderung tidak ada
8	Kondisi O & P	<ul style="list-style-type: none"> • Ada instansi yang menangani • Dilaksanakan teratur 	Belum teratur	Tidak ada O & P

(Sumber : Standar Perencanaan Irigasi KP-01, 2010)

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

- a. Bangunan-bangunan utama (*headworks*) di mana air diambil dari sumbernya, umumnya sungai atau waduk.
- b. Jaringan pembawa berupa saluran yang mengalirkan air irigasi ke petak-petak tersier.
- c. Petak-petak tersier dengan sistem pembagian air dan sistem pembuangan kolektif, air irigasi dibagi-bagi dan dialirkan kesawah-sawah dan kelebihan air ditampung di dalam suatu sistem pembuangan di dalam petak tersier.
- d. Sistem pembuang berupa saluran dan bangunan bertujuan untuk membuang kelebihan air dari sawah ke sungai atau saluran-saluran alamiah.

2.4 Jaringan Irigasi

2.4.1 Petak Tersier

Perencanaan dasar yang berkenaan dengan unit tanah adalah petak tersier. Petak ini menerima air irigasi yang dialirkan dan diukur pada bangunan sadap (*off take*) tersier yang menjadi tanggung jawab Dinas Pengairan. Bangunan sadap tersier mengalirkan airnya ke saluran tersier. Di petak tersier pembagian air, eksploitasi dan pemeliharaan menjadi tanggung jawab para petani yang bersangkutan, di bawah bimbingan pemerintah. Petak tersier merupakan kumpulan petak-petak irigasi yang mendapatkan air irigasi melalui saluran tersier yang sama. Petak ini menerima air irigasi yang dialirkan dan diukur pada bangunan sadap tersier yang menjadi tanggung jawab Dinas Pengairan, air kuarter melayani keperluan di sawah-sawah. Petak tersier sebaiknya mempunyai batas-batas lainnya.

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.

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 dibuat maksimum 1500 m, tetapi pada kenyataannya kadang-kadang dibuat mencapai 2500 m. Panjang saluran kuarter sebaiknya di bawah 500 m, walaupun pada prakteknya kadang dibuat sampai 800 m.

2.4.2 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.

2.4.3 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.

2.5 Bangunan

2.5.1 Bangunan Utama

Bangunan utama (*head works*) dapat didefinisikan sebagai kompleks bangunan yang direncanakan di dan sepanjang sungai atau aliran air untuk mengalirkan 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 utama terdiri dari bendung dengan peredam energi, satu atau dua pengambilan utama pintu bilas kolam olak dan (jika diperlukan) kantong lumpur, tanggul banjir pekerjaan sungai dan bangunan-bangunan pelengkap. Bangunan utama dapat diklasifikasi ke dalam sejumlah kategori, bergantung :

1. Bangunan Pengambilan Bebas
2. Pengambilan dari Waduk
3. Bendung dibawah Sawah
4. Pompa
5. Bendung Tetap
6. Bendung Pelimpah
7. Bendung Pengerak
8. Bendung Tipe Gergaji

2.5.2 Bangunan bagi dan Sadap

Bangunan bagi dan sadap merupakan bangunan yang terletak pada saluran primer, sekunder, dan tersier yang berfungsi untuk membagi air yang dibawa oleh saluran. Perbedaan bangunan bagi dan bangunan sadap adalah pada bangunan bagi diikuti saluran pembawa yang membawa air menuju bangunan bagi atau sadap berikutnya, sedangkan bangunan sadap diikuti oleh saluran yang membawa air langsung ke petak sawah. Untuk saluran tersier dan kuarter bangunan bagi disebut boks tersier dan boks kuarter. Bangunan sadap tersier mengalirkan air dari saluran primer atau sekunder menuju saluran tersier penerima. Agar pembagian air merata dan dapat dilakukan dengan teliti dan

akurat, maka pada bangunan bagi atau bangunan sadap perlu dilengkapi dengan bangunan ukur.

1. Bangunan bagi

Bangunan bagi adalah sebuah bangunan yang berfungsi untuk membagi air dari saluran primer atau saluran sekunder ke dua buah saluran atau lebih yang masing-masing debitnya lebih kecil dan berfungsi juga sebagai pemberi air ke saluran tersier. Bangunan bagi terletak di saluran primer dan atau saluran sekunder pada suatu titik cabang. Pada bangunan bagi harus terdapat bangunan pengontrol taraf muka air, pengatur debit, dan penyadapan

Sesuai dengan fungsinya maka bangunan bagi harus memenuhi syarat yaitu :

- a. Pembagian air keseluruhan jaringan irigasi harus dicukupi dengan teliti sesuai dengan kebutuhannya,
- b. Perlu bangunan pengontrol berupa pintu sorong atau balok sekat untuk mengontrol taraf muka air.

2. Bangunan Bagi-Sadap

Bangunan bagi-sadap adalah sebuah bangunan yang berfungsi membagikan air dan menyambung dari :

- a. Saluran primer ke saluran primer yang lain dan atau dari saluran primer ke saluran tersier,
- b. Saluran primer ke saluran sekunder dan atau saluran sekunder ke saluran tersier,
- c. Saluran sekunder yang satu ke saluran sekunder yang lain dan atau dari saluran sekunder yang lain dan atau dari saluran sekunder ke saluran tersier.

Bangunan bagi-sadap terletak di saluran primer dan atau saluran sekunder. Bangunan bagi dan bangunan sadap dapat di gabung menjadi satu rangkaian. Untuk mengontrol taraf muka air di bagian hulu bangunan umumnya diperlukan bangunan pengatur. Untuk bangunan pengukur debit air dia atas 900

l/det dapat digunakan alat pengukur debit tipe Crump de Gruyter atau Cipoletti, sedangkan debit lebih kecil dari 900 l/det digunakan alat ukur tipe Romijn.

3. Bangunan Sadap dan Bangunan Sadap Akhir

Bangunan sadap adalah sebuah bangunan yang digunakan untuk menyadap atau mengambil air dari saluran primer ke saluran sekunder atau tersier dan atau dari saluran sekunder ke saluran tersier. Bangunan sadap akhir adalah bangunan pembagi akhir pada bagian akhir dari saluran sekunder dimana debitnya disadap habis oleh saluran-saluran tersier.

Berdasarkan letaknya dapat di bagi menjadi tiga yaitu :

- a. Bangunan sadap untuk menyadap aliran dari saluran primer ke saluran sekunder disebut bangunan sadap sekunder, terletak di saluran primer.
- b. Bangunan sadap untuk menyadap aliran dari saluran sekunder ke saluran tersier disebut bangunan sadap tersier terletak di saluran sekunder.
- c. Bangunan sadap akhir terletak dibagian akhir saluran sekunder.

4. Bangunan Box Tersier

Bangunan box tersier adalah sebuah bangunan berupa kolam/kotak berhubungan dengan aturan lubang proposional menurut luas petakan yang dilayani yang berfungsi membagi air untuk dua saluran atau lebih (tersier, sub sekunder, kuarter). Bangunan box tersier terletak pada saluran tersier dan sub tersier dan atau kuarter dengan syarat bentuk lubang dibuat sama besar dan dasar lubang sama tinggi.

2.5.3 Bangunan Pengatur dan Pengukur

Aliran akan diukur di hulu saluran primer, di cabang saluran jaringan primer dan di bangunan sadap sekunder maupun tersier. Bangunan ukur dapat dibedakan menjadi bangunan ukur aliran atas bebas (*free overflow*) dan bangunan ukur aliran bawah (*underflow*). Beberapa dari bangunan pengukur dapat juga dipakai untuk mengatur aliran air. Bangunan ukur yang dapat digunakan ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 2.2 Alat-alat ukur

Tipe	Mengukur dengan	Mengatur
Ambang Lebar	Aliran Atas	Tidak
Parshall	Aliran Atas	Tidak
Cipoletti	Aliran Atas	Tidak
Romijn	Aliran Atas	Ya
Crump-de Gruyter	Aliran Bawah	Ya
Pipa Sederhana	Aliran Bawah	Ya
Constant-Head Orifice (CHO)	Aliran Bawah	Ya
Cut Throat Flume	Aliran Atas	Tidak

(Sumber : Standar Perencanaan Irigasi KP 01, 2010)

2.5.4 Bangunan Pengatur Muka Air

Bangunan-bangunan pengatur muka air mengatur atau mengontrol muka air di jaringan irigasi utama sampai batas-batas yang diperlukan untuk dapat memberikan debit yang konstan kepada bangunan sadap tersier. Bangunan pengatur mempunyai potongan pengontrol aliran yang dapat distel atau tetap. Untuk bangunan-bangunan pengatur yang dapat distel dianjurkan untuk menggunakan pintu (sorong) radial atau lainnya. Bangunan-bangunan pengatur diperlukan di tempat-tempat di mana tinggi muka air di saluran dipengaruhi oleh bangunan terjun atau got miring (*chute*). Untuk mencegah meninggi atau menurunnya muka air di saluran dipakai mercu tetap atau celah kontrol trapesium (*trapezoidal notch*).

2.5.5 Bangunan Pembawa

Bangunan-bangunan pembawa membawa air dari ruas hulu ke ruas hilir saluran. Aliran yang melalui bangunan ini bisa superkritis atau subkritis.

1. Bangunan Pembawa Dengan Aliran Superkritis

Bangunan pembawa dengan aliran tempat di mana lereng medannya maksimum saluran. Superkritis diperlukan di tempat lebih curam daripada

kemiringan maksimal saluran. (Jika di tempat dimana kemiringan medannya lebih curam daripada kemiringan dasar saluran, maka bisa terjadi aliran superkritis yang akan dapat merusak saluran. Untuk itu diperlukan bangunan peredam).

a. Bangunan terjun

Dengan bangunan terjun, menurunnya muka air (dan tinggi energi) dipusatkan di satu tempat. Bangunan terjun bisa memiliki terjun tegak atau terjun miring. Jika perbedaan tinggi energi mencapai beberapa meter, maka konstruksi got miring perlu dipertimbangkan

b. Got miring

Daerah got miring dibuat 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 umurnya mengikuti kemiringan medan alamiah.

2. Bangunan Pembawa Dengan Aliran Subkritis (Bangunan Silang)

a. Gorong-gorong

Gorong-gorong dipasang di tempat-tempat di mana saluran lewat dibawah bangunan (jalan, rel kereta api) atau apabila pembuang lewat dibawah saluran. Aliran di dalam gorong-gorong umumnya aliran bebas.

b. Talang

Talang dipakai untuk mengalirkan air irigasi lewat di atas saluran lainnya, saluran pembuang alamiah atau cekungan dan lembah-lembah. Aliran didalam talang adalah aliran bebas.

c. Sipun

Sipun dipakai untuk mengalirkan air irigasi dengan menggunakan gravitasi di bawah saluran pembuang, cekungan, anak sungai atau sungai. Sipun juga dipakai untuk melewatkan air di bawah jalan, jalan kereta api, atau bangunan-bangunan yang lain. Sipun merupakan saluran tertutup yang

direncanakan untuk mengalirkan air secara penuh dan sangat dipengaruhi oleh tinggi tekan.

d. Jembatan sipon

Jembatan sipon adalah saluran tertutup yang bekerja atas dasar tinggi tekan dan dipakai untuk mengurangi ketinggian bangunan pendukung diatas lembah yang dalam.

e. Flum (*Flume*)

Ada beberapa tipe flum yang dipakai untuk mengalirkan air irigasi melalui situasi-situasi medan tertentu, misalnya:

- a. Flum tumpu (*bench flume*), untuk mengalirkan air di sepanjang lereng bukit yang curam.
- b. Flum elevasi (*elevated flume*), untuk menyeberangkan air irigasi lewat di atas saluran pembuang atau jalan air lainnya
- c. Flum, dipakai apabila batas pembebasan tanah (*right of way*) terbatas atau jika bahan tanah tidak cocok untuk membuat potongan melintang saluran trapesium biasa. Flum mempunyai potongan melintang berbentuk segiempat atau setengah bulat. Aliran dalam flum adalah aliran bebas.

f. Saluran Tertutup

Saluran tertutup dibuat apabila trase saluran terbuka melewati suatu daerah di mana potongan melintang harus dibuat pada galian yang dalam dengan lereng-lereng tinggi yang tidak stabil. Saluran tertutup juga dibangun di daerah-daerah permukiman dan di daerah-daerah pinggiran sungai yang terkena luapan banjir. Bentuk potongan melintang saluran tertutup atau saluran gali dan timbun adalah segi empat atau bulat. Biasanya aliran di dalam saluran tertutup adalah aliran bebas.

g. Terowongan

Terowongan dibangun apabila keadaan ekonomi/anggaran memungkinkan untuk saluran tertutup guna mengalirkan air melewati bukit-bukit dan medan yang tinggi. Biasanya aliran di dalam terowongan adalah aliran bebas.

2.5.6 Bangunan Lindung

Diperlukan untuk melindungi saluran baik dari dalam maupun dari luar. Dari luar bangunan itu memberikan perlindungan terhadap limpasan air buangan yang berlebihan dan dari dalam terhadap aliran saluran yang berlebihan akibat kesalahan eksploitasi atau akibat masuknya air dan luar saluran. Adapun yang termasuk bangunan-bangunan lindung yaitu :

1. Bangunan Pembuang Silang
2. Pelimpah (*Spillway*)
3. Bangunan Penggelontor Sedimen (*Sediment Excluder*)
4. Bangunan Penguras (*Wasteway*)
5. Saluran Pembuang Samping
6. Saluran Gendong

2.5.7 Jalan dan Jembatan

Jalan-jalan inspeksi diperlukan untuk inspeksi, eksploitasi dan pemeliharaan jaringan irigasi dan pembuang oleh Dinas Pengairan. Masyarakat boleh menggunakan jalan-jalan inspeksi ini untuk keperluan-keperluan tertentu saja. Biasanya jalan inspeksi terletak di sepanjang sisi saluran irigasi. Jembatan dibangun untuk saling menghubungkan jalan-jalan inspeksi disebelah saluran irigasi/pembuang atau untuk menghubungkan jalan inspeksi dengan jalan umum. Perlu dilengkapi jalan petani ditingkat jaringan tersier dan kuarter sepanjang itu memang diperlukan oleh petani setempat.

2.5.8 Bangunan Pelengkap

Tanggul-tanggul diperlukan untuk melindungi daerah irigasi terhadap banjir yang berasal dari sungai atau saluran pembuang yang besar. Pada umumnya tanggul diperlukan di sepanjang sungai di sebelah hulu bendung atau di sepanjang saluran primer. Fasilitas-fasilitas operasional diperlukan untuk operasi jaringan irigasi secara efektif dan aman. Fasilitas-fasilitas tersebut antara lain meliputi antara lain: kantor-kantor di lapangan, bengkel, perumahan untuk staf irigasi, jaringan komunikasi, patok hektometer, papan eksploitasi, papan duga, dan sebagainya. Bangunan-bangunan pelengkap yang dibuat di dan sepanjang saluran meliputi:

1. Pagar, rel pengaman dan sebagainya, guna memberikan pengaman sewaktu terjadi keadaan-keadaan gawat.
2. Tempat-tempat cuci, tempat mandi ternak dan sebagainya, untuk memberikan sarana untuk mencapai air di saluran tanpa merusak lereng.
3. Kisi-kisi penyaring untuk mencegah tersumbatnya bangunan (sipon dan gorong-gorong panjang) oleh benda-benda yang hanyut.
4. Jembatan-jembatan untuk keperluan penyeberangan bagi penduduk.
5. Sanggar tani sebagai sarana untuk interaksi antar petani, dan antara petani dan petugas irigasi dalam rangka memudahkan penyelesaian permasalahan yang terjadi di lapangan. Pembangunannya disesuaikan dengan kebutuhan dan kondisi petani setempat serta letaknya di setiap bangunan sadap/*offtake*.

2.6 Tahapan Perencanaan

Dalam pelaksanaan proyek irigasi sering digunakan akronim SIDLACOM untuk mengidentifikasi berbagai tahapan pada proyek tersebut.

- S : *Survey* (Pengukuran)
- I : *Investigation* (Penyelidikan)
- D : *Design* (Perencanaan Teknis)
- La : *Land Acquisition* (Pembebasan Tanah)
- C : *Construction* (Pelaksanaan)
- O : *Operation* (Eksploitasi)

M : *Maintenance* (Pemeliharaan)

Dari tujuh tahapan pekerjaan diatas, selanjutnya yang akan dibahas dalam tulisan ini adalah sebagian dari tiga tahapan diatas yaitu tahap SID.

Secara umum tahap SID dalam proyek irigasi dibagi dalam dua tahapan, yaitu :

1. Tahap Studi

Tahap studi merupakan tahap perumusan proyek dan penyimpulan akan dilaksanakannya suatu proyek, yang bersifat teknis dan non teknis.

a. Studi awal merupakan gagasan untuk mengembangkan irigasi pertanian dengan perkiraan luas daerah irigasi berdasarkan potensi pengembangan sungai

b. Studi identifikasi, dengan menentukan nama dan luas garis besar skema irigasi serta pemberitahuan kepada pemerintah daerah dan pihak-pihak berwenang serta pihak-pihak lain yang akan dilibatkan dalam proyek irigasi tersebut.

c. Studi pengenalan, mempelajari kelayakan teknis proyek tersebut.

1) Memberi penjelasan mengenai aspek-aspek yang belum terpecahkan dalam studi identifikasi.

2) Mengerjakan pekerjaan lapangan oleh tim yang terdiri dari orang-orang dari berbagai disiplin ilmu.

3) Membandingkan proyek alternatif dilihat dari segi perkiraan biaya.

4) Memilih alternatif untuk dipelajari lebih lanjut.

5) Menentukan pengukuran dan penyelidikan yang diperlukan.

d. Studi kelayakan

1) Menganalisa dari segi teknis dan ekonomis untuk proyek yang sedang dirumuskan.

2) Menentukan batasan proyek dan sekaligus menetapkan prasarana yang diperlukan.

- 3) Mengajukan program pelaksanaan.
- 4) Menentukan ketepatan yang disyaratkan untuk aspek-aspek teknis serupa dengan tingkat ketepatan yang disyaratkan untuk perencanaan pendahuluan.
- 5) Studi kelayakan membutuhkan pengukuran topografi, geoteknik, dan kualitas tanah secara ekstensif sebagaimana untuk perencanaan.

2. Tahap Perencanaan

a. Perencanaan Pendahuluan

- 1) Foto udara pengukuran peta topografi penelitian kecocokan tanah terhadap rencana pertanian setempat.
- 2) Menganalisa hidrologi proyek yang meliputi tersedianya air, kebutuhan air per hektar
- 3) Menentukan tata letak dan perencanaan pendahuluan bangunan utama, saluran dan bangunan pelengkap, neraca air.

b. Perencanaan Detail

Pengukuran trase saluran beserta bangunan-bangunannya, penyelidikan detail geologi teknik dam penyelidikan model hidraulis.

2.7 Analisis Hidrologi

Parameter-parameter hidrometeorologi yang penting dalam perencanaan jaringan irigasi antara lain :

1. Curah hujan
2. Temperatur udara
3. Kelembapan udara
4. Penyinaran matahari
5. Kecepatan Angin
6. Evapotranspirasi

Parameter-parameter tersebut dikumpulkan, dianalisis, dan dievaluasi didalam tahap studi dan pada tahap perencanaan hasil evaluasi hidrologi ditinjau kembali dan dikerjakan lebih mendetail berdasarkan data-data tambahan dari lapangan dan hasil studi perbandingan.

2.7.1 Melengkapi Data Curah Hujan Yang Hilang

Curah hujan adalah tinggi genangan air yang terjadi dalam kurun waktu tertentu dalam suatu bidang datar dengan anggapan bahwa limpasan permukaan, infiltrasi dan evaporasi tidak terjadi. Analisa curah hujan dilakukan untuk menentukan besaran curah hujan efektif.

Data curah hujan yang hilang itu dapat disebabkan oleh beberapa kemungkinan, diantaranya yaitu rusaknya alat penakar curah hujan atau kelalaian petugas dalam mencatatnya. Untuk melengkapi data curah hujan yang hilang tersebut kita dapat mencarinya dengan memperkirakan data curah hujan yang hilang. Dimana kita dapat menggunakan data dari stasiun pengamat yang berdekatan dan mengelilingi tempat daerah pengamatan yang curah hujannya hilang sebagai dasar perkiraan tersebut. Kemudian mengolahnya dengan menggunakan cara tertentu, salah satu diantaranya adalah dengan menggunakan metode perbandingan normal.

Ada dua batasan yang harus dipenuhi sebelum melakukan perhitungan curah hujan yang hilang dengan menggunakan metode perbandingan normal. Dua batasan tersebut yaitu :

1. Bila $S/R \geq 10\%$

Maka akan menggunakan persamaan :

$$R_x = \frac{1}{n-1} \left(\frac{R_x}{R_A} \times r_a + \frac{R_x}{R_B} \times r_b + \frac{R_x}{R_C} \times r_c + \dots + \frac{R_x}{R_n} \times r_n \right) \dots (2.1)$$

2. Bila $S/R \leq 10\%$

Maka akan menggunakan persamaan :

$$R_x = \frac{1}{n-1} (r_a + r_b + r_c + \dots + r_n) \dots (2.2)$$

Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung standar deviasi curah hujan (S) yaitu:

$$S = \sqrt{\frac{(RA-\bar{R})+(RB-\bar{R})+(RC-\bar{R})+\dots+(Rn-\bar{R})}{m-1}} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

- R = Curah hujan rerata setahun ditempat pengamatan
- r = Data curah hujan yang hilang atau yang akan dicari
- ra, rb, rc = Curah hujan pada masing-masing stasiun pengamat pada bulan dan tahun yang sama
- RA, RB, RC = Curah hujan rerata selama setahun pada masing-masing stasiun pengamat
- n = Jumlah stasiun pengamat yang dipakai
- m = Jumlah tahun pengamatan
- S = Standar deviasi curah hujan

2.7.2 Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif adalah bagian dari curah hujan yang digunakan dalam suatu proses hidrologi yang di dimanfaatkan. Data yang digunakan diambil dari data pengukuran hujan di stasiun terdekat, dengan panjang pengamatan minimal 10 tahun yang telah dilengkapi dan disusun sesuai dengan urutan rangking dan mempunyai resiko kegagalan tertentu.

Adapun untuk penentuannya digunakan metode Harza dengan persamaan sebagai berikut :

$$M = \frac{n}{5} + 1$$

Dimana :

M = Urutan CH efektif yang terendah

n = Jumlah tahun pengamatan

untuk menghitung curah hujan rerata pada suatu areal tertentu digunakan metode perhitungan sebagai berikut.

1. Metode Rerata Aljabar

Metode yang paling sederhana adalah dengan melakukan perhitungan rata – rata arimatik (aljabar) dari rerata presipitasi yang diperoleh dari seluruh alat penakar hujan yang digunakan. metode ini akan memeberikan hasil yang dapat dipercaya jika pos-pos penakarnya ditempatkan secara merata di areal tersebut dan hasil penakaran masing-masing pos penakar tidak menyimpang jauh.

Adapun persamaannya sebagai berikut

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

Keterangan :

R = Curah hujan rerata tahunan (mm)

n = Jumlah stasiun yang digunakan

R1,R2,R3,Rn = Curah hujan rerata tahunan di tiap titik pengamatan (mm)

2.7.3 Debit Andalan

Debit andalan (*water avaibility*) adalah kemampuan penyediaan air irigasi yang berasal dari sumber air yang dapat diolah dan dimanfaatkan untuk mengalir lahan pertanian. Menurut buku Dasar-dasar Hidrologi, debit andalan (*water avaibility*) dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Q = 0,278. C. I. A \dots\dots\dots (2.5)$$

$$I = \frac{R \text{ Efektif}}{\text{Jumlah hari dalam 1 bulan} \times 24}$$

Dimana :

Q = Debit aliran (m³/det)

C = Koefisien Pengaliran

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

A = Luas daerah aliran sungai (km²)

Tabel 2.3 Koefisien Pengaliran (oleh Dr. Mononobe)

Kondisi daerah pengaliran dan sungai	Harga dari f
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 dialiri	0,70 – 0,80
Sungai di daerah pegunungan	0,75 – 0,85
Sungai kecil di dataran	0,45 – 0,75
Sungai besar yang lebih dari setengah daerah pengalirannya terdiri dari dataran	0,50 – 0,75

(Sumber : Ir. Suyono Sosrodarsono, Hidrologi untuk pengairan, 2006)

2.7.4 Evapotranspirasi

Evaporasi dan transpirasi merupakan faktor penting dalam studi pengembangan sumber daya air. Evaporasi adalah proses fisik yang mengubah suatu cairan atau bahan padat menjadi gas. Sedangkan transpirasi adalah penguapan air yang terjadi melalui tumbuhan. Jika kedua proses tersebut saling berkaitan disebut dengan evapotranspirasi. Sehingga evapotranspirasi merupakan gabungan antara proses penguapan dari permukaan tanah bebas (evaporasi) dan penguapan yang berasal dari daun tanaman (transpirasi). Besarnya nilai evaporasi dipengaruhi oleh iklim, sedangkan untuk transpirasi dipengaruhi oleh iklim, varietas, jenis tanaman serta umur tanaman.

Dengan metode pendekatan dapat mengetahui besarnya evapotranspirasi, sehingga menggunakan metode Pan Man sebagai berikut :

$$E_t = (\Delta H + 0,27 \cdot E_a) / (\Delta + 0,27) \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

E_t = Evapotranspirasi (mm/ hari)

H = Radius netto (mm/hari)

- $H = Ra (1 - r)(0,180 + 0,55n/N) - \sigma Ta^4(0,56 - 0,92\sqrt{e.d}) (0,10 + 0,90 n/N)$
 Ra = Radiasi ekstraterensial bulanan rata – rata (mm/hari)
 R = Koefisien Refleksi pada permukaan (%)
 n/N = Presentase penyinaran matahari
 σ = Konstanta Stefan-Boltzman (mm air/hari/°K)
 σTa^4 = Koefisien tergantung dari temperatur (mm/hari)
 $e.d$ = Tekanan uap udara dalam keadaan jenuh dan yang diamati sebenarnya (mm/Hg)
 e_a = Tekanan uap udara pada temperatur udara rata-rata (mm/Hg)
 Δ = Kemiringan kurva tekanan uap penjumlahan pada T_a

Tabel 2.4 Nilai radiasi ekstra terensial bulanan rata-rata dalam (mm/hari)

Bulan	10 ° Lintang Utara	0 °	10 ° Lintang Selatan
Januari	12,80	14,50	15,80
Februari	13,90	15,00	15,70
Maret	14,80	15,20	15,10
April	15,20	14,70	13,80
Mei	15,00	13,90	12,40
Juni	14,80	13,40	11,60
Juli	14,80	13,50	11,90
Agustus	15,00	14,20	13,00
September	14,90	14,90	14,40
Oktober	14,10	15,00	15,30
Nopember	13,10	14,60	15,70
Desember	12,40	14,30	15,80

(Sumber : Bambang Triatmodjo, Hidrologi Terapan, 2008)

Tabel 2.5 Konstanta Stefan-Boltzman / σT_a^4

Temperatur (°C)	Temperatur (°K)	σT_a^4 (mm air / hari)
0	273	11,2
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 : Moch. Absor, Bahan Ajar Irigasi I, 2014)

Tabel 2.6 Nilai Δ/γ untuk suhu-suhu yang berlainan

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

(Sumber : Iman Subarkah, Perencanaan Bangunan Air, 1980)

Tabel 2.7 Faktor koreksi penyinaran di utara

Utara	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
0	1,04	0,94	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04
5	1,02	0,93	1,03	1,02	1,06	1,03	1,06	1,05	1,01	1,03	0,99	1,02
10	1,00	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	0,01	1,03	1,04	1,22	1,08	1,12	1,08	1,02	1,01	0,95	0,97
20	0,95	0,90	1,03	1,05	1,12	1,11	1,14	1,11	1,02	1,00	0,93	0,94

(Sumber : Bambang Triatmodjo, *Hidrologi Terapan*, Hal: 80)

Tabel 2.8 Faktor koreksi penyinaran di selatan

Selatan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
0	1,04	0,94	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04
5	1,06	0,95	1,04	1,00	1,02	0,99	1,02	1,03	1,00	1,05	1,03	1,06
10	1,08	0,97	1,05	0,99	1,01	0,96	1,00	1,01	1,00	1,06	1,05	1,10
15	1,12	0,98	1,05	0,98	0,98	0,94	0,97	1,00	1,00	1,07	1,07	1,12
20	1,14	1,00	1,05	0,97	0,96	0,91	0,95	0,99	1,00	1,08	1,09	1,15

(Sumber : Bambang Triatmodjo, *Hidrologi Terapan*, Hal: 81)

Tabel 2.9 Tekanan uap jenuh e dalam mmHg

Temp. (° C)	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
10	9,20	9,26	9,33	9,36	9,46	9,52	9,58	9,65	9,71	9,77
11	9,84	9,90	9,97	10,03	10,10	10,17	10,24	10,31	10,38	10,45
12	10,52	10,58	10,66	10,72	10,79	10,86	10,93	11,00	11,08	11,15
13	11,23	11,30	11,38	11,45	11,53	11,60	11,68	11,76	11,83	11,91
14	11,98	12,06	12,14	12,22	12,30	12,38	12,46	12,54	12,62	12,70
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	15,96	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	20,06	20,19	20,31	20,43	20,58	20,69	20,80	20,93
23	21,05	21,19	21,32	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	24,49	24,64	24,79	24,94	25,06
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	27,37	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
30	31,82	32,00	32,19	32,38	32,57	32,76	32,95	33,14	33,33	33,52
31	33,70	33,89	34,08	34,28	34,47	34,66	34,86	35,06	35,26	35,46
32	35,66	35,86	36,07	36,27	36,48	36,68	36,89	37,10	37,31	37,52
33	37,33	37,94	38,16	38,37	38,58	38,80	39,02	39,24	39,46	39,68
34	39,90	40,12	40,34	40,57	40,80	41,02	41,25	41,48	41,71	41,94
35	42,18	42,41	42,64	42,88	43,12	43,36	43,60	43,84	44,08	44,32

(Sumber : E.M Willson, Hidrolika Teknik, 1993)

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 : Iman Subarkah, *Hidrologi Perencanaan Bangunan Air*, 1980)

2.7.5 Pola Tanam

Pola tanam adalah bentuk-bentuk jadwal tanam secara umum yang menyatakan kapan mulai tanam. Dari alternatif yang ada perlu pertimbangan sehingga dapat menghasilkan yang terbaik dalam pelaksanaannya. Adapun aspek yang perlu diperhatikan antara lain :

1. Curah hujan efektif rata – rata
2. Kebutuhan air irigasi
3. Perkolasi tanah didaerah tersebut
4. Koefisien tanaman – tanaman.

Rencana tata tanam pada suatu daerah irigasi erat kaitannya dengan ketersediaan air pada saat itu yang minimal mencukupi untuk pengolahan tanah dan juga tergantung pada kebiasaan penduduk setempat.

1. Kebutuhan Air Irigasi

Analisis kebutuhan air irigasi merupakan salah satu tahap penting yang diperlukan dalam perencanaan dan pengeloaan sistem irigasi. Kebutuhan air tanaman didefinisikan sebagai jumlah air yang dibutuhkan oleh tanaman pada suatu periode untuk dapat tumbuh dan produksi secara normal. Kebutuhan air nyata untuk areal usaha pertanian meliputi evapotranspirasi (ET), sejumlah air yang dibutuhkan untuk pengoperasian secara khusus seperti penyiapan lahan dan penggantian air, serta kehilangan air yang disebabkan rembesan, bocoran, eksploitasi, dan lain-lain.

Besarnya kebutuhan air ini ditetapkan dengan memperhitungkan besarnya kebutuhan air efektif, evaporasi, perkolasi, pengolahan tanah, macam tanah, efisiensi irigasi dan sebagainya.

2. Penyiapan Lahan

Analisis kebutuhan air selama pengolahan lahan dapat menggunakan metode seperti diusulkan oleh Van de Goor dan Zilijstra (Direktorat Perencanaan Teknis- 160) sebagai berikut:

$$IR = M \cdot e^k / e^k - 1$$

$$M = E_o + P$$

$$K = (M \cdot T) / S$$

Dimana :

IR = Kebutuhan air untuk pengolahan lahan (mm/hari)

M = Kebutuhan air untuk mengganti kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasi dan perkolasi di sawah yang sudah dijenuhkan (mm/hari)

E_o = Evaporasi potensial (mm/hari)

P = Perkolasi (mm/hari)

K = konstanta

T = Jangka waktu pengolahan (hari)

S = Kebutuhan air untuk penjenuhan (mm)

e = Bilangan eksponen 2,7182

3. Penggunaan Konsumtif

Menurut Standar Perencanaan Irigasi KP tahun 2010, penggunaan konsumtif air pada tanaman dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$Etc = Kc \cdot Eto$$

Dimana :

Etc = Kebutuhan Konsutif Tanaman, mm/ hari

Kc = Koefisien tanaman

Eto = Evapotranspirasi, mm/hari

4. Penggantian Lapisan Air

Setelah pemupukan perlu dijadwalkan dan mengganti lapisan air menurut kebutuhan. Penggantian diperkirakan sebanyak 2 kali masing – masing 50 mm satu bulan dan dua bulan setelah transplantasi (atau 3,3 mm/hari selama ½ bulan). Kebutuhan air untuk penyiapan lahan dapat ditentukan secara empiris sebesar 250 mm, meliputi kebutuhan untuk penyiapan lahan dan untuk lapisan air awal setelah transpalantasi selesai. Untuk lahan yang sudah tidak ditanami, kebutuhan air untuk penyiapan lahan dapat ditentukan sebesar 30 mm.

5. Perkolasi

Perkolasi adalah masuknya air dari daerah tak jenuh ke dalam daerah jenuh air, pada proses ini air tidak dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Laju perkolasi sangat tergantung pada sifat – sifat tanah. Data – data mengenai perkolasi akan diperoleh dari penelitian kemampuan tanah maka diperlukan penyelidikan kelulusan tanah. Pada tanah lempung berat dengan karakteristik pengolahan laju perkolasi dapat mencapai 1–3 mm/hari. Pada tanah – tanah yang lebih ringan, laju perkolasi bisa lebih tinggi. Untuk menentukan laju perkolasi, perlu diperhitungkan tinggi muka air tanahnya.

Tabel 2.11 Perlokasi per Bulan

Perkolasi (mm/hari)	28 hari	30 hari	31 hari
0	0	0	0
6	168	180	186
5	140	150	155
4	112	120	124
2	56	60	62
0	0	0	0

(Sumber : Standar Perencanaan irigasi KP- 01,2010)

6. Koefisien Tanaman

Harga-harga koefisien tanaman dinyatakan pada tabel berikut :

Tabel 2.12 Koefisien Tanaman Bulanan

Bulan	Nedeco/Prosida		FAO		FAO Palawija
	Varietas biasa	Varietas Unggul	Varietas biasa	Varietas Unggul	
1	1,2	1,2	1,1	1,1	0,5
2	1,2	1,27	1,1	1,1	0,59
3	1,32	1,33	1,1	1,05	0,96
4	1,4	1,3	1,1	1,05	1,05
5	1,35	1,3	1,1	1,05	1,02
6	1,24	0	1,05	0,95	0,95
7	1,12	-	0,95	0	-
8	0	-	0	-	-

(Sumber : Standar Perencanaan irigasi KP- 01,2010)

2.7.6 Dimensi Saluran

Setelah ditetapkannya Pola tanam disuatu daerah maka akan diketahui besarnya kapasitas kebutuhan air maksimum yang akan dialirkan pada suatu saluran untuk kemudian diberikan kepada areal sawah yang membutuhkan. Berdasarkan kebutuhan air inilah maka saluran-saluran dan bangunan-bangunan yang terdapat pada jaringan irigasi harus kita dimensikan. Adapun persamaan

yang kita gunakan untuk mendimensi saluran adalah persamaan Manning Gaukler Strikler.

$$V = k \cdot R^{2/3} \cdot I^{2/3} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$Q = V \cdot A \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana :

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

K = Koefisien kekasaran Manning

A = Luas penampang basah (m²)

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

R = Jari-jari hidrolis (m)

$$= A/P, P = b + 2h \sqrt{1 + m^2}$$

I = Kemiringan saluran

1. Kemiringan Saluran

Ada dua pengertian kemiringan dalam saluran yaitu kemiringan dasar saluran dan kemiringan sisi saluran yang biasa diberi notasi 1 : z, kedua komponen ini merupakan faktor yang menentukan dalam dimensi saluran. Kemiringan sisi saluran bergantung kepada bahan saluran yang dilaluinya. Berikut ini adalah berbagai bahan saluran, yaitu :

Tabel 2.13 Karakteristik tanah sebagai bahan saluran

Karakteristik Tanah	h < 1m	h > 1m
Karang	1 : 0,25	1 : 0,5
Tanah liat	1 : 1	1 : 0,5
Tanah liat lempung dan tanah liat lumpur	1 : 1,5	1 : 2
Tanah liat berpasir atau tanah lumpur berpasir	1 : 2	1 : 3
Pasir, lempung berpasir atau tanah lunak atau tanah organis	1 : 3	1 : 4

(Sumber : Hidrologi Perencanaan Bangunan Air, 1980)

2. 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.

Tabel 2.14 Tipe jagaan berdasarkan jenis saluran dan debit air mengalir

Jenis saluran	Debit air (m ³ /det)	b/h	Jagaan (m)	Lebar Tanggul	
				Tanpa jln inspeksi	Dengan jln inspeksi
Tersier	< 0,5	1	0,30	0,75	-
Sekunder	< 0,5	1 – 2	0,40	1,50	4,50
Saluran utama dan sekunder	0,50 – 1	2,0 – 2,5	0,50	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	2,00	5,50
	10 – 25	6,0 – 7,0	0,75 – 1,0	2,00	5,00

(Sumber : Standar Perencanaan irigasi KP- 03,2010)

Tabel 2.15 Pedoman menentukan dimensi saluran

Debit (m ³ /det)	b : h	Kec.Air untuk tanah lempung biasa	Serong untuk tanah lempung biasa 1 : m	Ket
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	1,5	0,35 – 0,40	1 : 1	
0,40 – 0,50	1,5	0,40 – 0,45	1 : 1	
0,50 – 0,75	2	0,45 – 0,50	1 : 1	
0,75 – 1,50	2	0,50 – 0,55	1 : 1,5	
1,50 – 3,00	2,5	0,55 – 0,60	1 : 1,5	
3,00 – 4,50	3	0,60 – 0,65	1 : 1,5	b min 30 cm
4,50 – 6,00	3,5	0,65 – 0,70	1 : 1,5	
6,00 – 7,50	4	0,70	1 : 1,5	
7,50 – 9,00	4,5	0,70	1 : 1,5	
9,00 – 11,00	5	0,70	1 : 1,5	
11,00 – 15,00	6	0,70	1 : 1,5	
15,00 – 25,00	8	0,70	1 : 2	

(Sumber : Moch. Absor, Bahan Ajar Irigasi I, 2014)

Tabel 2.16 Harga koefisien kekasaran Strickler

No	Debit rencana (m ³ /det)	Koefisien Strickler (k)
1	$Q > 10$	45
2	$5 < Q < 10$	42,5
3	$1 < Q < 5$	40
4	$Q < 1$	35

(Sumber : Moch. Absor, Bahan Ajar Irigasi I, 2014)

2.8 Pembahasan Masalah

2.8.1 Bangunan Pengatur Tinggi Muka Air

1. Pintu Sorong

a. Perencanaan Hidrolis

Rumus debit yang dapat dipakai untuk pintu sorong adalah :

$$Q = K \mu a b \sqrt{2g h_1} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

Q = debit, (m^3/dt)

K = faktor aliran tenggelam (lihat Gambar 3.3)

μ = koefisien debit (lihat Gambar 3.4)

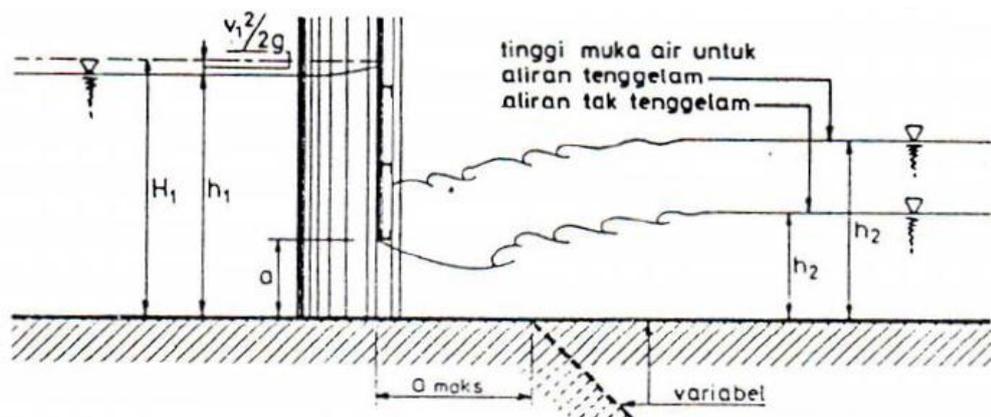
a = bukaan pintu, m

b = lebar pintu, m

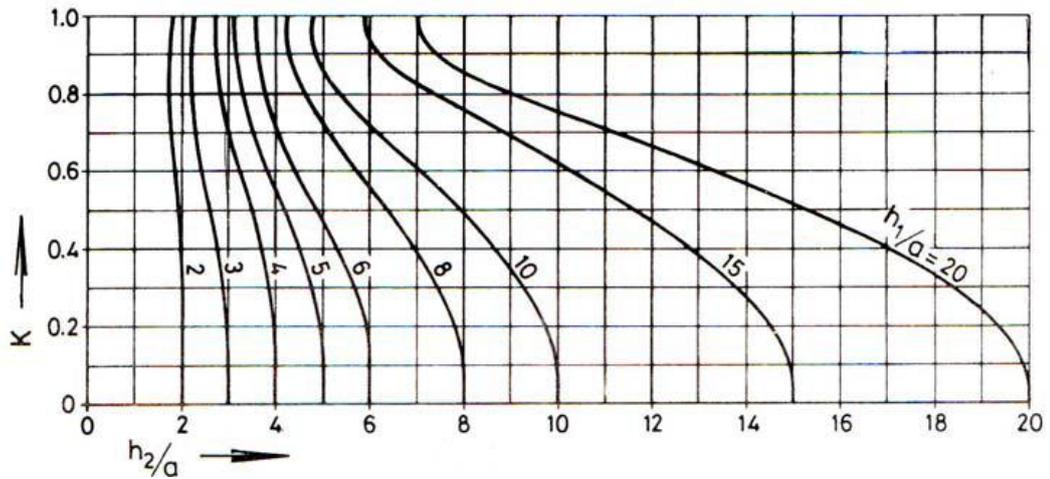
g = percepatan gravitasi, m/dt^2 ($\approx 9,8$)

h_1 = kedalaman air di depan pintu di atas ambang, m.

Lebar standar untuk pintu pembilas bawah (undersluice) adalah 0,50 ; 0,75 ; 1,00 ; 1,25 dan 1,50 m. Kedua ukuran yang terakhir memerlukan dua stang pengangkat.

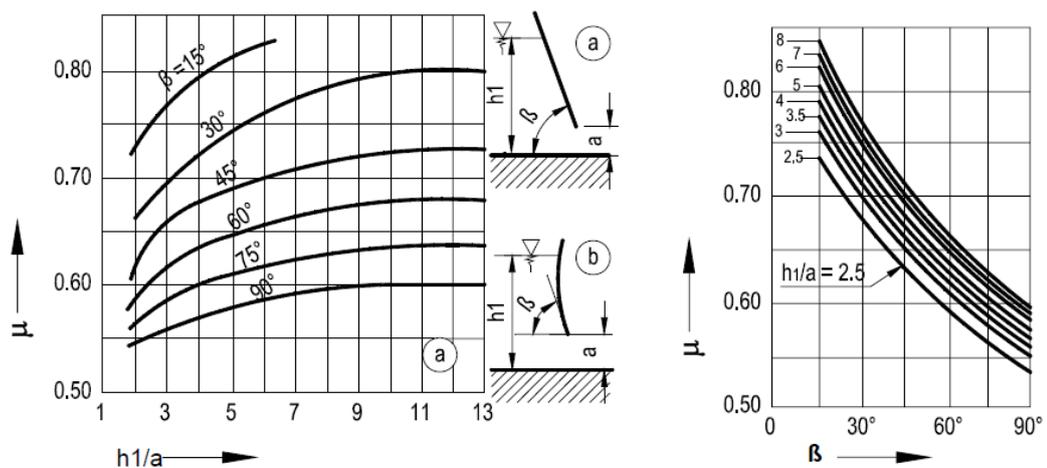


Gambar 2.4 Aliran di bawah pintu sorong dengan dasar horisontal



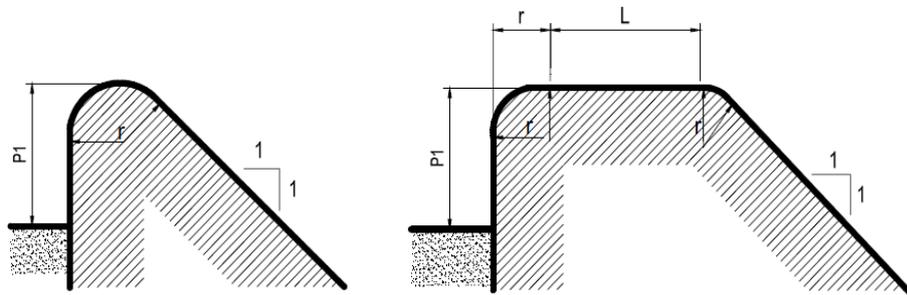
Gambar 2.5 Koefisien K untuk debit tenggelam (dari Schmidt)

- b. Kelebihan-kelebihan yang dimiliki pintu pembilas bawah
- 1) Tinggi muka air hulu dapat dikontrol dengan tepat.
 - 2) Pintu bilas kuat dan sederhana.
 - 3) Sedimen yang diangkut oleh saluran hulu dapat melewati pintu bilas.
- c. Kelemahan-kelemahannya
- 1) Kebanyakan benda-benda hanyut bisa tersangkut di pintu
 - 2) Kecepatan aliran dan muka air hulu dapat dikontrol dengan baik jika aliran moduler



Gambar 2.6 Koefisien debit μ masuk permukaan pintu datar atau lengkung

2. Mercu Tetap



Gambar 2.7 Bentuk-bentuk mercu bangunan pengatur ambang tetap yang lazim dipakai

a. Perencanaan Hidrolis

Ada perbedaan pokok dalam hubungan antara tinggi energi dan debit untuk bangunan pengatur mercu bulat dan bangunan pengatur ambang lebar. Perbedaan itu dapat dijelaskan sebagai berikut :

Bangunan Pengatur Mercu Bulat	Bangunan Pengatur Ambang Lebar
Nilai Banding $H_1/r = 5,0$ $C_d = 1,48$	Nilai Banding $H_1/L = 1,0$ $C_d = 1,03$

Untuk mercu yang dipakai di saluran irigasi, nilai-nilai itu dapat dipakai dalam rumus berikut :

$$Q = C_d \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2}{3} g} b H_1^{1,5} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :

- Q = debit, m³/dt
- C_d = koefisien debit
 - alat ukur ambang lebar C_d = 1,03
 - mercu bulat C_d = 1,48
- g = percepatan gravitas, m/dt² (≈ 9,8)
- b = lebar mercu, m
- H₁ = tinggi air di atas mercu, m

Dengan rumus ini, diandaikan bahwa koefisien kecepatan datang adalah 1,0.

- b. Kelebihan-kelebihan yang dimiliki mercu tetap
 - 1) Karena peralihannya yang bertahap, bangunan pengatur ini tidak banyak mempunyai masalah dengan benda – benda terapung.
 - 2) Bangunan pengatur ini dapat direncana untuk melewatkan sedimen yang terangkut oleh saluran peralihan
 - 3) Bangunan ini kuat, tidak mudah rusak

- c. Kelemahan-kelemahan yang dimiliki mercu tetap
 - 1) Aliran pada bendung menjadi nonmoduler jika nilai banding tenggelam H_2/H_1 melampaui 0,33
 - 2) Hanya kemiringan permukaan hilir 1 : 1 saja yang bisa dipakai
 - 3) Aliran tidak dapat disesuaikan

2.8.2 Bangunan Pengatur Debit

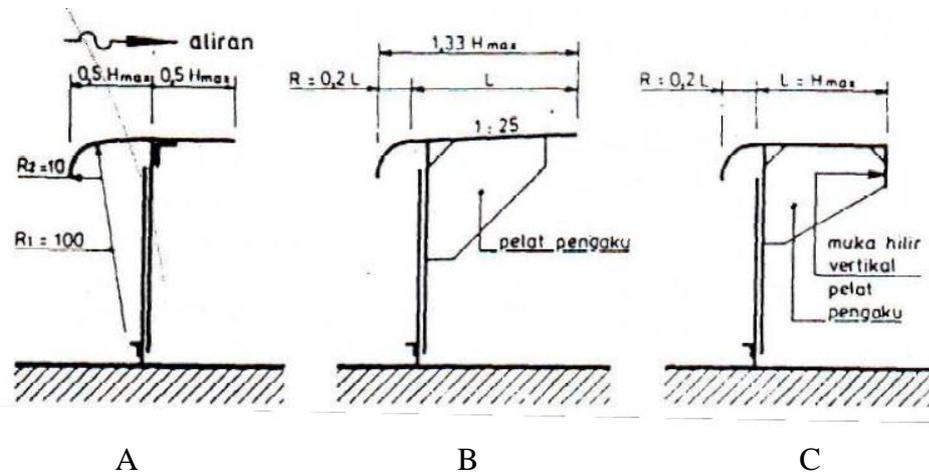
1. Alat Ukur Romijn

Pintu Romijn adalah alat ukur ambang lebar yang bisa digerakkan untuk mengatur dan mengukur debit di dalam jaringan saluran irigasi. Agar dapat bergerak, mercunya dibuat dari pelat baja dan dipasang di atas pintu sorong. Pintu ini dihubungkan dengan alat pengangkat.

a. Tipe-tipe alat ukur Romijn

Sejak pengenalannya pada tahun 1932, pintu Romijn telah dibuat dengan tiga bentuk mercu (Gambar 2.8), yaitu :

- i. Bentuk mercu datar dan lingkaran gabungan untuk peralihan penyempitan hulu (Gambar 2.8A)
- ii. Bentuk mercu miring ke atas 1:25 dan lingkaran tunggal sebagai peralihan penyempitan (Gambar 2.8B)
- iii. Bentuk mercu datar dan lingkaran tunggal sebagai peralihan penyempitan (Gambar 2.8C)



Gambar 2.8 Tipe-tipe Alat Ukur Romijn

b. Perencanaan Hidrolis

$$Q = m b \frac{2}{3} h \sqrt{2 g \frac{1}{3} h} \dots\dots\dots (2.11)$$

Atau

$$Q = 1,71 m b h^{3/2}$$

Dimana :

- Q = debit m^3/dt
- m = koefisien pengaliran (<1)
- g = percepatan gravitasi, m/dt^2 ($\approx 9,8$)
- b = lebar saluran, m
- h = tinggi energi hulu di atas meja, m

c. Dimensi dan Tabel debit standar

Lebar standar untuk alat ukur Romijn adalah 0,50, 0,75, 1,00, 1,25 dan 1,50 m untuk harga – harga lebar standar ini semua pintu, kecuali satu tipe, mempunyai panjang standar mercu 0,50 untuk mercu horisontal dan jari-jari 0,10 m untuk meja berujung bulat. Satu pintu lagi ditambahkan agar sesuai dengan bangunan sadap tersier yang debitnya kurang dari 160 l/dt.

Tabel 2.17 Dimensi Standar Bangunan Ukur Tipe Romijn

Tipe	Lebar (m)	H1 (m)	Debit max (l/det)	Kehilangan Energi	Tinggi meja (m)
I	0,50	0,33	160	0,08	0,48 + V
II	0,50	0,50	300	0,11	0,65 + V
III	0,75	0,50	450	0,11	0,65 + V
IV	1,00	0,50	600	0,11	0,65 + V
V	1,25	0,50	750	0,11	0,65 + V
VI	1,5	0,50	900	0,11	0,65 + V

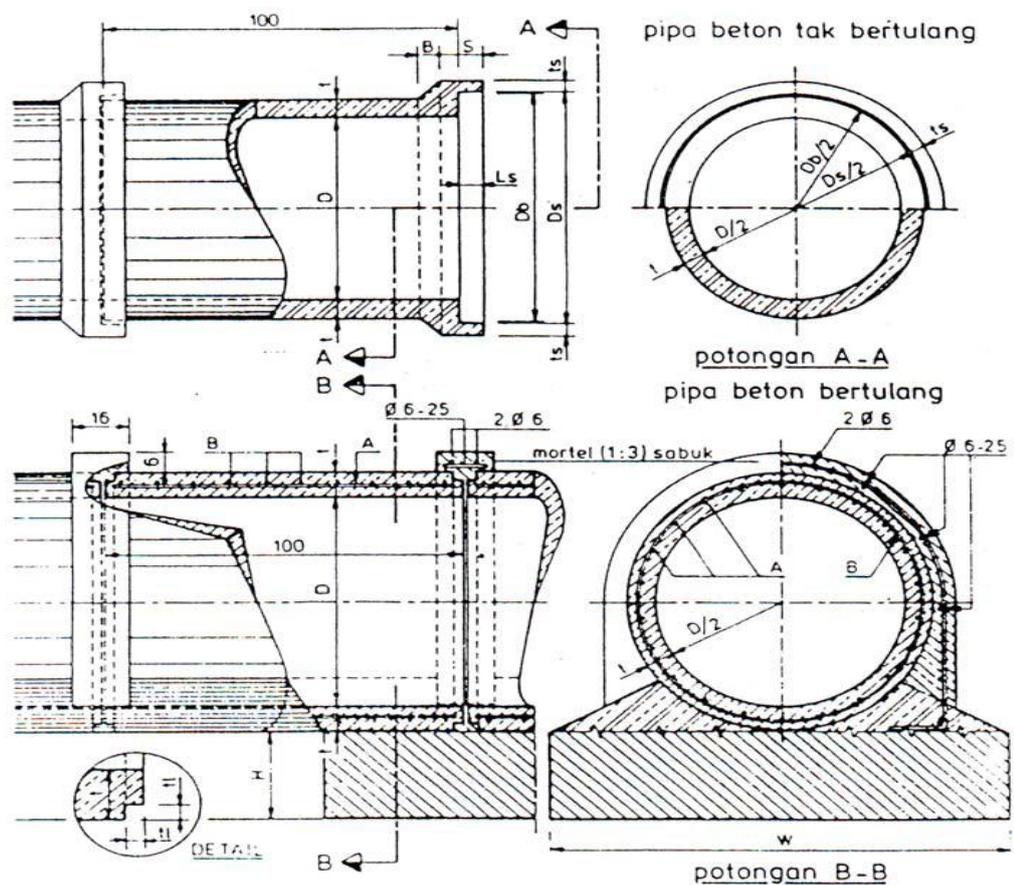
(Sumber :Mawardi, Erman, *Desain Hidraulik Bangunan Irigasi*,2007)

$$V = \text{variant} = 0,18 \times H_{\text{maks}}$$

- d. Kelebihan-kelebihan yang dimiliki alat ukur Romijn
- 1) Bangunan itu bisa mengukur dan mengatur sekaligus
 - 2) Dapat membilas endapan sedimen halus
 - 3) Kehilangan tinggi energi relatif kecil
 - 4) Ketelitian baik
 - 5) Eksploitasi mudah
- e. Kekurangan-kekurangan yang dimiliki alat ukur Romijn
- 1) Pembuatan rumit dan mahal
 - 2) Bangunan itu membutuhkan muka air yang tinggi di saluran
 - 3) Biaya pemeliharaan bangunan itu relatif mahal
 - 4) Bangunan itu dapat disalahgunakan dengan jalan membuka pintu bawah
 - 5) Bangunan itu peka terhadap fluktuasi muka air di saluran pengarah.

2.8.3 Gorong-gorong

Gorong-gorong adalah bangunan yang dipakai untuk membawa aliran air (saluran irigasi atau pembuang) melewati bawah jalan air lainnya (biasanya saluran), bawah jalan, atau jalan kereta api yang berfungsi sebagai saluran terbuka dengan aliran bebas. Dalam perencanaan kecepatan aliran diambil 1,5 m/dt untuk gorong-gorong di saluran irigasi dan 3 m/dt untuk gorong-gorong di saluran pembuang. Dengan diameter minimum pipa yang dipakai di saluran primer adalah 0,60 m. Adapun untuk dimensi-dimensi dan detail khusus untuk pipa beton standar terlihat pada gambar 2.8



ukuran untuk pipa beton standar

ukuran dalam cm
diameter baja dalam mm

D	W	H	t	tl	ts	Ls	Ds	Db	S	B	tulangan	
											A	B
50	100	30	5.5		4	7	64.5	63	12	6		
60	120	30	6.5		4	7	76.5	75	12	6		
70	130	30	8.5	2.5								Ø 10-11.5 10 Ø 6
80	140	35	10	3								Ø 10-10 8 Ø 8
100	180	45	11	3								Ø 10-10 8 Ø 10
125	220	60	12	3								Ø 12-11.5 8 Ø 10

Gambar 2.9 Standar pipa beton

1. Kehilangan tinggi energi untuk gorong-gorong pendek ($L < 20m$)

$$Q = \mu A \sqrt{2gz}$$

dimana :

$$Q = \text{debit, m}^3/\text{dt}$$

$$\mu = \text{koefisien debit}$$

$$A = \text{luas pipa, m}^2$$

$$g = \text{percepatan gravitasi, m/dt}^2 (\approx 9,8)$$

$$z = \text{kehilangan tinggi energi pada gorong – gorong, m}$$

Tabel 2.18 Harga-harga μ dalam gorong-gorong pendek

Tinggi dasar di bangunan sama dengan di saluran		Tinggi dasar di bangunan lebih tinggi dari pada di saluran		
Sisi	M	Ambang	Sisi	μ
Segi empat	0.80	Segi empat	Segi empat	0.72
Bulat	0.90	Bulat	Segi empat	0.76
		Bulat	bulat	0.85

(sumber : Standar Perencanaan Irigasi KP-04, 2010)

2. Kehilangan tinggi energi untuk gorong-gorong panjang ($L > 20m$)

$$\text{Kehilangan masuk : } \Delta H_{\text{masuk}} = \xi_{\text{masuk}} \frac{(V_a - V)^2}{2g}$$

$$\text{Kehilangan akibat gesekan : } \Delta H_f = C_f \frac{V^2}{2g} = \frac{V^2 L}{C^2 R}$$

$$\text{Kehilangan keluar : } \Delta H_{\text{keluar}} = \xi_{\text{keluar}} \frac{(V_a - V)^2}{2g}$$

Dimana :

$$C = kR^{1/6}, \text{ k adalah koefisien kekasaran Strickler (k = 1/n = 70 untuk pipa beton)}$$

$$R = \text{jari – jari hidrolis, m untuk pipa dengan diameter D : } R = \frac{1}{4} D$$

$$L = \text{panjang pipa, m}$$

$$V = \text{kecepatan aliran dalam pipa, m/dt}$$

$$V_a = \text{kecepatan aliran dalam saluran, m/dt}$$

3. Desain Parameter

Parameter-parameter yang digunakan dalam perhitungan struktur gorong-gorong ini disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 2.19 Parameter Desain Gorong-gorong Persegi Empat (*Box Culvert*)

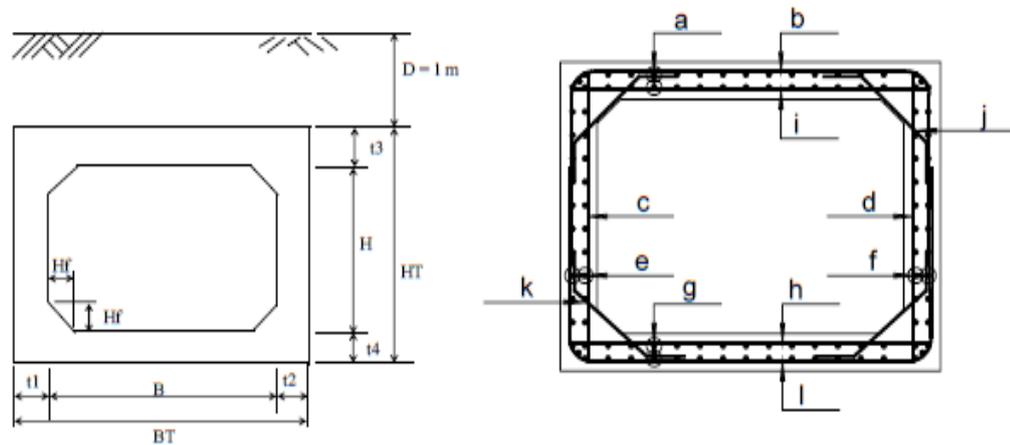
Parameter		Nilai
Berat Jenis	Beton	$\gamma_c = 2,40 \text{ t/m}^3$
	Tanah (kering)	$\gamma_d = 1,70 \text{ t/m}^3$
	Tanah (jenuh)	$\gamma_s = 2,00 \text{ t/m}^3$
Pembebanan	Kelas Jalan	Kelas III (BM 50)
	Beban Roda Tengah	$P = 5 \text{ t}$
	Koefisien kejut (impact coefficient) (kelas jalan I sampai IV)	$I_i = 0,3 \text{ (D < 4,0 m)}$ 0 (D > 4,0 m)
Beton (K 225)	Beban pejalan kaki	$q_p = 0 \text{ t/m}^2$
	Tegangan beton	$\sigma_{ck} = 225 \text{ kgf/m}^2$
	Tegangan tekan ijin beton	$\sigma_{ca} = 75 \text{ kgf/m}^2$
Penulangan (U24, deformed)	Tegangan geser ijin beton	$\tau_a = 6,5 \text{ kgf/m}^2$
	Tegangan tarik ijin baja tulangan	$\sigma_{sa} = 1400 \text{ kgf/m}^2$
Angka ekuivalensi Koefisien tekanan tanah statis	Tegangan leleh baja	$\sigma_{sy} = 3000 \text{ kgf/m}^2$
		$n = 21$ $K_a = 0,5$

(sumber : Standar Perencanaan Irigasi KP-04, 2010)

4. Penulangan

Penulangan gorong-gorong beton bertulang ini dirancang sedemikian rupa agar dapat menampung berbagai variasi lebar perkerasan jalan, sehingga pada prinsipnya panjang gorong-gorong persegi adalah bebas, tetapi pada perhitungan volume dan berat besi tulangan diambil terbatas dengan lebar perkerasan jalan yang umum yaitu 3,5 ; 4,5 ; 6 dan 7 m.

Tabel 2.20 Standar Penulangan Untuk Gorong-gorong Segi Empat Single

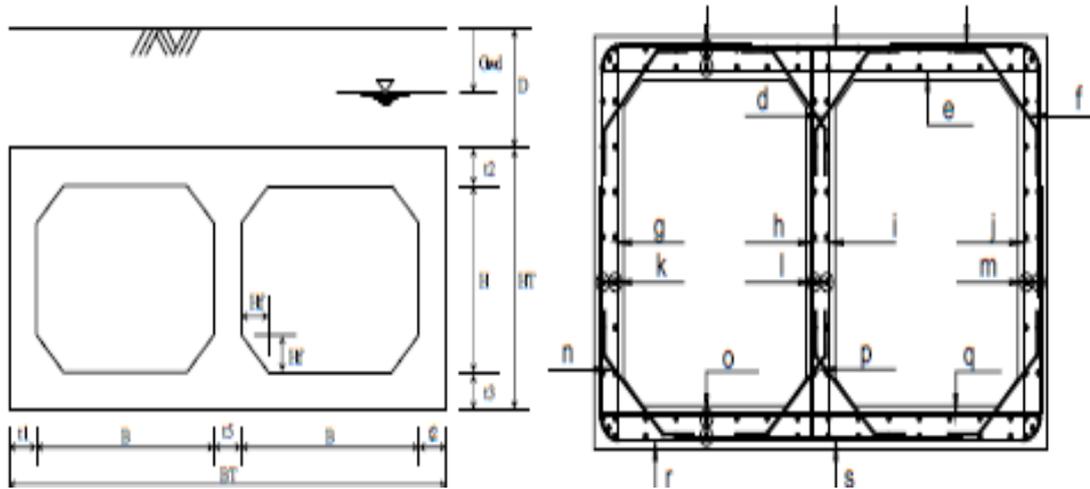


Dimensi Debit (m ³ /dtk)	b = B (m)	BT (m)	H (h + w) (m)	HT (m)	t1 (m)	t2 (m)	t3 (m)	t4 (m)	Hf (m)
0.09 - 0.50	1.0	1.4	1.0	1.40	0.20	0.20	0.20	0.20	0.15
0.50 - 1.00	1.5	1.8	1.4	1.79	0.20	0.20	0.20	0.20	0.15
1.00 - 1.50	2.0	2.5	1.5	1.97	0.24	0.24	0.24	0.24	0.15
1.50 - 2.00	2.5	3.1	1.7	2.21	0.28	0.28	0.28	0.28	0.20

Dimensi Debit (m ³ /dtk)	Tulangan				
	a, e, f, g, k	B	c dan d	h dan i	L
0.09 - 0.50	12@250	12@250	12@250	12@250	12@250
0.50 - 1.00	12@250	12@250	10@250	12@250	12@250
1.00 - 1.50	12@250	12@150	12@250	12@150	12@250
1.50 - 2.00	12@250	12@150	12@250	12@125	12@150

(sumber : Standar Perencanaan Irigasi KP-04, 2010)

Tabel 2.21 Standar Penulangan Untuk Gorong-gorong Segi Empat Type Double



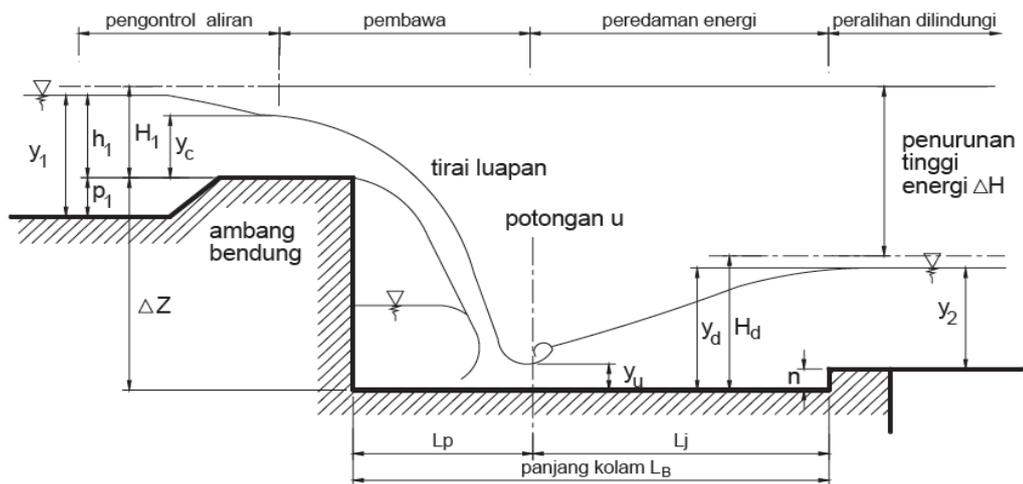
Dimensi Debit (m ³ /dtk)	b _{sal}	BT (m)	H (h + w) (m)	HT (m)	t1 (m)	t2 (m)	t3 (m)	t4 (m)	Hf (m)
2.00 – 3.00	1.0	1.4	1.0	1.40	0.20	0.20	0.20	0.20	0.15
3.00 – 4.00	1.5	1.8	1.4	1.79	0.20	0.20	0.20	0.20	0.15
4.00 – 5.00	2.0	2.5	1.5	1.97	0.24	0.24	0.24	0.24	0.15
5.00 – 6.00	2.5	3.1	1.7	2.21	0.28	0.28	0.28	0.28	0.20

Dimensi Debit (m ³ /dtk)	Tulangan							
	a, d, f, h, i, k, l, m, o, p	b	c, e, q	g	I	n	r	S
2.00 – 3.00	12@250	12@150	12@250	12@250	12@250	10@250	12@150	12@150
3.00 – 4.00	12@250	16@125	16@250	12@250	12@250	12@250	16@150	16@150
4.00 – 5.00	12@250	19@150	16@150	16@150	16@150	12@250	16@150	19@150
5.00 – 6.00	12@250	19@125	16@150	16@125	16@125	12@250	16@125	19@125

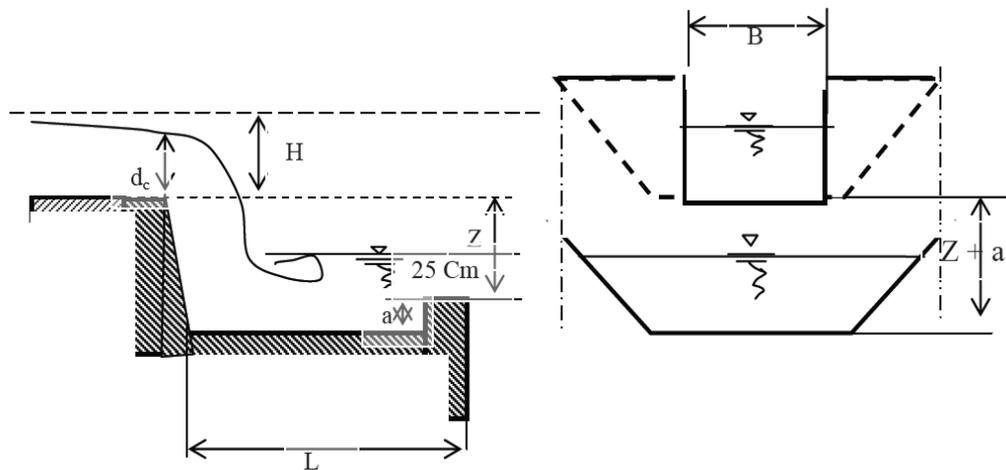
(sumber : Standar Perencanaan Irigasi KP-04, 2010)

2.8.4 Bangunan Terjun

Bangunan terjun atau got miring diperlukan jika kemiringan permukaan tanah lebih curam daripada kemiringan maksimum saluran yang diizinkan.



Gambar 2.10 Ilustrasi peristilahan yang berhubungan dengan bangunan peredam energi



Gambar 2.10 a Ilustrasi peristilahan yang berhubungan dengan lebar efektif dan ruang olak di Bangunan terjun lurus

Perhitungan hidrolis dari gambar 2.4 a

- a. Lebar bukaan efektif B

$$B = \frac{Q}{1,71 \text{ m } H^{3/2}}$$

$$H = h_1 + V_1/2g$$

Dimana :

B = Lebar bukaan efektif (m)

Q = Debit aliran (m^3/dt)

m = Koefisien aliran = 1

H = Tinggi garis energi di hulu (m)

h_1 = Tinggi muka air di hulu (m)

V_1 = Kecepatan aliran saluran di hulu (m/dt)

b. Tinggi ambang di hilir a

$$a = \frac{1}{2} d_c$$

$$d_c = Q^2 / (g B^2)^{1/3}$$

Dimana :

a = tinggi ambang di hilir (m)

d_c = kedalaman air kritis (m)

Q = koefisien aliran = 1

B = lebar bukaan efektif (m)

c. Panjang olakan L

$$L = C_1 Z d_c + 0,25$$

$$C_1 = 2,5 + 1,1 (d_c / Z) + 0,7 (d_c / Z)^3$$

Dimana :

L = tinggi kolam olakan (m)

Z = tinggi terjun (m)

1. Bangunan terjun tegak

Menurut Perencanaan Teknis Direktorat Irigasi (1980) tinggi terjun tegak dibatasi sebagai berikut :

a. Tinggi terjun maksimum 1,50 meter untuk $Q < 2,50 m^3 / dt$.

b. Tinggi terjun maksimum 0,75 meter untuk $Q > 2,50 m^3 / dt$

Perencanaan hidrolis bangunan dipengaruhi oleh besaran-besaran berikut :

H_1 = tinggi energi di muka ambang, m

ΔH = perubahan tinggi energi pada bangunan, m

H_d = tinggi energi hilir pada kolam olak, m

q = debit per satuan lebar ambang, m^2/dt

g = percepatan gravitas, m/dt^2 ($\approx 9,8$)

n = tinggi ambang pada ujung kolam olak, m

Besaran-besaran ini dapat digabungkan untuk membuat perkiraan awal tinggi bangunan terjun :

$$\Delta Z = (\Delta H + H_d) - H_1$$

Untuk perkiraan awal H_d , boleh diandaikan, bahwa $H_d \approx 1,67 H_1$

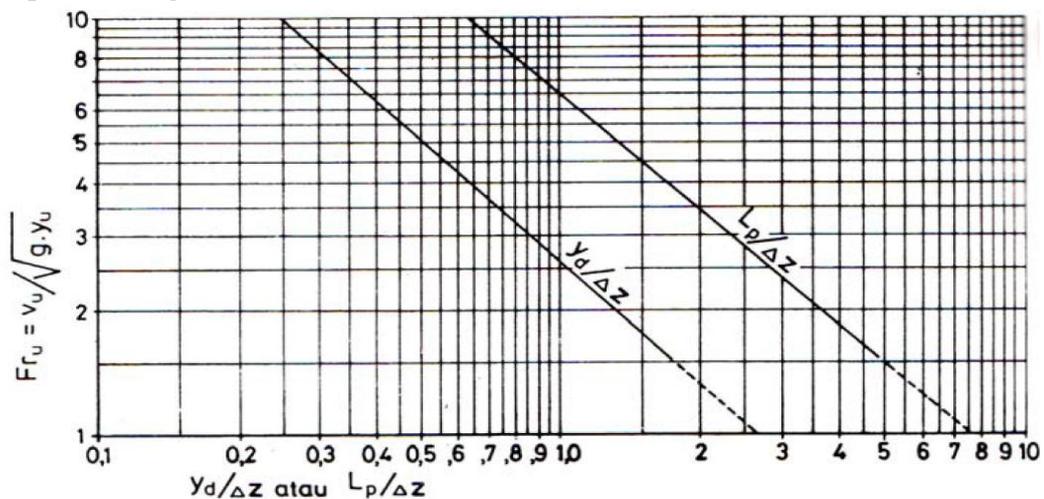
Kemudian kecepatan aliran pada potongan U dapat diperkirakan dengan

$$v_u = \sqrt{2 g \Delta Z} \quad \text{dan selanjutnya } y_u = q/v_u$$

Aliran pada potongan U kemudian dapat dibedakan sifatnya dengan bilangan Froude tak berimensi :

$$Fr_u = \frac{v_u}{\sqrt{g y_u}}$$

Geometri bangunan terjun tegak dengan perbandingan panjang $y_d / \Delta z$ dan $L_p / \Delta z$ dapat dihitung dari Gambar 2.7.



Gambar 2.11 Grafik tak berdimensi dari geometri bangunan terjun tegak (Bos, Replogle and Clemmens, 1984)

2.9 Manajemen Proyek

Manajemen dapat diartikan sebagai kemampuan untuk memperoleh suatu hasil dalam rangka untuk mencapai suatu tujuan melalui suatu kegiatan sekelompok orang. Menurut H.Kurzner (1982), Manajemen Proyek adalah merencanakan, mengorganisasikan, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk sasaran yang telah ditentukan.

2.9.1 Rencana Kerja dan Syarat – Syarat

Rencana Kerja dan Syarat-Syarat (RKS) adalah dokumen yang berisikan nama proyek berikut penjelasan beberapa jenis, besar dan lokasinya, tata cara pelaksanaan, syarat-syarat pekerjaan, syarat mutu pekerjaan dan keterangan-keterangan lain yang hanya dapat dijelaskan dalam bentuk tulisan. RKS biasanya diberikan bersamaan dengan gambar yang menjelaskan mengenai proyek yang akan dilaksanakan.

1. Syarat-syarat Umum

Syarat-syarat umum meliputi :

- a. Keterangan pemberian tugas.
- b. Keterangan mengenai perencanaan.
- c. Syarat – syarat peserta lelang.
- d. Bentuk surat penawaran dan cara penyimpanan.

2. Syarat-syarat administrasi

Syarat-syarat administrasi meliputi :

- a. Syarat pembayaran
- b. Tanggal penyerahan pekerjaan/ barang
- c. Denda atas keterlambatan
- d. Besarnya jaminan penawaran
- e. Besarnya jaminan pelaksanaan.

3. Syarat-syarat Spesifikasi

2.9.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut. Rencana Anggaran Biaya pada bangunan atau proyek yang sama akan berbeda-beda di masing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah kerja.

Dalam menyusun rencana anggaran biaya dapat dilakukan dengan 2 cara sebagai berikut :

1. Rencana anggaran biaya kasar (Taksiran)

Sebagai pedoman dalam menyusun rencana anggaran biaya kasar digunakan harga satuan tiap persegi (m^2) luas lantai. Rencana anggaran biaya kasar dipakai sebagai pedoman terhadap rencana anggaran biaya yang dihitung secara teliti. Walaupun rencana anggaran biaya kasar, namun harga satuan tiap m^2 tidak terlalu jauh berbeda dengan harga yang digitung secara teliti.

2. Rencana anggaran biaya teliti

Rencana anggaran biaya teliti adalah anggaran biaya bangunan atau proyek yang dihitung dengan teliti dan cermat, sesuai dengan ketentuan dan syarat – syarat penyusunan anggaran biaya.

Sedangkan penyusunan anggaran biaya bangunan atau proyek yang dihitung dengan teliti, didasarkan atau didukung oleh :

- a. Rencana kerja dan syarat- syarat
- b. Gambar
- c. Harga satuan dan upah.

2.9.3 Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan adalah menguraikan secara rinci besar atau volume suatu pekerjaan. Dalam menghitung besar volume masing-masing pekerjaan harus sesuai dengan gambar yang sudah ada.

2.9.4 Rencana Lapangan

Rencana lapangan adalah suatu rencana perletakkan bangunan pembantu atau darurat yang diperlukan sebagai sarana pendukung untuk melaksanakan pekerjaan tergantung besar kecilnya proyek. Rencana perletakkan itu sendiri adalah bangunan-bangunan pembantu atau sementara misalnya direksi keet, gudang, pagar keliling, bengkel, pos keamanan dan sebagainya.

Tujuan pokok dalam perencanaan *site plan / site installation* adalah mengatur letak bangunan - bangunan fasilitas dan sarana pada proyek sedemikian rupa, sehingga pelaksanaan pekerjaan konstruksi dapat berjalan dengan efisien, efektif, lancar, dan aman.

2.9.5 Rencana Kerja (*Time Schedule*)

Rencana kerja adalah suatu pembagian waktu terperinci yang disediakan masing-masing bagian pekerjaan mulai dari bagian-bagian pekerjaan permulaan sampai dengan bagian-bagian pekerjaan akhir. Adapun tujuan dari rencana kerja adalah sebagai evaluasi dan melihat batas waktu serta melihat pekerjaan apakah lebih cepat, lama atau tepat waktu. Jenis-jenis rencana kerja adalah sebagai berikut :

1. Diagram Balok / Bar Chart

Bar Chart adalah diagram alur pelaksanaan pekerjaan yang dibuat untuk menentukan waktu penyelesaian pekerjaan yang dibutuhkan. Barchart disusun dalam kolom arah vertikal dan arah horizontal.

Data yang diperlukan dalam membuat Bar Chart adalah :

- a. Proyek yang akan dilaksanakan
- b. Daftar semua kegiatan yang akan dikerjakan untuk menyelesaikan proyek.
- c. Hubungan antara masing – masing pekerjaan.

2. Kurva S

Kurva S adalah kurva yang menggambarkan kumulatif progress pekerjaan. Dari kurva S dapat diketahui presentase (%) pekerjaan yang harus dicapai pada waktu tertentu. Untuk menentukan bobot tiap pekerjaan harus dihitung terlebih dahulu volume pekerjaan dan biayanya, serta biaya nominal dari seluruh pekerjaan tersebut. Kurva S ini sangat efektif untuk mengevaluasi dan mengendalikan waktu dan biaya proyek.

Penampilan varian kurva S ditampilkan dalam bentuk grafis. Dalam penggambaran Kurva S terdiri dari dua sumbu, sumbu vertikal, menunjukkan nilai kumulatif biaya atau penyelesaian pekerjaan sedangkan sumbu horizontal menunjukkan waktu kalender. Kurva S juga mampu memperlihatkan kemajuan proyek dalam tampilan yang mudah dipahami.

3. *Network Planning/NWP*

Network Panning adalah salah satu model yang digunakan dalam menyelenggarakan proyek. Menurut Soetomo Kajatmo *Network Planinng* merupakan sebuah alat manajemen yang memungkinkan dapat lebih luas dan lengkapnya perencanaan dan pengawasan suatu proyek. Adapun definisi proyek itu sendiri adalah suatu rangkaian kegiatan-kegiatan yang mempunyai saat permulaan dan yang harus dilaksanakan serta diselesaikan untuk mendapatkan tujuan tertentu.

4. CPM (*Critical Path Method*)

CPM (*Critical Path Method*) adalah salah satu metode yang digunakan untuk merencanakan dan mengendalikan waktu proyek. Diagram jaring sering disebut diagram panah, karena kegiatan/aktifitas dalam jaringan dinyatakan dengan panah, digambar dengan simbol-simbol tertentu.