

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Irigasi

Menurut PP No. 77 tahun 2001 irigasi adalah usaha penyediaan dan pengaturan air untuk menunjang pertanian, yang jenisnya meliputi irigasi air permukaan, irigasi air bawah tanah, irigasi pompa, dan irigasi tambak, dan menurut PP No. 20 tahun 2006 irigasi adalah usaha penyediaan, pengaturan dan pengembangan air irigasi untuk menunjang pertanian yang jenisnya meliputi irigasi permukaan, irigasi rawa, irigasi air bawah tanah, irigasi pompa dan irigasi tambak. Sistem irigasi meliputi prasarana irigasi, air irigasi, manajemen irigasi, kelembagaan pengelolaan irigasi, dan sumber daya manusia. Penyediaan air irigasi adalah penentuan volume air per satuan waktu yang dialokasikan dari suatu sumber air untuk suatu daerah irigasi yang didasarkan waktu, jumlah, dan mutu sesuai dengan kebutuhan untuk menunjang pertanian dan keperluan lainnya.

Irigasi berarti mengalirkan air secara buatan dari sumber air yang tersedia kepada sebidang lahan untuk memenuhi kebutuhan tanaman. Dengan demikian tujuan irigasi adalah mengalirkan air secara teratur sesuai kebutuhan tanaman pada saat persediaan lengas tanah tidak mencukupi untuk mendukung pertumbuhan tanaman, sehingga tanaman bisa tumbuh secara normal.

2.2 Klasifikasi Jaringan Irigasi

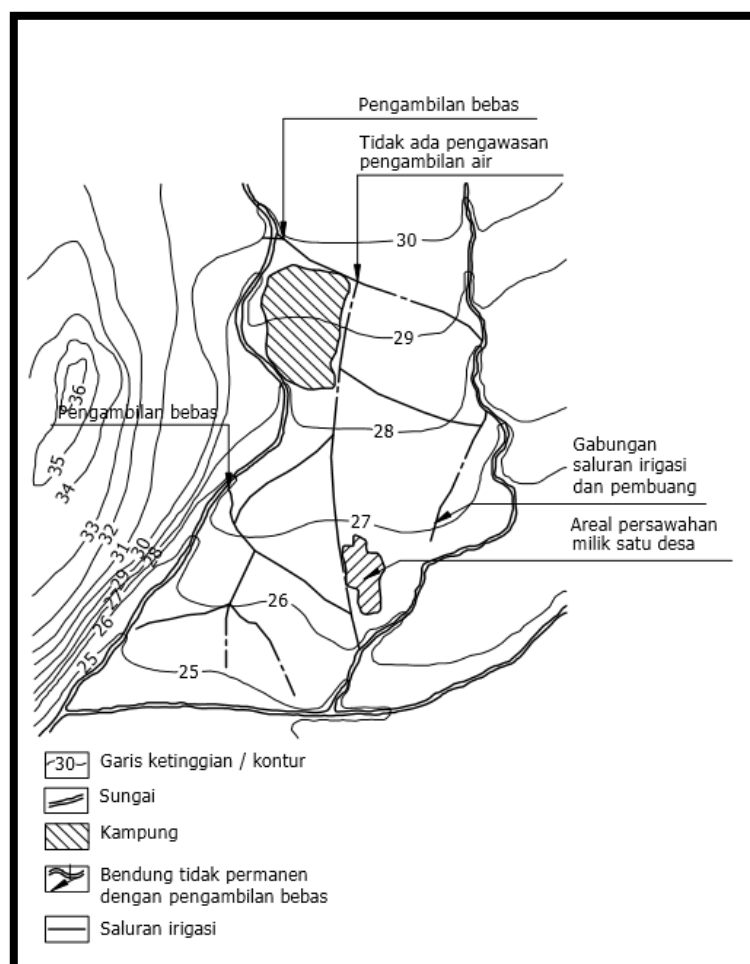
berdasarkan Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air (2010:33) bila ditinjau dari cara pengaturan, cara pengukuran aliran air dan fasilitasnya dibedakan atas tiga tingkatan :

2.2.1 Jaringan Irigasi Sederhana

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

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

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

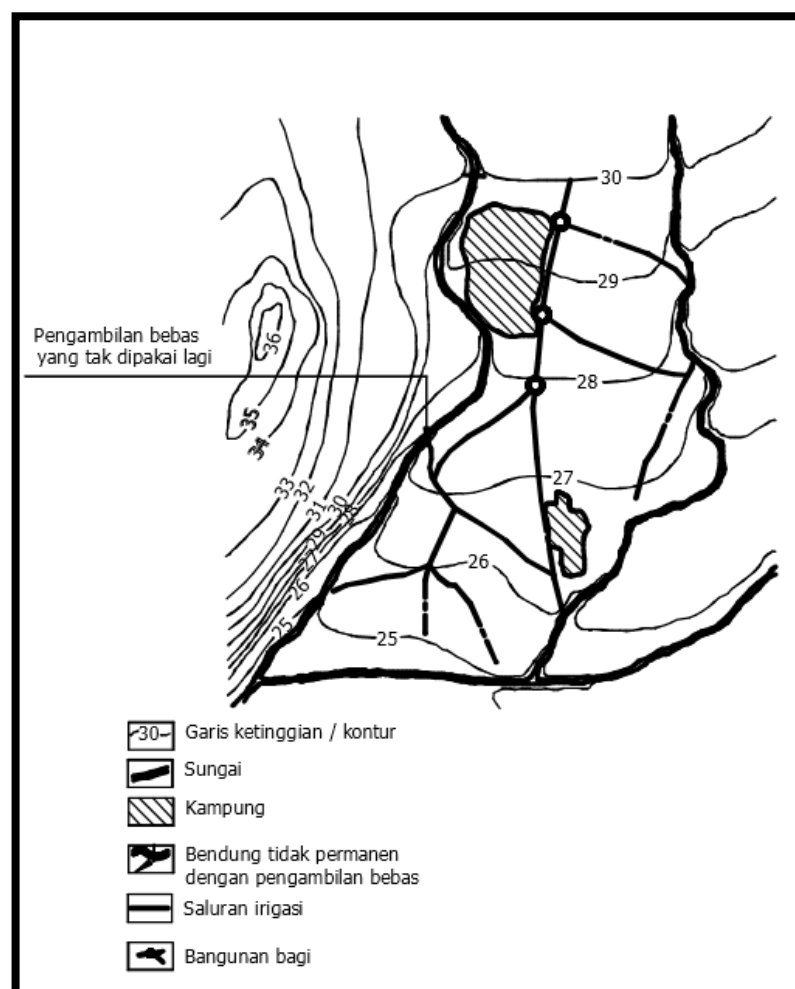


Gambar 2.1 Irigasi Sederhana

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

2.2.2 Jaringan irigasi semi teknis

Pada jaringan irigasi semi teknis, bangunan bendungnya terletak di sungai lengkap dengan pintu pengambilan tanpa bangunan pengukur di bagian hilirnya. Beberapa bangunan permanen biasanya juga sudah dibangun di jaringan saluran. Sistem pembagian air biasanya serupa dengan jaringan sederhana (lihat gambar 2.2.). Bangunan pengambilan dipakai untuk melayani/mengairi daerah yang lebih luas dari pada daerah layanan jaringan sederhana.

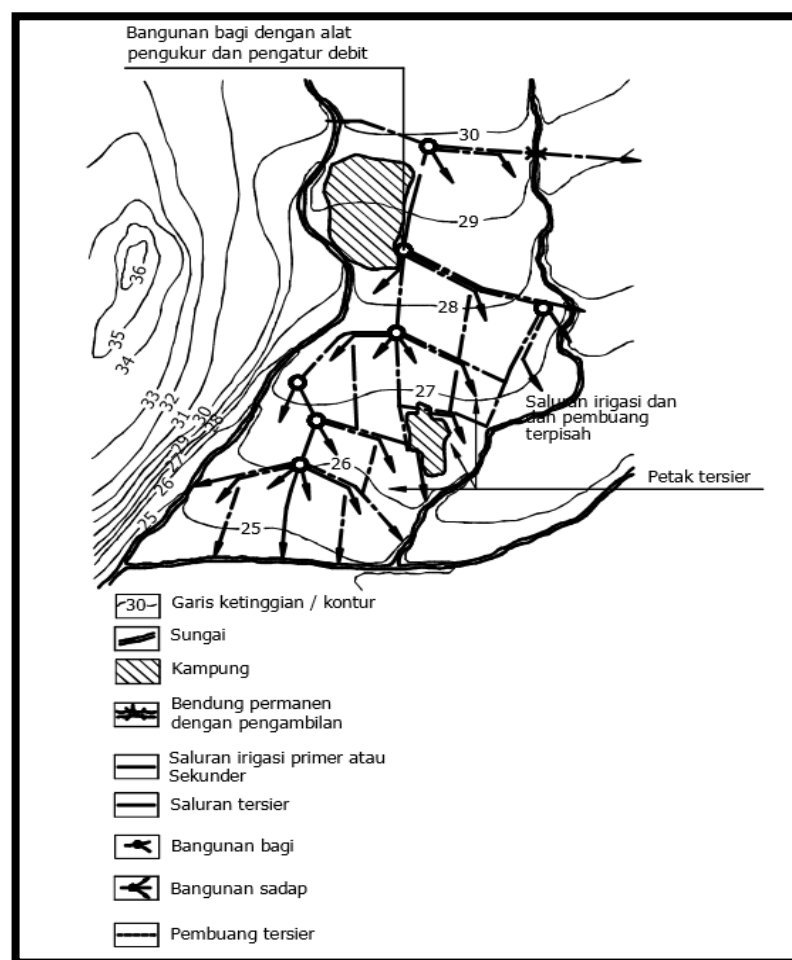


Gambar 2.2 Irigasi Semi Teknis

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

2.2.3 Jaringan irigasi teknis

Salah satu prinsip pada jaringan irigasi teknis adalah pemisahan antara saluran irigasi/pembawa dan saluran pembuang pematas. Ini berarti bahwa baik saluran pembawa maupun saluran pembuang bekerja sesuai dengan fungsinya masing-masing. Saluran pembawa mengalirkan air irigasi ke sawah-sawah dan saluran pembuang mengalirkan kelebihan air dari sawah-sawah ke saluran pembuang.



Gambar 2.3 Irigasi Teknis

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

2.3 Bangunan Irigasi

Menurut Sidharta (1997:71) bangunan irigasi meliputi bangunan utama, saluran irigasi, bangunan bagi dan bangunan sadap, bangunan pengatur dan Pengukur, dan serta bangunan pelengkap. Bangunan tersebut akan diuraikan lebih rinci di bawah ini

2.3.1 Bangunan Utama

Bangunan utama (*head works*) dapat didefinisikan sebagai kompleks bangunan yang direncanakan di sepanjang sungai atau aliran air untuk membelokkan air ke dalam jaringan saluran agar dapat dipakai untuk keperluan irigasi. Bangunan utama bisa mengurangi kandungan sedimen yang berlebihan, serta mengukur banyaknya air yang masuk. Bangunan 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 (Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, 2010:46)

2.3.2 Bangunan Bagi dan Bangunan Sadap

Bangunan bagi dilengkapi dengan pintu dan alat ukur. Waktu debit kecil muka air akan turun. Pintu diperlukan untuk menaikkan kembali muka air sampai batas yang diperlukan, supaya pemberian air ke cabang saluran sekunder dapat dilakukan. Pada cabang saluran dibuat alat ukur guna mengukur debit yang akan dialirkan melalui saluran yang bersangkutan sesuai dengan kebutuhan air disawah yang akan diairi (Sidharta, 1997:81).

Bangunan sadap pada irigasi teknis dilengkapi dengan pintu dan alat pengukur debit untuk memenuhi kebutuhan air irigasi sesuai jumlah dan pada waktu tertentu. Bangunan sadap tersier mengalirkan air dari saluran primer atau sekunder ke saluran tersier penerima. Bangunan bagi dan sadap mungkin digabung menjadi satu rangkaian bangunan (Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, 2010:51)

2.3.3 Bangunan Pengatur dan Pengukur

Berdasarkan Standar Perencanaan Irigasi KP-01 (2010) Aliran akan diukur di hulu (udik) 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 sebagai berikut

Tabel 2.1 Alat-alat ukur

Tipe	Mengukur Dengan	Mengatur
Bangunan ukur Ambang lebar	Aliran atas	Tidak
Bangunan ukur Parshall	Aliran atas	Tidak
Bangunan ukur Cipoletti	Aliran atas	Tidak
Bangunan ukur Crump-de Gruyter	Aliran bawah	Ya
Bangunan ukur Romijn	Aliran Atas	Ya
Bangunan sadap pipa sederhana	Aliran bawah	Ya
<i>Constant-Head Orifice</i> (CHO)	Aliran Bawah	Ya
<i>Cut Throat Flume</i>	Aliran atas	Tidak

(Sumber : Standar Perencanaan KP-01, 2010)

2.3.4 Bangunan pelengkap

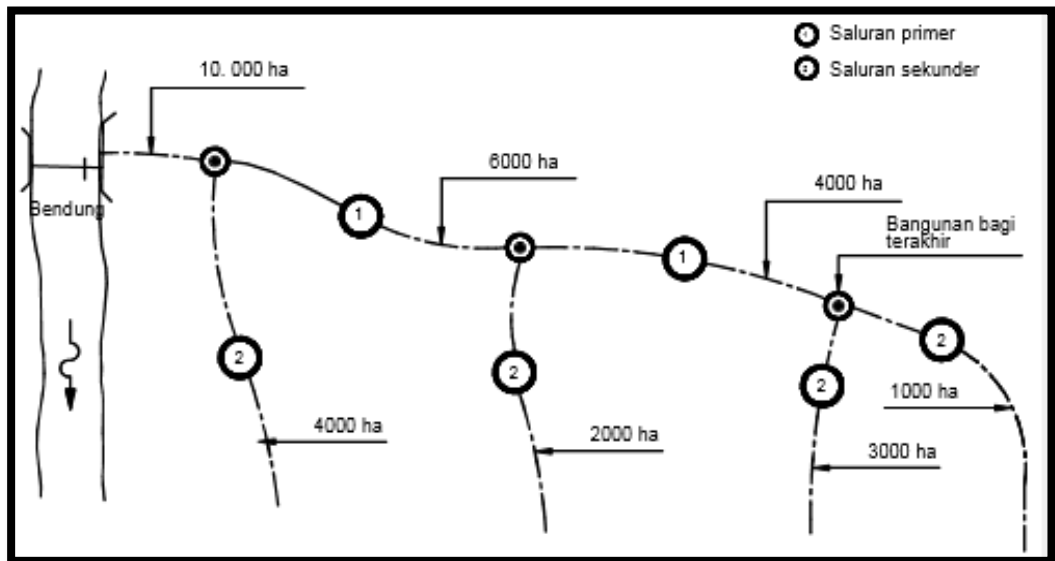
Berdasarkan Standar Perencanaan Irigasi KP-01 (2010) fasilitas-fasilitas operasional diperlukan untuk operasi jaringan irigasi secara efektif dan aman. Fasilitas-fasilitas tersebut antara lain meliputi antara lain: kantor-kantor di lapangan, bengkel, perumahan untuk staf irigasi, jaringan komunikasi, patok hektometer, papan eksploitasi, papan duga, dan sebagainya. Bangunan-bangunan pelengkap yang dibuat di 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*.

2.3.5 Saluran Irigasi

1. Saluran irigasi utama

Berdasarkan Kriteria Perencanaan Irigasi KP-01, saluran primer adalah saluran yang membawa air dari bendung ke saluran sekunder dan ke petak-petak tersier yang diairi. Batas ujung saluran primer adalah pada bangunan bagi yang terakhir. Saluran sekunder membawa air dari saluran primer ke petak-petak tersier yang dilayani oleh saluran sekunder tersebut. Batas ujung saluran ini adalah pada bangunan sadap terakhir. Saluran pembawa membawa air irigasi dari sumber air lain (bukan sumber yang memberi air pada bangunan utama proyek) ke jaringan irigasi primer. Saluran muka tersier membawa air dari bangunan sadap tersier ke petak tersier yang terletak di seberang petak tersier lainnya.



Gambar 2.4 Saluran-saluran Primer dan Sekunder

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

2. Saluran pembuang utama

Saluran pembuang sekunder menampung air dari jaringan pembuang tersier dan membuang air tersebut ke pembuang primer atau langsung ke jaringan pembuang alamiah dan ke luar daerah irigasi. Saluran pembuang primer mengalirkan air lebih dari saluran pembuang sekunder ke luar daerah irigasi. Pembuang primer sering berupa saluran pembuang alamiah yang mengalirkan kelebihan air tersebut ke sungai, anak sungai atau ke laut (Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, 2010:50)

2.4 Standar Tata Nama

Menurut Standar Perencanaan Irigasi KP-01 (2010) nama-nama yang diberikan untuk saluran-saluran irigasi dan pembuang, bangunan-bangunan dan daerah irigasi harus jelas dan logis. Nama yang diberikan harus pendek dan tidak mempunyai tafsiran ganda (ambigu). Nama-nama harus dipilih dan dibuat sedemikian sehingga jika dibuat bangunan baru kita tidak perlu mengubah semua nama yang sudah ada.

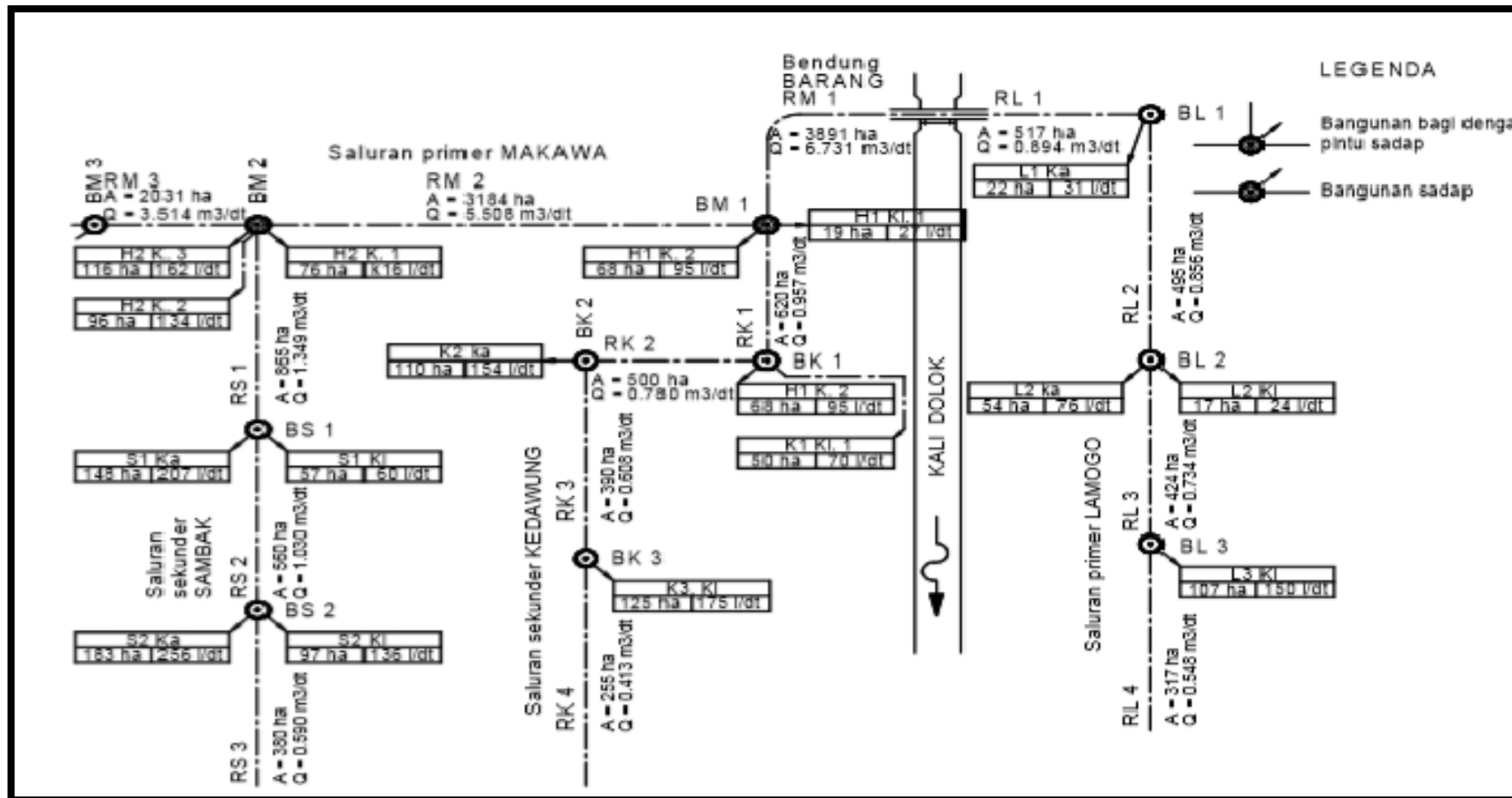
Daerah Irigasi dapat diberi nama sesuai nama daerah setempat atau desa penting di daerah itu, yaitu biasa terletak dekat dengan jaringan utama atau sundai yang airnya diambil untuk keperluan irigasi.

Jaringan Irigasi Primer dan Irigasi Sekunder sebaiknya diberi nama sesuai dengan daerah irigasi yang dilayani. Saluran sekunder sering diberi nama sesuai dengan nama desa yang terletak di petak sekunder. Petak sekunder akan diberi nama sesuai dengan nama saluran sekundernya.

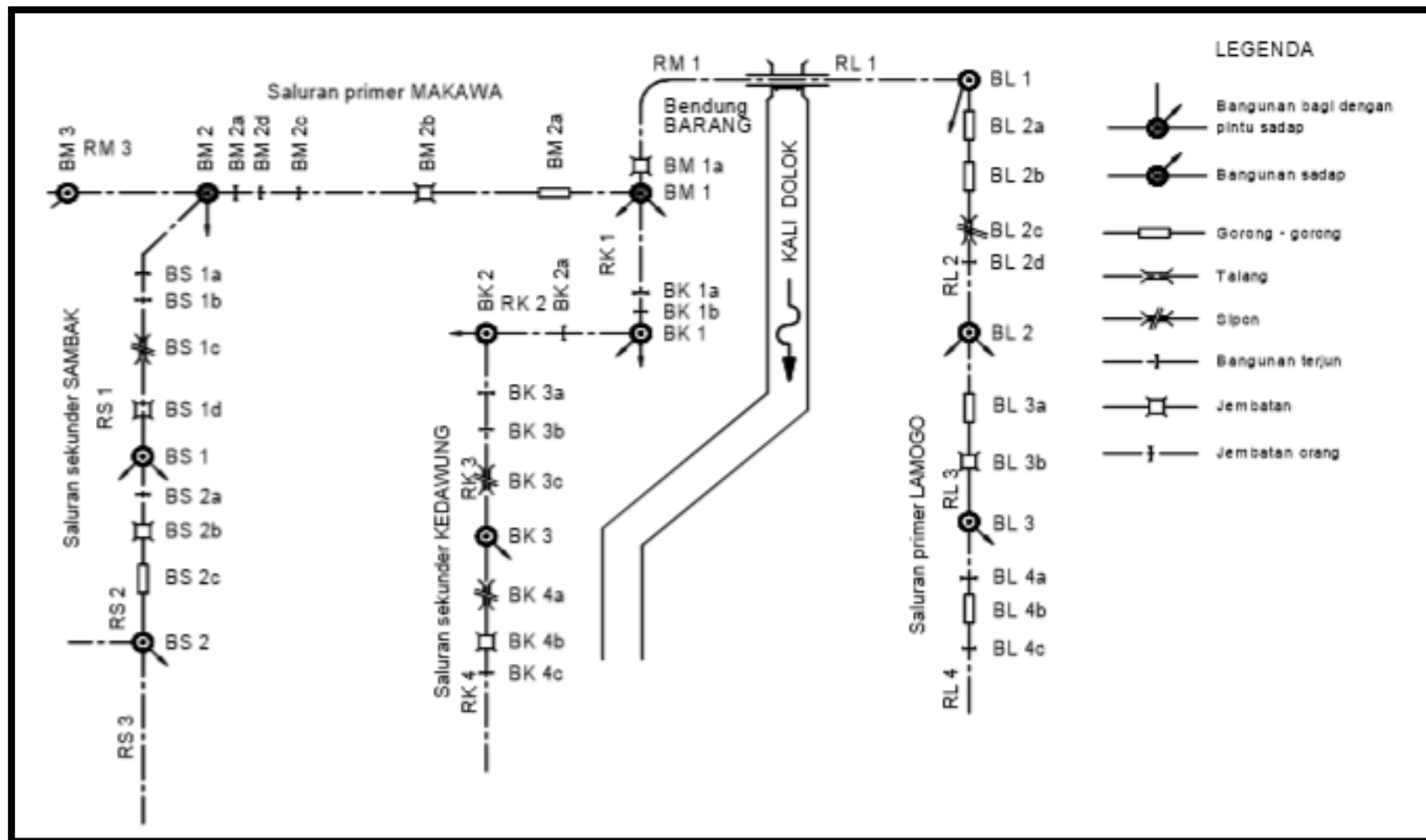
Pada umumnya pembuang primer berupa sungai-sungai alamiah, yang kesemuanya akan diberi nama. Apabila ada saluran-saluran pembuang primer baru yang akan dibuat, maka saluran-saluran itu harus diberi nama tersendiri. Jika saluran pembuang dibagi menjadi ruas-ruas, maka masing-masing ruas akan diberi nama, mulai dari ujung hilir.

Pembuang sekunder pada umumnya berupa sungai atau anak sungai yang lebih kecil. Beberapa di antaranya sudah mempunyai nama yang tetap bisa dipakai, jika tidak sungai/anak sungai tersebut akan ditunjukkan dengan sebuah huruf bersama-sama dengan nomor seri Nama-nama ini akan diawali dengan huruf d (d = drainase).

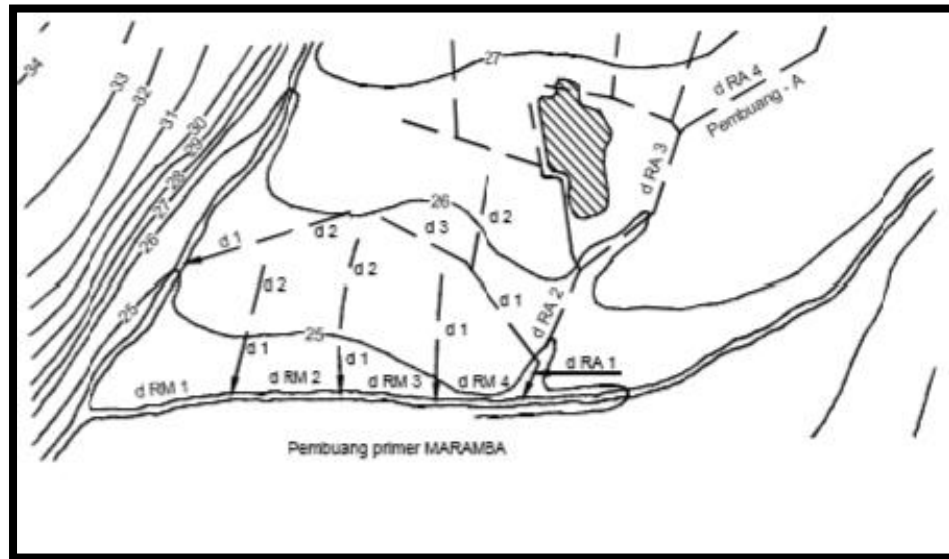
Standar tata nama di atas akan dijelaskan dalam gambar berikut ini :



Gambar 2.5 Standar Sistem Tata Nama Untuk Skema Irigasi
(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, 2010)



Gambar 2.6 Standar Sistem Tata Nama Untuk Bangunan-Bangunan Irigasi
(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, 2010)



Gambar 2.7 Contoh Sistem Tata Nama Untuk Saluran Pembuang
(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, 2010)

2.5 Parameter Hidrologi

Parameter-parameter hidrologi yang penting dalam perencanaan saluran irigasi antara lain :

1. Curah hujan
2. Temperatur udara
3. Kelembapan udara
4. Penyinaran matahari
5. Kecepatan angin
6. evapotranspirasi

Parameter-parameter hidrologi akan dikumpulkan, dianalisis, dan dievaluasi. Pada tahap perencanaan, hasil evaluasi hidrologi akan ditinjau kembali dan mungkin harus dikerjakan lebih mendetail berdasarkan data-data tambahan dari lapangan dan hasil-hasil studi perbandingan.

2.5.1 Melengkapi Curah Hujan Yang Hilang

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

Adapun cara melengkapinya yaitu :

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

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

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

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

Dimana :

R = Curah hujan rata-rata setahun ditempat pengamatan

r = Data curah hujan yang hilang atau akan dicari

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

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

n = jumlah seluruh stasiun pengamat yang dipakai

1.5.2 Curah Hujan Efektif

Menurut Standar Perencanaan Irigasi KP-01 (2010) curah hujan efektif untuk menghitung kebutuhan irigasi. Curah hujan efektif atau andalan adalah bagian dari keseluruhan curah hujan yang secara efektif tersedia untuk kebutuhan air tanaman.

Curah hujan efektif adalah bagian dari curah hujan yang efektif untuk suatu proses hidrologi yang dimanfaatkan, datanya diambil dari data curah hujan dengan jumlah pengamatan tertentu (minimal 10 tahun) yang telah dilengkapi dan disusun sesuai dengan peringkat dan mempunyai risiko kegagalan 20 % maksimum, persen keberhasilannya menjadi 80 %. Untuk penentuannya dipakai persamaan :

$$M = \frac{n}{5} + 1 \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

n = Jumlah tahun pengamatan

M = Urutan CH efektif dari yang terendah

1.5.3 Debit Andalan

Debit andalan (*dependable flow*) adalah debit minimum sungai untuk kemungkinan terpenuhi yang sudah ditentukan yang dapat dipakai untuk irigasi. Kemungkinan terpenuhi ditetapkan 80% (kemungkinan bahwa debit sungai lebih rendah dari debit andalan adalah 20%). Debit andalan ditentukan untuk periode tengah – bulanan (Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, 2010:106).

Menurut buku Dasar-dasar Hidrologi, debit andalan (*water ability*) dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Q = 0,278.C.I.A \dots\dots\dots(2.4)$$

$$I = \frac{R_{\text{efektif}}}{\text{Jumlah hari dalam 1 bulan} \times 24} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

Q = debit (m³/det)

C = Koefisien aliran

I = Intensitas curah hujan bulanan raata-rata (mm/jam)

A = luas daerah pengaliran sungai (km²)

Tabel 2.2 berikut adalah tabel Koefisien Pengaliran untuk membantu perhitungan dalam mencari debit andalan yang direncanakan.

Tabel 2.2 Koefisien Pengaliran

Kondisi Daerah Pengaliran dan Sungai	Koefisien Limpasan
Daerah pegunungan yang curam	0,75-0,90
Daerah pegunungan tersier	0,70-0,80
Tanah bergelombang dan hutan	0,50-0,75
Tanah daratan yang ditanami	0,45-0,60
Persawahan yang diairi	0,70-0,80
Sungai di daerah pegunungan	0,75-0,85
Sungai kecil di daratan	0,45-0,75
Sungai besar yang lebih dari 0,5 persen pengaliran terdiri dari daratan	0,50-0,75

(Sumber : Ir. Suyono Sosrodarsono, Hidrologi Untuk Pengaliran, 2006)

1.5.4 Evapotranspirasi

Evapotranspirasi sering disebut sebagai kebutuhan konsumtif tanaman yang merupakan jumlah air untuk evaporasi dari permukaan areal tanaman dengan air untuk transpirasi dari tubuh tanaman (Sidharta, 1997:23). Ada beberapa macam metoda guna menghitung besaran evapotranspirasi diantaranya metoda Penman, metode Blaney-Criddle dan metode Thornwaite. Namun, Berikut ini hanya akan dibahas lebih lanjut mengenai evapotranspirasi menggunakan metoda Penman

1. Metoda Penman

$$E_t = \frac{(\Delta H + 0,27E_a)}{\Delta + 0,27} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$H = R_a + (1-r)\left(0,180 + \frac{0,55n}{N}\right) - \sigma T_a^4 (0,56 - 0,92\sqrt{e.d})\left(0,10 + \frac{0,90n}{N}\right) \dots\dots(2.7)$$

Dimana :

E = Evapotranspirasi (mm/hari)

- R_a = Radiasi extra terensial bulanan rata-rata dalam mm/hari
 R = Koefisien refleksi pada permukaan dalam %
 n/N = Prosentase penyinaran matahari dalam %
 σ = Konstanta Boltzman dalam mm air/hari/ $^{\circ}$ K
 σT_a^4 = Koefisien bergantung dari temperatur dalam mm/hari
 e_d = Tekanan uap udara dalam keadaan jenuh dan yang diamati/
 sebenarnya dalam mm/Hg
 E_a = Evaporasi dalam mm/hari
 e_a = Tekanan uap udara pada temperatur udara rata-rata dalam mm Hg
 U_2 = Kecepatan angin rata-rata pada ketinggian 2 m diatas permukaan
 Tanah dalam mil/hari

Tabel 2.3 Nilai Radiasi Ekstra Terensial Bulanan Rata-Rata (Mm/Hari)

Bulan	10° Lintang Utara	10°	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
November	13,10	14,60	15,00
Desember	12,40	14,30	15,80

(Sumber : Bambang Triatmojo, Hidrologi Terapan, 2008)

Tabel 2.4 Faktor Koreksi Penyinaran Matahari Sebelah Utara

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

(Sumber : Bambang Triatmojo, Hidrologi Terapan, 2008:80)

Tabel 2.5 Faktor Koreksi Penyinaran Matahari Sebelah Selatan

Selatan	0	5	10	15	20
Jan	1.04	1.06	1.08	1.12	1.14
Feb	0.94	0.95	0.97	0.98	1.00
Mar	1.04	1.04	1.05	1.05	1.05
Apr	1.01	1.00	0.99	0.98	0.97
Mei	1.04	1.02	1.01	0.98	0.96
Jun	1.01	0.99	0.96	0.94	0.91
Jul	1.04	1.02	1.00	0.97	0.95
Agt	1.04	1.03	1.01	1.00	0.99
Sept	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00
Okt	1.04	1.05	1.06	1.07	1.08
Nop	1.01	1.03	1.05	1.07	1.09
Des	1.04	1.06	1.10	1.12	1.15

(Sumber : Bambang Triatmojo, Hidrologi Terapan, 2008:81)

Tabel 2.6 Nilai Σt^4 Sesuai Dengan Gambar Temperatur

Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	Temperatur ($^{\circ}\text{k}$)	$\sigma T a^4$ mm air/hari
0	273	11.22
5	278	12.06
10	283	12.96
15	288	13.89
20	293	14.88
25	298	15.92
30	303	17.02
35	308	18.17
40	313	19.38

(Sumber : Standar Perencanaan KP-01, 2010)

Tabel 2.7 Nilai Δ/γ untuk suhu-suhu yang berlainan ($^{\circ}\text{C}$)

T	Δ/γ	T	Δ/γ	T	Δ/γ
10	1.23	20	2.14	30	3.57
11	1.3	21	2.26	31	3.75
12	1.38	22	2.38	32	3.93
13	1.46	23	2.51	33	4.12
14	1.55	24	2.63	34	4.32
15	1.64	25	2.78	35	4.53
16	1.73	26	2.92	36	4.75
17	1.82	27	3.08	37	4.97
18	1.93	28	3.23	38	5.20
19	2.03	29	3.40	39	5.45
20	2.14	30	3.57	40	5.70

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

$$\gamma = 0.49 \text{ (t dalam } ^{\circ}\text{C dan e dlm mm Hg)}$$

Tabel 2.8 Kecepatan Angin

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

(Sumber : Imam Subarkah, Hidrologi Perencanaan Bangunan Air, 1980)

Tabel 2.9 Tekanan Uap Jenuh e dalam mm Hg

Temperatur (°C)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
15	12.78	12.86	12.95	13.03	13.11	13.2	13.28	13.37	13.45	13.54
16	13.63	13.71	13.80	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	19.53	19.46	19.58	19.70
22	19.82	19.94	20.66	20.19	20.31	20.43	20.58	20.69	20.80	20.93
23	21.05	21.19	21.33	21.45	21.58	21.71	21.84	21.97	22.10	22.23
24	22.27	22.50	22.63	22.76	22.91	23.05	23.19	23.31	23.45	23.60
25	23.73	23.90	24.03	24.20	24.35	24.29	24.64	24.79	24.94	25.08
26	25.31	25.45	25.60	25.74	25.84	26.03	26.18	26.32	26.46	26.60
27	26.74	26.90	27.05	27.21	27.73	27.53	27.69	27.85	28.00	28.16
28	28.32	28.49	28.66	28.83	29.00	29.17	29.34	29.51	29.68	29.85

(Sumber : C.D Soemarto, 1999)

1.6 Pola Tanam

Pola tanam adalah bentuk-bentuk jadwal tanam secara umum yang menyatakan kapan mulai tanam Padi, Palawija, Tebu dan sebagainya. Adapun bentuk pola tanam akan diterapkan sangat tergantung kepada kondisi daerah dan ketersediaan air di Daerah Irigasi tersebut. Penentuan pola tanam merupakan hal

yang perlu dipertimbangkan. Menurut Sidharta (1997:25) contoh pola tanam yang dapat dipakai dapat dilihat dalam tabel berikut ini.

Tabel 2.10 Pola Tanam

Ketersediaan Air	Pola Tanam Dalam Satu Tahun
1. Tersedianya air yang cukup banyak	Padi-Padi-Palawija
2. Tersedianya air dalam jumlah cukup	Padi-Padi-Bera Padi-Palawija-Palawija
3. Daerah yang cenderung kekurangan air	Padi-Palawija-Bera Palawija-Padi-Bera

(Sumber : Sidharta, 1997)

Dari alternatif yang ada perlu dipertimbangkan sehingga dapat menghasilkan yang terbaik dalam pelaksanaannya. Adapun aspek yang perlu diperhatikan yaitu curah hujan efektif rata-rata, kebutuhan air irigasi, perlokasi tanah, pergantian lapisan air, serta koefisien tanaman.

Rencana tata tanam pada suatu daerah irigasi erat kaitannya dengan ketersediaan air pada saat itu yang minimal mencukupi untuk pengolahan tanah. Berikut akan dijelaskan lebih rinci dibawah ini :

1. Kebutuhan Air Irigasi

Menurut Sidharta (1997:30) Untuk perhitungan kebutuhan irigasi selama penyiapan lahan, digunakan metode yang dikembangkan oleh Van de Goor dan Zijstra (1986). Metode tersebut didasarkan pada laju air konstan dalam lt/dt selama periode penyiapan lahan dan menghasilkan rumus sebagai berikut :

$$IR = m \cdot e^k / (e^k - 1) \dots \dots \dots (2.8)$$

$$M = E_0 + P \dots \dots \dots (2.9)$$

$$K = (M \times T) / T \dots \dots \dots (2.10)$$

Dimana :

IR = Kebutuhan air irigasi di tingkat persawahan (mm/hari)

M = Kebutuhan air untuk mengganti kehilangan air akibat evaporasi

dan perlokasi di sawah yang sudah dijenuhkan

E_o = Evaporasi air terbuka yang diambil $1,1 \times E_{to}$ selama penyiapan

Bila $I_y = 0$, maka lahan

T = Jangka waktu penyiapan lahan

S = Air yang dibutuhkan untuk penjenuhan ditambah dengan 50 mm, jadi $250 + 50 = 300$ mm

2. Penggunaan Konsumtif

Menurut Standar Perencanaan Irigasi (2010), penggunaan konsumtif air pada tanaman dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut

$$E_{tc} = K_c \times E_{to} \dots \dots \dots (2.11)$$

Dimana :

E_{tc} = Kebutuhan konsumtif tanaman (mm/hari)

K_c = Koefisien tanaman

E_{to} = Evapotranspirasi (mm/hari)

3. Penggantian Lapisan Air

Menurut Sidharta (1997:31) penggantian lapisan air dilakukan setelah pemupukan. Penggantian lapisan air dilakukan menurut kebutuhan. Jika tidak ada penjadwalan semacam itu, lakukan penggantian sebanyak 2 kali, masing-masing 50 mm (atau 3,3 mm/hari selama 1/2 bulan) selama sebulan dan dua bulan setelah transplantasi.

4. Perlokasi

Laju perkolasi sangat tergantung kepada sifat-sifat tanah. Pada tanah lempung berat dengan karakteristik pengolahan yang baik, laju perkolasi dapat mencapai 1 - 3 mm/hari. Pada tanah-tanah yang lebih ringan, laju perkolasi bisa lebih tinggi. Dari hasil-hasil penyelidikan tanah pertanian dan penyelidikan kelulusan, besarnya laju perkolasi serta tingkat kecocokan tanah untuk pengolahan tanah dapat ditetapkan dan dianjurkan pemakaiannya. Guna menentukan laju perkolasi, tinggi muka air tanah juga harus diperhitungkan.

Perembesan terjadi akibat meresapnya air melalui tanggul sawah (Sidharta, 1997:31).

Tabel 2.11 Perlokasi Per Bulan

Perlokasi (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 KP-01, 2010)

5. Koefisien Tanaman

Tabel 2.12 di bawah ini adalah harga-harga koefisien tanaman untuk membantu dalam mencari perhitungan pola tanam yang direncanakan sebagai berikut.

Tabel 2.12 Harga-Harga Koefisien Tanaman Padi

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	1.40	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 KP-01, 2010)

1.7 Dimensi Saluran

Dengan ditetapkan pola tanam di suatu daerah maka akan dapat diketahui besarnya kapasitas kebutuhan air maksimum yang akan dialirkan pada suatu saluran untuk kemudian diberikan kepada areal sawah yang membutuhkan. Berdasarkan kebutuhan air tersebut maka diperlukan perencanaan dimensi yang tepat. Persamaan yang digunakan adalah persamaan Manning Gaukler Strikler :

$$V = k \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \text{ (m/dt)} \dots\dots\dots(2.12)$$

$$Q = V \cdot A \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana :

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

K = Koefisien kekasaran Manning

A = Luas penampang basah (m²)

= hb (penampang persegi)

R = Jari-jari hidraulis (m)

= A/P P= b+2h

I = Kemiringan saluran

b = Lebar dasar saluran (m)

h = Tinggi air (m)

Tabel 2.13 berikut ini adalah pedoman menentukan dimensi saluran untuk membantu menentukan dimensi saluran yang direncanakan.

Tabel 2.13 Pedoman Menentukan Dimensi Saluran

Q (m ³ /det)	b/h	V (m/det)	Serong Talud	Keterangan
0.00 - 0.15	-	Min 0.25		
0.15 - 0.30	1	0.25 - 0.30		
0.15 - 0.30	1	0.30 - 0.35		
0.30 - 0.40	1,5	0.35 - 0.40		

Lanjut Tabel 2.13

Q (m ³ /det)	b/h	V (m/det)	Serong Talud	Keterangan
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	1.5	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	-
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 : Standar Perencanaan KP-01, 2010)

Tabel 2.14 di bawah ini adalah tabel harga koefisien kekasaran strickler digunakan sebagai koefisien dalam merencanakan saluran

Tabel 2.14 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 : Standar Perencanaan KP-01, 2010)

2.7.1 Kemiringan Saluran

Ada dua pengertian dalam saluran yaitu kemiringan dasar saluran dan kemiringan sisi saluran yang turut menentukan biasa diberi notasi 1: z, kedua komponen ini merupakan faktor yang dalam dimensi saluran. Kemiringan sisi saluran tergantung kepada bahan saluran yang dilaluinya sebagai berikut :

Tabel 2.15 Kemiringan Sisi Saluran Sesuai Karakteristik Bahan

Karakteristik Bahan	$h < 1m$	$h > 1m$
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 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)

2.7.2 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.

Di bawah ini beberapa tipe jagaan berdasarkan jenis saluran dan debit air yang mengalir.

Tabel 2.16 Tipe Jagaan

Jenis Saluran	Debit Air (m ³ /det)	b/h	Jagaan (m)	Lebar Tanggul	
				Tanpa Jln Inspeksi	Dengan Jln Inspeksi
1. Tersier	< 0.5	1	0.3	0.75	---
2. Sekunder	< 0.5	1 – 2	0.4	1.50	4.5
3. Saluran Utama dan Sekunder	0.50 – 1	2.0 - 2.5	0.50	1.50 – 2.0	5.5
	1 – 2	2.5 – 3.0	0.60	1.50 – 2.0	5.5
	2 – 3	3.0 – 3.5	0.60	1.50 – 2.0	5.5
	3 – 4	3.5 – 4.0	0.60	1.50 – 2.0	5.5
	4 – 5	4.0 – 4.5	0.60	1.50 – 2.0	5.5
	5 – 10	4.5 – 5.0	0.60	2.00	5.5
	10 – 25	6.0 – 7.0	0.75 – 1.0	2.00	5.0

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

1.8 Menentukan Elevasi Muka Air Dalam Saluran

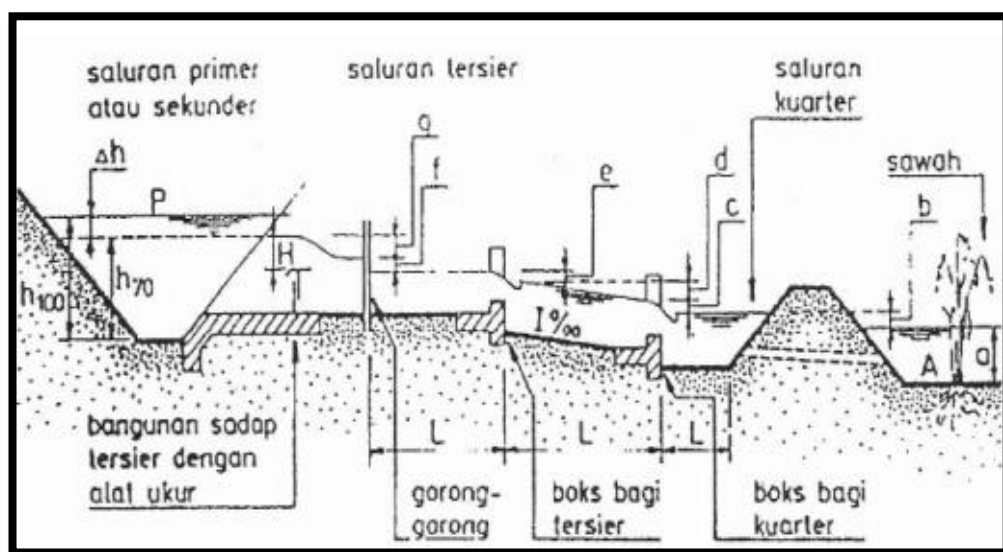
Dalam menentukan elevasi muka air pada saluran ditentukan dari tinggi muka tanah tertinggi pada suatu jaringan irigasi. Untuk menentukan elevasi muka air dekat pintu ukur sebelah hilir yaitu elevasi kontur pada sawah tertinggi ditambah 0,15 m ditambah selisih elevasi akibat kemiringan saluran.

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

1. Muka air rencana pada saluran diupayakan berada di bawah atau sama dengan elevasi muka tanah asli di sekitarnya. Hal ini dilakukan supaya dapat mempersulit pencurian air atau penyadapan air.

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

Tinggi muka air pada bangunan sadap pada saluran sekunder atau primer dihitung berdasarkan kehilangan-kehilangan tekanan yang ada pada saluran tersebut (Standar Perencanaan Irigasi KP-01, 2010).



Gambar 2.8 Elevasi Muka Air di Saluran Primer/Sekunder

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

$$P = A + a + b + c + d + e + f + g + \Delta h + Z \dots \dots \dots (2.14)$$

Dimana :

- P = elevasi muka air di saluran primer/sekunder
- A = elevasi muka tanah tertinggi di sawah
- a = tinggi genangan di sawah
- b = kehilangan tinggi energi di saluran kuartier ke sawah = 5 cm
- c = kehilangan tinggi energi di boks bagi kuartier = 5cm/boks
- d = kehilangan energi selama pengairan di saluran irigasi
- e = kehilangan energi di boks bagi = 5 cm/boks

- f = kehilangan energi di gorong-gorong = 5 cm/bangunan
g = kehilangan tinggi energi di bangunan sadap
 Δh = variasi tinggi muka air, 0.18 h (kedalaman rencana)
z = kehilangan energi di bangunan-bangunan lain (misalnya jembatan, pelimpah samping dsb)

2.9 Pengelolaan Proyek

2.9.1 Rencana Kerja

Sebelum pelaksanaan kegiatan proyek konstruksi dimulai, biasanya didahului dengan penyusunan rencana kerja waktu kegiatan yang disesuaikan dengan metoda konstruksi yang akan digunakan. Pihak pengelola proyek melakukan kegiatan pendataan lokasi proyek guna mendapatkan informasi detail untuk keperluan penyusunan rencana kerja. Menurut Wulfram (2005:153) dalam menyusun rencana kerja, perlu dipertimbangkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Keadaan lapangan lokasi proyek, hal ini dilakukan untuk memperkirakan hambatan yang mungkin timbul selama pelaksana pekerjaan.
2. Kemampuan tenaga kerja, informasi detail tentang jenis dan macam kegiatan yang berguna untuk memperkirakan jumlah dan jenis tenaga kerja yang harus disediakan.
3. Pengadaan material konstruksi, harus diketahui dengan pasti macam, jenis dan jumlah material yang diperlukan untuk pelaksanaan pembangunan. Pemilihan jenis material yang akan digunakan harus dilakukan di awal proyek, kemudian dipisahkan berdasarkan jenis material yang memerlukan waktu untuk pengadaan, misalnya material pabrikasi biasanya tidak dapat dibeli setiap saat, tetapi memerlukan sejumlah waktu untuk kegiatan proses produksi. Hal ini penting untuk membuat jadwal rencana pengadaan material konstruksi.
4. Pengadaan alat pembangunan, untuk kegiatan yang memerlukan peralatan pendukung pembangunan harus dapat dideteksi secara jelas. Hal ini berkaitan dengan pengadaan peralatan. Jenis, kapasitas, kemampuan dan kondisi peralatan harus disesuaikan dengan kegiatannya.

5. Gambar kerja, selain gambar rencana, pelaksana proyek konstruksi memerlukan gambar kerja untuk bagian-bagian tertentu/khusus. Untuk itu, perlu dilakukan pendataan bagian-bagian yang memerlukan gambar kerja.
6. Kontinuitas pelaksanaan pekerjaan, dalam penyusunan rencana kerja, faktor penting yang harus dijamin oleh pengelola proyek adalah kelangsungan dari susunan rencana kegiatan setiap item pekerjaan

Manfaat dan kegunaan penyusunan rencana kerja antara lain :

1. Alat koordinasi bagi pimpinan, dengan menggunakan rencana kerja, pimpinan pelaksanaan pembangunan dapat melakukan koordinasi semua kegiatan yang ada di lapangan.
2. Sebagai pedoman kerja para pelaksana, rencana kerja merupakan pedoman utama terutama dalam kaitannya dengan batas waktu yang telah ditetapkan untuk setiap item kegiatan.
3. Sebagai penilaian kemajuan pekerjaan, ketepatan waktu dari setiap item kegiatan di lapangan dapat dipantau dari rencana pelaksanaan dengan realisasi pelaksanaan di lapangan.
4. Sebagai evaluasi pekerjaan, variasi yang ditimbulkan dari perbandingan rencana dan realisasi dapat digunakan sebagai bahan evaluasi untuk menentukan rencana selanjutnya.

2.9.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Tahap-tahap yang sebaiknya dilakukan untuk menyusun anggaran biaya adalah berikut :

1. Melakukan pengumpulan data tentang jenis, harga serta kemampuan pasar menyediakan bahan/material konstruksi secara kontinu.
2. Melakukan pengumpulan data tentang upah pekerja yang berlaku di daerah lokasi proyek dan upah pada umumnya jika pekerja didatangkan dari luar daerah lokasi proyek
3. Melakukan perhitungan analisa bahan dan upah dengan menggunakan analisa yang diyakini baik oleh si pembuat anggaran dalam tulisan ini,

digunakan perhitungan berdasarkan analisa BOW (*Borgelijke Openbare Werken*)

4. Melakukan perhitungan harga satuan pekerjaan dengan memanfaatkan hasil analisa satuan pekerjaan dan daftar kuantitas pekerjaan.
5. Membuat rekapitulasi

2.9.3 *Network Planning* (NWP)

Pengertian NWP adalah sebuah jadwal kegiatan pekerjaan berbentuk diagram *network* sehingga dapat diketahui pada area mana pekerjaan yang termasuk kedalam lintasan kritis dan harus diutamakan pelaksanaannya. NWP adalah suatu alat pengendalian pekerjaan di lapangan yang ditandai dengan simbol tertentu berupa urutan kegiatan dalam suatu proyek yang berfungsi untuk memperlancar pekerjaan.

1. CPM (*Critical Path Method*)

CPM (*Critical Path Method*) atau metode jalur kritis adalah jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan, dengan total waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu tercepat penyelesaian proyek tercepat (Irika dan Lenggogeni, 2013:65).

Jalur kritis terdiri dari rangkaian kegiatan kritis, dimulai dari kegiatan pertama sampai kegiatan terakhir. Pada jalur ini terletak kegiatan-kegiatan yang bila pelaksanaannya terlambat, akan menyebabkan keterlambatan penyelesaian keseluruhan proyek, yang disebut kegiatan kritis. Ada beberapa simbol yang berlaku untuk analisa CPM yaitu :

TF(*Total Float*) = jumlah waktu yang diperkenankan suatu kegiatan boleh ditunda, tanpa mempengaruhi jadwal proyek secara keseluruhan.

ES(*Early Start*) = waktu paling awal sebuah kegiatan dapat dimulai
Setelah kegiatan sebelumnya selesai

EF(*Early Finish*) = waktu paling awal sebuah kegiatan dapat diselesai-

kan jika dimulai paling paling awalnya dan diselesaikan sesuai durasinya

LF(*Late Finish*) = waktu paling akhir sebuah kegiatan dapat dimulai tanpa memperlambat penyelesaian proyek

S(*slack*) = selisih antara saat paling awal dengan saat paling lambat pada permulaan atau akhir suatu kegiatan

Penyajian jalur kritis ditandai dengan garis tebal, atau garis dengan warna berbeda, atau garis ganda. Bila jaringan kerja hanya mempunyai satu titik awal dan satu titik akhir, maka jalur kritis juga berarti jalur yang memiliki jumlah waktu penyelesaian terbesar (terlama), dan jumlah waktu tersebut merupakan waktu proyek yang tercepat. Kadang-kadang dijumpai lebih dari satu jalur kritis dalam jaringan kerja. Beberapa aturan yang dimiliki oleh CPM adalah sebagai berikut :

1. Sebelum kegiatan dimulai maka seluruhnya kegiatan pendahulunya harus sudah selesai.
2. Anak panah berfungsi untuk menyatakan hubungan ketergantungan diantara kegiatan-kegiatan, sedangkan panjang dan arah panah tidak mempunyai arti (diabaikan)

Pada setiap garis panah yang meninggalkan *node*, selalu ada ES dan LS. Sedangkan pada ujung panah yang menuju suatu *node*, selalu ada EF dan LF. Lintasan kritis (*critical path*) mengandung makna bahwa kegiatan-kegiatan yang ada pada lintasan tersebut tidak boleh terlambat dikerjakan dan butuh perhatian khusus dari manajemen. Adapun arah perhitungan CPM sebagai berikut :

1. Perhitungan maju, perhitungan waktu paling awal dari terjadinya setiap kegiatan mulai atau berakhir yang terdapat pada diagram lintasan suatu proyek
2. Perhitungan mundur, perhitungan waktu paling lambat dari terjadinya setiap kegiatan mulai atau berakhir yang terdapat pada diagram lintasan suatu proyek

2.9.4 *Barchart* dan Kurva S

1. *Barchart*

Rencana kerja yang paling sering dan banyak digunakan adalah diagram batang (*bar chart* atau *gant charts*). *Bar charts* digunakan secara luas dalam proyek konstruksi karena sederhana, mudah dalam pembuatannya dan mudah dimengerti oleh pemakainya.

Bar charts adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam arah kolom vertikal. Kolom arah horizontal menunjukkan skala waktu. Saat mulai dan akhir dari sebuah kegiatan dapat terlihat dengan jelas, sedangkan durasi kegiatan digambarkan oleh panjangnya diagram batang. Proses penyusunan diagram batang dilakukan dengan langkah sebagai berikut :

- 1) Daftar item kegiatan, yang berisi seluruh jenis kegiatan pekerjaan yang ada dalam rencana pelaksanaan pembangunan.
- 2) Urutan pekerjaan, dari daftar item kegiatan tersebut di atas, disusun urutan pelaksanaan pekerjaan berdasarkan prioritas item kegiatan yang akan dilaksanakan lebih dahulu dan item kegiatan yang akan dilaksanakan kemudian, dan memungkinkan pelaksanaan pekerjaan secara bersamaan.
- 3) Waktu pelaksanaan pekerjaan, adalah jangka waktu pelaksanaan dari seluruh kegiatan yang dihitung dari permulaan kegiatan sampai seluruh kegiatan berakhir. Waktu pelaksanaan pekerjaan diperoleh dari penjumlahan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap item kegiatan.

2. Kurva S

Kurva S adalah hasil plot dari *barchart*, bertujuan untuk mempermudah melihat kegiatan-kegiatan yang masuk dalam suatu jangka waktu pengamatan kemajuan pelaksanaan proyek (Callahan, 1992). Menurut Irika dan Lenggogeni (2013:92) bahwa kurva S mempunyai beberapa kegunaan antara lain :

- 1) Untuk menganalisis kemajuan suatu proyek secara keseluruhan

- 2) Untuk mengetahui pengeluaran dan kebutuhan biaya pelaksanaan proyek
- 3) Untuk mengontrol penyimpangan yang terjadi pada proyek dengan membandingkan kurva S rencana dengan kurva S aktual (Imam Soeharto, 1998)

Langkah-langkah yang harus dilakukan dalam membuat sebuah kurva S rencana menurut Bachtiar Ibrahim adalah sebagai berikut :

- 1) Mencari % bobot biaya setiap pekerjaan

Persentase bobot pekerjaan

$$= \frac{V \times \text{Harga Satuan Pekerjaan}}{\text{Harga Bangunan}} \times 100\%$$

- 2) Membagi % bobot biaya pekerjaan pada durasi
- 3) Menjumlahkan % bobot biaya pekerjaan pada setiap lajur waktu
- 4) Membuat kumulatif dari % bobot biaya pekerjaan pada laju % kumulatif bobot biaya
- 5) Membuat kurva S berdasarkan % kumulatif bobot biaya