

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Irigasi

Kata irigasi berasal dari kata *irrigate* dalam bahasa belanda dan *Irrigation* dalam bahasa inggris yang mempunyai arti penyediaan, pengambilan, pembagian, pemberian dan pengaliran air menggunakan sistem, saluran dan bangunan tertentu dengan tujuan sebagai penunjang produksi pertanian, persawahan dan perikanan.

Menurut Abdullah Angoedi dalam sejarah di Indonesia disebutkan bahwa dalam laporan Pemerintah Belanda Irigasi secara teknis menyalurkan air melalui saluran-saluran pembawa ke tanah pertanian dan diambil manfaat terbesar yang menyalurkannya ke saluran pembuang terus ke sungai.

(sumber: Desain Hidrolik Bangunan Irigasi, Prof. R.Drs. Erman Mawardi, Dipl. AIT, 2007).

2.2 Tujuan dan Manfaat Irigasi

Irigasi adalah segala upaya yang dilakukan guna pemberian air ke tanah-tanah pertanian guna mencukupi kebutuhan tanaman agar tumbuh dengan baik. Dengan kata lain 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 air yang ada, agar dicapai suatu kondisi tanah yang baik untuk pertumbuhan tanaman dalam hubungannya dengan presentase kandungan air dan udara diantara butir-butir tanah.

2.3 Jenis-jenis Irigasi

Pada prakteknya ada 4 jenis irigasi ditinjau dari cara pemberian airnya:

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 ini banyak digunakan di Indonesia, dan dapat dibagi menjadi:

a. Irigasi genangan liar

Irigasi genangan liar adalah irigasi yang memanfaatkan genangan liar yang terdapat disekitar sungai daengan sedikit bangunan air atau tidak sama sekali. Adapun yang termasuk dalam irigasi genangan liar yaitu :

- a) Irigasi Tanah Lebak
- b) Irigasi Banjir
- c) Irigasi Pasang Surut

b. Irigasi Genangan dari Saluran

Sistem pemberian air dan pembuangan dapat dikendalikan seluruhnya meliputi :

- a) Irigasi genangan
- b) Irigasi petak alur (*border strip irrigation*)
- c) Irigasi petak (*basin irrigation*)

c. Irigasi Alur dan Gelombang

Irigasi mengalirkan air melalui alur-alur yang ada di sisi deretan tanaman. Banyaknya alur akan sangat bergantung pada macam tanah, kemiringan, dan jenis tanaman. Kecepatan pengaliran tidak boleh terlalu besar, karena apabila terlalu besar akan terjadi pengerusan.

2) Irigasi bawah tanah (*Sub Surface Irrigation*)

Pada sistem ini air dialirkan dibawah permukaan melalui saluran-saluran yang ada di sisi-sisi petak sawah. Adananya air ini mengakibatkan muka air tanah pada

petak sawah naik. Kemudian air tanah akan mencapai daerah penakaran secara kapiler sehingga kebutuhan air akan dapat terpenuhi. Syarat untuk menggunakan jenis sistem irigasi seperti ini antara lain :

- a) Lapisan tanah atas mempunyai permeabilitas yang cukup tinggi.
- b) Lapisan tanah bawah cukup stabil dan kedap air berada pada kedalaman 1,5 meter – 3 meter.
- c) Permukaan tanah relatif sangat datar.
- d) Air berkualitas baik dan berkadar garam rendah.
- e) Organisasi pengaturan air berjalan dengan baik.

3) Irigasi siraman (*Sprinkler Irrigation*)

Pada sistem irigasi ini air dialirkan melalui jaringan pipa dan disemprotkan ke permukaan tanah dengan kekuatan mesin pompa air. Sistem ini biasanya digunakan apabila topografi daerah irigasi tidak memungkinkan untuk penggunaan irigasi gravitasi. Ada dua macam sistem irigasi siraman, yaitu : pipa tetap dan pipa bergerak.

4) Irigasi tetesan (*Trickler Irrigation*)

Air dialirkan melalui jaringan pipa dan ditetaskan tepat di daerah penakaran tanaman dengan menggunakan mesin pompa sebagai tenaga penggerak. Perbedaan jenis sistem irigasi ini dengan sistem irigasi siraman adalah pipa tersier jalurnya melalui pohon, tekanan yang dibutuhkan kecil (1atm). Sistem irigasi tetesan ini memiliki keuntungan antara lain :

- a) Tidak ada kehilangan air, karena air langsung menetes dari pohon.
- b) Air dapat dicampur dengan pupuk.
- c) Pestisida tidak tercuci.
- d) Dapat digunakan di daerah yang miring.

2.4 Klasifikasi Jaringan Irigasi

Untuk klasifikasi jaringan irigasi apabila ditinjau dari segi pengaturannya maka dapat dibedakan menjadi tiga jenis yakni :

1) Jaringan irigasi sederhana

Di dalam irigasi sederhana, pembagian air tidak diukur dan diatur sehingga kelebihan air yang ada pada suatu petak akan dialirkan ke saluran pembuang. Pada jaringan ini terdapat beberapa kelemahan antara lain adanya pemborosan air, sering terjadi pengendapan, dan pembuangan biaya akibat jaringan dan penyaluran yang harus dibuat oleh masing-masing desa.

2) Jaringan irigasi semi teknis

Di dalam irigasi jaringan semi teknis, bangunan bendungnya terletak di sungai lengkap dengan pintu pengambilan tanpa bangunan pengukur di bagian hilirnya. Beberapa bangunan permanen biasanya sudah dibangun di jaringan saluran. Bangunan pengaliran dipakai untuk melayani daerah yang lebih luar dibanding jaringan irigasi sederhana.

3) Jaringan irigasi teknis

Pada jaringan irigasi teknis, saluran pembawa dan saluran pembuang sudah benar-benar terpisah. Pembagian air dengan menggunakan jaringan irigasi teknis adalah merupakan yang paling efektif karena mempertimbangkan waktu seiring merosotnya kebutuhan air. Pada irigasi jenis ini dapat memungkinkan dilakukan pengukuran pada bagian hilir.

Tabel 2.1 Klasifikasi Jaringan Irigasi

	Klasifikasi Jaringan Irigasi		
	Teknis	Semi Teknis	Sederhana
Bangunan utama	Bangunan permanen	Bangunan permanen atau semi permanen	Bangunan sederhana
kemampuan dalam mengukur dan mengatur debit	Baik	Sedang	Tidak mampu mengatur/mengukur
Jaringan saluran	Saluran pemberi dan pembuang terpisah	Saluran pemberi dan pembuang tidak sepenuhnya terpisah	Saluran pemberi dan pembuang menjadi satu
Petak tersier	Dikembangkan sepenuhnya	Belum dikembangkan identitas bangunan tersier jarang	Belum ada jaringan terpisah yang dikembangkan
Efisiensi secara keseluruhan	50-60%	40-50%	<40%
Ukuran	Tak ada batasan	<2000 hektar	<500 hektar

(Sumber : Kriteria Perencanaan Irigasi 01,1986)

2.5 Petak Irigasi

Petak irigasi adalah daerah-daerah yang akan dialiri oleh sumber air, baik dari sungai, danau, maupun waduk dengan menggunakan suatu bangunan pengambilan yang dapat berupa bendungan, rumah pompa ataupun pengambilan bebas. Perencanaan petak sawah yang dilakukan adalah perencanaan terhadap luas dan batas petak tersier serta tempat penyadapan airnya. Petak irigasi dapat dibagi atas 3 jenis yakni :

1) Petak primer

Petak atau gabungan dari petak-petak sekunder yang mendapat air langsung dari saluran induk. Petak primer dilayani oleh satu saluran primer yang mengambil airnya dari sumber air. Daerah di sepanjang saluran primer tidak dapat dilayani dengan mudah dengan cara menyadap air dari saluran sekunder. Apabila saluran primer melewati sepanjang garis tinggi, maka daerah saluran primer yang berdekatan harus dialiri oleh saluran primer.

2) Petak sekunder

Kumpulan dari beberapa petak tersier yang langsung mendapat air dari saluran sekunder. Biasanya petak sekunder menerima air dari bangunan bagi yang terletak di saluran primer atau sekunder. Batas-batas petak sekunder umumnya merupakan topografi yang cukup jelas, misalnya saluran pembuang. Luas petak sekunder berbeda-beda, tergantung pada situasi daerah. Saluran sekunder sering terletak pada punggungmedan, mengalir kedua sisi saluran hingga saluran pembuang yang membatasinya. Saluran sekunder boleh juga direncanakan sebagai saluran garis tinggi yang mengairi lereng-lereng medan yang lebih rendah.

3) Petak tersier

Petak tersier adalah petak-petak sawah yang mendapat aliran air dari bangunan sadap pada bangunan sekunder. Perencanaan dasar yang berhubungan dengan unit tanah adalah petak tersier. Petak ini menerima air irigasi yang dialirkan dan diukur pada bangunan sadap tersier yang menjadi tanggung jawab dinas pengairan. Bangunan sadap tersier mengalirkan airnya ke saluran tersier. Di petak tersier pembagian air, eksploitasi dan pemeliharaan menjadi tanggung jawab petani yang bersangkutan di bawah bimbingan pemerintah. Hal ini juga menentukan luas petak tersier. Petak yang terlampau besar akan mengakibatkan pembagian air yang tidak efisien. Faktor-faktor penentu lain dalam petak tersier adalah jumlah petani dalam satu petak, topografi, serta jenis tanaman. Pada petak-petak yang akan

ditanami padi, luas idealnya berkisar antara 50 – 100 ha, bahkan terkadang mencapai 150 ha. Petak tersier dibagi menjadi petak-petak kwarter yang masing-masing luasnya antara 8-15 ha. Petak tersier harus berbatasan langsung dengan saluran sekunder ataupun saluran primer. Pengecualian apabila petak tersier tidak secara langsung terletak di sepanjang jaringan irigasi utama. Yang dengan demikian memerlukan saluran muka tersier yang membatasi petak-petak tersier lainnya.

2.6 Bangunan Irigasi

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

2.6.1 Bangunan Utama

Bangunan utama merupakan bangunan yang direncanakan dan disepanjang sungai atau aliran air untuk membelokkan air ke dalam jaringan saluran agar dapat di pakai untuk keperluan irigasi. Bangunan utama bisa mengurangi kandungan sedimen yang berlebihan dan mengukur banyaknya air yang masuk. Bangunan utama dapat diklassifikasi ke dalam sejumlah kategori, bergantung kepada perencanaannya. Berikut ini ada beberapa ketegori antara lain :

- 1) Bendung atau bendung gerak
- 2) Bendung karet
- 3) Pengambilan dari waduk
- 4) Stasiun pompa



Gambar 2.1 Bangunan Utama

2.6.2 Bangunan Pembawa

Bangunan pembawa mempunyai fungsi membawa/mengalirkan air dari sumbernya menuju petak irigasi. Bangunan pembawa meliputi saluran primer, saluran sekunder, saluran tersier dan saluran kwarter. Termasuk dalam bangunan pembawa adalah talang, gorong-gorong, siphon, tedunan dan got miring. Saluran primer biasanya dinamakan sesuai dengan daerah irigasi yang dilayaninya. Sedangkan saluran sekunder sering dinamakan sesuai dengan nama desa yang terletak pada petak sekunder tersebut. Berikut ini penjelasan berbagai saluran yang ada dalam satu sistem irigasi.

Saluran primer membawa air dari bangunan sadap menuju saluran sekunder dan ke petak-petak tersier yang dialiri. Batas ujung saluran primer adalah pada bangunan bagi yang terakhir.

- 1) Saluran sekunder membawa air dari bangunan yang menyadap dari saluran primer menuju petak-petak tersier yang dilayani oleh saluran sekunder tersebut. Batas akhir dari saluran sekunder adalah bangunan sadap terakhir.
- 2) Saluran tersier membawa air dari bangunan yang menyadap dari saluran sekunder menuju petak-petak kwarter yang dilayani oleh saluran sekunder tersebut. Batas akhir dari saluran sekunder adalah bangunan boks tersier terakhir.

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

Adapun 2 aliran yang melalui pada bangunan pembawa, yaitu :

1) Bangunan pembawa dengan aliran superkritis

Bangunan pembawa dengan aliran tempat di mana lereng medannya maksimum saluran. Superkritis diperlukan di tempat yang lebih curam dari pada kemiringan maksimal saluran. Jika di tempat dimana kemiringan medannya lebih curam dari pada kemiringan dasar saluran, maka bisa terjadi aliran superkritis yang akan dapat merusak saluran. Untuk itu diperlukan bangunan peredam). Macam-macam bangunan pembawa dengan aliran superkritis :

- a) Bangunan terjun
- b) Got miring

2) Bangunan pembawa dengan aliran subkritis (bangunan silang)

Macam-macam bangunan pembawa dengan aliran subkritis (bangunan silang) :

- a) Gorong-gorong
- b) Talang
- c) Sipun
- d) Jembatan
- e) Flum (*flume*)
- f) Saluran tertutup
- g) terowongan

2.6.3 Bangunan Bagi dan Sadap

Bangunan bagi dan sadap pada irigasi teknis dilengkapi dengan pintu dan alat pengukur debit untuk memenuhi kebutuhan air irigasi sesuai jumlah dan padda waktu tertentu. Namun dalam keadaan tertentu sering dijumpai kesulitan dalam operasi daneliharaan sehingga muncul usulan sistem proporsional, yaitu

bangunan bagi dan sadap tanpa pintu dan alat ukur tetapi dengan syarat-syarat berikut :

- 1) Elevasi ambang ke semua arah harus sama.
- 2) Bentuk ambang harus sama agar koefisien debit sama.
- 3) Lebar bukaan proporsional dengan luas sawwah yang dialiri.

Bangunan bagi pada saluran-aluran besar mempunyai tiga bagian utama, yaitu :

- 1) Alat pembendung, untuk mengatur elevasi muka air sesuai dengan tinggi pelayanan yang direncanakan.
- 2) Perlengkapan jalan melintasi tanggul, jalan, atau bangunan lain menuju saluran cabang. Konstruksinya ini dilengkapi dapat berupa saluran terbuka ataupun gorong-gorong. Bangunan ini dilengkapi dengan pintu pengatur agar debit yang masuk saluran dapat diatur.
- 3) Bangunan ukur debit, yaitu suatu bangunan yang dimaksudkan untuk mengukur besarnya debit yang mengalir.

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

- 1) Bangunan bagi teretak di saluran primer dan sekunder pada suatu titik cabang dan berfungsi untuk membagi aliran anatara dua saluran atau lebih.
- 2) Bangunan sadap tersier mengalirkan air dri saluran primer atau sekundr ke saluran tersier penerima.
- 3) Bangunan bagi dan sadap mungkin digabung menjadi satu rangkaian bangunan.

Boks-boks bagi saluran tersier membagi aliran untuk dua saluran atau lebih (tersier, subtersier, dan kuarter).



Gambar 2.2 Bangunan Bagi

2.6.4 Bangunan Pengatur dan Pengukur

Pemberian air irigasi sesuai dengan yang direncanakan, perlu dilakukan pengaturan dan pengukuran aliran di bangunan sadap (awal saluran primer), cabang saluran jaringan primer serta bangunan sadap primer dan sekunder. Bangunan pengatur muka air dimaksudkan untuk dapat mengatur muka air sampai batas-batas yang diperlukan untuk dapat memberikan debit yang konstan dan sesuai dengan yang dibutuhkan. Sedangkan bangunan pengukur dimaksudkan untuk dapat memberi informasi mengenai besar aliran yang dialirkan dan dapat juga berfungsi sebagai bangunan pengatur.

Tabel 2.2 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 Romjin	Aliran atas	Ya
Bangunan ukur Crump-de Gruyter	Aliran bawah	Ya
Bangunan sadap pipa sederhana	Aliran bawah	Ya
Tipe	Mengukur dengan	Mengatur
Constant-Head Orifice (CHO)	Aliran bawah	Ya
Cut Throat Flume	Aliran atas	Tidak

(Sumber : Kriteria Perencanaan Irigasi 01, 1986)

2.6.5 Bangunan Pengatur Muka Air

Bangunan pengatur diperlukan 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 dipai mercu atau celah kontrol trapesium (*trapezoidal notch*). Bangunan pengatur muka air berfungsi untuk mengatur atau mengontrol muka air di jaringan irigasi utama sampai batas-batas yang diperlukan untuk dapat memberikan debit yang konstan kepada bangunan sadap tersier dan mempunyai potongan aliran yang dapat dsetel atau tetap. Untuk bangunan pengatur yang dapat dsetel dianjurkan menggunakan pintu (sorong) radial atau lainnya.

2.6.6 Bangunan Pelindung

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. Bangunan pelindung terdiri dari :

- 1) Pelimpah (*spillway*)
- 2) Bangunan pembuang silang
- 3) Bangunan penggelontor sedimen (*sediment excluder*)
- 4) Bangunan penguras (*wasteway*)
- 5) Saluran pembuangan samping
- 6) Saluran gendong

2.6.7 Bangunan Pelengkap

Bangunan pelengkap berfungsi sebagai pelengkap bangunan-bangunan irigasi yang telah disebutkan sebelumnya. Bangunan pelengkap berfungsi untuk memperlancar para petugas dalam eksploitasi dan pemeliharaan. Bangunan pelengkap juga dapat dimanfaatkan untuk pelayanan umum.

2.7 Standar Tata Nama

Nama-nama yang diberikan untuk saluran-saluran irigasi dan pembuang, bangunan-bangunan dan daerah irigasi harus jelas dan logis. Nama yang diberikan harus pendek dan tidak perlu mengubah semua nama yang sudah ada.

1) Daerah irigasi

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

2) Saluran irigasi

Saluran irigasi primer dapat diberi nama sesuai dengan daerah irigasi dilayani. Saluran sekunder sering diberi nama sesuai dengan nama desa yang terletak di petak saluran. Petak sekunder akan diberi nama sesuai dengan nama saluran sekundernya.

Saluran dibagi menjadi ruas-ruas yang berkapasitas sama. Bangunan pengelak atau bagi adalah bangunan terakhir di suatu ruass. Bangunan-bangunan yang ada di antara bangunan-bangunan bag sadap (gorong-gorong, jembatan, talang bangunan terjun, dan lain-lain) diberi nama sesuai dengan ruas di mana bangunan tersebut terletak juga mulai dengan huruf B (bangunan) lalu diikuti dengan huruf kecil sedemikian sehingga bangunan yang terletak di ujung hilir mulai dengan "a" dan bangunan-bangunan yang berada lebih jauh di hilir memakai huruf b, c, dan seterusnya.

3) Jaringan irigasi pembuangan

Pada umumnya pembuang primer berupa sungai ilmiah, yang keseluruhannya akan diberi nama. Apabila saluran-saluran pembuang primer baru yang akan dibuat, maka saluran-saluran itu harus diberi nama tersendiri. Jika saluran

pembuang dibagi menjadi beberapa ruas, maka masing-masing ruas akan diberi nama mulai dari ujung hilir.

Pembuang sekunder berupa sungai atau anak sungai yang lebih kecil di antaranya sudah mempunyai nama yang tetap bisa dipakai, jika tidak sungai atau anak sungai tersebut akan ditunjukkan dengan huruf besamaan dengan nomor seri nama-nama ini akan diawali dengan huruf d (drainase).

Pembuang tersier adalah pembuang kategori terkecil dan akan dibagi menjadi ruas-ruas dengan debit seragam masing-masing akan diberi nomor. Jadi, masing-masing petak tersier akan mempunyai nomor seri tersendiri.

2.8 Analisa Hidrologi

Parameter hidrologi merupakan parameter yang sangat penting untuk perencanaan jaringan irigasi adalah curah hujan, temperatur udara, kelembapan udara, penyinaran matahari, kecepatan angin dan evapotranspirasi.

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

2.8.1 Curah Hujan

Analisis data curah hujan dilakukan dengan maksud untuk menentukan :

- a) 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.
- b) Curah hujan berlebih (*excess rainfall*) dipakai untuk menghitung kebutuhan pembuangan atau drainase dan debit (banjir).

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

$$S = \sqrt{\frac{(\bar{R} - R_A)^2 + (\bar{R} - R_B)^2 + (\bar{R} - R_C)^2 + \dots + (\bar{R} - R_N)^2}{N-1}} \text{ (mm)} \dots\dots\dots (2.1)$$

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

Maka akan digunakan persamaan :

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

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

Maka akan digunakan persamaan :

$$Rx = \frac{1}{n-1} (ra + rb + rc + \dots + rn) \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

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

2.8.2 Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif adalah besaran hujan yang dipergunakan dalam penyediaan air dilapangan yang berasal dari air hujan. Datanya diambil dari data curah hujan dengan jumlah pengamatan tertentu (minimal 10 tahun) yang telah dilengkapi.

Untuk menghitung curah hujan efektif menggunakan metode Harza dengan persamaan sebagai berikut :

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

Dimana :

M = Urutan curah hujan efektif yang terendah

n = Jumlah tahun pengamatan

Untuk menghitung curah hujan rerata tergantung suatu area dengan menggunakan metode, antara lain :

1) Metode Rerata Aljabar

Metode ini merupakan metode paling sederhana, dengan mengambil rata-rata hitung (*arithmetic mean*) dari pengukuran hujan di pos penakar hujan di dalam wilayah tersebut. Sesuai dengan kesederhaannya maka cara ini hanya disarankan digunakan untuk wilayah mendatar dan hasil penakaran masing-masing pos penakar tidak menyimpang jauh.

Adapun rumus metode rerata aljabar :

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

Dimana :

\bar{R} = Tinggi curah hujan rata-rata (mm)

R₁,R₂,R₃,R_n = Tinggi curah hujan pada pos penakar 1,2,3,...,n (mm)

n = Banyaknya pos penakar

2) Metode Poligon Thiessen

Metode ini merupakan metode memperhitungkan bobot atau daerah pengaruh dari masing-masing stasiun. Penyebaran stasiun hujan tidak bisa merata, tidak memperhitungkan topografi dan lebih teliti dibandingkan dengan aljabar.

Adapun rumus metode poligon thiessen :

$$\bar{R} = \frac{(R_1.A_1) + (R_2.A_2) + (R_3.A_3) + \dots + (R_n.A_n)}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} = \sum_i^n \frac{R_i.A_i}{\sum A} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

\bar{R}	= Curah hujan rata-rata
R1, R2, R3, Rn	= Curah hujan di setiap stasiun
A1, A2, A3, An	= Luas pengaruh daerah stasiun masing-masing

2.8.3 Debit Andalan

Debit andalan (*dependable flow*) adalah debit minimum pada tingkat peluang tertentu yang dapat dipakai untuk keperluan penyediaan air. Untuk keperluan irigasi biasa digunakan probabilitas 80%.

Dalam menghitung debit andalan kita harus mempertimbangkan air yang diperlukan dari sungai hilir pengambilan :

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

Untuk menghitung Intensitas curah hujan digunakan dengan persamaan :

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

Dimana :

Q	= Debit aliran (m^3/det)
C	= Koefisien pengaliran
I	= Intensitas curah hujan (mm/jam)
A	= Luas daerah aliran sungai (m^2)
R	= Curah hujan efektif (mm)

Tabel 2.3 Koefisien Pengaliran (C)

Kondisi daerah pengaliran dan sungai	Koefisien pengaliran
Daerah pegunungan yang curam	0.75 – 0.90
Daerah pegunungan tesier	0.70 – 0.80
Tanah bergelombang dan hutan	0.50 – 0.75
Tanah daratan yang di tanami	0.45 – 0.60
Persawahan yang dialiri	0.70 – 0.80
Sungai di daerah pegunungan	0.75 – 0.80
Sungai kecil di daratan	0.45 – 0.75
Sungai besar yang lebih besar 0.5 daerah pengaliran terdiri dari daratan mononobe	0.50 – 0.57

(Sumber: Suyono, 2003:145)

2.8.4 Evapotranspirasi

Evapotranspirasi merupakan gabungan dari peristiwa evaporasi dan transpirasi. Evaporasi adalah proses fisik yang mengubah suatu cairan atau bahan padat menjadi gas. Sedangkan transpirasi adalah penguapan air yang terjadi melalui tumbuhan. Sehingga evapotranspirasi merupakan gabungan antara proses penguapan dari permukaan tanah bebas (evaporasi) dan penguapan yang berasal dari daun tanaman (transpirasi).

Untuk menghitung besarnya evapotranspirasi dengan metode Pen Man, yaitu :

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

Dimana :

- Et = Energi yang ada untuk penguapan (mm/hari)
- Δ = Nilai γ untuk suhu-suhu yang berlainan ($^{\circ}\text{C}$)
- H = $R_a (1 - r) (0,18 + 0,55S_n) - B (0,56 - 0,092\sqrt{e_d}) (0,1 + 0,9S_n)$
- Ea = Tekanan uap udara pada temperature udara rata-rata (mm/Hg)
- n/N = Persentase penyinaran matahari dalam (%)

Langkah-langkah proses perhitungan adalah sebagai berikut :

- 1) Faktor koreksi penyinaran (N), berdasarkan pada **Tabel 2.5 dan Tabel 2.6**
- 2) Radiasi matahari rata-rata (S_n)

$$S_n = S \times N$$

Dimana :

- S_n = Radiasi matahari rata-rata
- S = Penyinaran matahari rata-rata
- N = Faktor koreksi lamanya penyinaran matahari disesuaikan dengan letak lintang dari daerah yang sedang diamati berdasarkan pada

Tabel 2.5 dan Tabel 2.6

- 3) Intensitas radiasi matahari (R_a), berdasarkan **Tabel 2.4**
- 4) Temperature udara rata-rata (T_f)

$$T_f = \left(\frac{9}{5} \times T_c\right) + 32 \text{ } ^{\circ}\text{F}$$

- 5) Δ (bedasarkan pada **Tabel 2.9**) dimana $\gamma = 0,49$

6) e_a didapat dari **Tabel 2.10** (satuan = mmHg)

7) $e_d = e_a \times$ kelembaban udara rata-rata

$$e_d = e_a \times R_h \text{ (mmHg)}$$

Dimana :

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

e_a = Tekanan uap pada temperature udara rata-rata dalam (mm/Hg)

8) kecepatan angin rata-rata

$$W_2 = W_2 \times 0,621$$

9) $E_a = 0,35 \times (e_a - e_d) \times (1 + 0,0098 \times W_2)$

10) $B (\sigma t a^4)$ didapat dari interpolasi **Tabel 2.8**

Dimana :

σ = Konstanta Boltzman dalam mm air/hari/ ° K

$\sigma t a^4$ = Koefisien bergantung dari temperatur dalam (mm/hari)

11) $H = R_a (1 - r) (0,18 + 0,55S_n) - B (0,56 - 0,092\sqrt{e_d}) (0,1 + 0,9S_n)$

Dimana :

R_a = Radiasi ekstra terensial bulanan rata-rata dalam (mm/hari)

r = Koefisien refleksi pada permukaan dalam (%)

12) Nilai evapotranspirasi :

$$E_t = \frac{\Delta \times H + 0,27 \times E_a}{\Delta + 0,27} \text{ (mm/hari)}$$

13) E_t dalam 1 bulan

$E_t \times$ jumlah hari dalam 1 hari

Tabel 2.4 Nilai Radiasi Ekstra Terensial Bulanan Rata-rata/Ra (mm/hari)

Bulan	Lintang Utara		0°	Lintang Selatan	
	20°	10°		10°	20°
Januari	10,8	12,8	14,5	15,8	16,8
Februari	12,3	13,9	15	15,7	16
Maret	13,9	14,8	15,2	15,1	14,6
April	15,2	15,2	14,7	13,88	12,5
Mei	15,7	15	13,9	12,4	10,7
Juni	15,8	14,8	13,4	11,06	9
Juli	15,7	14,8	13,5	11,9	10
Agustus	15,3	15	14,2	13	11,5
September	14,4	14,9	14,9	14,4	13,5
Oktober	12,9	14,1	15	15,3	15,3
November	11,2	13,1	14,6	15,7	16,4
Desember	10,3	12,4	14,3	15,8	16,9

(Sumber : Bambang, 2008)

Tabel 2.5 Faktor Koreksi Penyinaran/N (lamanya matahari bersinar) Sebelah Utara

Utara (°)	0	5	10	15	20
Januari	1,04	1,02	1,09	0,97	0,95
Februari	0,94	0,93	0,91	0,91	0,9
Maret	1,04	1,03	1,03	1,03	1,03
April	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05
Mei	1,04	1,06	1,08	1,11	1,12
Juni	1,01	1,03	1,06	1,08	1,11
Juli	1,04	1,06	1,08	1,12	1,14
Agustus	1,04	1,05	1,07	1,08	1,11
September	1,01	1,01	1,02	1,02	1,02
Oktober	1,04	1,03	1,02	1,01	1
November	1,01	0,99	0,98	0,99	1,93
Desember	1,04	1,02	0,99	0,97	0,94

(Sumber: Bambang, 2008)

Tabel 2.6 Faktor Koreksi Penyinaran/N (lamanya matahari bersinar) Sebelah Selatan

Selatan (°)	0	5	10	15	20
Januari	1,04	1,06	1,08	1,12	1,14
Februari	0,94	0,95	0,97	0,98	1
Maret	1,04	1,04	1,05	1,05	1,05
April	1,01	1	0,99	0,98	0,97
Mei	1,04	1,02	1,01	0,98	0,96
Juni	1,01	0,99	0,96	0,94	0,91

Selatan (°)	0	5	10	15	20
Juli	1,04	1,02	1	0,97	0,95
Agustus	1,04	1,03	1,01	1	0,99
September	1,01	1	1	1	1
Oktober	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08
November	1,01	1,03	1,05	1,07	1,09
Desember	1,04	1,06	1,1	1,12	1,15

(Sumber : Bambang, 2008)

Tabel 2.7 Nilai r (Koefisien Refleksi)

Air terbuka	0.006 – 0.15	Rerumputan	0.10 – 0.33
Batuan	0.12 – 0.15	Hutan (daun yang hijau)	0.05 – 0.20
Tanah kering	0.14	Rerumputan yang kering	0.15 – 0.25
Tanah basah	0.08 – 0.9	Salju basah	0.10
Pasir	0.10 – 0.20	Vegetasi	0.20

(Sumber : Irigasi I, 2017)

Tabel 2.8 Nilai Konstanta Stefan-Boltzman/ σta^4 Sesuai Dengan Temperatur

Temperatur (°C)	Temperatur (°K)	σta^4 mm air/hari
0	273	11,22
5	278	12,06
10	283	12,96
15	288	13,89
20	293	14,88

Temperatur (°C)	Temperatur (°K)	σta^4 mm air/hari
25	298	15,92
30	303	17,02
35	308	18,17
40	313	19,38

(Sumber : Irigasi I, 2017)

Tabel 2.9 Nilai Δ/γ Untuk Suhu Berlainan (°C)

Tc	Δ/γ	Tc	Δ/γ	Tc	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	2,93	28	3,23	38	5,2
19	2,03	29	3,4	39	5,45
20	2,14	30	3,57	40	5,7

(Sumber : Irigasi I, 2017)

Tabel 2.10 Tekanan Uap Udara dalam Keadaan Jenuh/ea (mmHg)

Temp °C	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
10	9.2	9.26	9.33	9.36	9.46	9.52	9.58	9.65	9.71	9.77
11	9.84	9.9	9.97	10.03	10.1	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	11.08	11.15
13	11.23	11.3	11.38	11.45	11.53	11.6	11.68	11.76	11.83	11.91
14	11.98	12.06	12.14	12.22	12.3	12.38	12.46	12.54	12.62	12.7
15	12.78	12.86	12.95	13.03	13.11	13.2	13.28	13.37	13.45	13.54
16	13.63	13.71	13.8	13.9	13.99	14.08	14.17	14.26	14.35	14.44
17	14.53	14.62	14.71	14.8	14.9	14.99	15.09	15.17	15.27	15.38
18	15.46	15.56	15.66	15.76	15.86	15.96	16.09	16.16	16.26	16.36
19	16.46	16.68	16.68	16.79	16.9	17	17.1	17.21	17.32	17.43
20	17.53	17.75	17.75	17.86	17.97	18.08	18.2	18.31	18.43	18.54
21	18.65	18.77	18.88	19	19.11	19.23	19.35	19.46	19.58	19.7
22	19.82	19.94	20.06	20.19	20.31	20.43	20.43	20.69	20.8	20.93
23	21.05	21.19	21.32	21.45	21.58	21.71	21.71	21.97	22.1	22.23
24	22.27	22.5	22.63	22.76	22.91	23.05	23.19	23.31	23.45	23.6
25	23.73	23.9	24.03	24.2	24.35	24.49	24.64	24.79	24.94	25.08
26	25.31	25.45	25.6	25.74	25.84	26.03	26.18	26.32	26.46	26.6
27	26.74	26.9	27.05	27.21	27.37	27.03	27.69	27.85	28	28.1
28	28.32	26.49	28.66	28.83	29	29.17	29.34	29.51	29.68	29.85
29	30.03	30.2	30.38	30.56	30.74	30.92	31.1	31.2	31.46	31.64
30	31.82	32	32.19	32.38	32.57	32.76	23.95	33.14	33.33	33.52
31	33.7	33.69	34	34.2	34.47	34.66	34.86	35.06	35.26	36.46
32	35.66	35.86	36.07	36.27	36.48	36.68	36.89	37.1	37.31	37.52

(Sumber: Soemarto, 1999)

Tabel 2.11 Kecepatan Angin

mm/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	0.529	1.097	1	0.682
0.445	0.869	1.609	1.467	1

(Sumber : Irigasi I, 2017)

Tabel 2.12 Tekanan Atmosfer

Mb	mmHg	InchHg
1	0,75006	0,02953
1,33322	1	0,3937
33,864	25,4	1

(Sumber : Irigasi I, 2017)

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi evapotranspirasi, yaitu sebagai berikut :

1. Temperatur udara rata-rata (T_c)
2. Kelembapan udara bulanan rata-rata (R_h)
3. Kecepatan angin bulan rata-rata (W_1)
4. Lamanya penyinaran matahari (S)

2.8.5 Pola Tanam

Pola tanam merupakan bentuk-bentuk jadwal tanam secara umum yang menyatakan kapan mulai tanam Padi, Palawija, Tebu, dan sebagainya. Adapun bentuk pola yang akan diterapkan sangat bergantung pada kondisi daerah dan ketersediaan air di daerah irigasi tersebut, contohnya :

- 1) Jika ketersediaan air banyak maka dapat dilakukan pola tanam : Padi – Padi.
- 2) Jika dipakai bibit dengan varietas unggul (umur tanam <140 hari) maka masih dimungkinkan menanam Palawija sehingga pola tanamnya menjadi : Padi – Padi – Palawija.
- 3) Jika ketersediaan air dimusim kemarau terbatas, maka bagi sawah-sawah yang mendapat kesulitan air dimusim kemarau akan menerapkan pola tanam : Padi – Palawija – Palawija.
- 4) Kalau suatu daerah diwajibkan menanam tebu maka harus dilaksanakan glebagan, karena umur tanaman tebu lebih dari 1 tahun yaitu ± 15 bulan.

Untuk menghitung kebutuhan air untuk pola tanam sebagai berikut :

a) *Condition*

1. Nilai evapotranspirasi (E_v)
2. Nilai curah hujan rata-rata (E_f)

b) *Cropping pattern*

3. Koefisien tanaman bulanan didapat dari **Tabel 2.14**

c) *Water requirment*

4. Pemakaian air konsumtif
= evapotranspirasi \times koef. Tanam
5. Perlokasi
= jumlah hari \times perlokasi bulanan
6. Kebutuhan air untuk tanaman
= pemakaian air konsumtif \times perlokasi
7. Pengolahan tanah

Pengolahan tanah, untuk awal penanaman padi ditetapkan 240 mm dan bulan kedua 60 mm, sedangkan untuk awal penanaman palawija ditetapkan 100 mm dan untuk bulan kedua 20 mm.

8. Kebutuhan air di sawah (mm)

= kebutuhan air untuk tanaman + pengolahan tanah – curah hujan efektif

9. Idem (litr/dtk/Ha)

$$= \left(\frac{\text{kebutuhan air untuk tanaman} \times 10.000}{(24 \times 3600 \times \text{jumlah hari})} \right)$$

10. Kebutuhan air pada sumbernya

$$= \frac{\text{kebutuhan air di sawah}}{0.27}$$

11. *Water availability*

Untuk *water availability*

12. Luas daerah yang dialiri

$$= \frac{\text{water availability}}{\text{kebutuhan air pada sumbernya}}$$

Tabel 2.13 Perlokasi Bulanan

No.	Tipe Tanah	Perlokasi (mm/hari)
1	Sedang (<i>medium</i>)	4.0
2	Ringan (<i>light</i>)	5.0
3	Sedang – Berat (<i>medium – heavy</i>)	2.0 – 3.0
4	Berat (<i>heavy</i>)	2.0

(Sumber : Kriteria Perencanaan Irigasai 01, 1986)

Tabel 2.14 Harga Koefisien Tanaman

Periode Setengah Bulan	Padi (<i>nedoco/prpsida</i>)		Padi (FAO)		FAO Palawija
	Varietas Biasa	Varietas Unggul	Varietas Biasa	Varietas Unggul	
1	1.20	1.20	1.10	1.10	0.50
2	1.20	1.27	1.10	1.10	0.59
3	1.32	1.33	1.10	1.05	0.96
4	1.40	1.30	1.10	1.05	1.05
5	1.35	1.30	1.10	1.05	1.02
6	1.25	0	1.05	0.95	0.95
7	1.12	-	0.95	0	-
8	0	-	0	-	-

(Sumber : Kriteria Perencanaan Irigasai 01, 1986)

2.8.6 Kebutuhan Air Untuk Sawah

Untuk menghitung kebutuhan air sawah normal dalam pengolahan biasanya dipengaruhi oleh tekstur dan struktur tanah di sawah, pengaruh akibat pemakian tanah tersebut sebelumnya, proses pengolahan.

Perkiraan air bersih di sawah untuk padi :

- 1) Kebutuhan air bersih di sawah untuk padi

$$NFR = Etc + P - Re + WLR$$

- 2) Kebutuhan air iriasi untuk padi

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

Dimana :

Etc	= Penggunaan konsumtif (mm)
Etc	= $K_c \cdot E_{to}$
K_c	= Koefisien tanaman
E_{to}	= Evaporasi potensial (mm/hari)
P	= Kehilangan air akibat perkolasi (mm/hari)
R_e	= Curah hujan efektif (mm/hari)
e	= Efisien irigasi secara keseluruhan
WLR	= Pergantian lapisan air

2.8.7 Menentukan Dimensi Saluran

Setelah debit air masing-masing diketahui maka dapat dihitung dimensi saluran. Pada umumnya jaringan irigasi menggunakan saluran berbentuk trapesium, untuk menentukan dimensi saluran ini menggunakan tabel yang dikeluarkan oleh Direktorat Irigasi Pekerjaan Umum yang telah tercantum ukuran perbandingan dimensi, kemiringan talud, dan lain-lain yang disesuaikan dengan debit yang dibutuhkan.

Adapun langkah-langkah menentukan dimensi saluran, yaitu :

- 1) Menentukan debit air sawah

$$Q = A \times v$$

- 2) Menentukan luas penampang

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

- 3) Menentukan tinggi (h) dan lebar dasar saluran (b) (berdasarkan trapesium efektif)

$$F = [M + (b: h)] \times h^2$$

$$b = (b: h) \times h$$

4) Menentukan luas penampang desain

$$F_{\text{desain}}(Fd) = (bd + m + hd) \times hd$$

5) Menentukan kecepatan desain (Vd)

$$V_{\text{desain}}(Vd) = \frac{Q}{Fd}$$

6) Menentukan keliling basah

$$O = bd + 2hd\sqrt{1 + m^2}$$

7) Menentukan jari-jari hidrolis (R)

$$R = \frac{Fd}{O}$$

8) Menentukan nilai kemiringan

$$K = \frac{1}{n}$$

9) Menentukan kemiringan saluran

$$I = \left(\frac{Vd}{k \cdot R^{2/3}} \right)^2$$

Dimana :

Q	= Debit saluran (m ³ /det)
A	= Luas daerah yang dialiri (Ha)
a	= Kebutuhan air normal (ltr/dtk/Ha)
F	= Luas penampang saluran (m ²)
V	= Kecepatan aliran (m/dtk)
m	= Kemiringan talud/dinding
b	= Lebar saluran (m)
h	= Tinggi saluran (m)
Fd	= Luas penampang desain (m ²)
bd	= Lebar desain saluran (m)
hd	= Tinggi desain saluran (m)
Vd	= Kecepatan aliran desain (m/dtk)
O	= Keliling basah saluran (m)
R	= Jari-jari hidrolis (m)

- K = Nilai kemiringan
n = Nilai koef. Manning
k = Koef. Kekasaran stikler ($m^{1/3}/dtk$)
I = Kemiringan saluran

Tabel 2.15 Pedoman Menentukan Demensi Saluran

Debit (m ³ /dtk)	b :h	Kecepatan Air untuk Tanah Lempung Biasa (m ³ /dtk)	Serong untuk Tanah Lempung Biasa (1 : m)	Ket.
0.00-0.05	Min 0.25	1 : 1	b minimum 0.30 m
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	
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	
1.00-15.00	6	0.70	1 : 2	
15.00-25.00	8	0.70	1 : 2	
25.00-40.00	10	0.70	1 : 2	
40.00-60.00	12	0.70	1:02	

(Sumber : Kriteria Perencanaan Irigasi 03,1986)

Tabel 2.16 Harga Koefisien Kekasaran Stikler, k

No.	Debit Rencana (m ³ /dtk)	Koefisien Kekasaran Stikler
1	$Q > 10$	45
2	$5 < Q > 10$	42.5
3	$1 < Q > 5$	40
4	$Q < 1$	35

(Sumber : Kriteria Perencanaan Irigasi 03,1986)

Pada umumnya semakin besar debit yang diangkut, semakin besar pula tinggi jagaan atau *freeboard* yang harus disediakan. Tinggi jagaan atau *freeboard* pada saluran berfungsi untuk mencegah gelombang atau kenaikan muka air yang melimpah ke tepi saluran. Tinggi jagaan untuk saluran drainase yang disarankan untuk diambil dinyatakan dalam **Tabel 2.17**.

Tabel 2.17 Type Jagaan Berdasarkan Jenis Saluran dan Debit Air yang Mengalir

Jenis Saluran	Debit Air (m ³ /dtk)	b : h	Jagaan (m)	Lebar Tanggul	
				Tanpa Jalan Inspeksi	Dengan jalan Inspeksi
Tersier	< 0.5	1	0.3	0.75
Sekunder	< 0.5	01-Feb	0.4	1.0	4.50
Saluran utama dan sekunder	0.5-1	2.0-2.5	0.5	1.50-2.0	5.50
	01-Feb	2.5-3.0	0.6	1.50-2.0	5.50
	02-Mar	3.0-3.5	0.6	1.50-2.0	5.50
	03-Apr	3.5-4.0	0.6	1.50-2.0	5.50
	04-Mei	4.0-4.5	0.6	1.50-2.0	5.00
	05-Okt	4.5-5.0	0.6	2.0	5.00
	Okt-25	6.0-7.0	0.75-1.0	2.0	5.00

(Sumber : Kriteria Perencanaan-03,2010)

Tabel 2.18 Lebar Minimum Tanggul

Debit Rencana (m ³ /dtk)	Tanpa Jalan Inspeksi (m)	Dengan Jalan Inspeksi (m)
Q ≤ 1	1	3
1 < Q < 5	1,5	5
5 < Q < 10	2	5
10 < Q < 15	3,5	5
Q > 15	3,5	≈5

(Sumber : Kriteria Perencanaan-03,2010)

Tabel 2.19 Koefisien Kekasaran Saluran

Uraian	Koefisien Kekasaran (K)
Saluran dengan dinding teratur	36
Saluran dengan dinding tidak teratur	38
Saluran tersier dengan tanggul baru	40
Saluran baru tidak bertanggul	43.5
Saluran primer dan sekunder dengan debit < 7.5 m ³ /det	45-47.5
Saluran dengan pasangan batu belah dan plesteran	50
Bak atau beton yang tidak di plester	50
Beton licin atau dinding kayu	90

(Sumber: Dept. PU Dirjen Sumber Daya Air, 2010)

2.8.8 Menentukan Elevasi Muka Air

Dalam menentukan debit 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 sawah tertinggi ditambah 0,15 m ditambah selisih elevasi akibat kemiringan saluran. Tinggi muka air pada bangunan sadap pada saluran sekunder atau primer, dihitung berdasarkan kehilangan-kehilangan tekanan yang ada pada saluran tersebut.

Rumus :

$$P = A + a + b + m \cdot c + d + n \cdot e + f + g + \Delta h + z$$

Dimana :

P = Elevasi muka air di saluran primer/sekunder

A = Elevasi muka tanah tertinggi di sawah

a = Tinggi genangan air di sawah

b = Kehilangan tinggi energi di saluran kwarter ke sawah

c = Kehilangan tinggi energi di box bagi kwarter

d = Kehilangan energi selama pengaliran di saluran irigasi

e = Kehilangan energi di box bagi

f = Kehilangan energi di gorong-gorong

g = Kehilangan tinggi energi di bangunan sadap

Δh = Variasi tinggi muka air 0,18 h (kedalaman rencana)

z = Kehilangan energi di bangunan-bangunan lain (misal jembatan, pelimpah samping, dan lain-lain)

2.8.9 Bangunan Pelengkap

1. Pintu air tipe romijn

Pintu romijn adalah alat ukur ambang lebar yang bisa digerakkan untuk mengatur dan mengukur debit di dalam jaringan irigasi. Agar dapat bergerak mercunya dibuat dari plat baja dan dipasang di atas pintu sorong yang dihubungkan dengan alat pengangkat. Kedalaman air maksimum diatas ambang adalah $h = 0,35$ m dan alat ukur ini dapat mengukur dengan baik bila kedalaman air diatas ambang minimum 0,05 m.

a. Tipe-tipe alat ukur romijn

Sejak pengenalannya pada tahun 1932, pintu romijn telah dibuat dengan tiga bentuk mercu, yaitu :

- a) Bentuk mercu datar dan lingkaran gabungan untuk peralihan penyempitan hulu.
- b) Bentuk mercu miring ke atas 1:25 dan lingkaran tunggal sebagai peralihan penyempitan.
- c) Bentuk mercu datar dan lingkaran tunggal sebagai peralihan penyempitan.

b. Bentuk hidrolis pintu romijn

Bendung bermercu lebar yang mempunyai sifat bahwa pada pengaliran sempurna terjadi keadaan aliran kritis di atas mercu yang mengair mendatar dengan ketinggian $\frac{2}{3} h$ di atas mercu, dimana h adalah tinggi muka air di hulu ambang. Alat ukur ini dipasang tegak lurus aliran, terdiri atas :

- a) Dua plat baja (atas dan bawah) ditempatkan dalam sponning. Kedua plat ini sebagai batasan gerakan ke atas dan bawah.
- b) Plat ambang yang dapat digerakkan ke atas dan ke bawah dan digunakan dengan stang pengangkat.
- c) Plat bawah sebagai disebutkan pada (1) diikat ke dasar dalam kedudukan di mana sisi atasnya merupakan batas paling rendah dari gerakan ambang.
- d) Plat bawah sebagai disebutkan pada (1) dihubungkan dengan plat bawah di dalam sponning dan bertindak sebagai batas atas dari gerakan ambang.

Dimensi tergantung pada perhitungan hidrolis dan tebal tembok sayap minimum 0,30 m. Stabilitas pintu diperhitungkan terhadap tekanan hidrolis dan tekanan lumpur.

c. Perhitungan hidrolis pintu romijn

Dilihat dari hidrolis, pintu romijn dengan mercu horizontal dan peralihan penyempitan lingkaran tunggal adalah serupa dengan alat ukur ambang lebar yang telah disebutkan. Untuk kedua bangunan tersebut, persamaan antara tinggi dan debitnya adalah :

$$Q = C_d \times C_v \times \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2}{3} g} \times b_c \times h_1^{1,5}$$

Dimana :

Q = Debit (m^3/s)

C_d = Koefisien debit

C_v = Koefisien kecepatan datang

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

b_c = Lebar meja (m)

h_1 = Tinggi energi hulu diatas meja (m)

$$C_d = 0,93 + 0,10 \frac{H_1}{L}$$

Dengan ,

$$H_1 = h_1 + \frac{v_1^2}{2g}$$

$$H_1 = \frac{2}{3}h_1$$

Dan debit yang sama dengan

$$Q = 1,71 \times b \times H^{3/2}$$

Dimana :

Q = Debit (m^3/s)

B = Lebar ambang (m)

H_1 = Tinggi energi diatas meja (m)

v_1 = Kecepatan di hulu alat ukur (m/s)

Koefisien kecepatan datang C_v , dipakai untuk mengoreksi penggunaan h_1 dan bukan H_1 didalam persamaan tinggi energi-debit

d. Dimensi dan tebal debit standar

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

ini 0,50 m, tetapi mercu horizontlnya 0,33 m dari jari-jari 0,07 m untuk ujung meja.

2.9 Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah merencanakan, mengorganisasikan, memimpin, dan mengendalikan sumber daya, suatu proyek dari awal pekerjaan hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek secara tepat waktu, tepat biaya, dan tepat mutu. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan didalam suatu manajemen proyek :

2.9.1 Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS)

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 dalam bentuk tulisan. RKS biasanya diberikan bersamaan dengan gambar yang menjelaskan mengenai proyek yang akan dilaksanakan :

- 1) 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, meliputi :
 - a. Syarat pembayaran
 - b. Tanggal penyerahan pekerjaan atau barang
 - c. Denda atas keterlambatan
 - d. Besaran jaminan penawaran
 - e. Besaran jaminan pelaksanaan

- 3) Syarat-syarat teknis, meliputi :
 - a. Uraian pekerjaan
 - b. Jenis dan mutu bahan

c. Gambar rencana dan detail

2.9.2 Rencana Anggaran Biaya

Secara umum rencana anggaran biaya (RAB) proyek adalah nilai estimasi biaya yang harus disediakan untuk pelaksanaan suatu kegiatan proyek. Menurut Sugeng Djojowiriono, 1984, rencana anggaran biaya (RAB) proyek merupakan perkiraan biaya yang diperlukan untuk setiap pekerjaan dalam suatu proyek konstruksi sehingga akan diperoleh biaya total yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek. Penyusunan rencana anggaran biaya (RAB) proyek mempunyai beberapa kegunaan, antara lain :

- 1) Sebagai bahan bagi usulan pengajuan proposal agar didapatkannya sejumlah alihan dana bagi sebuah pelaksanaan proyek daripemerintah pusat ke daerah pada instansi-instansi tertentu.
- 2) Sebagai standar harga patokan sebuah proyek yang dibuat oleh *stakes holder* dalam bentuk *owner estimate* (EO).
- 3) Sebagai bahan pembandingan harga bagi, *stakes holder* dalam menilai tingkat kewajaran *owner estimate* yang dibuatnya dalam bentuk *engineering estimate* (EE) yang dibuat oleh pihak konsultan.
- 4) Sebagai rincian item harga penawaran yang dibuat kontraktor dalam menawar pekerjaan proyek.

2.9.3 Network Planning

Net Work Planning (NWP) merupakan salah satu model yang digunakan dalam penyelenggaraan proyek yang merupakan informasi mengenai kegiatan-kegiatan yang bersangkutan ada dalam *network* diagram proyek yang bersangkutan. Keuntungan penggunaan NWP dalam tata pelaksanaan proyek, yaitu :

- 1) Merencanakan *scheduling* dan mengawasi proyek secara logis.
- 2) Memikirkan secara menyeluruh, tetapi juga mendetail dari proyek.
- 3) Mendokumen, mengkomunikasikan rencana *scheduling* (waktu), dan alternatif-alternatif lain penyelesaian proyek dengan tambahan biaya.

- 4) Mengawasi proyek dengan lebih efisien, sebab hanya jalur-jalur kritis (*critical path*) saja yang perlu konsentrasi pengawas ketat.

2.9.4 Barchart dan Kurva S

Barchart adalah diagram alur pelaksanaan pekerjaan yang dibuat untuk menentukan waktu penyelesaian pekerjaan yang dibutuhkan. Untuk dapat memenejemen proyek dengan baik perlu diketahui sebelumnya dimana posisi waktu tiap item pekerjaan, sehingga disitulah pekerjaan proyek harus benar-benar dipantau agar tidak terjadi keterlambatan penyelesaian proyek. Hal-hal yang ditampilkan dalam *barchart* adalah :

- 1) Jenis pekerjaan
- 2) Durasi waktu pelaksanaan pekerjaan
- 3) Akur pekerjaan

Kurva S adalah kurva yang menggambarkan kemajuan kerja (bobot %) kumulatif proyek sebagai sumbu vertikal terhadap waktu pada sumbu horizontal. Kemajuan kegiatan biasanya diukur terhadap jumlah uang yang telah dikeluarkan oleh proyek. Perbandingan kurva S rencana dengan kurva pelaksanaan memungkinkan dapat diketahuinya kemajuan pelaksanaan proyek apakah sesuai, lambat, atau pun lebih dari yang direncanakan. Bobot kegiatan adalah nilai presentase proyek dimana penggunaannya dipakai untuk mengetahui kemajuan proyek tersebut.

$$\text{Bobot Kegiatan} = \left(\frac{\text{Biaya Kegiatan}}{\text{Jumlah Biaya Pekerjaan}} \right) \times 100\%$$

BAR CHART PEKERJAAN PONDASI											
ILMUSIPIL.COM											
NO	Pekerjaan	Harga pekerjaan	durasi	bobot (%)	hari						keterangan
					1	2	3	4	5	6	
1	Persiapan	Rp 100,000.00	6	9.09							
2	Galian tanah	Rp 150,000.00	2	13.64							
3	Lantai kerja	Rp 200,000.00	2	18.18	9.09	9.09					
4	Urugan pasir	Rp 150,000.00	1	13.64			13.64				
5	Pasangan batu kali	Rp 400,000.00	3	36.36							
6	Urugan kembali	Rp 100,000.00	1	9.09					9.09		
Jumlah		Rp 1,100,000.00		100.00	1.52	17.42	43.18	13.64	22.73	1.52	
jumlah akumulatif					1.52	18.94	62.12	75.76	98.48	100.00	

KURVA S PEKERJAAN PONDASI

ILMUSIPIL.COM

NO	Pekerjaan	Harga pekerjaan	durasi	bobot (%)	hari						grafik
					1	2	3	4	5	6	
1	Persiapan	Rp 100,000.00	6	9.09	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	100
2	Galian tanah	Rp 150,000.00	2	13.64		6.82	6.82				80
3	Lantai kerja	Rp 200,000.00	2	18.18		9.09	9.09				60
4	Urugan pasir	Rp 150,000.00	1	13.64			13.64				40
5	Pasangan batu kali	Rp 400,000.00	3	36.36			12.12	12.12	12.12		20
6	Urugan kembali	Rp 100,000.00	1	9.09					9.09		0
Jumlah		Rp1,100,000.00		100.00	1.52	17.42	43.18	13.64	22.73	1.52	
jumlah akumulatif					1.52	18.94	62.12	75.76	98.48	100.00	

Gambar 2.3 Contoh Barchart dan Kurva S