

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Teori Umum**

##### **2.1.1 Pengertian Irigasi**

Irigasi merupakan suatu ilmu yang memanfaatkan air untuk tanaman mulai dari tumbuh sampai masa panen. Air tersebut diambil dari sumbernya, dibawa melalui saluran, dibagikan kepada tanaman yang memerlukan secara teratur, dan setelah air tersebut terpakai, kemudian dibuang melalui saluran pembuang menuju sungai kembali. Irigasi merupakan salah satu faktor penting dalam produksi bahan pangan. Sistem irigasi dapat diartikan sebagai satu kesatuan yang tersusun dari berbagai komponen, menyangkut upaya penyediaan, pembagian, pengelolaan, dan pengaturan air dalam rangka meningkatkan produksi pertanian. (Sudjarwadi,1990).

Berdasarkan PP No. 23 tahun 1982 tentang irigasi, irigasi adalah usaha penyediaan dan pengaturan air untuk menunjang pertanian. Sedangkan jaringan irigasi adalah saluran dan pembuangan yang merupakan satu kesatuan dan diperlukan untuk pengaturan air irigasi mulai dari penyediaan, pengambilan, pembagian, pemberian dan penggunaannya.

##### **2.1.2 Tujuan Irigasi**

###### **2.1.2.1 Membasahi Tanah**

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

#### 2.1.2.2 Merabuk/Memupuk

Merabuk adalah suatu proses pemberian air yang bertujuan untuk membasahi dan memberikan zat-zat yang berguna bagi tanaman itu sendiri. Unsur-unsur yang diperlukan agar tanaman dapat tumbuh dengan baik adalah : C, O, H, N, P, K, Mg, Ca, S dan Fe yang keseluruhannya dapat diperoleh dari dalam tanah maupun dari air dan udara. Jadi, membasahi membasahi tanaman dengan air hujan saja tidak cukup karena air hujan kurang memiliki zat-zat yang diperlukan untuk tanaman dibandingkan dengan air sungai.

#### 2.1.2.3 Mengatur Suhu Tanah

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

#### 2.1.2.4 Membersihkan Tanah/Memberantas Hama

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

#### 2.1.2.5 Kolmatase

Kolmatase adalah suatu proses pengairan dengan maksud memperbaiki / meninggikan permukaan tanah dengan jalan mengalirkan air yang mengandung lumpur dengan kecepatan yang telah diatur, agar lumpur yang terkandung di dalamnya tidak mengendap di dalam saluran pembawa melainkan hanyut jatuh dan mengendap ditempat yang kita inginkan. Tanah rendah atau rawa-rawa yang mendapatkan air yang mengandung lumpur lama kelamaan akan menjadi tinggi dan kemudian akan dijadikan lahan pertanian.

#### 2.1.2.6 Menambah Persediaan Air Tanah

Irigasi dengan tujuan ini bermaksud untuk menambah persediaan air tanah untuk keperluan sehari-hari. Biasanya dilakukan dengan menambah air di suatu tempat (waduk), sehingga memberikan kesempatan kepada air tersebut untuk meresap ke dalam tanah yang pada akhirnya dimanfaatkan oleh yang memerlukannya.

#### 2.1.3 Jenis-jenis Irigasi

Telah dijelaskan sebelumnya bahwa irigasi merupakan suatu tindakan memindahkan air dari sumbernya ke lahan-lahan pertanian, adapun pemberiannya dapat dilakukan secara gravitasi atau dengan bantuan pompa air. Ditinjau berdasarkan pemberian airnya, irigasi dapat di bedakan menjadi 5 (lima) jenis, yaitu :

1. Irigasi Gravitasi (*Gravitational Irrigation*)
2. Irigasi Bawah Tanah (*Sub Surface Irrigation*)
3. Irigasi Siraman (*Sprinkler Irrigation*)
4. Irigasi Tetesan (*Trickler Irrigation*)
5. Irigasi yang ditinjau dari cara pengaturan dan pengukurannya

Penentuan cara yang akan dipergunakan sangat bergantung kepada kondisi daerah, sumber air, dan tinjauan akan untung ruginya.

##### 2.1.3.1 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

Irigasi Genangan Liar adalah irigasi yang memanfaatkan genangan liar yang terdapat disekitar sungai dengan sedikit bangunan air atau tidak sama sekali. Yang termasuk dalam irigasi genangan liar antara lain :

a. Irigasi Tanah Lebak (Menggenang tidak disengaja)

Pengairan irigasi tanah lebak terjadi jika pada suatu daerah di musim penghujan air sungainya meluap dan merendam tanah-tanah rendah di sepanjang sungai, dan keadaan ini terjadi di setiap tahun pada waktu-waktu tertentu dan kemudian peristiwa ini dimanfaatkan untuk kegunaan pertanian.

b. Irigasi Banjir

Irigasi ini adalah irigasi yang memanfaatkan air banjir yang dibiarkan masuk ke lahan dan kemudian pintu ditutup pada saat air mulai surut.

c. Irigasi Pasang-Surut

Irigasi ini adalah irigasi yang memanfaatkan pasang-surut air laut. Dengan menggunakan dorongan air pasang diharapkan air yang berada dibagian atas yang masih tawar dapat mensuplai lahan yang ada disekitarnya, sedangkan pada saat surut terjadi proses drainase.

2. Irigasi Genangan dari Saluran

Pada irigasi dengan cara ini pemberian airnya dapat dikendalikan demikian juga halnya dengan pembuangannya. Jenis irigasi ini terdiri dari:

a. Irigasi Genangan

Irigasi ini adalah pengairan dengan cara membendung sungai supaya airnya meluap dan menggenang tanah yang akan ditanami. Agar airnya tidak mengalir secara terus menerus ketempat yang lebih rendah, maka dibuatlah gili-gili dan dibuat saluran-saluran pembawa dan anak-anak saluran agar pemberian air dapat dilakukan secara merata. Untuk menghindari terjadinya pembusukan pada tanah yang diakibatkan oleh air yang telah terpakai (digenang), maka dibuat penggenangan dengan air yang secara terus menerus mengalir dengan cara membuat lubang-lubang pengaliran.

b. Irigasi Petak Jalur (*Border Strip Irrigation*)

Irigasi ini adalah pengairan dengan cara membuat alur-alur peniris, yakni alur-alur kecil dimana air itu mengalir keluar dengan meluap melalui dinding saluran yang letaknya lebih tinggi dan mengalir secara terus-menerus dengan selapis aliran yang tipis. Agar zat-zat yang terkandung dalam air dapat mengendap, maka kemiringan medan kendaknya diatur kurang dari 10%, tetapi untuk tanah hasil timbunan diambil kemiringan diatas 5%. Karena tanah tersebut masih menghisap air dan dapat menimbulkan lembab bila air tidak segera mengalir.

c. Irigasi Kotak (*Bassin Irrigation*)

Irigasi dengan cara ini adalah dengan membuat saluran-saluran kecil yang dialirkan disekeliling tanaman yang membutuhkannya. Dan jika air telah mencukupi maka pintu airnya ditutup.

3. Irigasi Alur dan Gelombang

Irigasi ini cocok untuk daerah yang datar, banyaknya alur sangat bergantung pada jenis tanah, jenis tanaman, dan kemiringan tanah. Dalam operasionalnya kecepatan diatur agar tidak terlalu besar untuk menghindari penggerusan tanah.

2.1.3.2 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.

### 2.1.3.3 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 pengaliran cara ini tidak diperlukan permukaan tanah yang rata, juga dengan pengaliran ini dapat mengurangi kehilangan air di saluran karena air dikirim melalui saluran tertutup. Pemberian air dengan cara ini baik digunakan untuk tanah yang bergelombang dan kemiringan lereng melintang curam, sehingga dikhawatirkan terjadi erosi seandainya dilakukan melalui saluran terbuka.

### 2.1.3.4 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.

Keuntungan irigasi ini yaitu :

1. Hampir tidak terjadi kehilangan air, karena air langsung menetes pada pohon.
2. Air dapat dicampur dengan pupuk.
3. Peptisida tidak tercuci.
4. Tidak ada aliran permukaan.
5. Pembagian air merata dan terkontrol.

### 2.1.3.5 Irigasi yang ditinjau dari cara pengaturan dan pengukurannya

Berdasarkan cara pengaturan dan pengukurannya, irigasi dibagi menjadi 3 (tiga) yaitu :

#### 1. Jaringan Irigasi Sederhana

Didalam proyek-proyek sederhana, pembagian air tidak diukur atau diatur, air akan lebih mengalir ke selokan pembuang. Para pemakai air tergantung pada satu kelompok yang sama dan tidak diperlukan

keterlibatan pemerintah didalam organisasi jaringan semacam ini. Persediaan air biasanya melimpah dan kemiringan berkisar antara sedang sampai curam. Oleh karena itu, hampir-hampir tidak diperlukan taktik yang sulit untuk pembagian air.

Jaringan irigasi yang sederhana itu mudah di organisasi tetapi tetap memiliki kelemahan-kelemahan yang serius. Pertama yaitu ada pemborosan air karena pada umumnya jaringan ini terletak di daerah yang tinggi, air yang terbuang itu tidak selalu mencapai daerah rendah yang lebih subur. Kedua, yaitu terdapat banyak penyadapan yang memerlukan lebih banyak biaya lagi dari penduduk karena setiap desa membuat jaringan dan pengambilannya dilakukan secara sendiri-sendiri. Karena bangunan pengelaknya bukan bangunan tetap / permanen, maka umurnya kemungkinan besar pendek.

## 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 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.

## 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.

Petak tersier menduduki fungsi sentral dalam jaringan irigasi teknis. Sebuah petak tersier terdiri dari sejumlah sawah dengan luas keseluruhan yang umumnya berkisar antara 50 – 100 Ha, kadang-kadang sampai 150 Ha. Petak tersier menerima air disuatu tempat dalam jumlah yang sudah diukur dari suatu jaringan pembawa yang sudah diatur oleh dinas pengairan, kemudian pembagian air dalam petak tersier diserahkan kepada petani. Jaringan saluran tersier dan kuarter mengalirkan air ke sawah, kelebihan air ditampung didalam suatu jaringan saluran pembuang tersier dan kuarter , kemudian dialirkan ke jaringan pembuang primer.

Jaringan irigasi teknis yang didasarkan pada prinsip-prinsip diatas adalah cara pembagian air yang paling efisien dengan mempertimbangkan waktu merosotnya persediaan air serta kebutuhan-kebutuhan pertanian. Jaringan teknis memungkinkan dilakukannya pengukuran aliran, pembagian air irigasi, dan pembuangan air irigasi. Jika petak tersier hanya memperoleh air oada satu tempat saja dari jaringan (pembawa) utama. Hal ini akan memerlukan jumlah bangunan yang lebih sedikit di saluran primer, eksploitasi yang lebih baik dan pemeliharaan yang lebih murah dibandingkan apabila setiap petani diizinkan untuk mengambil sendiri air dari jaringan pembawa. Kesalahan dalam pengolahan air di petak-petak tersier juga tidak akan mempengaruhi pembagian air di jaringan pembawa.

Dalam kasus ini, dibuat sistem gabungan (fungsi saluran irigasi dan pembuang digabungkan). Walaupun jaringan ini memiliki keuntungan-keuntungan sendiri, tetapi juga memiliki kelemahan-kelemahan yang amat serius. Keuntungan yang dapat diperoleh dari jaringan gabungan semacam ini adalah pemanfaatan air yang lebih ekonomis dan biaya pembuatan saluran yang lebih kecil. Sedangkan kelemahannya adalah jaringan ini lebih sulit diatur dan dieksplorasi , lebih cepat rusak dan menampakkan pembagian air yang tidak merata. Bangunan-bangunan tertentu di dalam jaringan tersebut akan memiliki sifat-sifat seperti bendung yang relatif

mahal. (Standar perencanaan irigasi, KP-01, 1986, Direktorat jendral Pengairan DPU).

## **2.2 Jaringan Irigasi**

### **2.2.1 Petak Tersier**

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. Dalam petak tersier pembagian air, eksploitasi, dan pemeliharaan menjadi tanggung jawab para petani yang bersangkutan di bawah bimbingan pemerintah. Petak tersier sebaiknya mempunyai batas – batas lainnya. Ukuran petak tersier berpengaruh terhadap efisiensi pemberian air. Beberapa faktor lainnya yang berpengaruh terhadap efisiensi pemberian air. Beberapa faktor lainnya yang berpengaruh dalam penentuan luas petak tersier antara lain jumlah petani, topografi, dan jenis tanaman.

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. Luas petak tersier sangat tergantung bentuk lapangan dengan luas dengan luas maksimum 150 Ha. Petak tersier harus sedapat mungkin kelihatan bebas dan jarak yang terjauh dari bangunan sadap tidak lebih dari 3 km.

### **2.2.2 Petak Sekunder**

Menurut Direktorat Jendral Pengairan (1986) petak sekunder terdiri dari beberapa petak teriser yang semuanya dilayani oleh satu saluran sekunder. Biasanya petak sekunder menerima air dari bangunan bagi yang terletak di saluran primer atau sekunder. Batas – batas petak sekunder pada umumnya berupa tanda topografi yang jelas misalnya saluran drainase (saluran pembuang). Luas petak sekunder dapat berbeda – beda tergantung pada kondisi topografi daerah yang bersangkutan. Saluran sekunder pada umunya terletak pada punggung mengairi

daerah di sisi kanan dan kiri saluran tersebut sampai saluran drainase yang membatasinya. Saluran sekunder juga dapat direncanakan sebagai saluran garis tinggi yang mengalir lereng medan yang rendah.

### 2.2.3 Petak Primer

Petak primer merupakan kumpulan - kumpulan petak – petak sekunder yang menerima air dari satu saluran induk (utama). Daerah sepanjang petak primer sering tidak dapat dilayani dengan mudah dengan menyadap air dari saluran sekunder. Apabila saluran primer melewati sepanjang garis tinggi, daerah saluran primer yang berdekatan harus dilayani langsung. (Standar Perencanaan Irigasi KP 01, 2010)

## 2.3 Bangunan

### 2.3.1 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 kepada perencanaannya. Berikut ini akan dijelaskan beberapa kategori :

#### 2.3.1.1 Bendung, 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 diairi (*command area*) Bendung gerak adalah bangunan yang dilengkapi dengan pintu yang dapat dibuka untuk mengalirkan air pada waktu

terjadi banjir besar dan ditutup apabila aliran kecil. Di Indonesia, bendung adalah bangunan yang paling umum dipakai untuk membelokkan air sungai untuk keperluan irigasi.

#### 2.3.1.2 Bendung Karet

Bendung karet memiliki dua bagian pokok yaitu tubuh bendung yang terbuat dari karet dan pondasi beton berbentuk plat beton sebagai dudukan tabung karet serta dilengkapi satu ruang kontrol dengan beberapa perlengkapan (mesin) untuk mengontrol mengembang dan mengempisnya tabung karet. Bendung berfungsi meninggikan muka air dengan cara mengembungkan tubuh bendung dan menurunkan muka air dengan cara mengempiskan tubuh bendung yang terbuat dari tabung karet dapat diisi dengan udara atau air. Proses pengisian udara atau air dari pompa udara atau air dilengkapi dengan instrumen pengontrol udara atau air (manometer).

#### 2.3.1.3 Pengambilan Bebas

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

#### 2.3.1.4 Pengambilan dari Waduk

Waduk (*reservoir*) digunakan untuk menampung air irigasi pada waktu terjadi surplus air di sungai 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 dsb. Waduk yang berukuran lebih kecil hanya dipakai untuk keperluan irigasi

#### 2.3.1.5 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 eksploitasinya mahal.

#### 2.3.2 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.

#### 2.3.3 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 2.1

**Tabel 2.1 Alat-alat ukur**

<b>Tipe</b>	<b>Mengukur dengan</b>	<b>Mengatur</b>
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

### **2.3.4 Bangunan Pengatur Muka Air**

Bangunan-bangunan pengatur muka air mengatur/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*).

### **2.3.5 Bangunan Pembawa**

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

#### **2.3.5.1 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).

#### 1. 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.

#### 2. 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.

### 2.3.5.2 Bangunan Pembawa Dengan Aliran Subkritis (Bangunan Silang)

#### 1. 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.

#### 2. 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.

#### 3. Sipon

Sipon dipakai untuk mengalirkan air irigasi dengan menggunakan gravitasi di bawah saluran pembuang, cekungan, anak sungai atau sungai. Sipon juga dipakai untuk melewati air di bawah jalan, jalan kereta api, atau bangunan-bangunan yang lain. Sipon merupakan saluran tertutup yang direncanakan untuk mengalirkan air secara penuh dan sangat dipengaruhi oleh tinggi tekan.

#### 4. Jembatan sipon

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

#### 5. 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.

#### 2.3.5.3 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.

#### 2.3.5.4 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.

### **2.3.6 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.

#### **2.3.6.1 Bangunan Pembuang Silang**

Gorong-gorong adalah bangunan pembuang silang yang paling umum digunakan sebagai lindungan-luar; lihat juga pasal mengenai bangunan pembawa. Sipun dipakai jika saluran irigasi kecil melintas saluran pembuang yang besar. Dalam hal ini, biasanya lebih aman dan ekonomis untuk membawa air irigasi dengan sipon lewat di bawah saluran pembuang tersebut.

#### **2.3.6.2 Pelimpah (*Spillway*)**

Ada tiga tipe lindungan-dalam yang umum dipakai, yaitu saluran pelimpah, sipon pelimpah dan pintu pelimpah otomatis. Pengatur pelimpah diperlukan tepat di hulu bangunan bagi, di ujung hilir saluran primer atau sekunder dan di tempat-tempat lain yang dianggap perlu demi keamanan jaringan. Bangunan pelimpah bekerja otomatis dengan naiknya muka air.

#### **2.3.6.3 Bangunan Penggelontor Sedimen (*Sediment Excluder*)**

Bangunan ini dimaksudkan untuk mengeluarkan endapan sedimen sepanjang saluran primer dan sekunder pada lokasi persilangan dengan sungai. Pada ruas saluran ini sedimen diijinkan mengendap dan dikuras melewati pintu secara periodik.

#### **2.3.6.4 Bangunan Penguras (*Wasteway*)**

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.

#### 2.3.6.5 Saluran Pembuang Samping

Aliran buangan biasanya ditampung di saluran pembuang terbuka yang mengalir paralel di sebelah atas saluran irigasi. Saluran-saluran ini membawa air ke bangunan pembuang silang atau, jika debit relative kecil dibanding aliran air irigasi, ke dalam saluran irigasi itu melalui lubang pembuang.

#### 2.3.6.6 Saluran Gendong

Saluran gendong adalah saluran drainase yang sejajar dengan saluran irigasi, berfungsi mencegah aliran permukaan (*run off*) dari luar areal irigasi yang masuk ke dalam saluran irigasi. Air yang masuk saluran gendong dialirkan keluar ke saluran alam atau drainase yang terdekat.

#### 2.3.7 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 disebatang 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.

#### 2.3.8 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*.  
(Sumber : Standar Perencanaan Irigasi KP 01, 2010)

#### **2.4 Tahapan Perencanaan**

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

S	: <i>Survey</i> ( Pengukuran )
I	: <i>Investigation</i> ( Penyelidikan )
D	: <i>Design</i> ( Perencanaan Teknis )
La	: <i>Land Acquisition</i> ( Pembebasan Tanah )
C	: <i>Construction</i> ( Pelaksanaan )
O	: <i>Operation</i> ( Eksploitasi )
M	: <i>Maintenance</i> ( 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
- b. sungai
- c. 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.
- d. 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.
- e. 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.

## 2.5 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.

### 2.5.1 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 10%

Maka akan menggunakan persamaan :

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

2. Bila S/R 10%

Maka akan menggunakan persamaan :

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

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

$$S = \sqrt{\frac{(R_A - \bar{R}) + (R_B - \bar{R}) + (R_C - \bar{R}) + \dots + (R_n - \bar{R})}{n-1}} \dots\dots\dots(2.3)$$

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

### 2.5.2 Curah Hujan Effektif

Curah hujan efektif adalah bagian dari curah hujan yang digunakan dalam suatu proses hidrologi yang di manfaatkan. 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 :

$$M = \frac{n}{5} + 1 \dots\dots\dots(2.4)$$

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

**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

$$R = \frac{1}{n} \times (R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n) \dots\dots\dots(2.5)$$

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)

**2.5.3 Debit Andalan**

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

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

$$I = \frac{R \text{ Efektif}}{\text{Jumlah hari dalam 1 bulan} \times 24} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

Q = Debit aliran (m<sup>3</sup>/det)

C = Koefisien Pengaliran

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

A = Luas daerah aliran sungai (km<sup>2</sup>)

**Tabel 2.2 Koefisien Pengaliran (oleh Dr. Mononobe)**

<b>Kondisi daerah pengaliran dan sungai</b>	<b>Harga dari <math>f</math></b>
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, 145, 1983)

#### **2.5.4 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.

Laju evapotranspirasi ini dinyatakan dengan banyaknya uap air yang hilang oleh proses evapotranspirasi dari suatu daerah tiap satuan luas dalam satuan waktu. Ini dapat pula dinyatakan sebagai volume air cair yang hilang oleh proses evapotranspirasi dari daerah hasil tadi dalam satuan waktu yang setara dengan tinggi atau tebal air cair yang hilang tiap satuan waktu dari daerah yang ditinjau.

Dengan metode pendekatan dapat mengetahui besarnya evapotranspirasi pada modul irigasi 1, sehingga menggunakan metode Pan Man sebagai berikut :

$$Et = ( H + 0,27.Ea) / ( + 0,27) \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana :

Et = Evapotranspirasi (mm/ hari)

H = Radius netto (mm/hari)

H = Ra (1- r)(0,180+0,55n/N) – Ta<sup>4</sup>(0,56 - 0,92 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

= Konstanta Stefan-Boltzman (mm air/hari/°K)

Ta<sup>4</sup> = Koefisien tergantung dari temperatur (mm/hari)

ed = Tekanan uap udara dalam keadaan jenuh dan yang diamati sebenarnya (mm/Hg)

ea = Tekanan uap udara pada temperatur udara rata-rata (mm/Hg)

= Kemiringan kurva tekanan uap penjumlahan pada Ta

**Tabel 2.3 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 : Moch. Absor, Bahan Ajar Irigasi I, 2012)

**Tabel 2.4 Konstanta Stefan-Boltzman /  $Ta^4$** 

Temperatur ( $^{\circ}C$ )	Temperatur ( $^{\circ}K$ )	$Ta^4$ (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, 2012)

**Tabel 2.5 Nilai  $\gamma$  untuk suhu-suhu yang berlainan**

T	$\gamma$	T	$\gamma$	T	$\gamma$
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 : Moch. Absor, Bahan Ajar Irigasi I, 2012)

**Tabel 2.6 Faktor koreksi penyinaran di utara**

Utara	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
<b>0</b>	1,04	0,94	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04
<b>5</b>	1,02	0,93	1,03	1,02	1,06	1,03	1,06	1,05	1,01	1,03	0,99	1,02
<b>10</b>	1,00	0,91	1,03	1,03	1,08	1,06	1,08	1,07	1,02	1,02	0,98	0,99
<b>15</b>	0,97	0,01	1,03	1,04	1,22	1,08	1,12	1,08	1,02	1,01	0,95	0,97
<b>20</b>	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 : Moch. Absor, Bahan Ajar Irigasi I, 2012)

**Tabel 2.7 Faktor koreksi penyinaran di selatan**

Selatan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
<b>0</b>	1,04	0,94	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04
<b>5</b>	1,06	0,95	1,04	1,00	1,02	0,99	1,02	1,03	1,00	1,05	1,03	1,06
<b>10</b>	1,08	0,97	1,05	0,99	1,01	0,96	1,00	1,01	1,00	1,06	1,05	1,10
<b>15</b>	1,12	0,98	1,05	0,98	0,98	0,94	0,97	1,00	1,00	1,07	1,07	1,12
<b>20</b>	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 : Moch. Absor, Bahan Ajar Irigasi I, 2012)

**Tabel 2.8 Tekanan uap jenuh e dalam mmHg**

Temp. (° C)	<b>0,0</b>	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>	<b>0,3</b>	<b>0,4</b>	<b>0,5</b>	<b>0,6</b>	<b>0,7</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>
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	23,95	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	39,46
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 : Moch. Absor, Bahan Ajar Irigasi I, 2012)

**Tabel 2.9 Kecepatan angin**

<b>m/ det</b>	<b>Knot</b>	<b>Km/jam</b>	<b>Ft/sec</b>	<b>Mil/hr</b>
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 : Moch. Absor, Bahan Ajar Irigasi I, 2012)

### 2.5.5 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 :

- a. Curah hujan efektif rata – rata.
- b. Kebutuhan air irigasi.
- c. Perkolasi tanah didaerah tersebut.
- d. 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.

#### 2.5.5.1 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.

#### 2.5.5.2 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:

$$IR = M \cdot e^k / e^k - 1 \dots\dots\dots(2.9)$$

$$M = E_0 + P \dots\dots\dots(2.10)$$

$$K = (M.T) / S \dots\dots\dots(2.11)$$

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)  
 Eo = 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

#### 2.5.5.3 Penggunaan Konsumtif

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

$$\text{Etc} = Kc \cdot \text{Eto} \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana :

- Etc = Kebutuhan Konsutif Tanaman, mm/ hari  
 Kc = Koefisien tanaman  
 Eto = Evapotranspirasi, mm/hari

#### 2.5.5.4 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.

### 2.5.5.5 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 2.10 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- 01,1986)

### 2.5.5.6 Koefisien Tanaman

Harga – harga koefisien tanaman dinyatakan pada tabel berikut :

**Tabel 2.11 Koefisien Tanaman (*Kc*) Padi Menurut Nedeco/Prosida dan FAO**

Bulan	Nedeco/Prosida		FAO	
	Varietas biasa	Varietas Unggul	Varietas biasa	Varietas unggul
0,5	1,20	1,35	1,10	1,10
1,0	1,20	1,30	1,10	1,10
1,5	1,20	1,24	1,10	1,05
2,0	1,27	1,20	1,10	1,05
2,5	1,32	1,12	1,10	0,95
3,0	1,33	0	1,05	0
3,5	1,40		0,95	
4,0	1,30		0	

(Sumber : Moch. Absor, Bahan Ajar Irigasi I, 2012)

### 2.5.6 Dimensi Saluran

Setelah ditetapkan 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 dimensi. Adapun persamaan yang kita gunakan untuk mendimensi saluran adalah persamaan Manning Gaukler Strikler.

$$V = k \cdot R^{2/3} \cdot I^{2/3} \dots\dots\dots(2.13)$$

$$Q = V \cdot A \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana :

Q = Debit rencana/Kapasitas saluran (m<sup>3</sup>/det)

K = Koefisien kekasaran Manning

A = Luas penampang basah (m<sup>2</sup>)

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

R = Jari-jari hidrolis (m)

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

I = Kemiringan saluran

#### 2.5.6.1 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 2.12 Karakteristik tanah sebagai bahan saluran**

<b>Karakteristik Tanah</b>	<b>h &lt; 1m</b>	<b>h &gt; 1m</b>
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)

#### 2.5.6.2 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 2.13 Tipe jagaan berdasarkan jenis saluran dan debit air mengalir**

<b>Jenis saluran</b>	<b>Debit air (m<sup>3</sup>/det)</b>	<b>b/h</b>	<b>Jagaan (m)</b>	<b>Lebar Tanggul</b>	
				<b>Tanpa jln inspeksi</b>	<b>Dengan jln inspeksi</b>
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	06,0	2,00	5,50
	10 – 25	6,0 – 7,0	0,75 – 1,0	2,00	5,00

(Sumber : Moch. Absor, Bahan Ajar Irigasi I, 2012)

**Tabel 2.14 Pedoman menentukan dimensi saluran**

Debit (m <sup>3</sup> /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, 2012)

**Tabel 2.15 Harga koefisien kekasaran Strickler**

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

### 2.5.7 Menentukan Elevasi Saluran

Dalam menentukan elevasi muka air pada saluran ditentukan dari tinggi muka tanah tertinggi pada suatu jaringan irigasi. Untuk menentukan elevasi muka air dekat pintu ukur sebelah hilir yaitu elevasi kontur pada sawah tertinggi ditambah selisish akibat kemiringan saluran. (Drs. Moch Absor,2013)

## **2.6 Manajemen Proyek**

Manajemen dapat diartikan sebagai kemampuan untuk memperoleh suatu hasil dalam rangka untuk mencapai suatu tujuan melalui suatu kegiatan sekelompok orang. Menurut H.Koontz, manajemen adalah proses merencanakan, mengorganisir, memimpin dan mengendalikan kegiatan anggota serta sumber daya yang lain untuk mencapai sasaran organisasi (perusahaan) yang telah ditentukan.

Proyek adalah kegiatan yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas dengan alokasi sumber daya tertentu dan dimaksudkan untuk melaksanakan tugas yang telah digariskan dengan jelas.

Menurut H.Kurzner (1982), Manajemen Proyek adalah merencanakan, mengorganisasikan, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk sasaran yang telah ditentukan.

### **2.6.1 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 perletakan 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 :

#### **2.6.1.1 Efisien**

Penempatan dari bangunan-bangunan fasilitas dan sarana pada proyek perlu diatur menurut kebutuhan sehingga diperoleh efisiensi kerja. Efisiensi kerja adalah pencapaian perbandingan terbaik antara sumber tenaga / daya dengan hasil pelaksanaan.

Oleh karena itu, letak bangunan-bangunan fasilitas dan sarana tersebut tidak boleh saling mengganggu satu dengan yang lainnya, baik jarak maupun ukurannya.

#### 2.6.1.2 Efektif

Penempatan bangunan-bangunan fasilitas dan sarana yang efektif pada proyek juga dibutuhkan dalam menunjang pekerjaan konstruksi. Efektif adalah dapat diselesaikannya suatu pekerjaan sesuai dengan rencana (*schedule*) kerja yang telah disusun.

Perencanaan *site plan* / *site installation* yang tidak efektif dapat mengakibatkan terjadinya keterlambatan proyek dan bertambahnya anggaran biaya proyek.

#### 2.6.1.3 Lancar

Yang dimaksud dengan lancar dalam perencanaan *site plan* / *site installation* adalah kelancaran pelaksanaan pekerjaan, terutama kelancaran transportasi / angkutan di lokasi proyek.

Pembuatan jalan kerja untuk mendukung kelancaran transportasi sangat erat hubungannya dengan perletakan bangunan-bangunan fasilitas dan sarana proyek lainnya. Terganggunya kelancaran transportasi dapat mengakibatkan timbulnya hambatan pelaksanaan pekerjaan konstruksi sehingga jangka waktu pelaksanaan pekerjaan konstruksi dapat menyimpang dari rencana kerja yang telah tersusun.

#### 2.6.1.4 Aman

Salah satu tujuan dibuatnya bangunan-bangunan fasilitas dan sarana pada proyek adalah untuk keperluan keamanan dan keselamatan pekerjaan selama berlangsungnya kegiatan proyek.

Yang dimaksud dengan keamanan adalah menghindarkan gangguan pencurian, kehilangan dan kerusakan peralatan serta bahan-bahan bangunan.

Sedangkan yang dimaksud dengan keselamatan adalah segala sesuatu yang berhubungan dengan keselamatan para tenaga kerja. (Djojowiriono, 1991 )

### **2.6.2 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 :

#### **2.6.2.1 Diagram Balok / Bar Chart**

Diagram balok disebut juga Gantt Bar chart atau disingkat Bar Chart sesuai dengan nama penemunya H.L Gantt pada tahun 1917. Bar Chart adalah diagram alur pelaksanaan pekerjaan yang dibuat untuk menentukan waktu penyelesaian pekerjaan yang dibutuhkan. Bar chart disusun dalam kolom arah vertikal dan arah horizontal.

Data yang diperlukan dalam membuat Bar Chart adalah :

1. Proyek yang akan dilaksanakan
2. Daftar semua kegiatan yang akan dikerjakan untuk menyelesaikan proyek.
3. Hubungan antara masing – masing pekerjaan.

#### **2.6.2.2 Kurva S**

Kurva S adalah kurva yang menggambarkan kumulatif progres pekerjaan. Kurva tersebut dibuat berdasarkan rencana dan kenyataan dari suatu pekerjaan sehingga kita dapat melihat progress (kemajuan). 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.

#### 2.6.2.3 *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 (aktivitas) yang mempunyai saat permulaan dan yang harus dilaksanakan serta diselesaikan untuk mendapatkan tujuan tertentu.

#### 2.6.2.4 *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.

### **2.6.3 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 daapat 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. Sarat pembayaran
  - b. Tanggal penyerahan pekerjaan/ barang
  - c. Denda atas keterlambatan
  - d. Besarnya jaminan penawaran
  - e. Besarnya jaminan pelaksanaan.

#### **2.6.4 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 :

##### **2.6.4.1 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.

#### 2.6.4.2 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 :

1. Rencana kerja dan syarat- syarat
2. Gambar
3. Harga satuan dan upah.

#### **2.6.5 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.