

BAB II

LANDASAN TEORI

Untuk merencanakan sistem jaringan irigasi diperlukan pedoman-pedoman atau sumber referensi yang akan digunakan sebagai acuan dalam merencanakan sistem jaringan irigasi seperti panduan Kriteria Perencanaan bagian jaringan irigasi 01 sampai 07, modul bahan ajar irigasi I sampai II, buku ataupun internet yang membahas mengenai perencanaan irigasi yang dapat dipertanggungjawabkan kebenaran dari isinya.

2.1 Pengertian Irigasi

- a) Berdasarkan keputusan menteri no. 32 tahun 2007, irigasi adalah usaha penyediaan, pengaturan, dan pembuangan air irigasi untuk menunjang pertanian yang meliputi permukaan, rawa, air bawah tanah, pompa dan tambak.
- b) Menurut Direktorat Jenderal Pengelolaan Lahan dan Air tahun 2009, irigasi adalah usaha penyediaan, pengaturan, dan pembuatan bangunan air untuk menunjang usaha pertanian, termasuk didalamnya tanaman pangan, hortikultura, perkebunan, dan peternakan.

2.2 Fungsi Irigasi

Irigasi tidak hanya digunakan untuk mendistribusikan air, ada juga beberapa fungsi irigasi antara lain:

- a) Membasahi tanah, hal ini merupakan salah satu tujuan terpenting karena tumbuhan banyak memerlukan air selama masa tumbuhnya. Pembasahan tanah ini bertujuan untuk memenuhi kekurangan air apabila hanya ada sedikit air hujan.
- b) Merabuk tanah atau membasahi tanah dengan air sungai yang banyak mengandung mineral.

- c) Mengatur suhu tanah agar tanaman dapat tumbuh dengan baik dengan suhu yang optimal. Air irigasi dapat membantu tanaman untuk mencapai suhu yang optimal tersebut.
- d) Membersihkan tanah dengan tujuan untuk menghilangkan hama tanaman seperti ular, tikus, serangga, dan lain-lain. Selain itu dapat juga membuang zat-zat yang tidak dibutuhkan oleh tanaman ke saluran pembuang.
- e) Memperbesar ketersediaan air tanah karena muka air tanah akan naik apabila digenangi air irigasi yang meresap. Dengan naiknya muka air tanah, maka debit sungai pada musim kemarau akan naik.

2.3 Jenis-Jenis Irigasi

Irigasi merupakan kegiatan atau upaya yang dilakukan untuk mengairi lahan pertanian. Irigasi sudah dikenal sejak jaman peradaban manusia dulu seperti Mesir, Mesopotamia, Cina, dan lainnya. Pada dasarnya irigasi dilakukan dengan cara mengalirkan air dari sumbernya (danau/sungai) menuju lahan pertanian. Di era *modern* ini sudah berkembang berbagai macam jenis metode irigasi untuk lahan pertanian. Ada 4 jenis irigasi yang banyak ditemui saat ini yaitu:

- a) Irigasi permukaan (*surface irrigation*)
- b) Irigasi bawah permukaan (*sub surface irrigation*)
- c) Irigasi pancaran (*sprinkle irrigation*)
- d) Irigasi tetes (*drip irrigation*)

2.3.1 Irigasi permukaan (*surface irrigation*)

Irigasi permukaan merupakan jenis irigasi paling kuno dan pertama di dunia. Irigasi ini dilakukan dengan cara mengambil air langsung dari sumber air terdekat kemudian disalurkan ke area permukaan lahan pertanian menggunakan pipa/saluran/pompa sehingga air akan meresap sendiri ke pori-pori tanah. Sistem irigasi ini masih banyak dijumpai di sebagian besar masyarakat Indonesia karena tekniknya yang praktis.

Irigasi permukaan dilakukan dengan cara mendistribusikan air ke lahan pertanian dengan cara gravitasi (membiarkan air mengalir di permukaan lahan pertanian). Metode ini merupakan cara yang paling banyak digunakan di seluruh dunia. Irigasi permukaan yang cenderung tidak terkendali umumnya disebut dengan irigasi banjir atau irigasi basin, yaitu merendam lahan pertanian hingga ketinggian tertentu dengan jumlah air yang berlebih. Irigasi permukaan yang dikelola dengan baik biasanya dilakukan dengan mengalirkan air di antara guludan (*furrow*) atau batas tertentu.



Gambar 2.1 Irigasi Permukaan

2.3.2 Irigasi bawah permukaan (*sub surface irrigation*)

Irigasi bawah permukaan adalah irigasi yang dilakukan dengan cara meresapkan air ke dalam tanah dibawah zona perakaran tanaman melalui sistem saluran terbuka maupun dengan pipa bawah tanah. Pada sistem ini air dialirkan dibawah permukaan melalui saluran-saluran yang ada di sisi-sisi petak sawah. Adanya air ini mengakibatkan muka air tanah pada petak sawah naik. Kemudian air tanah akan mencapai daerah perakaran 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.



Gambar 2.2Irigasi Bawah Permukaan

2.3.3 Irigasi pancaran (*sprinkle irrigation*)

Irigasi pancaran adalah adalah irigasi *modern* yang menyalurkan air dengan tekanan sehingga menimbulkan tetesan air seperti hujan ke permukaan lahan pertanian. Pancaran air tersebut diatur melalui mesin pengatur baik manual maupun otomatis. Sistem ini banyak digunakan di negara-negara maju seperti Amerika Serikat, New Zealand, dan Australia. Selain untuk pengairan, sistem ini juga dapat digunakan untuk proses pemupukan.



Gambar 2.3Irigasi Siraman

2.3.4 Irigasi tetes (*drip irrigation*)

Irigasi tetes adalah sistem irigasi dengan menggunakan pipa atau selang berlubang dengan menggunakan tekanan tertentu yang nantinya air akan keluar dalam bentuk tetesan langsung pada zona tanaman. Perbedaan jenis sistem irigasi ini dengan sistem irigasi siraman adalah pipa tersier jalurnya melalui pohon, tekanan yang dibutuhkan kecil (1 atm). 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.



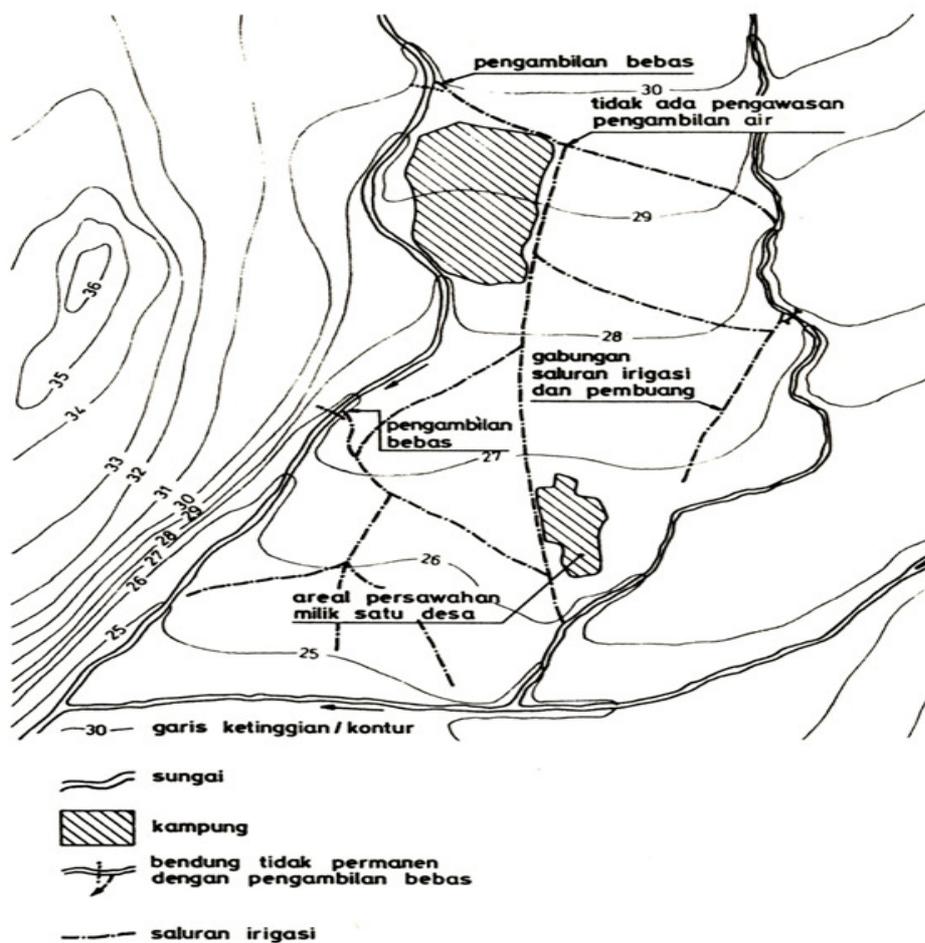
Gambar 2.4Irigasi Tetes

2.4 Klasifikasi Jaringan Irigasi

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

2.4.1 Jaringan irigasi sederhana

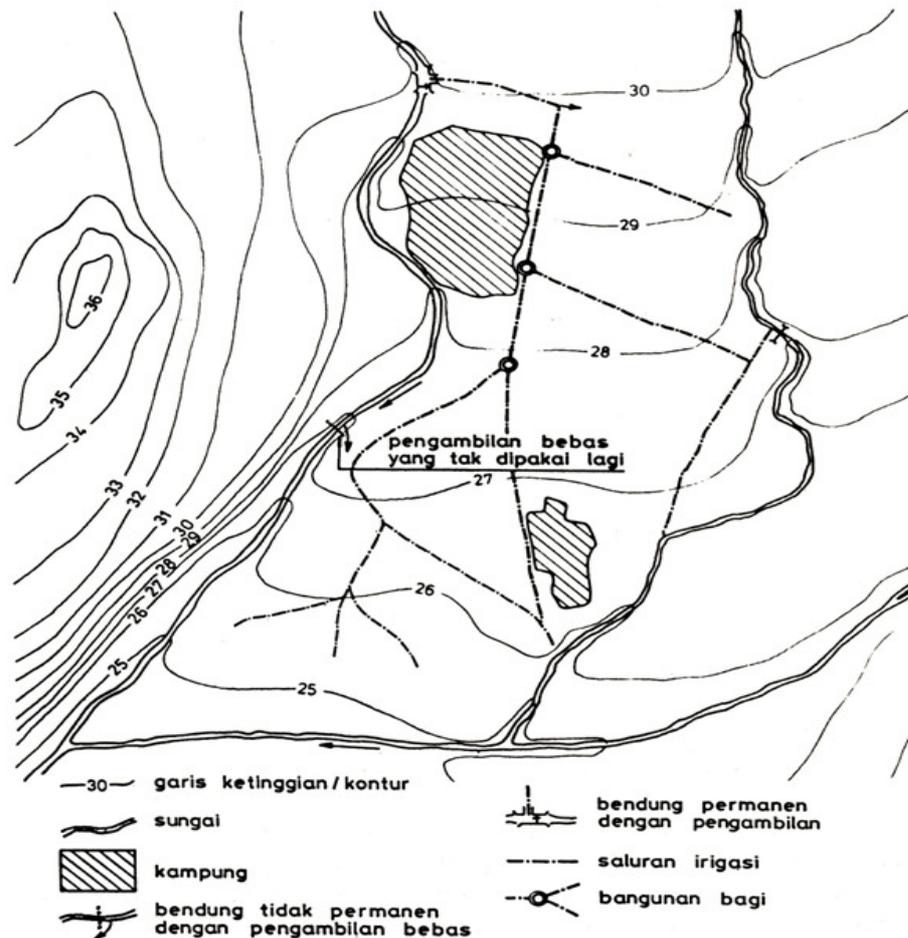
Di dalam irigasi sederhana, pembagian air tidak diukur dan diatur sehingga kelebihan air yang ada pada suatu petak akan dialirkan ke saluran pembuang. Pada jaringan ini terdapat beberapa kelemahan antara lain adanya pemborosan air, sering terjadi pengendapan, dan pembuangan biaya akibat jaringan serta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



Gambar 2.5 Jaringan Irigasi Sederhana

2.4.2 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 luas dibanding jaringan irigasi sederhana.

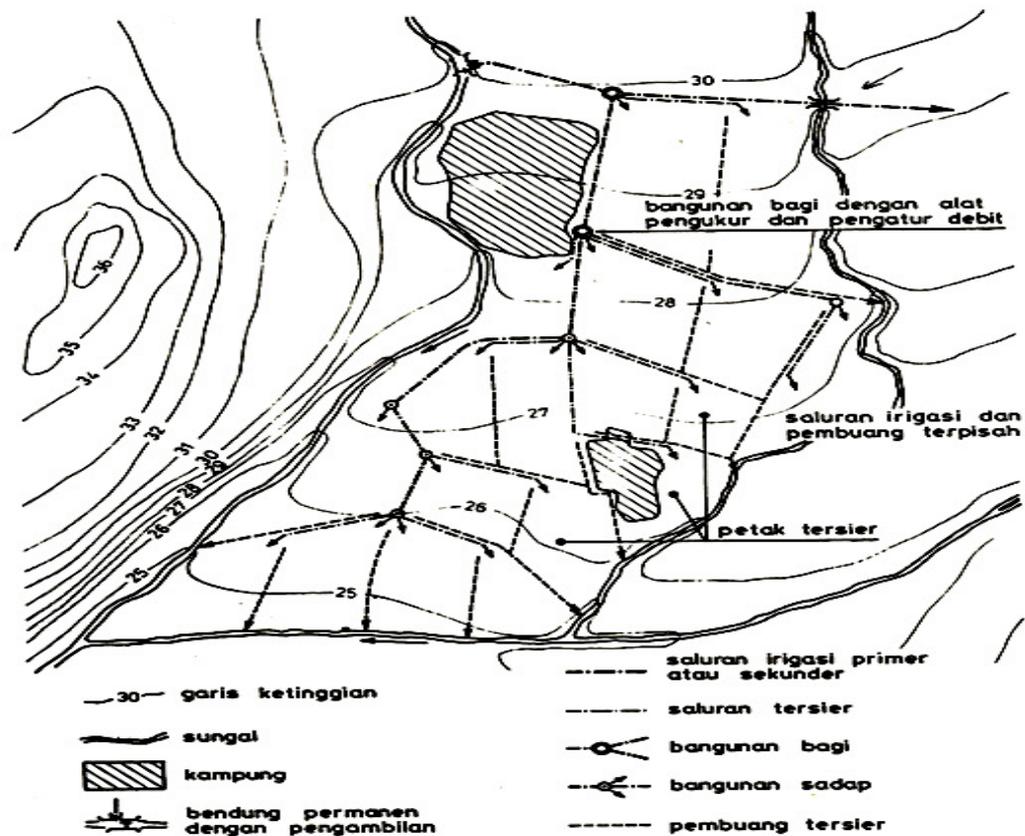


Gambar 2.6 Jaringan Irigasi Semi Teknis

2.4.3 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. Pekerjaan irigasi teknis pada umumnya terdiri dari:

- a) Pembuatan bangunan penyadap yang berupa bendung atau penyadap bebas.
- b) Pembuatan saluran primer (induk) termasuk bangunan-bangunan didalamnya seperti bangunan bagi, bangunan bagi sadap, dan bangunan sadap. Bangunan ini dikelompokkan sebagai bangunan air pengatur, disamping itu ada kelompok bangunan air pelengkap diantaranya bangunan terjun, got miring, gorong-gorong, pelimpah, talang, jembatan, dan lain-lain.
- c) Pembuatan saluran sekunder, termasuk bangunan-bangunan didalamnya seperti bangunan bagi-sadap, dan bangunan pelengkap seperti yang ada pada saluran induk.
- d) Pembuatan saluran tersier termasuk bangunan-bangunan didalamnya, seperti boks tersier, boks kuartier, dan lain-lain.
- e) Pembuatan saluran pembuang sekunder dan tersier termasuk bangunan gorong-gorong pembuang.



Gambar 2.7 Jaringan Irigasi Teknis

Tabel 2.1 Klasifikasi Jaringan Irigasi

Nama Objek	Kondisi		
	Irigasi Teknis	Irigasi Semi Teknis	Irigasi Sederhana
Bangunan Utama	Bangunan Permanen	Bangunan Permanen/Semi	Bangunan Sementara
Kemampuan bangunan dalam mengukur dan mengatur debit	Baik	Sedang	Buruk
Jaringan saluran	Saluran irigasi dan pembuang terpisah	Saluran irigasi dan pembuang tidak sepenuhnya terpisah	Saluran irigasi dan pembuang menjadi satu
Petak tersier	Dikembangkan sepenuhnya	Belum dikembangkan atau densitas bangunan tersier jarang	Belum ada jaringan terpisah yang dikembangkan
Efisiensi secara keseluruhan	50 - 60%	40 - 50%	< 40%
Ukuran	Tak ada batasan	Sampai 2000 Ha	Tak lebih dari 500 Ha

(Sumber: Kriteria Perencanaan-01, 2010)

2.5 Skema Jaringan

Adapun dalam merencanakan jaringan irigasi harus dibuat skema rencana jaringan irigasi dan skema letak maupun jenis bangunan.

- a) Skema jaringan irigasi adalah merupakan gambaran yang menampilkan jaringan saluran dimulai dari bendung, saluran primer, sekunder, bangunan bagi, bangunan sadap, dan petak-petak tersier dengan standar sistem tata nama.
- b) Skema bangunan adalah yang menampilkan khusus jumlah dan macam bangunan-bangunan yang ada pada tiap-tiap ruas saluran dan berada dalam satu daerah jaringan irigasi dengan standar sistem tata nama.

2.6 Istilah-Istilah Irigasi dan Pengertiannya

Agar tidak terjadi persepsi yang berbeda terhadap istilah-istilah ke irigasian, maka perlu dipahami istilah-istilah seperti berikut ini:

- a) Sumber air adalah tempat/wadah air baik yang terdapat dipermukaan tanah maupun yang didalam tanah (*ground water*).
- b) Daerah irigasi adalah kesatuan wilayah yang mendapat air dari satu jaringan irigasi.
- c) Jaringan irigasi adalah dimulai dari bendung, jaringan saluran pembawa, jaringan saluran pembuang, bangunan pengatur air, dan bangunan pelengkapanya menjadi satu kesatuan didalam melayani kebutuhan air untuk irigasi.
- d) Jaringan utama adalah jaringan dimulai dari bendung, saluran primer, saluran sekunder, dan berakhir pada saluran muka.
- e) Jaringan tersier adalah jaringan irigasi yang berfungsi sebagai prasarana pelayanan air didalam petak tersier.
- f) Petak tersier adalah gabungan beberapa petak kuarter menjadi satu kesatuan dan mendapatkan air dari saluran tersier yang sama.
- g) Petak sekunder adalah gabungan petak-petak tersier menjadi satu kesatuan dan mendapat air dari satu saluran sekunder.

- h) Saluran garis tinggi adalah saluran pembawa yang *tracena* mengikuti garis tinggi (*contour*).
- i) Saluran punggung adalah saluran pembawa yang mengikuti punggung tanah (memotong *contour*).
- j) Saluran primer (induk) adalah saluran pembawa pertama yang menyadap air langsung dari bendung.
- k) Saluran sekunder adalah saluran pembawa kedua yang mengambil air dari saluran induk (primer).
- l) Saluran tersier adalah saluran pembawa ketiga yang mengambil air dari saluran sekunder.
- m) Saluran kuartier adalah saluran pembawa ke empat yang mengambil air saluran tersier.
- n) Pembuangan/drainase adalah pengaliran kelebihan/sisa pemakaian air irigasi yang sudah tidak digunakan lagi dan dibuang melalui jaringan saluran pembuang.
- o) Waduk adalah tempat/wadah penampungan air dari sungai yang dapat digunakan untuk pembangkit listrik, irigasi, air minum, perikanan, dan industri.
- p) Embung/waduk lapangan adalah tempat/wadah penampungan air irigasi pada waktu terjadi *surplus* air di sungai atau air hujan.
- q) Bangunan air adalah bangunan–bangunan yang bersangkutan dengan air yang utamanya yang berkaitan dengan jaringan irigasi.
- r) Bangunan sadap utama (bendung) adalah bangunan yang diletakan melintang sungai fungsinya untuk meninggikan muka air disungai dan kemudian disadap lalu dialirkan ke saluran induk (primer).
- s) Bangunan bagi adalah bangunan yang fungsinya membagikan air baik dari saluran primer (induk) ke saluran sekunder, atau dari saluran sekunder ke saluran sekunder yang lain.
- t) Bangunan sadap adalah bangunan yang fungsinya memberikan sadapan ke saluran tersier. Letaknya bisa disaluran induk dan bisa juga disaluran sekunder.

- u) Bangunan bagi-sadap adalah gabungan dari bangunan bagi dan bangunan sadap yang fungsinya membagikan air baik dari saluran primer ke saluran sekunder maupun dari saluran sekunder ke saluran sekunder lainnya dan memberikan sadapan kesaluran tersier.
- v) Bangunan silang adalah bangunan air yang dibuati oleh karena persilangan kedua saluran yang berbeda fungsinya atau persilangan antara saluran dengan jalan.
- w) Bangunan pelindung adalah bangunan yang fungsinya untuk melindungi konstruksi bangunan lain pada bagian-bagian tertentu.
- x) Bangunan pembawa adalah bangunan-bangunan yang fungsinya membawa atau melewatkan air.
- y) Bangunan pelengkap adalah pengelompokan bangunan-bangunan yang ada pada jaringan irigasi selain kelompok bangunan utama (bendung, bagi, sadap, bagi-sadap).

2.7 Jenis Saluran pada Jaringan Irigasi Teknis

Saluran adalah bagian dari bangunan pernbawa yang mempunyai fungsi membawa/mengalirkan air dari sumbernya menuju petak irigasi. Bangunan pernbawa meliputi saluran primer, saluran sekunder, saluran tersier, saluran kuarter, dan saluran pembuang. Termasuk dalam bangunan pernbawa 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 suatu sistem irigasi yaitu:

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

- c) Saluran tersier adalah saluran yang membawa air dari bangunan yang menyadap dari saluran sekunder menuju petak-petak kuarter yang dilayani oleh saluran sekunder tersebut. Batas akhir dari saluran sekunder adalah bangunan boks tersier terakhir.
- d) Saluran kuarter adalah saluran yang 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 bokskuarter terakhir.
- e) Saluran pembuang adalah saluran yang berada pada daerah irigasi yang terletak diantara petak-petak lahan tersier yang dapat difungsikan juga sebagai pembatas area antara petak-petak tersier ataupun kuarter serta kegunaan yang paling pentingnya adalah untuk membuang kelebihan air ke sungai atau saluran-saluran alamiah. Terdapat beberapa jenis saluran pembuang, yaitu saluran pembuang kuarter, saluran pembuang tersier, saluran pembuang sekunder dan saluran pembuang primer. Jaringan pembuang tersier dimaksudkan untuk mengeringkan sawah, membuang kelebihan air hujan, membuang kelebihan air irigasi. Saluran pembuang kuarter menampung air langsung dari sawah di daerah atasnya atau dari saluran pembuang di daerah bawah. Saluran pembuang tersier menampung air buangan dari saluran pembuang kuarter. Saluran pembuang primer menampung dari saluran pembuang tersier dan membawanya untuk dialirkan kembali ke sungai.

2.7.1 Jenis-jenis pasangan pada jaringan irigasi

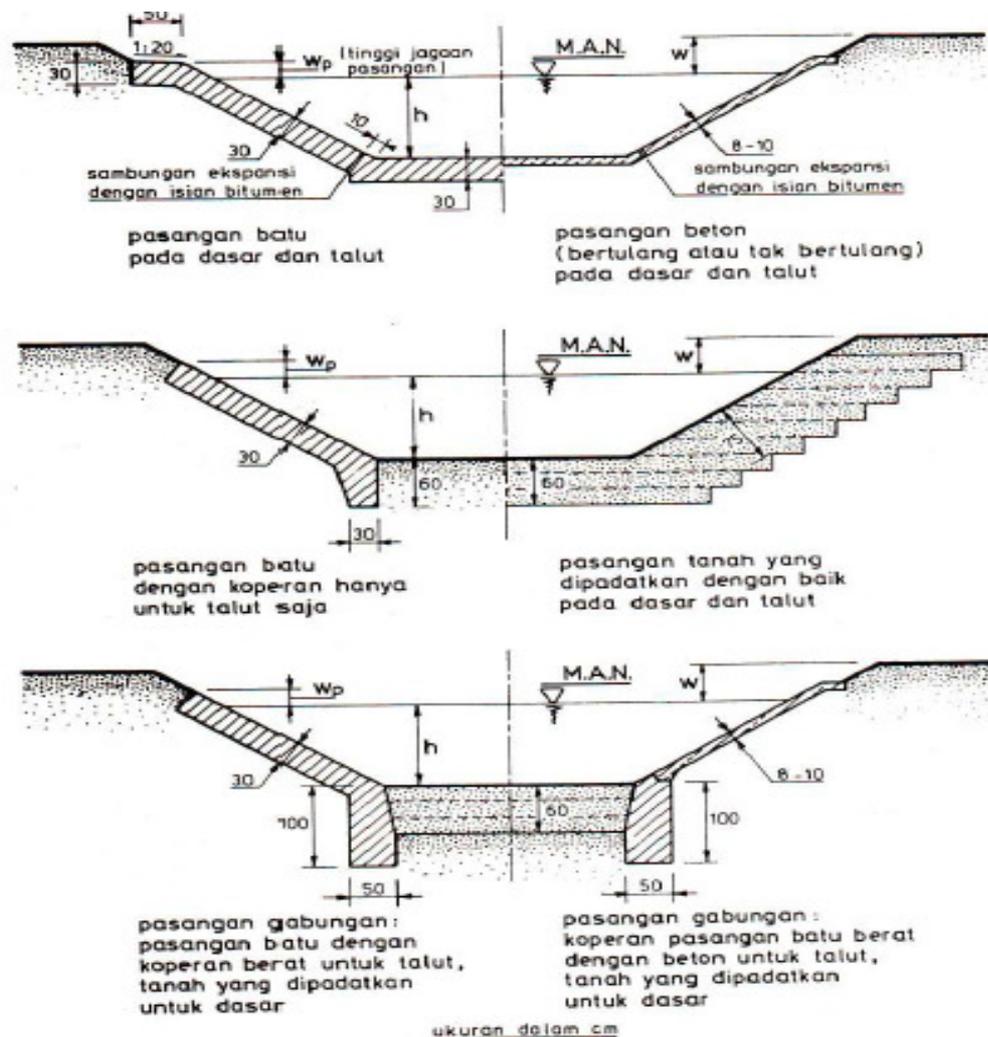
Banyak bahan yang dapat dipakai untuk pasangan saluran (lihat FAO Kraatz, 1977). Tetapi pada prakteknya di Indonesia hanya ada empat bahan yang dianjurkan pemakaiannya:

1. Pasangan batu
2. Beton,

3. Tanah
4. Dapat juga menggunakan Beton Ferro cement

Kecepatan-kecepatan maksimum untuk aliran subkritis berikut ini dianjurkan pemakaiannya:

- Pasangan batu : kecepatan maksimum 2 m/dt
- Pasangan beton : kecepatan maksimum 3 m/dt
- Pasangan tanah : kecepatan maksimum yang diizinkan seperti tertuang dalam bab 2.4 .
- Ferrocemen : kecepatan 3 m/dt



Gambar 2.8 Tipe-Tipe Pasangan Saluran

2.8 Jenis Organisasi Petak-Petak Jaringan Irigasi

Untuk memudahkan sistem pelayanan irigasi kepada lahan pertanian, disusun suatu organisasi petak yang terdiri dari petak primer, petak sekunder, petak tersier, petak kuarter, dan petak sawah sebagai satuan terkecil.

2.8.1 Petak tersier

Petak tersier terdiri dari beberapa petak kuarter masing-masing seluas kurang lebih 8 sampai dengan 15 hektar. Pembagian air, eksploitasi dan perneliharaan di petak tersier menjadi tanggungjawab para petani yang mempunyai lahan di petak yang bersangkutan dibawah bimbingan pemerintah. Petak tersier sebaiknya mempunyai batas-batas yang jelas, misalnya jalan, parit, batas desa dan batas-batas lainnya.

Ukuran petak tersier berpengaruh terhadap efisiensi pemberian air. Beberapa faktor lainnya yang berpengaruh dalam penentuan luas petak tersier antara lain jumlah petani, topografi, dan jenis tanaman. Apabila kondisi topografi memungkinkan, petak tersier sebaiknya berbentuk bujur sangkar atau segi empat. hal ini akan memudahkan dalam pengaturan tata letak dan pembagian air yang efisien. Petak tersier sebaiknya berbatasan langsung dengan saluran sekunder atau saluran primer. Sedapat mungkin dihindari petak tersier yang terletak tidak secara langsung di sepanjang jaringan saluran irigasi utama, karena akan memerlukan saluran muka tersier yang membatasi petak-petak tersier lainnya.

2.8.2 Petak sekunder

Petak sekunder terdiri dari beberapa petak tersier yang kesemuanya dilayani oleh satu saluran sekunder. Biasanya petak sekunder menerima air dari bangunan bagi yang terletak di saluran primer atau sekunder. Batas-batas petak sekunder pada umumnya berupa tanda topografi yang jelas misalnya saluran drainase. Luas petak sekunder dapat berbeda-beda tergantung pada kondisi topografi daerah yang bersangkutan. Saluran sekunder pada umumnya 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 mengairi lereng-lereng medan yang lebih rendah.

2.8.3 Petak primer

Petak primer terdiri dari beberapa petak sekunder yang mengambil langsung air dari saluran primer. Petak primer dilayani oleh satu saluran primer yang mengambil air langsung dari bangunan penyadap. Daerah di sepanjang saluran primer sering tidak dapat dilayani dengan mudah dengan cara menyadap air dari saluran sekunder. Apabila saluran primer melewati sepanjang garis tinggi daerah saluran primer yang berdekatan harus dilayani langsung dari saluran primer.

2.9 Bangunan Bagi dan Sadap

Bangunan bagi merupakan bangunan yang terletak pada saluran primer, sekunder, dan tersier yang berfungsi untuk membagi air yang dibawa oleh saluran yang bersangkutan. Khusus untuk saluran tersier dan kuarter bangunan bagi ini masing-masing disebut boks tersier dan boks kuarter. Bangunan sadap tersier mengalirkan air dari saluran primer atau sekunder menuju saluran tersier penerima. Dalam rangka penghematan bangunan bagi dan sadap dapat digabung menjadi satu rangkaian bangunan. Bangunan bagi pada saluran-saluran besar pada umumnya mempunyai 3 (tiga) bagian utama, yakni:

- 1) Alat pembendung, bermaksud untuk mengatur elevasi muka air sesuai dengantinggi pelayanan yang direncanakan.
- 2) Perlengkapan jalan air melintasi tanggul, jalan atau bangunan lain menuju saluran cabang. Konstruksinya 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.

2.10 Bangunan Pengukur dan Pengatur

Aliran akan diukur di hulu saluran primer, di cabang saluran jaringan primer dan di bangunan sadap sekunder maupun tersier. Peralatan ukur dapat dibedakan menjadi alat ukur aliran-atas bebas (*free overflow*) dan alat ukur aliran bawah (*underflow*). Beberapa dari alat-alat pengukur dapat juga dipakai untuk mengatur aliran air. Peralatan berikut dianjurkan pemakaiannya:

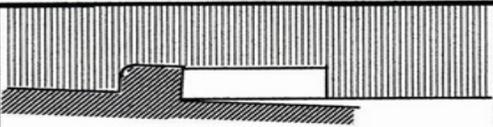
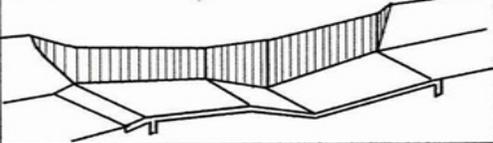
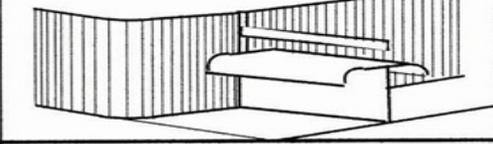
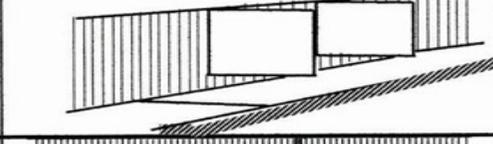
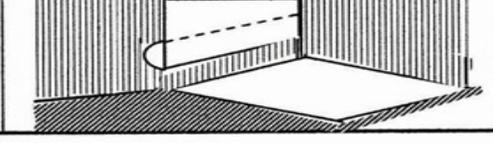
- a) Di hulu saluran primer, untuk aliran besar alat ukur ambang lebar dipakai untuk pengukuran dan pintu sorong atau radial untuk pengatur.
- b) Di bangunan bagi/bangunan sadap sekunder pintu *Romijn* dan pintu *Crump-de Gruyter* dipakai untuk mengukur dan mengatur aliran. Bila debit terlalu besar, maka alat ukur ambang lebar dengan pintu sorong atau radial bisa dipakai seperti untuk saluran primer.
- c) Pada bangunan sadap tersier untuk mengatur dan mengukur aliran dipakai alat ukur *Romijn* atau jika fluktuasi di saluran besar dapat dipakai alat ukur *Crump-de Gruyter*. Dipetak-petak tersier kecil di sepanjang saluran primer dengan tinggi muka air yang bervariasi, dapat dipertimbangkan untuk memakai bangunan sadap pipa sederhana.

Tabel 2.2 Tipe Alat Ukur

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

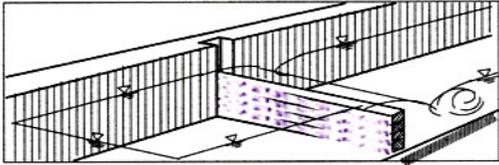
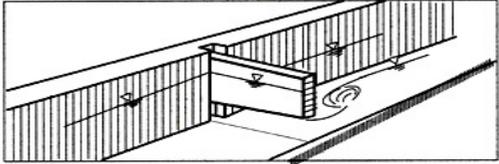
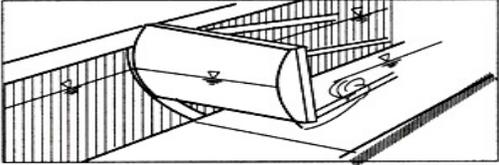
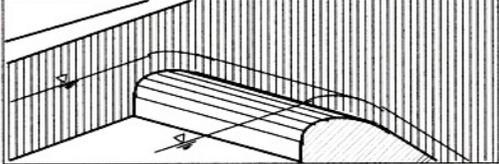
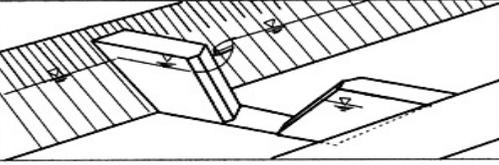
(Sumber: Kriteria Perencanaan-01, 2010)

Tabel 2.3 Perbandingan Bangunan-Bangunan Pengukur Debit

BANGUNAN PENGUKUR DEBIT		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	Keterangan
MENGUKUR SAJA	ALAT UKUR AMBANG LEBAR 	1.6	2%	0.1 h ₁ sampai 0.33 h ₁	+	++	1	rendah	Dianjurkan untuk debit jika muka air harus tetap bebas
	ALAT UKUR CIPOLLETTI 	1.5	5%	h ₁ + 0.05 (m)	--	--	1	sedang	Tidak dianjurkan
	ALAT UKUR PARSHALL 	1.6	3%	0.5 h _i s/d 0.2 h _i	+	++	1	sangat mahal	Tidak dianjurkan
MENGUKUR DAN MENGATUR	ALAT UKUR ROMIJN 	1.6	3%	0.03 h ₁	+	+	1 atau 2	mahal	Dianjurkan jika u harus 1.6
	ORIFIS DENGAN TINGGI ENERGI TETAP 	0.5	> 7%	> 0.03 m	-	--	3	paling mahal	Tidak dianjurkan
	ALAT UKUR CRUMP-DE GRUYTER 	0.5	3%	$\leq h_i - w$ w = tinggi bukaan pintu	- +	-	2	sedang	Dianjurkan jika u harus = 0.5

(Sumber: Kriteria Perencanaan-04, 2010)

Tabel 2.4 Perbandingan Bangunan-Bangunan Pengatur Muka Air

BANGUNAN PENGATUR DAN PENGOTROL		Biaya Pembuatan	(1)	(2)	(3)	(4)	Dapat disetel	Keterangan	
MENGATUR	SKOT BALOK		Sedang	-	- +	--	+	Ya	(1) Kemudahan eksploitasi (2) Ketepatan pengaturan muka air (3) Kemampuan melewatkan Sedimen (4) Kemampuan melewatkan benda-benda hanyut + + Baik sekali + Baik - + Memadai - Tak memadai -- Jelek
	PINTU SORONG		Mahal	+	+ +	+	--	Ya	
	PINTU RADIAL		Sangat mahal	+ +	+	+	+	Ya	
MENGCNTRNOL	MERCU TETAP		Rendah		-	--	+ +	Tidak	
	KONTROL CELAH TRAPESIUM		Sedang		+	+ +	+	Tidak	

(Sumber: Kriteria Perencanaan-04, 2010)

2.11 Bangunan Pembawa

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

2.11.1 Bangunan pembawa dengan aliran super kritis

Bangunan pembawa dengan aliran super kritis diperlukan di tempat-tempat di mana lereng medannya lebih curam daripada kemiringan maksimum saluran.

- a) Bangunan terjun, dengan bangunan terjun menurunnya muka air (dan tinggi energi) dipusatkan disatu tempat. Bangunan terjun bisa memiliki terjun tegak atau terjun miring. Jika perbedaan tinggi energi mencapai beberapa meter, maka konstruksi got miring perlu dipertimbangkan.
- b) Got miring, daerah got miring dibuat apabila trase saluran melewati ruas medan dengan kemiringan yang tajam dengan jumlah perbedaan tinggi energi yang besar. Got miring berupa potongan saluran yang diberi pasangan (*lining*) dengan aliran superkritis, dan umumnya mengikuti kemiringan medan alamiah.

2.11.2 Bangunan pembawa dengan aliran subkritis

Adapun pada setiap saluran harus dibuat bangunan pembawa yang disesuaikan dengan kebutuhan dan kondisi dilapangan seperti:

- a) Gorong-gorong yang dapat dipasang di tempat-tempat dimana saluran lewat di bawah bangunan (jalan, rel kereta api) atau apabila pembuang lewat di bawah saluran. Aliran di dalam gorong-gorong umumnya aliran bebas.
- b) Talang dipakai untuk mengalirkan air irigasi lewat di atas saluran lainnya, saluran pembuang alamiah atau cekungan dan lembah-lembah. Aliran di dalam talang adalah aliran bebas.
- c) Sipun dipakai untuk mengalirkan air irigasi dengan menggunakan gravitasi di bawah saluran pembuang, cekungan, anak sungai atau sungai. Sipun 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.

- d) Jembatan sipon adalah saluran tertutup yang bekerja atas dasar tinggi tekan dan dipakai untuk mengurangi ketinggian bangunan pendukung di atas lembah yang dalam.
- e) Flum (*Flume*)

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

 - Flum tumpu (*bench flume*), untuk mengalirkan air di sepanjang lereng bukit yang curam.
 - Flum elevasi (*elevated flume*), untuk menyeberangkan air irigasi lewat di atas saluran pembuang atau jalan air lainnya.
 - Flum, dipakai apabila batas pembebanan tanah (*right of way*) terbatas atau jika bahan tanah tidak cocok untuk membuat potongan melintang saluran trapesium biasa. Flum mempunyai potongan melintang berbentuk segi empat atau setengah bulat. Aliran dalam flum adalah aliran bebas.
- f) Saluran tertutup dibuat apabila trase saluran terbuka melewati suatu daerah di mana potongan melintang harus dibuat pada galian yang dalam dengan lereng-lereng tinggi yang tidak stabil. Saluran tertutup juga dibangun di daerah-daerah permukiman dan di daerah-daerah pinggiran sungai yang terkena luapan banjir. Bentuk potongan melintang saluran tertutup atau saluran gali dan timbun adalah segi empat atau bulat. Biasanya aliran di dalam saluran tertutup adalah aliran bebas.
- g) Terowongan 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.

2.12 Syarat-Syarat Susunan Petak Pengairan

Setiap bidang tanah harus dapat menerima air dengan sebaik-baiknya, maka perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- 1) Luas petak sedapat mungkin diseragamkan.
- 2) Luas petak sedapat mungkin sama, namun ini sangat bergantung kepada bentuk lapangan, dengan luas maksimum 150 Ha.
- 3) Petak tersier hanya mendapat air dari satu bangunan sadap disalurkan dari saluran sekunder/primer.
- 4) Petak tersier harus sedapat mungkin kelihatan bebas dan jarak yang terjauh dari bangunan sadap tidak lebih dari 3 km.
- 5) Pemberian air untuk suatu petak tersier harus melalui satu tempat yang dapat diukur dan diatur dengan baik.
- 6) Batas petak tersier harus jelas dan tegas.
- 7) Semua sawah dalam petak tersier itu harus dapat menerima air dari tempat pemberian air.
- 8) Petak tersier diharapkan merupakan satu kesatuan yang dimiliki satu desa saja.
- 9) Kelebihan air yang tidak berguna harus dapat dibuang dengan melalui saluran drainase yang terpisah dengan saluran pemberi.
- 10) Batas-batas petak tersier diusahakan menggunakan batas alam.

2.13 Standar Pemberian Tata Nama dan Warna Peta Jaringan Irigasi

2.13.1 Daerah irigasi

Daerah irigasi dapat diberi nama sesuai dengan nama daerah setempat, atau desa penting di daerah itu, yang biasanya terletak dekat dengan jaringan bangunan utama atau sungai yang airnya diambil untuk keperluan irigasi. Contohnya adalah Daerah Irigasi Jatiluhur atau D.I. Cikoncang. Apabila ada dua pengambilan atau lebih, maka daerah irigasi tersebut sebaiknya diberi nama sesuai dengan desa-desa terkenal di daerah-daerah layanan setempat. Untuk pemberian

nama-nama bangunan utama berlaku peraturan yang sama seperti untuk daerah irigasi, misalnya bendung Cikoncang yang melayani D.I. Cikoncang.

2.13.2 Saluran irigasi

Saluran irigasi dapat diberi nama sesuai dengan nama daerah setempat dan nama tersebut disamakan dengan nama sumber salurannya masing-masing, misalkan untuk nama saluran sekunder harus disamakan dengan nama bangunan bagi atau sadap yang menjadi sumber saluran tersebut, jadi yang membedakan setiap saluran yang dipisahkan oleh bangunan bagi atau sadap adalah penamaan ruasnya, contohnya Saluran Sekunder Musi Ruas 1 dan Saluran Sekunder Musi Ruas 2.

2.13.3 Bangunan utama, bagi dan sadap

Bangunan utama dapat diberi sesuai daerah setempat, berbeda dengan bangunan bagi dan sadap, jika bangunan tersebut terdapat pada daerah yang sama tapi terdapat beberapa bangunan bagi atau sadap, maka dalam pemberian nama dapat dibedakan dengan pemberian angka yang berurutan dari arah hulu ke hilir. Misalnya Bangunan Bagi Endikat 1 dan Bangunan Bagi Endikat 2.

2.13.4 Pemberian warna

Warna-warna standar akan digunakan untuk menunjukkan berbagai tampakkan irigasi pada peta. Warna-warna yang dipakai adalah:

- a) Warna biru digunakan untuk jaringan saluran pembawa dan untuk membedakan satu sama lainnya ditentukan dengan ketebalan garisnya menurut tingkatannya saluran tersebut seperti dibawah ini:

- | | |
|--------------------------|--|
| 1) Saluran Primer/Induk. |  |
| 2) Saluran Sekunder. |  |
| 3) Saluran Tersier. |  |
| 4) Saluran Kuarter. |  |

- b) Warna Merah digunakan untuk jaringan saluran pembuang dan untuk membedakan satu sama lainnya ditentukan dengan ketebalan garisnya menurut tingkatan saluran tersebut seperti dibawah ini:
- 1) Sal. Pembuang Primer/Induk. 
 - 2) Saluran Pembuang Sekunder. 
 - 3) Saluran Pembuang Tersier. 
 - 4) Saluran Pembuang Kuarter. 
- c) Warna coklat untuk jaringan jalan
- 1) Yang sudah ada. 
 - 2) Yang direncanakan. 

2.14 Pengertian Daerah-Daerah Irigasi

Adapun dalam perencanaan irigasi harus dipisahkan antara jenis-jenis daerah irigasi sesuai dengan fungsi setiap daerahnya masing-masing seperti:

- a) Daerah studi adalah daerah proyek ditambah dengan seluruh daerah aliran sungai (DAS) dan tempat-tempat pengambilan air ditambah dengan daerah-daerah lain yang ada hubungannya dengan daerah studi.
- b) Daerah proyek adalah daerah dimana pelaksanaan pekerjaan dipertimbangkan dan/atau diusulkan dan daerah tersebut akan mengambil manfaat langsung dari proyek tersebut.
- c) Daerah irigasi total/bruto adalah daerah proyek dikurangi dengan perkampungan dan tanah-tanah yang dipakai untuk mendirikan bangunan, daerah yang tidak diairi, jalan utama, rawa-rawa, dan daerah-daerah yang tidak akan dikembangkan untuk irigasi pada saat itu.
- d) Daerah irigasi netto/bersih adalah tanah yang ditanami (padi) dan ini adalah daerah total yang bisa diairi dikurangi dengan luas saluran-saluran pembawa dan pembuang(primer, sekunder, tersier, dan kuarter), jalan inspeksi, jalan setapak, dan tanggul sawah. Daerah ini dijadikan dasar perhitungan kebutuhan air, panen, dan mamfaat/keuntungan yang dapat diperoleh dari proyek yang bersangkutan. Sebagai angka standar, luas

netto daerah yang dapat diairi diambil 0,9 kali luas total daerah-daerah yang dapat diairi.

2.15 Keadaan Topografi Daerah Aliran Sungai

Keadaan topografi dapat menggambarkan keadaan suatu wilayah dalam suatu DAS. Kondisi topografi sangat berpengaruh terhadap terjadinya erosi dan sedimentasi, keduanya dianggap merupakan indikator kerusakan yang terjadi pada suatu DAS. Pada daerah dengan topografi berbukit atau bergunung umumnya termasuk pada kelerengan yang curam dan biasanya potensi kerusakan lahan sangat nyata, besarnya kecepatan aliran permukaan tanah (*surface run-off*) menyebabkan tingginya pengikisan permukaan tanah dan rendahnya kesempatan aliran air untuk masuk kedalam tanah (infiltrasi). Dengan demikian karakteristik topografi suatu wilayah berkaitan erat dengan keadaan kelerengannya.

Pada perencanaan jaringan irigasi, peta Daerah Aliran Sungai (DAS) berpengaruh pada perhitungan debit andalan (*water availability*) karena dengan data tersebut dapat dihitung luas pengaruh dari setiap stasiun pencatat hujan yang terdapat pada DAS tersebut.

Untuk menilai kerawanan suatu DAS terhadap banjir maka dapat dilihat berdasarkan karakteristiknya. Parameter karakteristik DAS yang berkaitan erat dengan pengaruhnya terhadap kecepatan terpusatnya aliran dan ketajaman puncak (*peak*) banjir yaitu Bentuk DAS. Menurut Soewarno (1991), bentuk DAS mempunyai arti penting dalam hubungannya dengan aliran sungai, yaitu berpengaruh terhadap kecepatan terpusatnya aliran. Umumnya bentuk DAS dapat dibedakan menjadi:

- a) Bentuk memanjang, bentuk ini biasanya induk sungainya akan memanjang dengan anak-anak sungai langsung masuk ke induk sungai. Kadang-kadang berbentuk seperti bulu burung. Bentuk ini biasanya akan menyebabkan debit banjir relatif kecil karena perjalanan banjir dari anak sungai berbeda-beda waktunya.
- b) Bentuk membulat atau radial ini umumnya dibentuk oleh dua buah alur sungai atau lebihnya menyatu dibagian hilirnya. Atau terjadi karena arah

alur sungai seolah-olah memusat pada satu titik sehingga menggambarkan adanya bentuk radial, kadang-kadang gambaran tersebut berbentuk kipas atau lingkaran. Sebagai akibat dari bentuk tersebut maka waktu yang diperlukan aliran yang datang dari segala penjuru arah alur sungai memerlukan waktu yang hampir bersamaan. Dengan kata lain apabila terjadi hujan yang sifatnya merata di seluruh DAS akan menyebabkan banjir besar. Jika terjadi hujan yang cukup besar maka umumnya kejadian banjir terjadi dengan cepat dan daerah hilir mengalami banjir yang lama.

- c) Bentuk parallel, DAS ini dibentuk oleh dua jalur sub DAS yang bersatu di bagian hilirnya, apabila terjadi banjir di daerah hilir biasanya setelah di sebelah hilir titik pertemuan kedua alur sungai Sub DAS tersebut.
- d) Bentuk kompleks, bentuk ini merupakan gabungan dasar dua atau lebih bentuk DAS.

2.16 Parameter Hidrologi

Kondisi hidrologi dalam hal ini tingkat percabangan dan kerapatan alur sungai pada suatu DAS akan sangat mempengaruhi perilaku hidrologi DAS itu sendiri. Aspek hidrologi yang dapat menggambarkan kondisi DAS itu sendiri yaitu seberapa panjang alur sungai dan seberapa luas *catchment areanya* (DAS). Kedua aspek tersebut dalam beberapa literatur dinyatakan dalam bentuk kerapatan alur sungai (*drainage density/Dd*).

Kerapatan sungai atau kepadatan aliran merupakan perbandingan antara panjang seluruh alur sungai terhadap luas permukaan lahan yang menampung sungai tersebut. Menurut Lynsley (1949), dikatakan bahwa jika nilai kerapatan aliran lebih kecil dari 1 *mile/mile²* (0,62 km/km²), maka DAS tersebut akan mengalami penggenangan sedangkan jika lebih besar dari 5 *mile/mile²* (3,10 km/km²), maka DAS tersebut akan sering mengalami kekeringan.

Secara umum, semakin besar nilai Dd akan semakin baik sistem pengaliran (drainase) di daerah tersebut, artinya bahwa semakin besar jumlah air larian total (semakin kecil infiltrasi) akan semakin kecil air tanah yang tersimpan di daerah

tersebut. Dengan demikian, Dd mempunyai korelasi dengan perilaku laju air larian, jumlah air larian total yang terjadi dan jumlah air tanah yang tersimpan.

2.16.1 Curah hujan

Curah hujan adalah jumlah air yang jatuh di permukaan tanah datar selama periode tertentu yang diukur dengan satuan tinggi (mm) di atas permukaan horizontal bila tidak terjadi evaporasi, *runoff*, dan infiltrasi. Satuan CH adalah mm, *inch*. terdapat beberapa cara mengukur curah hujan. Curah hujan (mm) merupakan ketinggian air hujan yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap, dan tidak mengalir. Curah hujan 1 (satu) millimeter, artinya dalam luasan satu meter persegi pada tempat yang datar tertampung air setinggi satu millimeter atau tertampung air sebanyak satu liter. Curah hujan kumulatif (mm) merupakan jumlah hujan yang terkumpul dalam rentang waktu kumulatif tersebut. Dalam periode musim, rentang waktunya adalah rata-rata panjang musim pada masing-masing Daerah Prakiraan Musim (DPM).

2.16.2 Melengkapi data curah hujan yang hilang

Hasil pengukuran yang diterima oleh pusat meteorology dan geofisika dari tempat-tempat pengamatan di seluruh Indonesia kadang-kadang ada yang tidak lengkap, sehingga dalam daftar curah hujan yang disusun terdapat data yang tidak ditulis (hilang), hilangnya data tersebut ada beberapa kemungkinan diantaranya kerusakan alat penakar curah hujan atau kelalaian dari petugas untuk mencatatnya. Untuk melengkapi data tersebut kita dapat mengadakan perkiraan dan sebagai dasar dari perkiraan tersebut kita dapat menggunakan data dari stasiun pengamat yang berdekatan dan mengelilingi tempat daerah pengamatan yang curah hujannya hilang, kemudian mengolahnya dengan cara tertentu satu diantaranya adalah dengan metode perbandingan Normal. Langkah-langkah perhitungan dalam menentukan nilai curah hujan yang hilang menggunakan metode perbandingan Normal yaitu sebagai berikut:

- 1) Kelompokkan data curah hujan pada bulan pengamatan salah satu stasiun yang memiliki curah hujan hilang dalam beberapa tahun pengamatan dari beberapa stasiun hujan.
- 2) Hitung rata-rata curah hujan pada setiap stasiun hujan.
- 3) Hitung rata-rata curah hujan dari beberapa stasiun hujan tersebut.
- 4) Hitung standar deviasi.
- 5) Bagi nilai standar deviasi dengan rata-rata curah hujan dari seluruh stasiun, lalu dikali dengan 100%.
- 6) Jika hasilnya kurang dari 10%, maka curah hujan yang hilang dapat dihitung dari rata-rata data stasiun yang mengelilinginya dengan bulan dan tahun yang sama. Perhitungan standar deviasi menggunakan perhitungan dengan rumus dasar sebagai berikut (Soemarto, 1999):

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(Xi - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana:

Sd = Deviasi standar

$\sum X$ = Jumlah tinggi hujan harian maksimum selama n tahun (mm)

N = Jumlah tahun pencatatan data hujan

\bar{X} = Tinggi hujan harian maksimum rata-rata selama n tahun (mm)

- 7) Jika hasil standar deviasinya lebih dari 10%, maka dihitung berdasarkan perbandingan biasa dengan rumus:

$$r = 1/(n-1)(R/Ra.ra + R/Rb.rb + R/Rc.rc) \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana:

R = Curah hujan rata-rata setahun ditempat pengamatan

R yang datanya harus dilengkapi

ra, rb, rc = Curah hujan ditempat pengamatan Ra, Rb, Rc (pada bulan dan tahun yang sama)

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

n = Jumlah seluruh stasiun pengamat yang dipakai

2.16.3 Curah hujan efektif

Curah hujan efektif adalah curah hujan yang turun pada suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) yang diamati oleh lebih dari satu stasiun pengamat hujan. Tinggi rata-rata curah hujan didapatkan dengan mengambil nilai rata-rata hitung (metode rerata aljabar) pengukuran hujan di pos penakar- penakar hujan di dalam areal tersebut. Langkah-langkah menghitung curah hujan efektif adalah:

- 1) Mengurutkan data curah hujan pada setiap stasiun dari yang terbesar sampai terkecil.
- 2) Gunakan persamaan

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

dimana:

m = Urutan peringkat data curah hujan dari nilai yang terkecil

n = Jumlah tahun pengamatan.

- 3) Hitung curah hujan efektif di setiap bulan menggunakan metode Rerata Aljabar.

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

dimana:

R = Curah Hujan Efektif (mm)

n = Jumlah titik pos pengamatan

R_1, R_2, \dots, R_n = Curah hujan di tiap titik pengamatan (mm)

Kemudian dilakukan analisa curah hujan yang dilakukan dengan maksud untuk menentukan :

- Untuk menghitung kebutuhan irigasi
- Untuk menghitung kebutuhan pembuangan/drainase dan debit (banjir).

Tabel 2.5 Parameter Perencanaan Curah Hujan

Cek Data	Analisis & Evaluasi	Parameter Perencanaan
- Total	- Distribusi bulan/Musim	Curah Hujan Efektif Didasarkan pada curah hujan minimum tengah bulanan, kemungkinan tak terpenuhi 20%, dengan distribusi frekuensi normal atau log – normal
- Harga-harga Tinggi	- Distribusi tahunan	Curah hujan lebih
- <i>Double massplot</i>	- Isohet	Curah hujan 3 – hari maksimum dengan kemungkinan tak terpenuhi 20% dengan distribusi frekuensi normal atau log – normal
- Diluar tempat pengukur yang dijadikan referensi	- Tahunan	Hujan lebat
	- Pengaruh ke tinggian, angin, topografi, transportasi/perubahan jika seringnya terlalu pendek	Curah hujan sehari maksimum dengan kemungkinan tak terpenuhi 20%, 4%-1%, 0,1% dengan distribusi frekuensi yang ekstrem
	- hujan lebat	

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

2.16.4 Intensitas curah hujan

Untuk menentukan Debit Andalan (*Water Availability*), perlu didapatkan harga suatu intensitas curah hujan terutama bila digunakan metode rasional. Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu dimana air tersebut berkonsentrasi. Analisis intensitas curah hujan ini dapat diproses dari data curah hujan yang telah terjadi pada masa lampau (Loebis, 1987). Untuk menghitung intensitas curah hujan, dapat digunakan rumus empiris dari Dr. Mononobe (Soemarto, 1999) sebagai berikut:

$$I = \frac{R}{t} \dots \dots \dots (2.5)$$

dimana:

- I = Intensitas curah hujan (mm/jam)
- t = Lamanya curah hujan (jam)
- R = Curah hujan efektif (mm)

2.16.5 Debit andalan (*water availability*)

Untuk mencari debit banjir rencana atau debit andalan dapat digunakan metode rasional yang paling banyak dikembangkan sehingga didapat rumus sebagai berikut (Sosrodarsono & Takeda, 1984) yaitu:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3.6} = 0,278 \times C \times I \times A \dots \dots \dots (2.6)$$

dimana:

Q = Debit banjir maksimum (m³/det)

C = Keofisien pengaliran berdasarkan kondisi lapangan yang dapat dilihat pada Tabel 2.7.

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

A = Luas daerah aliran sungai (Km²)

2.17 Parameter Klimatologi

Dalam merencanakan jaringan irigasi, faktor iklim sangat mempengaruhi terhadap perencanaanya. Dengan adanya data iklim disekitar lokasi proyek, dapat diperkirakan kemampuan sumber air untuk mengairi daerah jaringan irigasi yang direncanakan.

2.17.1 Evapotranspirasi

Analisis mengenai evaporasi diperlukan untuk menentukan besarnya evapotranspirasi tanaman yang kelak akan dipakai untuk menghitung kebutuhan air irigasi dan, kalau perlu untuk studi neraca air di daerah aliran

sungai. Studi ini mungkin dilakukan bila tidak tersedia data aliran dalam jumlah yang cukup. Data-data iklim yang diperlukan untuk perhitungan ini adalah yang berkenaan dengan :

- Temperatur : harian maksimum, minimum dan rata-rata
- Kelembapan relatif
- Sinar matahari : lamanya dalam sehari
- Angin : kecepatan dan arah
- Evaporasi : catatan harian

Data-data klimatologi di atas adalah standar bagi stasiun-stasiun agrometeorologi. Jangka waktu pencatatan untuk keperluan analisis yang cukup tepat dan andal adalah sekitar sepuluh tahun.

Tabel 2.6 Parameter Perencanaan Evapotranspirasi

Metode	Data	Parameter Perencanaan
Dengan pengukuran	Kelas Pan A harga-harga evapotranspirasi	Jumlah rata-rata 10 harian atau 30 harian, untuk setiap tengah bulanan atau mingguan
Perhitungan dengan rumus penman atau yang sejenis	Temperatur kelembapan relatif sinar matahari angin	Harga rata-rata tengah bulanan, atau rata-rata mingguan

(Sumber: Kriteria Perencanaan- 01, 2010)

2.17.2 Besaran evapotranspirasi

Besaran evapotranspirasi dihitung dengan menggunakan Metode **H.L. PENMAN (Rothamsted Experimental Station, Harpenden, England)** yang dimodifikasi oleh *Nedeco/Prosida* seperti diuraikan dalam PSA-010. Evapotranspirasi dihitung dengan rumus-rumus teoritis empiris dengan

memperhatikan faktor-faktor meteorologi yang terkait seperti suhu udara rata-rata (T_c), kelembaban udara rata-rata (R_h), kecepatan angin rata-rata (W_1), dan lamanya penyinaran matahari (S) (Soemarto, 1999). Dalam tabel perhitungan evapotranspirasi, terdapat langkah-langkah perhitungan seperti:

- 1) Faktor koreksi penyinaran (N) ditentukan dari lokasi koordinat lokasi proyek, lalu dapat diinterpolasi dalam mencari nilai pada setiap bulannya jika lokasi koordinat tidak tercantum pada Tabel 2.8 dan Tabel 2.9.

- 2) Radiasi matahari rata-rata dapat dihitung menggunakan rumus:

$$S_n = S \times N \dots\dots\dots(2.7)$$

dimana:

S_n = Radiasi matahari rata-rata

S = Lamanya penyinaran matahari (%)

N = Faktor koreksi penyinaran

- 3) Intensitas radiasi matahari (R_a) dapat dilihat ataupun diinterpolasi pada Tabel 2.10.

- 4) Temperatur udara rata-rata dapat dihitung menggunakan rumus:

$$T_f = 9/5 \times T_c + 32 \dots\dots\dots(2.8)$$

dimana:

T_f = Temperatur udara rata-rata ($^{\circ}F$)

T_c = Suhu udara rata-rata ($^{\circ}C$)

- 5) Nilai Δ dapat dilihat pada Tabel 2.11.

dimana:

Δ = kemiringan tekanan uap air jenuh yang berlawanan dengan kurva temperatur pada temperature udara

- 6) Nilai e_a dapat dilihat pada Tabel 2.12.

dimana:

e_a = Tekanan uap jenuh (mmHg)

- 7) Nilai e_d dapat dihitung menggunakan rumus:

$$e_d = e_a \times R_h \dots\dots\dots(2.9)$$

dimana:

e_d = Tekanan uap yang terjadi (mmHg)

e_a = Tekanan uap jenuh (mmHg)

R_h = Kelembaban udara rata-rata (%)

- 8) Nilai perhitungan dari $e_a - e_d$
 9) Nilai W_2 = konversi dari nilai W_1 yang dapat dihitung menggunakan rumus:

$$W_2 = W_1 \times 0,621 \dots\dots\dots(2.10)$$

dimana:

W_1 = Kecepatan angin rata-rata (km/jam)

W_2 = Kecepatan angin rata-rata (mil/hari)

- 10) Nilai E_a dapat dihitung menggunakan rumus:

$$E_a = 0,35 \times (e_a - e_d) \times (1 + 0,0098 \times W_2) \dots\dots\dots(2.11)$$

- 11) Menghitung nilai $1 - r$ yang nilainya sama pada setiap bulan, dimana nilai $r = 0,25$

- 12) Hitung nilai $\sqrt{e_d}$

- 13) Hitung nilai $B \times (\sigma T_a^4)$ berdasarkan nilai temperature udara rata-rata yang dapat dilihat pada Tabel 2.13.

- 14) Hitung nilai H dapat menggunakan rumus:

$$H = R_a (1 - r) (0,18 + 0,55 S_n) - B (0,56 - 0,92 \sqrt{e_d}) (0,1 + 0,9 S_n) \dots\dots\dots(2.12)$$

- 15) Hitung nilai Evapotranspirasi untuk satu hari dengan Metode Penman:

$$E_t = (\Delta H + 0,27 E_a) / (\Delta + 0,27) \dots\dots\dots(2.13)$$

dimana:

E_t = Nilai evapotranspirasi yang terhitung pada saat temperatur permukaan sama dengan temperatur udara (mm/hari)

- 16) Hitung nilai E_t (evapotranspirasi) untuk satu bulan dengan rumus:

$$E_t = E_t (\text{mm/hari}) \times \text{jumlah hari pada setiap bulannya} \dots\dots\dots(2.14)$$

dimana:

E_t = Nilai evapotranspirasi yang terhitung pada saat temperature permukaan sama dengan temperature udara (mm/bulan)

2.17.3 Menentukan pola tanam

Pola tanam dapat ditentukan dengan melihat hasil perhitungan debit kebutuhan air pada sumbernya yang terkecil tapi dapat mengairi lahan seluas yang dibutuhkan. Langkah-langkah perhitungannya adalah:

- 1) Mencantumkan data hasil perhitungan evapotranspirasi, curah hujan efektif, dan debit andalan sesuai bulannya masing-masing.
- 2) Mencantumkan nilai koefisien tanaman bulan pada masing-masing tanaman dan disesuaikan pada waktu penanaman ataupun panennya berdasarkan tabel 2.14.
- 3) Hitung jumlah pemakaian air konsumtif pada setiap bulannya dengan rumus:

$$\text{Pemakaian air konsumtif} = \text{evapotranspirasi} \times \text{koefisien tanaman bulanan} \dots\dots\dots(2.15)$$

- 4) Hitung nilai perkolasi dengan rumus:

$$\text{Perkolasi} = \text{jumlah hari di setiap bulan} \times 3 \text{ mm} \dots\dots\dots(2.16)$$

- 5) Hitung kebutuhan air untuk tanaman dengan rumus:

$$\text{Keb. Air} = \text{pemakaian air konsumtif} + \text{perkolasi} \dots\dots\dots(2.17)$$

- 6) Menentukan nilai kebutuhan air pengolahan tanah yang sudah ditentukan pada setiap bulan penanaman tanaman.

dimana:

$$\text{Bulan pertama} = 240 \text{ mm}$$

$$\text{Bulan kedua} = 60 \text{ mm}$$

$$\text{Bulan ketiga} = 0 \text{ mm}$$

$$\text{Bulan keempat} = 0 \text{ mm}$$

- 7) Hitung kebutuhan air di sawah menggunakan rumus:

$$\text{Keb. Air di sawah} = \text{nilai pengolahan tanah} + \text{kebutuhan air untuk tanaman} - \text{curah hujan efektif} \dots\dots\dots(2.18)$$

- 8) Hitung nilai Idem menggunakan rumus:

$$\text{Idem} = (\text{kebutuhan air di sawah} \times 10000) / 24 \times 3600 \times \text{jumlah hari/bulan} \dots \dots \dots (2.19)$$

9) Hitung kebutuhan air pada sumbernya dengan rumus:

$$\text{Kebutuhan air pada sumbernya} = \text{Idem} / 0,72 \dots \dots \dots (2.20)$$

10) Hitung luas areal yang dapat dialiri dengan rumus:

$$\text{Luas areal} = \text{debit andalan} / \text{kebutuhan air pada sumbernya} \dots \dots \dots (2.21)$$

2.17.4 Kebutuhan air pada sumbernya

Nilai kebutuhan air pada sumbernya ditentukan dari beberapa metode pola tanam dengan cara memilih pola tanam yang memiliki debit kebutuhan air pada sumbernya yang terkecil, akan tetapi kemampuan luas areal yang dapat dialirinya tetap sesuai kebutuhan perencanaan proyek.

2.18 Menentukan Dimensi Saluran

Dalam menentukan dimensi saluran irigasi yang umumnya memiliki penampang berbentuk trapesium, sudah dibuat ketentuan-ketentuan umum yang harus diikuti contohnya seperti pada Tabel 2.15 dan Tabel 2.16. Langkah-langkah menentukan dimensi saluran adalah:

1) Hitung debit setiap saluran menggunakan rumus:

$$Q = \frac{A \times a}{1000} \dots \dots \dots (2.22)$$

dimana:

Q = Debit saluran (m³/det)

A = Luas Area yang diairi (Ha)

a = Kebutuhan air pada sumbernya dari perhitungan pola tanam yang terpilih (l/det/Ha)

2) Tentukan nilai b:h, kemiringan talud, K, waking/jagaan, dan lebar tanggul berdasarkan debit dan ketentuan tabel 2.15, 2.16, 2.17, dan 2.18.

3) Hitung nilai luas penampang basah menggunakan rumus:

$$F = Q / V \dots \dots \dots (2.23)$$

dimana:

F = Luas penampang basah (m^2)

Q = Debit saluran (m^3/det)

V = Kecepatan aliran (m/det)

- 4) Hitung tinggi saluran menggunakan rumus:

$$h = (F / ((b:h) + (m \times 1) \times 1))^{0,5} \dots \dots \dots (2.24)$$

dimana:

h = Tinggi saluran (m)

F = Luas penampang basah (m^2)

$b:h$ = Nilai yang ditentukan pada Tabel 2.16

m = Nilai kemiringan talud yang ditentukan pada Tabel 2.15

- 5) Hitung lebar dasar saluran

$$b = h \times (b:h) \dots \dots \dots (2.25)$$

dimana:

b = Lebar dasar saluran (m)

h = Tinggi saluran (m)

$b:h$ = Nilai yang ditentukan pada Tabel 2.16

- 6) Karena dalam pelaksanaan lebar dasar saluran harus dibulatkan menjadi kelipatan 5 cm agar mudah dalam pengerjaannya, maka nilai luas penampang basah yang sebenarnya dapat menggunakan rumus:

$$F_{design} = (b_{design} + (m \times h_{design})) \times h_{design} \dots \dots \dots (2.26)$$

dimana:

F_{design} = Perhitungan luas setelah b dibulatkan

b_{design} = Nilai pembulatan b setiap 5 cm

h_{design} = Nilai h yang ditentukan setelah perhitungan b_{design}

m = Nilai kemiringan talud yang ditentukan pada Tabel 2.15, dan Tabel 2.16

- 7) Hitung keliling basah saluran dapat menggunakan rumus:

$$O = bd + (2 \times hd) \times (1 + m^2)^{0,5} \dots \dots \dots (2.27)$$

dimana:

O = Keliling basah saluran (m)

bd = Lebar dasar saluran *design* (m)

hd = Tinggi saluran *design* (m)

m = Nilai kemiringan talud yang ditentukan pada Tabel 2.16, dan Tabel

2.17

8) Hitung jari-jari hidrolis menggunakan rumus:

$$R = Fd / O \dots\dots\dots(2.28)$$

dimana:

R = Jari-jari hidrolis (m)

O = Keliling basah saluran (m)

F *design* = Perhitungan luas setelah b dibulatkan (m)

9) Hitung kecepatan aliran *design* menggunakan rumus:

$$Vd = \frac{Q}{Fd} \dots\dots\dots(2.29)$$

dimana:

Vd = Kecepatan alirandesign (m/det)

F d = Perhitungan luas setelah b dibulatkan (m)

Q = Debit saluran (m³/det)

10) Hitung kemiringan saluran menggunakan rumus:

$$I = \left(\frac{Vd}{K \times R^{\frac{2}{3}}} \right)^2 \dots\dots\dots(2.30)$$

dimana:

I = Kemiringan saluran

Vd = Perhitungan kecepatan*design* setelah Fd dihitung (m/det)

K = Kekasaran dinding

R = Jari-jari hidrolis (m)

Tabel 2.7 Koefisien Pengaliran

Kondisi Daerah Pengaliran dan Sungai	Koefisien Pengaliran
Daerah Pegunungan Curam	0.75-0.9
Daerah Pegunungan Tersier	0.7-0.8
Tanah Bergelombang dan Hutan	0.5-0.75
Tanah Dataran yang Ditanami	0.45-0.6
Persawahan yang Diairi	0.7-0.8
Sungai di Daerah Pegunungan	0.75-0.8
Sungai Kecil di Daratan	0.45-0.75
Sungai Besar yang Lebih Besar 0.5 Daerah Pengaliran Terdiri dari Daratan	0.5-0.57

(Sumber: Tabel Koefisien Limpasan, Drs Mononobe (Hidrologi untuk Pengaliran, Suyono Sosrodarsono, Hal 145)

Tabel.2.8 Maksimum Lamanya Matahari Bersinar Dibelahan Bumi Utara

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

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

Tabel 2.9Maksimum Lamanya Matahari Bersinar Dibelahan Bumi Selatan

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

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

Tabel 2.10 Nilai Radiasi Ekstra Terential Bulanan Rata-Rata

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
November	13.10	14.60	15.70
Desember	12.40	-14.30	15.80

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

Tabel 2.11 Nilai Δ/γ untuk Suhu-Suhu yang Berlainan

T	Δ/γ	T	Δ/γ	T	Δ/γ
10	1.23	20	2.14	30	3.57
11	1.3	21	2.26	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: Dr. C.D. Soemarto, 1999)

Tabel 2.12 Tekanan Uap Jenuh dalam Satuan mmHg

Temp °C	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
10	9.2	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	10.1	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	11.00	11.08	11.15
13	11.23	11.3	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	12.3	12.38	12.46	12.54	12.62	12.7
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	14.8	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	16.57	16.68	16.79	16.9	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	20.8	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	23.6
25	23.73	23.90	24.03	24.20	24.35	24.49	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	26.9	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	37.1	37.31	37.52
33	37.33	37.94	38.16	38.37	38.58	38.8	39.02	39.24	39.46	39.66
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	43.6	43.84	44.08	44.32

(Sumber: Hidrologi Teknik, C.D.Soemarto, Hal: 23)

Tabel 2.13 Nilai $\sigma T\sigma^4$ Sesuai Dengan Temperatur

Temperatur (° C)	Temperatur (° K)	$\sigma T\sigma^4$ 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: Dr. C. D. Soemarto, 1999)

Tabel 2.14 Koefisien Tanaman Bulanan

Periode Tengah Bulanan	Padi (<i>Nedeco/Prosida</i>)		FAO		FAO Palawija
	Varitas Biasa	Varitas Unggul	Varitas Biasa	Varitas Unggul	
1	1.2	1.2	1.1	1.1	0.5
2	1.2	1.27	1.1	1.1	0.59
3	1.32	1.33	1.1	1.05	0.96
4	1.4	1.3	1.1	1.05	1.05
5	1.35	1.3	1.1	1.05	1.02
6	1.24	0	1.05	0.95	0.95
7	1.12	-	0.95	0	-
8	0	-	0	-	-

(Sumber: Kriteria Perencanaan- 01, 2010)

Tabel 2.15 Type Jagaan Berdasarkan Jenis Saluran dan Debit Air yang Mengalir

Jenis Saluran	Debit Air (m ³ /det)	b:h	Jagaan (m)	Lebar Tanggul	
				Tanpa Jalan Inspeksi	Dengan Jalan Inspeksi
Tersier	<0.5	1	0.3	0.75
Sekunder	<0.5	1-2	0.4	1.5	4.50
Saluran utama dan sekunder	0.5 - 1	2.0 - 2.5	0.5	1.50 - 2.0	5.50
	1-2	2.5 - 3.0	0.6	1.50 - 2.0	5.50
	2-3	3.0 - 3.5	0.6	1.50 - 2.0	5.50
	3-4	3.5 - 4.0	0.6	1.50 - 2.0	5.50
	4-5	4.0 - 4.5	0.6	1.50 - 2.0	5.50
	5-10	4.5 - 5.0	0.6	2.0	5.50
	10-25	6.0 - 7.0	0.75 - 1.0	2.0	5.50

(Sumber: Kriteria Perencanaan-03, 2010)

Tabel 2.16 Pedoman Perencanaan Dimensi Saluran

Q (m ³ /dt)	N b/h	V (m/dt) (Untuk tanah biasa)	Kemiringan Talud tanah biasa	Keterangan (Nilai K)
0,000 – 0,150	1	0,25 – 0,30	1 : 1	60 = Saluran Pasangan
0,150 - 0,300	1	0,30 - 0,35	1 : 1	
0,300 - 0,400	1,5	0,35 - 0,40	1 : 1	50 = Saluran Terpelihara
0,400 - 0,500	1,5	0,40 - 0,45	1 : 1	
0,500 - 0,750	2	0,45 - 0,50	1 : 1	47,5 = Q > 10 m ³ /dt atau
0,750 - 1,500	2	0,50 - 0,55	1 : 1	
1,500 - 3,000	2,5	0,55 - 0,60	1 : 1,5	Saluran
3,000 - 4,500	3	0,60 - 0,65	1 : 1,5	Induk
4,500 - 6,000	3,5	0,65 - 0,70	1 : 1,5	45 = Q = 5-10 m ³ /dt atau
6,000 - 7,500	4	0,7	1 : 1,5	
7,500 - 9,000	4,5	0,7	1 : 1,5	Saluran
9,000 - 11,000	5	0,7	1 : 1,5	Sekunder
11,000 - 15,000	6	0,7	1 : 1,5	42,5= Saluran Muka
15,000 - 25,000	8	0,7	1 : 2	
25,000 - 40,000	10	0,7	1 : 2	40 = Saluran Tersier
40,000 - 80,000	12	0,8	1 : 2	

(Sumber: Kriteria Perencanaan-02, 2010)

Tabel 2.17 Harga-Harga Kemiringan Talud untuk Saluran Pasangan

Jenis tanah	h < 0,75 m	0,75 m < h < 1,5 m
Lempung pasiran		
Tanah pasiran kohesif	1	1
Tanah pasiran, lepas	1	1,25
Geluh pasiran, lempung berpori	1	1,5
Tanah gambut lunak	1,25	1,5

(Sumber: Kriteria Perencanaan-03, 2010)

Tabel 2.18 Lebar Minimum Tanggul

Debit rencana (m ³ /dt)	Tanpa jalan Inspeksi (m)	Dengan jalan inspeksi (m)
$Q \leq 1$	1,00	3,00
$1 < Q < 5$	1,50	5,00
$5 < Q \leq 10$	2,00	5,00
$10 < Q \leq 15$	3,50	5,00
$Q > 15$	3,50	$\approx 5,00$

(Sumber: Kriteria Perencanaan-03, 2010)

2.19 Menentukan Elevasi Muka Air Saluran

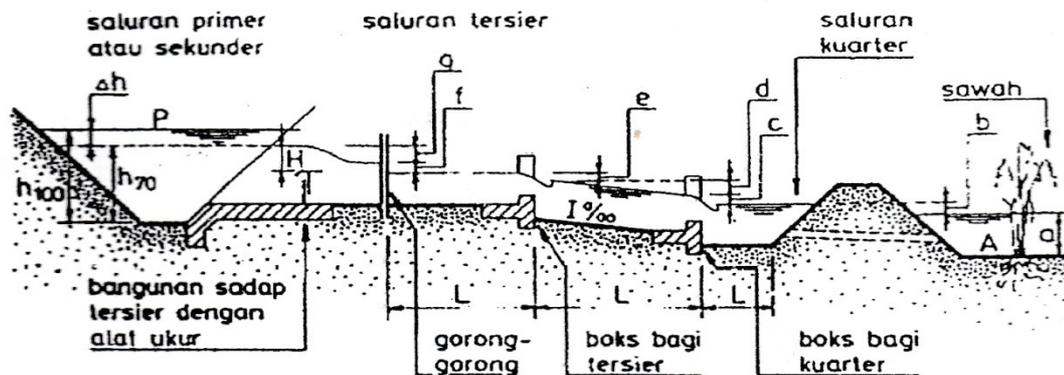
Dalam menentukan elevasi muka air pada saluran ditentukan dari tinggi muka tanah tertinggi pada suatu jaringan irigasi. Untuk menentukan elevasi muka air dekat pintu ukur sebelah hilir yaitu elevasi kontur pada sawah tertinggi ditambah 0,15 m ditambah selisih elevasi akibat kemiringan saluran.

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

- 1) Muka air rencana pada saluran diupayakan berada dibawah atau sama dengan elevasi muka tanah asli 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 dapat mengairi sawah-sawah yang letaknya paling tinggi pada petak tersier.

Tinggi muka air pada bangunan sadap pada saluran sekunder atau primer dihitung berdasarkan kehilangan-kehilangan tekanan yang ada pada saluran tersebut. Dalam menghitung muka air yang diperlukan dapat dihitung menggunakan rumus:

$$P = A + a + b + c + d + e + f + g + \Delta h + z \dots\dots\dots(2.31)$$



Gambar 2.9 Potongan Melintang Muka Air Saluran

dimana:

P = Elevasi muka air di saluran primer/sekunder.

A = Elevasi muka tanah tertinggi.

a = Tinggi genangan di sawah ± 10 cm.

b = kehilangan tinggi energi pada saluran kuarter sampai sawah, ± 5 cm.

c = kehilangan tinggi energi di boks kuarter, ± 5 cm/boks.

D = kehilangan air pada bangunan pembawa di saluran irigasi, $I \times L$.

e = kehilangan tinggi energi di boks bagi tersier, ± 5 cm.

f = kehilangan tinggi energi di gorong-gorong, ± 5 cm.

g = kehilangan tinggi energi di bangunan sadap tersier $1/3 H$ untuk alat ukur
Romijn.

Δh = variasi muka air = $0,18 h$ (sekitar $0,05 - 0,30$ cm).

Z = kehilangan tinggi energi di bangunan-bangunan lainnya (misalnya jembatan, dan pelimpah samping).

2.20 Manajemen Proyek

Manajemen proyek dapat didefinisikan sebagai suatu proses dari perencanaan, pengaturan, kepemimpinan, dan pengendalian dari suatu proyek oleh

para anggotanya dengan memanfaatkan sumber daya seoptimal mungkin untuk mencapai sasaran yang telah ditentukan. Fungsi dasar manajemen proyek terdiri dari pengelolaan-pengelolaan lingkup kerja, waktu, biaya, dan mutu. Pengelolaan aspek-aspek tersebut dengan benar merupakan kunci keberhasilan dalam penyelenggaraan suatu proyek.

Dengan adanya manajemen proyek maka akan terlihat batasan mengenai tugas, wewenang, dan tanggung jawab dari pihak-pihak yang terlibat dalam proyek baik langsung maupun tidak langsung, sehingga tidak akan terjadi adanya tugas, dan tanggung jawab yang dilakukan secara bersamaan (*overlapping*).

Apabila fungsi-fungsi manajemen proyek dapat direalisasikan dengan jelas dan terstruktur, maka tujuan akhir dari sebuah proyek akan mudah terwujud, yaitu:

- a) Tepat waktu.
- b) Tepat kuantitas.
- c) Tepat kualitas.
- d) Tepat biaya sesuai dengan biaya rencana.
- e) Tidak adanya gejolak sosial dengan masyarakat sekitar.
- f) Tercapainya K3 dengan baik.

2.20.1 Rencana anggaran biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya bangunan atau sering disingkat RAB adalah perhitungan biaya bangunan berdasarkan gambar bangunan dan spesifikasi pekerjaan konstruksi yang akan di bangun, sehingga dengan adanya RAB dapat dijadikan sebagai acuan pelaksanaan pekerjaan nantinya. Untuk menghitung RAB diperlukan data–data antara lain:

- Gambar rencana bangunan.
- Spesifikasi teknis pekerjaan yang biasa disebut juga sebagai RKS (Rencana Kerja dan Syarat–syarat).
- Volume masing–masing pekerjaan yang akan dilaksanakan.
- Daftar harga bahan bangunan dan upah pekerja saat pekerjaan di laksanakan.

- Analisa *BOW* atau harga satuan pekerjaan.
- Metode kerja pelaksanaan.

2.20.2 Rencana Kerja dan Syarat-Syarat (RKS)

Rencana kerja dan syarat-syarat (RKS) merupakan sebuah buku yang berisi tentang syarat-syarat administrasi berupa instruksi kepada penyedia jasa dengan ketentuan sebagai berikut :

- a) Instruksi ini berisi informasi yang diperlukan oleh pelaksana kontraktor untuk menyiapkan penawarannya sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan oleh pengguna jasa. Informasi tersebut berkaitan dengan penyusunan, penyampaian, pembukaan, evaluasi penawaran dan penunjukan penyedia jasa.
- b) Hal-hal berkaitan dengan pelaksanaan kontrak oleh penyedia jasa, termasuk hak, kewajiban, dan resiko dimuat dalam syarat-syarat umum kontrak. Apabila terjadi perbedaan penafsiran/pengaturan pada dokumen lelang, penyedia jasa harus mempelajari dengan seksama untuk menghindari pertentangan pengertian.
- c) Data proyek memuat ketentuan, informasi tambahan, atau perubahan atas instruksi kepada pelaksana-kontraktor sesuai dengan kebutuhan paket pekerjaan yang akan dikerjakan.

RKS sebagai kelengkapan gambar kerja yang didalamnya memuat uraian tentang :

- a) Syarat-syarat umum yang berisi keterangan mengenai pekerjaan, pemberi tugas, dan pengawas bangunan.
- b) Syarat-syarat administrasi yang berisi tentang jangka waktu pelaksanaan, tanggal penyerahan pekerjaan, syarat-syarat pembayaran, denda keterlambatan, besarnya jaminan penawaran, besarnya jaminan pelaksanaan.
- c) Syarat-syarat teknis yang berisi tentang jenis dan uraian pekerjaan yang harus dilaksanakan serta jenis dan mutu bahan yang digunakan.

Setelah selesai, kemudian disahkan oleh DPU Cipta Karya untuk proyek pemerintah dan Direksi bersama pemberi tugas untuk proyek swasta. Dalam sebuah RKS ada beberapa hal yang dibahas di dalamnya, antara lain :

- 1) BAB Umum, pada bab ini biasanya berisi tentang hal-hal sebagai berikut :
 - Mengenai pemberi tugas/pemilik proyek.
 - Mengenai perencanaan/*design*.
 - Mengenai syarat peserta lelang.
 - Mengenai bentuk surat penawaran dan cara penyampaiannya.
- 2) BAB Administrasi, pada bab ini biasanya berisi tentang hal-hal sebagai berikut :
 - Jangka waktu pelaksanaan pekerjaan.
 - Tanggal waktu penyerahan.
 - Syarat pembayaran.
 - Denda atas keterlambatan.
 - Besar jaminan penawaran.
 - Besar jaminan pelaksanaan.
- 3) BAB Teknis, pada bab ini biasanya berisi tentang hal-hal sebagai berikut :
 - Jenis dan uraian pekerjaan.
 - Jenis dan mutu bahan.
 - Cara pelaksanaan pekerjaan.
 - *Merk* material/bahan.

2.20.3 Net Work Planning (NWP)

Pengertian *network planning* adalah sebuah jadwal kegiatan pekerjaan berbentuk diagram *network* sehingga dapat diketahui pada *area* mana pekerjaan yang termasuk kedalam lintasan kritis dan harus diutamakan pelaksanaannya. Cara membuat *network planning* bisa dengan cara manual atau menggunakan *software* komputer seperti *microsoft project* untuk membuatnya kita membutuhkan data-data yaitu:

- a) Jenis pekerjaan yang dibuat detail rincian *item* pekerjaan, contohnya jika kita akan membuat *network planning* pondasi batu kali maka apabila

dirinci ada pekerjaan galian tanah, pasangan pondasi batu kali kemudian urugan tanah kembali.

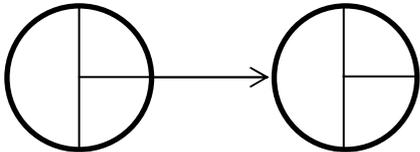
- b) Durasi waktu masing-masing pekerjaan, dapat ditentukan berdasarkan pengalaman atau menggunakan rumus analisa bangunan yang sudah ada.
- c) Jumlah total waktu pelaksanaan pekerjaan.
- d) Metode pelaksanaan konstruksi sehingga dapat diketahui urutan pekerjaan.

Kegunaan/manfaat *network planning* adalah:

- a) Untuk mengatur jalanya proyek.
- b) Mengetahui lintasan kritis pekerjaan.
- c) Untuk mengetahui jenis pekerjaan mana yang tidak masuk lintasan kritis sehingga pengerjaannya bisa lebih santai sehingga tidak mengganggu pekerjaan utama yang harus tepat waktu.
- d) Mengetahui pekerjaan mana yang harus diutamakan dan dapat selesai tepat waktu.
- e) Sebagai rekayasa *value engineering* sehingga dapat ditentukan metode kerja termurah dengan kualitas terbaik.
- f) Untuk persyaratan dokumen tender lelang proyek.

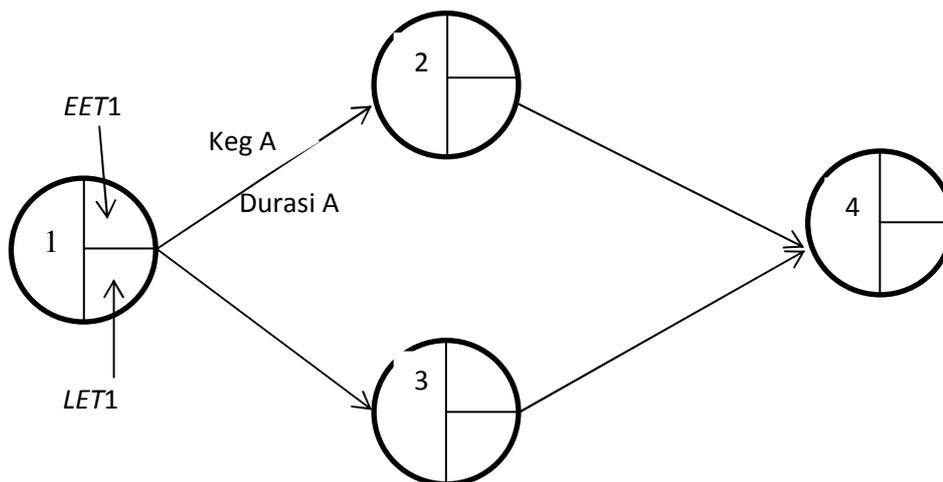
Simbol-simbol yang terdapat pada NWP yaitu:

Pek.Galian Tanah

- 1) *Arrow* = Menunjukkan kegiatan & durasi 
- 2) *Node* = Menunjukkan kejadian (*event*) 
- 3) *Dummy* = Menunjukkan kegiatan semu 

Dalam symbol *node* terdapat nilai-nilai angka yang berkaitan dengan jenis kejadiannya masing-masing seperti:

- a) *Earliest Event Time (EET)* atau waktu kejadian paling cepat.
- b) *Latest Event Time (LET)* atau waktu kejadian paling lambat.



Gambar 2.10 Letak Nilai-Nilai yang Tercantum pada *NWP*

2.20.4 *Critical Path Method (CPM)*

Ini merupakan fungsi dan definisi dari pada *CPM (Critical Path Method)*. *CPM (Critical Path Method)* merupakan suatu metode dalam mengidentifikasi jalur atau item pekerjaan yang kritis. Untuk membuatnya dapat secara manual matematis. Cukup rumit apalagi item pekerjaan yang banyak dan kompleks. Namun saat ini banyak *software* yang menyediakan fasilitas untuk mendapatkan *CPM*.

CPM merupakan produk turunan dari *Bar Chart*. *CPM* lebih jarang digunakan dalam proyek dibandingkan dengan Kurva-S. Pada kenyataannya banyak pelaku proyek (Kontraktor, Pengawas, dan *Owner*) belum *familiar* dengan alat yang satu ini kecuali untuk yang sudah memiliki pendidikan, pelatihan dan pengalaman yang memadai. Namun jumlahnya masih belum seberapa.

Penggunaan *CPM* baru sebatas syarat yang harus diajukan oleh kontraktor dalam lelang. Setelah itu dalam pelaksanaannya, hampir tidak pernah dipakai. Seharusnya *CPM* yang dibuat pada saat tender, menjadi *baseline* dalam *monitoring* pelaksanaan proyek. Berdasarkan pengalaman di proyek, metode *CPM*

sebenarnya sangat *powerfull* dalam membantu proyek keluar dari masalah keterlambatan.

2.20.5 *Bar Chart* dan Kurva S

Bar chart adalah diagram alur pelaksanaan pekerjaan yang dibuat untuk menentukan waktu penyelesaian pekerjaan yang dibutuhkan. Untuk dapat memajemen proyek dengan baik perlu diketahui sebelumnya dimana posisi A waktu tiap *item* pekerjaan, sehingga disitulah pekerjaan proyek harus benar-benar di pantau agar tidak terjadi keterlambatan penyelesaian proyek. Hal hal yang ditampilkan dalam *bar chart* adalah:

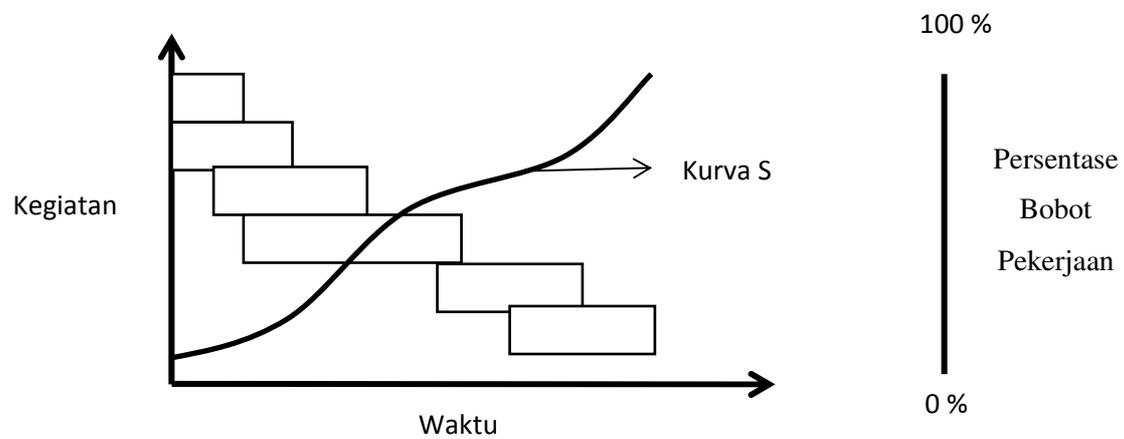
- Jenis pekerjaan.
- Durasi waktu pelaksanaan pekerjaan.
- Alur pekerjaan.

Kurva-S atau *S-Curve* adalah suatu grafik hubungan antara waktu pelaksanaan proyek dengan nilai akumulasi *progress* pelaksanaan proyek mulai dari awal hingga proyek selesai. Kurva-S sudah jamak bagi pelaku proyek. Umumnya proyek menggunakan *S-Curve* dalam perencanaan dan *monitoring schedule* pelaksanaan proyek, baik pemerintah maupun swasta.

Kurva S ini secara gampang akan terdiri atas dua grafik yaitu grafik yang merupakan rencana dan grafik yang merupakan realisasi pelaksanaan. Perbedaan garis grafik pada suatu waktu yang diberikan merupakan deviasi yang dapat berupa *Ahead* (realisasi pelaksanaan lebih cepat dari rencana) dan *Delay* (realisasi pelaksanaan lebih lambat dari rencana). Indikator tersebut adalah satu-satunya yang digunakan oleh para pelaku proyek saat ini atas pengamatan pada proyek-proyek yang dikerjakan di Indonesia. Ada beberapa manfaat lain dari Kurva-S yang dapat diaplikasikan di proyek, yaitu:

- a) Sebagai alat yang diperlukan untuk membuat *EVM (Earned Value Method)*.
- b) Sebagai alat yang dapat membuat prediksi atau *forecast* penyelesaian proyek.

- c) Sebagai alat untuk *mereview* dan membuat program kerja pelaksanaan proyek dalam satuan waktu mingguan atau bulanan. Biasanya untuk melakukan percepatan.
- d) Sebagai dasar perhitungan eskalasi proyek.
- e) Sebagai alat bantu dalam menghitung *cash flow*.
- f) Untuk mengetahui perkembangan program percepatan.
- g) Untuk dasar evaluasi kebijakan manajerial secara makro.



Gambar 2.11 Data yang Tercantum pada Kurva S