

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Irigasi adalah segala usaha manusia yang berhubungan dengan perencanaan dan pembuatan sarana untuk menyalurkan serta membagi air ke bidang-bidang tanah pertanian secara teratur, serta membuang air berlebih yang tidak diperlukan lagi. Sebagai suatu ilmu pengetahuan, irigasi tidak hanya membicarakan dan menjelaskan metode-metode dan usaha yang berhubungan dengan pengambilan air dari bermacam macam sumber, menampungnya dalam suatu waduk atau menaikkan elevasi permukaannya, dengan menyalurkan serta membagi baginya ke bidang-bidang tanah yang akan diolah, tapi juga mencakup masalah-masalah pengendalian banjir sungai dan segala usaha yang berhubungan dengan pemeliharaan dan pengamanan sungai untuk keperluan pertanian.

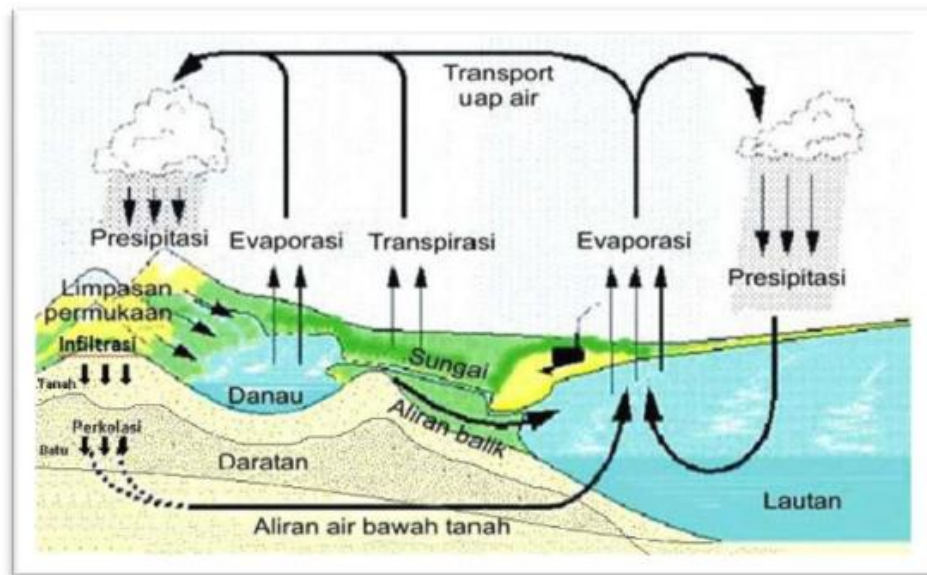
Beberapa permasalahan dalam sistem irigasi diantaranya adalah kurangnya ketersediaan debit air saluran irigasi, kurang optimalnya pembagian distribusi debit air pada saluran irigasi, dimensi jaringan saluran irigasi yang berkurang akibat sedimentasi. Dalam menganalisis berapa kebutuhan air irigasi untuk merencanakan saluran irigasi adalah dengan analisis hidrologi, analisa kebutuhan irigasi, dan analisa perencanaan saluran irigasi dengan software HEC-RAS.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Hidrologi

Hidrologi adalah ilmu yang berkaitan dengan air bumi, terjadinya peredaran dan agihannya, sifat-sifat kimia dan fisiknya, dan reaksi dengan lingkungannya, termasuk hubungannya dengan makhluk-makhluk hidup. Hidrologi adalah ilmu untuk mempelajari presipitasi (*precipitation*), evaporasi dan transpirasi (*evaporation*), aliran permukaan (*surface stream flow*), dan air tanah (*ground water*). Siklus hidrologi adalah suatu proses yang berkaitan,

Dimana air diangkut dari lautan ke atmosfer (udara), ke darat dan kembali lagi ke laut, seperti digambarkan pada **Gambar 2.1** berikut :



Gambar 2.1 Siklus Hidrologi
(Sumber: *Eko Hartini, 2017*)

2.2.2 Irigasi

Irigasi adalah hal terpenting dalam proses produksi bahan pangan. Sistem irigasi adalah suatu usaha penyediaan, pembagian, pengelolaan dan pengaturan air untuk meningkatkan produksi pertanian. Sistem irigasi meliputi prasarana irigasi, air irigasi, manajemen irigasi, kelembagaan pengelolaan irigasi, dan sumber daya manusia (Prima Eko Agustyawan & Sabilla, 2021).

Irigasi adalah segala usaha manusia yang berhubungan dengan perencanaan dan pembuatan sarana untuk menyalurkan serta membagi air ke bidang-bidang tanah pertanian secara teratur, serta membuang air berlebih yang tidak diperlukan lagi. Sebagai suatu ilmu pengetahuan, irigasi tidak hanya membicarakan dan menjelaskan metode-metode dan usaha yang berhubungan dengan pengambilan air dari bermacam macam sumber, menampungnya dalam suatu waduk atau menaikkan elevasi permukaannya, dengan menyalurkan serta membagi baginya ke bidang-bidang tanah yang akan diolah, tapi juga mencakup masalah-masalah pengendalian banjir sungai dan segala usaha

yang berhubungan dengan pemeliharaan dan pengamanan sungai untuk keperluan pertanian.

Air irigasi di Indonesia umumnya bersumber dari sungai, waduk, air tanah dan sistem pasang surut. Salah satu usaha peningkatan produksi pangan khususnya padi adalah tersedianya air irigasi di sawah- sawah sesuai dengan kebutuhan. Kebutuhan air yang diperlukan pada areal irigasi besarnya bervariasi sesuai keadaan. Kebutuhan air irigasi adalah jumlah volume air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan evaporasi, kehilangan air, kebutuhan air untuk tanaman dengan memperhatikan jumlah air yang diberikan oleh alam melalui hujan dan kontribusi air tanah (Anton, 2014).

1. Tujuan Irigasi

Tujuan irigasi adalah mengalirkan air secara teratur sesuai dengan kebutuhan tanaman pada saat persediaan air tanah tidak mencukupi untuk mendukung pertumbuhan tanaman, sehingga tanaman dapat tumbuh secara normal. Secara umum tujuan irigasi antara lain :

- a. Air yang tersedia dapat dimanfaatkan atau dipergunakan secara efektif dan efisien.
- b. Air yang tersedia dibagi secara adil dan merata.
- c. Air yang diberikan ke petak-petak tersier secara tepat cara, waktu dan jumlah sesuai dengan kebutuhan tanaman.
- d. Akibat negatif yang mungkin ditimbulkan oleh air berlebihan dapat dihindari.

2. Sistem Irigasi di Indonesia

Berikut adalah tabel ringkasan sistem irigasi di Indonesia :

Tabel 2.1 Ringkasan Sistem Irigasi di Indonesia

Jenis Sistem Irigasi	Prinsip Kerja	Contoh Penerapan
Irigasi Gravitasi	Aliran air secara alami dari sumber air yang lebih tinggi ke	Daerah-daerah dengan topografi berbukit atau

	lahan pertanian yang lebih rendah.	pegunungan, seperti di Jawa Barat, Jawa Tengah, dan Bali.
Irigasi Pompa	Pompa digunakan untuk mengangkat air dari sumber air dan memindahkannya ke lahan pertanian.	Daerah dengan sumber air bawah tanah, seperti di daerah pesisir Pantai atau di daerah dengan sumber air permukaan yang terbatas.
Irigasi Tetes	Air dialirkan dengan jaringan pipa dan ditetaskan secara perlahan ke setiap tanaman.	Daerah dengan ketersediaan air yang terbatas, seperti di daerah arid dan semi arid.
Irigasi Sprinkle	Sprinkle dengan menyemprotkan air ke lahan pertanian secara merata.	Daerah dengan lahan yang luas dan membutuhkan air dalam jumlah besar, seperti di pertanaman padi, jagung, dan kacang-kacangan.

(Sumber : *Google*)

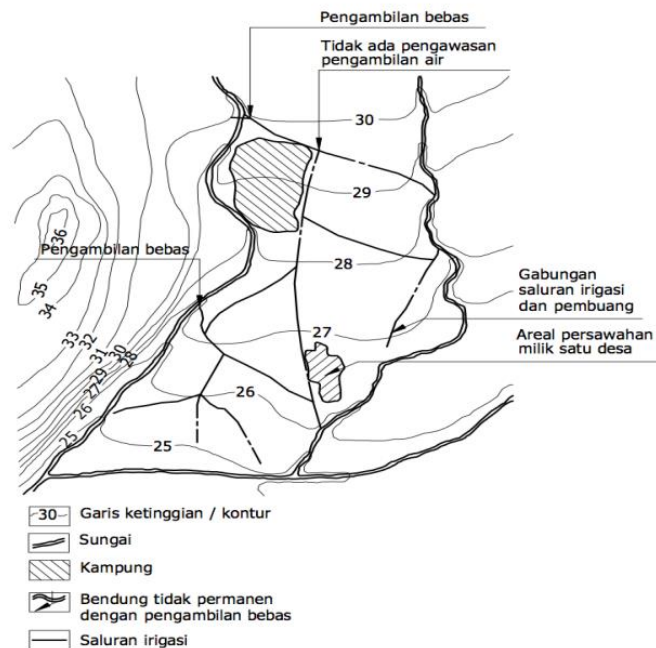
3. Jaringan Irigasi

Jika ditinjau dari metode kompleksitas pengaturannya, bila ditinjau dari cara pengaturan, cara pengukuran aliran air dan fasilitasnya, maka jaringan irigasi dapat dibedakan atas tiga tingkatan yaitu :

a. Jaringan irigasi sederhana / tradisional

Pada bagian jaringan irigasi sederhana, pembagian air tidak diukur atau diatur sehingga air lebih akan mengalir ke saluran pembuang. Persediaan air berlimpah dan kemiringan saluran berkisar antara sedang dan curam.

Jaringan irigasi sederhana dapat dilihat pada **Gambar 2.2** berikut :

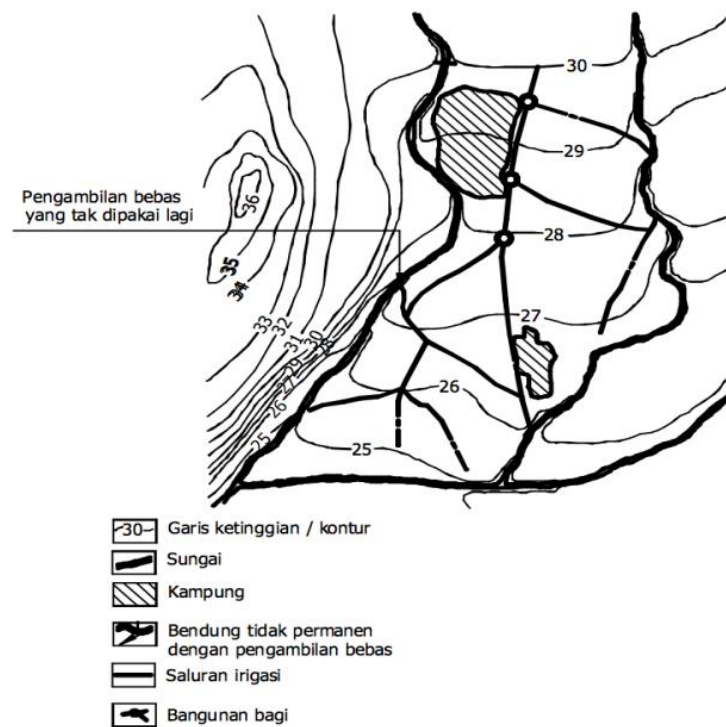


Gambar 2.2 Jaringan Irigasi Sederhana
(Sumber : Modul Pengenalan Sistem Irigasi)

b. Jaringan irigasi semi teknis / semi intensif

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

Jaringan irigasi semi teknis dapat dilihat pada **Gambar 2.3** berikut :

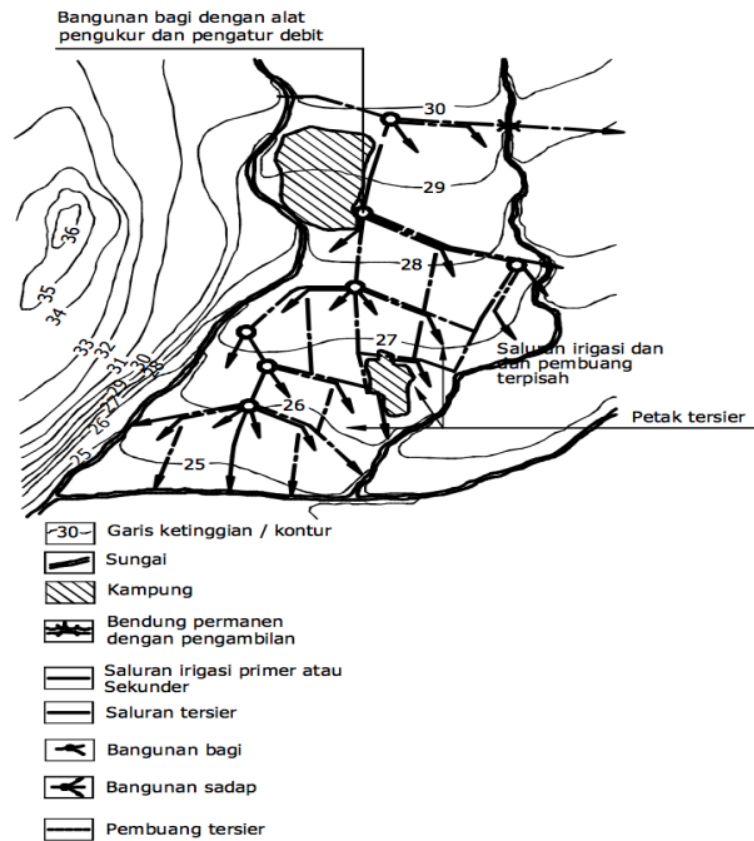


Gambar 2.3 Jaringan Irigasi Semi Teknis
(Sumber : Modul Pengenalan Sistem Irigasi)

c. Jaringan irigasi teknis / intensif

Salah satu prinsip jaringan irigasi teknis adalah pemisahan antara saluran irigasi/pembawa dengan saluran pembuang/pematus. Saluran pembawa mengalirkan kelebihan air dari petak-petak irigasi dan saluran pembuang mengalirkan kelebihan air dari petak-petak irigasi. Jaringan irigasi teknis memungkinkan dilakukannya pengukuran aliran, pembagian air irigasi dan pembuangan air lebih efisien.

Jaringan irigasi teknis dapat dilihat pada **Gambar 2.4** berikut :



Gambar 2.4 Jaringan Irigasi Teknis
(Sumber : Modul Pengenalan Sistem Irigasi)

Secara singkat, klasifikasi jaringan irigasi dapat dilihat pada **Tabel 2.2**

Tabel 2.2 Klasifikasi Jaringan Irigasi

		Klasifikasi Jaringan Irigasi		
		Teknis	Semi Teknis	Sederhana
1	Bangunan utama	Bangunan permanen	Bangunan permanen atau semi permanen	bangunan sederhana
2	Kemampuan bangunan dalam mengukur dan mengatur debit	Baik	Sedang	Jelek

3	Jaringan saluran	Saluran irigasi dan Pembuang terpisah	Saluran irigasi dan pembuang tidak sepenuhnya terpisah	Saluran irigasi dan pembuang jadi satu
4	Petak tersier	Dikembangkan seluruhnya	Belum dikembangkan atau densitas bangunan tersier jarang	Belum ada jaringan terpisah yang dikembangkan
5	Efisiensi secara keseluruhan	50-60 %	40-50%	<40%
6	Ukuran	Tidak ada batasan	Sampai 2000 ha	<500 ha

(Sumber : Sudirman, dkk, 2021)

2.2.3 Analisa Hidrologi

1. Hujan

Hujan adalah sebuah peristiwa turunnya butiran air dari langit yang jatuh ke permukaan bumi. Hujan adalah siklus perputaran air di planet bumi. Definisi hujan lainnya adalah sebuah peristiwa presipitasi (jatuhnya cairan yang berasal dari atmosfer yang berwujud cair maupun beku ke permukaan bumi) berwujud cairan. Faktor utama penyebab besarnya debit sungai adalah hujan, intensitas hujan, luasan daerah hujan dan lama waktu hujan. Semakin lama waktu hujan, semakin berkurang deras rata-rata hujannya. Hubungan antara deras rata-rata hujan dan lama waktu berlangsungnya hujan untuk berbagai tempat tidak sama dan harus ditentukan sendiri berdasarkan pengamatan dalam jangka waktu tertentu. Dengan kata lain, data curah hujan dapat digunakan untuk mengetahui nilai debit sungai, disamping menggunakan data pengaliran sungai.

2. Curah Hujan

Curah hujan adalah jumlah air yang jatuh dan bermukim di permukaan tanah pada periode tertentu yang diukur dengan satuan tinggi (mm) yang tidak menguap, tidak meresap, dan tidak mengalir di atas permukaan bumi bila evaporasi tidak terjadi, *runoff* dan infiltrasi. Curah hujan dinyatakan

dengan tingginya air dalam suatu tabung, biasanya dalam mm (Faisol Hasyimzoem, 2019). Untuk mengukur curah hujan digunakan alat ukur hujan (*rain gauge*) adalah alat ukur hujan yang dapat mengukur sendiri dan alat ukur hujan biasa. Data curah hujan dapat berupa data curah hujan harian atau curah hujan pada periode waktu yang lebih pendek seperti tiap menit.

Analisis curah hujan dilakukan dengan maksud untuk menentukan :

1. Curah hujan efektif untuk menghitung kebutuhan irigasi. Curah hujan efektif atau andalan adalah bagian dari keseluruhan curah hujan yang secara efektif tersedia untuk kebutuhan tanaman.
2. Curah hujan lebih (*excess rainfall*) dipakai untuk menghitung kebutuhan pembuangan/drainase dan debit (banjir).

Untuk analisis curah hujan efektif, curah hujan di musim kemarau dan penghujan akan sangat penting artinya. Untuk curah hujan lebih, curah hujan di musim penghujan (bulan-bulan turun hujan) harus mendapat perhatian tersendiri. Untuk kedua tujuan tersebut data curah hujan harian akan dianalisis untuk mendapatkan tingkat ketelitian yang dapat diterima. Data curah hujan harian yang meliputi periode sedikitnya 10 tahun akan diperlukan (Direktorat Jendral SDA, 2013).

Analisis curah hujan dapat dilihat pada **Tabel 2.3** Berikut :

Tabel 2.3 Parameter Perencanaan Curah Hujan

Cek Data	Analisis dan Evaluasi	Parameter Perencanaan
- Total	- Distribusi bulan/musim	Curah Hujan Efektif
- Harga-harga tinggi	- Distribusi tahunan	Berdasarkan pada curah hujan minimum tengah-bulanan. Kemungkinan tak terpenuhi 20%, dengan distribusi frekuensi normal atau log-normal Curah hujan lebih Curah hujan 3-hari maksimum dengan kemungkinan tak terpenuhi 20% dengan distribusi frekuensi normal atau log-normal
- Double massplot	- Isohet	
- Diluar tempat pengukuran yang dijadikan referensi	- Tahunan	
	- Pengaruh ketinggian, angin, topografi	
	- Transportasi/perubahan jika seringnya terlalu pendek	

	- Hujan lebat	Hujan lebat Curah hujan sehari maksimum dengan kemungkinan tak terpenuhi 20%, 4%-1%,0.1% dengan distribusi frekuensi yang ekstrem
--	---------------	--

(Sumber : Kriteria Perencanaan 01 - Perencanaan Jaringan Irigasi)

3. Stasiun Curah Hujan

Stasiun curah hujan adalah alat yang dapat mencatat curah hujan dan dalam hitungan menit bisa langsung diakses melalui internet sehingga potensi banjir bisa di deteksi sejak dini. Bukan hanya curah hujan yang dapat diukur, tetapi juga suhu, kelembaban, dan kecepatan angin sehingga kemungkinan terjadinya banjir, perubahan suhu, dan dapat memprediksi suatu periode daerah itu kering atau basah, dan lain-lain sudah bisa diprediksi. Alat ukur ini diletakkan di suatu tempat terbuka yang tidak dipengaruhi oleh bangunan atau pepohonan dengan ketelitian pembacaan sampai 1/10 mm. Alat ini mengamati sebanyak satu kali sehari dan dibaca sebagai curah hujan hari sebelumnya dengan waktu yang sama (Faisol Hasyimzoem, 2019).

4. Analisis Curah Hujan Rancangan

a. Distribusi Metode Konvensional / Rata-rata Aljabar

Metode konvensional / rata-rata aljabar adalah metode yang paling praktis dan mudah digunakan untuk melakukan pencarian hilangnya data hujan. Pengukuran dilakukan di beberapa stasiun hujan dalam periode yang sama lalu dijumlahkan dan dibagi dengan jumlah stasiun, stasiun yang digunakan dalam hitungan biasanya stasiun yang berdekatan. Rumus metode rata-rata aljabar adalah :

$$P = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

P = Curah hujan yang hilang

P₁, P₂, P₃.....P_n = Hujan di stasiun 1, 2, 3,.....n

n = Jumlah stasiun

b. Distribusi Metode Normal Ratio

Perhitungan metode normal ratio cukup sederhana yakni dengan menghitung data curah hujan di stasiun hujan yang berdekatan untuk mencari data curah hujan yang hilang di stasiun tersebut. Variabel pada metode ini merupakan curah hujan harian di stasiun lain dan jumlah curah hujan 1 tahun pada stasiun lain. Rumus metode normal ratio adalah:

$$P_x = \frac{1}{n} P_a + \left[\frac{N_x}{N_b} P_b + \frac{N_x}{N_c} P_c \right] \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

P_x = Hujan yang hilang di stasiun x

N_x = Hujan tahunan normal pada stasiun x

N_a, N_b, N_c = Hujan tahunan normal pada stasiun A,B,C

P_a, P_b, P_c = Hujan pada saat yang sama dengan hujan yang hilang pada stasiun A,B,B

n = Jumlah stasiun di sekitar x

c. Distribusi Log Pearson III

Distribusi Log Pearson III banyak digunakan di analisis hidrologi terutama pada analisis data dengan nilai ekstrem. Bentuk distribusi Log Pearson III dengan menggantikan varian menjadi nilai logaritmatik. Perhitungan curah hujan menurut distribusi Log Pearson III memiliki persamaan sebagai berikut :

$$\log x = \log \bar{x} + (k \cdot s (\log \bar{x})) \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

$\log \bar{x}$ = rata-rata nilai logaritma data x hasil pengamatan

$S_{(\log \bar{x})}$ = simpangan baku nilai logaritmix data x hasil pengamatan

k = faktor frekuensi

X_t = besarnya curah hujan dengan periode t

d. Distribusi Gumbel

Distribusi gumbel disebut juga dengan distribusi ekstrem pada umumnya digunakan untuk menganalisis data maksimum. Perhitungan curah hujan menurut distribusi Gumbel ditentukan dalam persamaan berikut :

$$X_r = x + K \cdot S \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

X = rcurah hujan maksimum periode T tahun

x = rata-rata curah hujan

S = simpangan baku

K = faktor frekuensi Gumbel

Faktor frekuensi Gumbel dapat dihitung dengan persamaan :

$$K = M \left(\frac{Y_t - Y_n}{S_n} \right) \dots\dots\dots(5)$$

Dimana :

Y_t = *reduced variate*

Y_n = *reduced mean*, tergantung jumlah data

S_n = *reduced standard deviation*, tergantung jumlah data

5. Distribusi Curah Hujan

Menentukan kecocokan (*the goodness of fit test*) distribusi frekuensi dari sampel data terhadap fungsi distribusi yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut diperlukan pengujian parameter. Untuk menganalisis uji kecocokan digunakan metode *Smirnov Kolmogorov* dan *Uji Chi Square*.

a. Smirnov Kolmogorof

Uji kecocokan Smirnov Kolmogorov sering disebut juga dengan uji kecocokan non parametrik (*non parametric test*), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Statistik uji Smirnov Kolmogorov ditentukan berdasarkan persamaan berikut:

$$D = \max_x Fa [(x) - Fe(x)] \dots\dots\dots(6)$$

Dimana :

$Fa(x)$ = Probabilitas empiris

$Fe(x)$ = Probabilitas teoritis

b. Chi Square

Uji Chi Square dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang akan dianalisis. Statistik uji Chi Square ditentukan dengan persamaan berikut :

Dimana :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^m \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots(7)$$

χ^2 = parameter chi square terhitung

m = jumlah kategori

O_i = frekuensi hasil pengamatan

E_i = frekuensi yang diharapkan

6. Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif ditentukan dengan besarnya R80 yang merupakan curah hujan yang besarnya melampaui 80% atau dilampauinya 8 kali kejadian dari 10 kejadian. Besarnya curah hujan yang lebih kecil dari R80 mempunyai kemungkinan hanya 20%

Berikut adalah rumus untuk curah hujan konsumtif :

$$R80 = \frac{m}{n-1} = m = R80 \times (n+1) \dots\dots\dots(8)$$

Dimana :

R80 = Curah hujan sebesar 80%

n = Jumlah data

m = Rangking curah hujan yang dipilih

Curah hujan efektif untuk padi adalah 70% dari curah hujan bulanan terlampaui 80% dari periode tersebut. Untuk curah hujan efektif pada palawija ditentukan dengan periode bulanan terpenuhi 50% dikaitkan dengan tabel ET tanaman rata-rata bulanan dan curah hujan rata-rata bulanan.

Berikut adalah rumus untuk padi :

$Re \text{ padi} = (R_{80} \times 0,7) / \text{periode pengamatan}$

Berikut adalah rumus untuk palawija :

$Re \text{ palawija} = (R_{80} \times 0,5) / \text{periode pengamatan}$

Dikaitkan dengan tabel

Dimana :

Re = Curah hujan efektif (mm/hari)

R_{80} = Curah hujan dengan kemungkinan terjadi sebesar 80%

7. Debit Andalan

Debit andalan (*dependable flow*) adalah debit minimum sungai untuk kemungkinan terpenuhi yang sudah ditentukan yang dapat dipakai untuk irigasi. Kemungkinan terpenuhi ditetapkan 80% (kemungkinan bahwa debit sungai lebih rendah dari debit andalan adalah 20 %). Debit andalan ditentukan untuk periode tengah-bulanan. Debit minimum Sungai dianalisis atas dasar data debit harian Sungai. Agar analisisnya cukup dan andal, catatan data yang diperlukan harus meliputi jangka waktu paling sedikit 20 tahun. Jika persyaratan ini tidak bisa terpenuhi, maka metode analitis dan empiris bisa dipakai.

Dalam menghitung debit andalan hita harus mempertimbangkan air yang diperlukan dari Sungai di hilir pengambilan. Dalam praktek ternyata debit andalan mengalami penurunan seiring dengan penurunan fungsi daerah tangkapan air dari waktu ke waktu. Penurunan debit ini dapat menyebabkan kinerja irigasi berkurang yang mengakibatkan pengurangan area persawahan. Antisipasi keadaan ini perlu dilakukan dengan memasukkan faktor koreksi besaran 80%-90% untuk debit andalan (Kriteria Perencanaan 01:78-79).

Untuk perhitungan debit andalan dengan metode Fj. Mock dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Q = 0,0116 \cdot Ro \cdot A/H \dots\dots\dots(9)$$

Dimana :

Q = Debit andalan

A = Luas DAS (km²)

R_o = Aliran permukaan (mm)

H = Jumlah hari dalam kalender sebulan

Penentuan debit andalan dengan metode tahun penentu (*basic year*) dengan menentukan suatu tahun tertentu sebagai dasar perencanaan. Perhitungan debit andalan menggunakan metode karakteristik aliran dengan menggunakan data yang didapatkan berdasarkan dengan karakteristik alirannya. Debit sungai dibagi menjadi empat karakteristik antara lain :

- Debit air cukup yaitu debit yang dilapau sebanyak 95 hari dalam setahun ($P=26.02\%$)
- Debit air normal yaitu debit yang dilapau sebanyak 185 hari dalam setahun ($P=50.68\%$)
- Debit air rendah yaitu debit yang dilapau sebanyak 275 hari dalam setahun ($P=75.34\%$)
- Debit air kering yaitu debit yang dilapau sebanyak 355 hari dalam setahun ($P=97.30\%$)

$$P = \frac{m}{n-1} \times 100\% \dots\dots\dots (10)$$

Dimana :

m = Nomor urut data

n = Jumlah data

Berikut adalah tabel untuk debit andalan:

Tabel 2.4 Debit Andalan

Catatan Debit		Metode	Parameter Perencanaan
1a	Data cukup (20 tahun atau lebih)	Analisis frekuensi distribusi frekuensi normal	Debit rata-rata Tengah bulan dengan kemungkinan tak terpenuhi 20 %
1b	Data terbatas	Analisis frekuensi rangkaian debit dihubungkan dengan rangkaian curah hujan yang mencakup waktu lebih lama	Seperti pada 1a dengan ketelitian kurang dari itu
2	Data minimal atau tidak ada	a. Model simulasi pertimbangan air dari <i>Dr. Mock</i> atau metode <i>Enreca</i> dan yang serupa lainnya curah hujan didaerah aliran Sungai, evapotranspirasi,	Seperti pada 1b dengan ketelitian kurang dari itu

		vegetasi, tanah dan karakteristik geologis daerah aliran sebagai data masukan b. Perbandingan dengan daerah aliran sungai didekatnya	
3	Data tidak ada	Metode kapasitas saluran aliran rendah dihitung dari muka air rendah, potongan melintang Sungai dan kemiringan yang sudah diketahui. Metode tidak tepat hanya sebagai cek	Seperti pada 1b dengan ketelitian kurang dari itu

(Sumber : Kriteria Perencanaan 01 - Perencanaan Jaringan Irigasi)

2.2.4 Kebutuhan Air Irigasi

1. Pola Tanam

Pola tanam merupakan suatu kegiatan atau usaha pertanian untuk memperoleh hasil yang maksimal dengan mempertimbangkan kondisi iklim dan tanah. Mengatur pola tanam adalah bagian dari perencanaan kegiatan pertanian untuk memperkecil resiko kegagalan panen (Tentua, 2022). Pola tanam adalah rangkaian tanaman yang ditanam pada lahan selama kurun waktu tertentu, biasanya dalam satu tahun. Pola tanam yang tepat dapat meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya lahan dan waktu yang lebih efisien. Untuk memenuhi kebutuhan air terhadap tanaman, penentuan pola tanam adalah hal yang perlu dipertimbangkan. Contoh pola tanam dapat dilihat pada **Tabel 2.5** berikut :

Tabel 2.5 Tabel Pola Tanam

Ketersediaan air untuk jaringan irigasi	Pola tanam dalam satu tahun
1. Tersedia air cukup banyak	Padi-Padi-Palawija
2. Tersedia air dalam jumlah cukup	Padi-Padi-Bera Padi-Palawija-Palawija
3. Daerah yang cenderung kekurangan air	Padi-Palawija-Bera Palawija-Padi-Bera

(Sumber : S.K, Sidharta, *Irigasi dan Bangunan Air*, 1997)

2. Kebutuhan Air Konsumtif

Penggunaan konsumtif merupakan jumlah air yang dipakai oleh tanaman untuk proses dari tanaman tersebut. Penggunaan konsumtif dihitung dengan rumus berikut:

$$ET_c = K_c \cdot E_t \dots\dots\dots(11)$$

Dengan :

K_c =Koefisien tanaman

E_t =Evapotranspirasi potensial (Penman Modifikasi)

3. Evapotranspirasi

Evapotranspirasi (E_t) adalah proses Dimana air berpindah dari permukaan bumi ke atmosfer termasuk evaporasi air dari tanah dan transpirasi tanaman melalui jaringan tanaman. Analisis mengenai evaporasi diperlukan untuk menentukan besarnya evapotranspirasi tanaman yang kelak akan dipakai untuk menghitung kebutuhan air irigasi dan, jika perlu untuk studi neraca air di daerah aliran sungai bila data aliran dalam jumlah yang cukup (Kriteria Perencanaan 01:75-76).

Data-data iklim yang diperlukan untuk perhitungan ini adalah yang berkenaan dengan :

- a. Temperatur : harian maksimum, minimum dan rata-rata
- b. Kelembaban relatif
- c. Sinar matahari : lamanya dalam sehari
- d. Angin : kecepatan dan arah
- e. Evaporasi : catatan harian

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

Parameter perencanaan evapotranspirasi dapat dilihat pada **Tabel 2.6** berikut:

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	Temperature kelembaban relatif sinar matahari angin	Harga rata-rata tengah bulanan, atau rata-rata mingguan

(Sumber : *Kriteria Perencanaan 01 - Perencanaan Jaringan Irigasi*)

Evapotranspirasi dengan metode Penman Modifikasi merupakan metode yang dimodifikasi dari persamaan *Penman* oleh *Food and Agriculture Organization of The United Nations* (FAO) tahun 1977. Perhitungan dengan metode Penman Modifikasi ditunjukkan pada rumus berikut :

$$E_{to} = c [W.R_n + (1-W)f(U)(e_s - e_a)] \dots\dots\dots(12)$$

Dimana :

- E_{to} = Evapotranspirasi (mm/hari)
- W = Faktor penimbang (tergantung suhu)
- R_n = Radiasi *netto* (mm/hari)
- $f(U)$ = Fungsi kecepatan angin
- $(e_s - e_a)$ = *Saturation deficit* (mbar)
- c = Faktor penyesuaian (koefisien)

4. Penyiapan Lahan

Perhitungan kebutuhan air selama penyiapan lahan perlu memperhatikan jenis tanaman, usia tanaman sampai dengan panen, pola tanam, efisiensi irigasi, lama penyinaran matahari dan lain-lain. Perhitungan kebutuhan air selama penyiapan lahan (Direktorat Jendral SDA, 2013) dengan persamaan berikut :

dengan :

$$IR = M \left(\frac{ek}{ek-1} \right) \dots\dots\dots(13)$$

- IR : kebutuhan air irigasi di tingkat persawahan, dalam mm/hari,
 M : kebutuhan air untuk mengganti kehilangan air akibat evaporasi dan perlokasi di sawah yang telah dijenuhkan = $E_o + P$ (mm/hari),
 P : perlokasi, dalam mm/hari,
 E_o : evaporasi air terbuka ($=1.1 \times E_{to}$), dalam mm/hari,
 $k = M(T/S)$
 e : koefisien.

5. Perkoaasi

Perkolasi adalah gerakan air ke bawah dari zona tidak jenuh, yang tertekan antara permukaan tanah sampai ke permukaan air tanah atau zona jenuh. Daya perlokasi (P) adalah laju perkolasi maksimum yang dimungkinkan, yang besarnya dipengaruhi oleh kondisi tanah dalam zona tidak jenuh yang terletak diantara permukaan tanah dengan permukaan air tanah. Laju perkolasi sangat tergantung kepada jenis dan sifat tanah. Pada tanah lempung berat dengan pengolahan yang baik, laju perkolasi dapat mencapai 1-3 mm/hari.

Harga Perkolasi dapat dilihat pada **Tabel 2.7** berikut:

Tabel 2.7 Harga Perkolasi

No	Macam Tanah	Perkolasi (mm/hr)
1	<i>Sandy loam</i>	3-6
2	<i>Loam</i>	2-3
3	<i>Clay</i>	1-2

(Sumber : Soemarto, 1987)

6. Pergantian Lapisan Genangan Air

Setelah pemupukan, di usahakan menjadwalkan dan mengganti lapisan air sesuai dengan kebutuhan. Jika tidak ada penjadwalan, maka dilakukan penggantian sebanyak 2 kali dengan masing-masing 50 mm (atau 3,3 mm/hari selama 1/2 bulan) selama sebulan dan dua bulan setelah transplantasi.

7. Kebutuhan Air di Sawah

Kebutuhan air tanaman tergantung pada jenis tanaman dan masa pertumbuhannya sampai panen sehingga memberikan produksi yang optimal.

- a. Kebutuhan bersih air di sawah untuk padi adalah :

$$NFR = ET_c + P + Pd + WLR - Re \dots\dots\dots(14)$$

Dimana :

NFR = *Netto Field Water Requirement*, kebutuhan bersih air di sawah (mm/hari)

ET_c = Evaporasi tanaman (mm/hari)

P = Perlokasi (mm/hari)

WLR = Penggantian lapisan air (mm/hari)

Re = Curah hujan efektif (mm/hari)

- b. Kebutuhan air irigasi untuk padi adalah :

$$IR = \frac{NFR}{e} \dots\dots\dots(15)$$

Dimana :

IR = Kebutuhan air irigasi (mm/hr)

e = Efisiensi irigasi secara keseluruhan

- c. Kebutuhan air irigasi untuk palawija

$$IR = (ET_c - Re) / e \dots\dots\dots(16)$$

- d. Kebutuhan pengambilan air pada sumbernya

$$DR = \frac{IR}{8,64} \dots\dots\dots(17)$$

Dimana :

DR = Kebutuhan pengambilan air pada sumbernya (lt/dt/ha)

1/8,64 = Angka konversi satuan dari mm/hari ke lt/dt/ha

8. Efisiensi Irigasi

Faktor K adalah suatu koefisien yang digunakan untuk mengukur efesiensi penggunaan air dalam sistem irigasi. Koefisien ini menunjukkan seberapa besar air irigasi yang diberikan dapat diserap dan dimanfaatkan

oleh tanaman dibandingkan dengan jumlah total air yang di suplai. Faktor ini sangat penting untuk mengevaluasi kinerja irigasi dan memastikan bahwa air digunakan secara optimal dalam pertanian.

Nilai faktor K dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti metode irigasi yang diterapkan, kondisi tanah, jenis tanaman, serta iklim setempat. Dengan memahami faktor K, petani dapat menentukan jumlah air yang dibutuhkan untuk mendukung pertumbuhan tanaman tanpa pemborosan air. Faktor K dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$K = \text{debit tersedia} / \text{debit yang di butuhkan} \dots\dots\dots(18)$$

9. Perhitungan Debit Rencana Saluran

a. Perhitungan debit rencana saluran pembawa

Debit rencana sebuah saluran dihitung dengan rumus :

$$Q = \frac{C \cdot NFR \cdot A}{e} \dots\dots\dots(19)$$

dimana :

- Q = debit rencana (lt/dt)
 NFR = kebutuhan bersih (netto) air disawah (lt/dt/ha)
 A = luas daerah yang diairi (ha)
 C = koefisien pengurangan karena adanya saluran/sistem golongan
 = 1 (KP. 03).
 e = efisiensi irigasi secara keseluruhan

Untuk tujuan perencanaan dianggap bahwa seperempat sampai sepertiga dari jumlah air yang diambil akan hilang sebelum air itu sampai disawah. Kehilangan ini disebabkan oleh kegiatan eksploitasi, evaporasi dan perembesan.

Secara umum kehilangan air jaringan irifasi dapat dibagi sebagai berikut:

- Saluran tersier 15% - 22,5%; diambil 20%, (ef. = 80%).
- Saluran sekunder 7,5% - 12,5%; diambil 10%, (ef. = 90%).
- Saluran primer 7,5% - 12,5%; diambil 10% (ef. = 90%).

sehingga :

- a. efisiensi disaluran tersier ; $ef = 0,8$ = 0,8
- b. efisiensi disaluran sekunder ; $ef = 0,8 \cdot 0,9$ = 0,72
- c. efisiensi disaluran primer ; $ef = 0,8 \cdot 0,9 \cdot 0,9$ = 0,65

b. Perhitungan debit saluran pembuang

Debit saluran pembuang rencana dihitung dengan menggunakan rumus:

$$Q_d = 1.62 \times D_m \times A^{0.92} \dots\dots\dots(20)$$

dimana :

Q_d = Debit saluran rencana (lt/det)

D_m = Modulus saluran pembuang (lt/det/ha)

A = Luas area yang dibuang airnya (ha)

$1.62 A^{0.92}$ = Faktor pengurangan luas yang dibuang airnya

(KP-03)

10. Perencanaan Dimensi Saluran

a. Saluran Pembawa

Saluran irigasi pembawa adalah saluran yang dirancang untuk mengalirkan air dari bangunan sadap dari sumbernya melalui boks pembagi untuk mengalir lahan pertanian atau area tertentu. Perencanaan dimensi saluran menggunakan Metode *Stickler* karena koefisien K yang lebih spesifik terhadap jenis tanah.

Untuk perencanaan ruas, aliran saluran dianggap sebagai aliran tetap dan untuk perhitungan dimensi saluran menggunakan *rumus stickler* :

$$V = K \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \dots\dots\dots(21)$$

Untuk saluran yang berbentuk trapezium

$$\triangleright R = \frac{A}{P} \Rightarrow A = (b + m \cdot h) \cdot h$$

$$P = b + 2 \cdot h \cdot \sqrt{m^2 + 1}$$

$$\triangleright Q = V \cdot A$$

$$\triangleright Q = K \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \cdot A$$

dimana :

Q	= debit aliran pada saluran	(m ³ /dt)
V	= kecepatan aliran pada saluran	(m/dt)
R	= jari – jari hidrolis	(m)
A	= luas penampang basah	(m ²)
P	= keliling basah	(m)
b	= lebar dasar saluran	(m)
m	= kemiringan dinding saluran/talud	
h	= tinggi muka air	(m)
I	= kemiringan saluran	
K	= koefisien kekasaran <i>Strickler</i>	
W	= Tinggi jagaan	(m)

Koefisien Kekasaran *Strickler* dapat dilihat pada **Tabel 2.8** berikut:

Tabel 2.8 Koefisien Kekasaran *Strickler* Untuk Saluran Pembawa

Debit rencana m ³ /dt	K m ^{1/3} /dt
Q>10	45
5<Q<10	42,5
1<Q<5	40
Q<1 dan saluran tersier	35

(Sumber : *Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi*)

b. Saluran pembuang

Saluran pembuang adalah saluran yang dirancang untuk mencegah genangan air yang dapat merusak tanaman. Saluran pembuang dipakai untuk :

1. Mengeringkan sawah
2. Membuang kelebihan air hujan
3. Membuang kelebihan air irigasi

2.2.5 Saluran Irigasi

Jaringan irigasi dapat digolongkan ke dalam beberapa jenis, yaitu :

1. Jaringan Saluran Irigasi Utama

Saluran primer membawa air dari jaringan utama ke saluran sekunder dan ke petak-petak tersier yang dialiri. Batas ujung saluran primer adalah pada bangunan bagi yang terakhir. Saluran sekunder membawa air dari saluran primer ke petak-petak tersier yang dilayani oleh saluran sekunder tersebut. batas saluran sekunder adalah pada bangunan sadap terakhir.

2. Jaringan Saluran Irigasi Tersier

Saluran irigasi tersier membawa air dari bangunan sadap tersier di jaringan utama ke dalam petak tersier lalu di saluran kuarter. Batas ujung saluran ini adalah box bagi kuarter yang terakhir. Saluran kuarter membawa air dari box bagi kuarter melalui bangunan sadap tersier.

3. Jaringan Saluran Pembuang Utama

Saluran pembuang primer mengalirkan air lebih dari saluran pembuang sekunder keluar daerah irigasi. Saluran pembuang primer sering berupa saluran pembuang alam yang mengalirkan kelebihan air ke Sungai, anak Sungai, atau ke laut. Saluran pembuang sekunder menampung air dari jaringan pembuang tersier dan membuang air tersebut ke pembuang primer atau langsung ke pembuang alam dan keluar daerah irigasi.

4. Jaringan Saluran Pembuang Tersier

Saluran pembuang tersier terletak di antara petak-petak tersier yang termasuk dalam unit irigasi sekunder yang sama dan menampung air, baik dari pembuangan kuarter maupun sawah-sawah. Air tersebut dibuang ke dalam jaringan pembuang sekunder. Saluran pembuang sekunder menerima buangan air dari saluran pembuang kuartere yang menampung air langsung dari sawah.

2.2.6 Bangunan Saluran Irigasi

1. Bangunan Utama

Bangunan Utama adalah bangunan pada sungai atau sumber air dapat didefinisikan sebagai komplek bangunan yang direncanakan di sepanjang

sungai atau aliran air untuk membelokkan air kedalam jaringan saluran agar dapat dipakai untuk keperluan irigasi. Fungsi bangunan utama bisa mengurangi kandungan sedimen yang berlebihan, serta mengukur banyaknya air yang masuk. Bangunan utama terdiri dari bangunan-bangunan pengelak dengan peredam energi, satu atau dua pengambilan utama, pintu bilas, kolam olak, dan kantong lumpur, tanggul banjir, pekerjaan sungai lainnya dan bangunan-bangunan pelengkap. Bangunan utama dapat diklasifikasi ke dalam. Berikut adalah beberapa kategori bangunan utama dalam sistem saluran irigasi :

a. Bendung tetap dan bendung Gerak

Bendung tetap (*Weir*) dan bendung gerak (*Barrage*) dipakai untuk meninggikan muka air di sungai sampai pada ketinggian yang diperlukan agar air dapat dialirkan ke saluran irigasi dan petak tersier. Ketinggian itu akan menentukan luas daerah yang diairi (*command area*) walaupun ketersediaan air juga menentukan. Bendung gerak adalah bangunan yang dilengkapi dengan pintu yang dapat dibuka untuk mengalirkan air pada waktu terjadinya banjir besar dan ditutup apabila aliran kecil. Di Indonesia bendung adalah bangunan yang paling umum dipakai untuk membelokkan air sungai untuk keperluan irigasi.

b. Pengambilan bebas (*Free Intake*)

Pengambilan bebas (*Free Intake*) adalah bangunan yang dibuat ditepi sungai yang mengalirkan air sungai kedalam jaringan irigasi, tanpa mengatur tinggi muka air di sungai. Dalam keadaan demikian, jelas bahwa muka air disungai harus lebih tinggi dari daerah yang diairi dan jumlah air yang dibelokkan harus dapat dijamin cukup.

c. Pengambilan dari waduk

Waduk digunakan untuk menampung air irigasi pada waktu terjadi surplus air di sungai agar dapat dipakai sewaktu-waktu terjadi kekurangan air, jadi fungsi utama waduk untuk mengatur aliran sungai. Waduk yang berukuran besar sering mempunyai banyak fungsi seperti untuk keperluan irigasi, tenaga air pembangkit tenaga listrik, pengendalian banjir perikanan dan

sebagainya, Waduk yang berukuran lebih kecil dipakai untuk keperluan irigasi saja.

d. Stasiun pompa

Irigasi dengan pompa bisa dipertimbangkan apabila pengambilan secara gravitasi ternyata tidak layak dilihat dari segi teknis maupun ekonomis. Pada mulanya irigasi pompa hanya memerlukan modal kecil tetapi biaya eksploitasinya mahal.

2. Bangunan Bagi dan Sadap

- a. Bangunan bagi terletak di saluran primer dan sekunder pada suatu titik cabang dan berfungsi untuk membagi aliran antara dua saluran atau lebih. Bangunan sadap tersier mengalirkan air dari saluran primer atau sekunder ke saluran tersier.
- b. Bangunan bagi dan sadap mungkin digabung menjadi satu rangkaian bangunan yang disamping membagi air ke sekunder lain juga mengalirkan air ke saluran tersier.
- c. Boks-boks bagi di saluran tersier membagi aliran untuk dua saluran atau lebih (tersier, sub tersier dan kuarter).

3. Bangunan Pembawa

Bangunan-bangunan pembawa membawa air dari ruas hulu ke ruas hilir saluran. Aliran yang melalui bangunan ini bisa super kritis atau sub kritis. Bangunan pembawa dengan aliran super kritis diperlukan di tempat-tempat dimana lereng medannya lebih curam dari kemiringan maksimum saluran.

Bangunan terjun

a. Bangunan terjun

Dengan bangunan terjun, menurunnya muka air dan tinggi energi dipusatkan disatu tempat. Bangunan terjun bisa terjun tegak atau terjun miring, jika perbedaan tinggi energi mencapai beberapa meter maka konstruksi got miring perlu dipertimbangkan.

b. Got miring

Got miring di buat 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 super kritis dan umumnya mengikuti kemiringan medan alamiah.

c. Gorong-gorong

Gorong-gorong dipasang di tempat-tempat dimana saluran lewat dibawah bangunan (jalan raya, kereta api) atau apabila pembuang lewat diatas saluran.

d. Talang

Talang dipakai untuk mengalirkan air irigasi lewat diatas saluran lainnya, saluran alamiah atau cekungan dan lembah-lembah. Aliran didalam talang merupakan aliran bebas.

e. Sipun

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

f. Jembatan Sipun

Jembatan Sipun adalah saluran tertutup yang bekerja atas dasar tinggi tekan dan dipakai untuk mengurangi ketinggian bangunan pendukung / pilar di atas lembah yang dalam.

g. Saluran tertutup

Saluran tertutup dibuat apabila trase saluran terbuka melewati suatu daerah dimana 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 didalam saluran tertutup adalah aliran bebas.

h. Terowongan

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

4. Bangunan Lindung

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 operasi atau akibat masuknya air dari luar saluran.

a. Bangunan pembuang silang

Gorong-gorong adalah bangunan pembuang silang yang paling umum digunakan sebagai lindungan luar. Sipon dipakai jika saluran irigasi kecil melintas saluran pembuang yang besar. Dalam hal ini biasanya lebih aman dan ekonomis untuk membawa air irigasi dengan sipon lewat dibawah saluran pembuang tersebut. Overchute akan direncanakan jika elevasi dasar saluran pembuang disebelah hulu saluran irigasi lebih tinggi dari pada permukaan air normal di saluran.

b. Pelimpah (*Spillway*)

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

c. Bangunan penguras (*Wasteway*)

Bangunan penguras biasanya dilengkapi dengan pintu yang dioperasikan dengan tangan, dipakai untuk mengosongkan seluruh ruas saluran bila diperlukan. Untuk mengurangi tingginya biaya, bangunan ini dapat digabung dengan bangunan pelimpah.

d. Saluran pembuang samping

Aliran buangan biasanya ditampung di saluran pembuang terbuka yang mengalir paralel disebelah atas saluran irigasi. Saluran saluran ini membawa air ke bangunan pembuang silang atau, bila debit relatif kecil dibanding aliran air irigasi, dibuat pelimpah ditengah saluran irigasi itu melalui lubang pembuang.

e. Jalan dan jembatan

Jalan jalan inspeksi diperlukan untuk inspeksi, eksploitasi dan pemeliharaan jaringan irigasi dan pembuang oleh Dinas Pengairan. Masyarakat boleh menggunakan jalan jalan inspeksi ini untuk keperluan-keperluan tertentu saja. Apabila saluran dibangun sejajar dengan jalan umum didekatnya, maka tidak diperlukan jalan inspeksi disepanjang ruas saluran tersebut. Biasanya jalan inspeksi terletak disepanjang sisi saluran irigasi. Jembatan di bangun untuk saling menghubungkan jalan jalan inspeksi disebelang saluran irigasi/pembuang atau untuk menghubungkan jalan inspeksi dengan jalan umum.

f. Bangunan pelengkap

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

1. Pagar, rel pengaman dan sebagainya, guna memberikan pengaman sewaktu terjadi keadaan-keadaan gawat.
2. Tempat-tempat cuci, tempat mandi ternak dan sebagainya, untuk memberikan sarana untuk mencapai air di saluran tanpa merusak lereng saluran.

3. Kisi-kisi penyaring untuk mencegah tersumbatnya bangunan (sipon dan gorong-gorong panjang) oleh benda-benda yang hanyut.
4. Jembatan-jembatan untuk keperluan penyeberangan bagi penduduk.

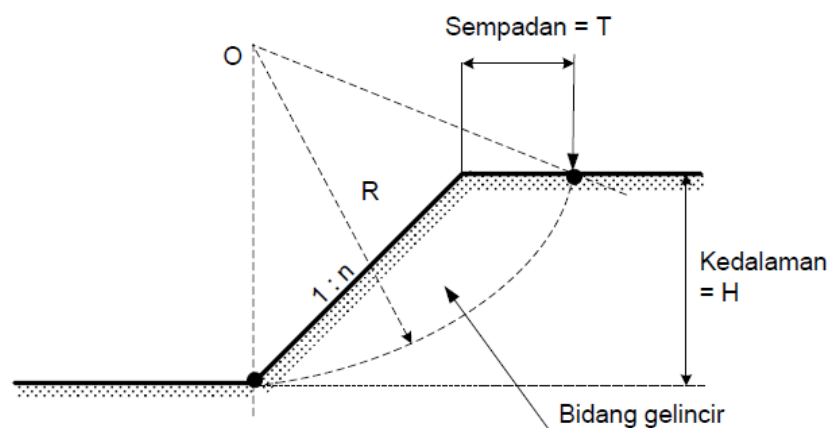
2.2.7 Potongan Melintang Saluran

1. Geometri

Untuk mengalirkan air dengan penampang basah sekecil mungkin, potongan melintang yang berbentuk setengah lingkaran adalah yang terbaik. Usaha untuk mendapatkan bentuk yang ideal dari segi hidrolis dengan saluran tanah berbentuk trapesium, akan cenderung menghasilkan potongan melintang yang terlalu dalam atau sempit (Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, 2013).

2. Garis Sempadan Saluran

Penetapan garis sempadan jaringan irigasi ditujukan untuk menjaga agar fungsi jaringan irigasi tidak terganggu oleh aktivitas yang berkembang disekitarnya. Prinsip dasar penentuan garis sempadan saluran adalah untuk memperoleh ruang keamanan saluran irigasi sehingga aktivitas yang berkembang diluar garis tersebut tidak mempengaruhi kestabilan saluran, yang ditunjukkan oleh batas daerah gelincir. Bidang gelincir pada tebing saluran dapat dilihat pada **Gambar 2.5** berikut:



Gambar 2.5 Bidang Gelincir pada Tebing Saluran
(Sumber : Kriteria Perencanaan 03)

Pada saluran bertanggul, batas gelincir dipengaruhi oleh jenis tanah yang dipakai sebagai bahan badan tanggul, jenis tanah dasar, ketinggian tanggul dan kemiringan tanggul. Pada saluran galian, batas gelincir dipengaruhi oleh jenis tanah asli, kemiringan galian dan tinggi galian.

2.2.8 Pemasangan Pintu dan Pengukuran Debit Air Irigasi

1. Pemasangan Pintu Radial

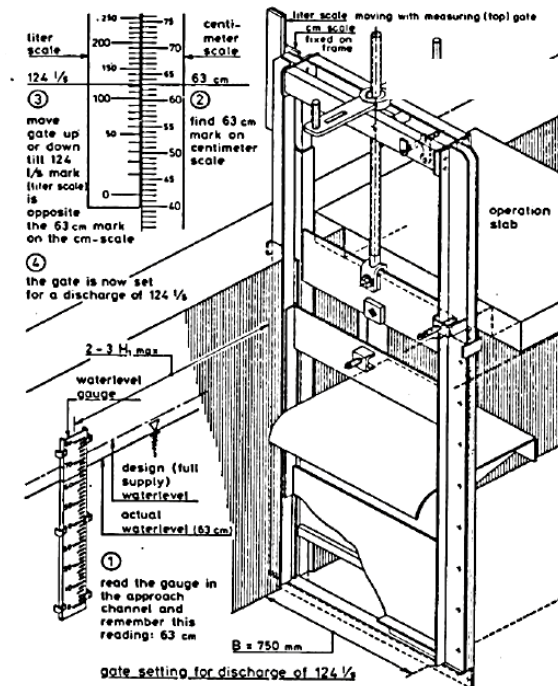
Semua pintu radial harus dipasang sesuai dengan gambar dengan tiap pintu dan rangka akan harus sudah dirakit dibengkel pabrik, kecuali untuk perapat, dan diberi tanda untuk keperluan perakitan dilapangan dan dilepasi bila perlu untuk pengangkutan. Perakitan pintu dilapangan oleh kontraktor harus dengan pembautan. Perhatian khusus harus diberikan untuk meyakinkan bahwa rakitan pintu beserta tumpuan putar dan pintu radial sudah benar-benar tepat posisi dan terpasang sehingga fungsi bantalan putar dan bagian-bagian perapat terjamin baik selama eksploitasi pintu. Perhatian khusus harus diberikan agar pemasangan rangka terjamin sehingga permukaan dudukan perapat pada rangka menjadi rata dan berada pada bidang yang benar dan muka tumpuan berada pada bidangnya masing-masing.

2. Pengukuran Debit

Pintu *romjin* adalah pintu dengan konstruksi daun pintu ganda, daun pintu atas dengan pelat meja ukur sebagai pengukur debit aliran di atasnya, sedang daun pintu bawah digunakan untuk menggelontorkan saluran yang dipasang pintu tersebut. Direktorat Irigasi memandang perlu tetap mempertahankan daun pintu bawah untuk penggelontoran dalam perencanaan standar. Pintu *romjin* dikonstruksi daun pinu ganda mempunyai masalah kebocoran apabila pintu dalam keadaan tertutup dan terdapat kelonggaran cukup, masalah tersebut dapat diatasi dengan mempergunakan perapat karet. Tetapi bagian perapat karet harus dijamin dengan pemeliharaan yang teratur. Untuk mengurangi risiko kerusakan dalam pengangkutan pintu, meja ukur dibuat lepasan. Sehingga pintu dapat

diangkut tanpa meja ukur terpasang. Sewaktu pemasangan pintu pelat meja diukur dirakitkan pada kedudukannya dengan baut baja tahan karat. Pelat meja ukur dapat diganti apabila rusak atau terkena korosi.

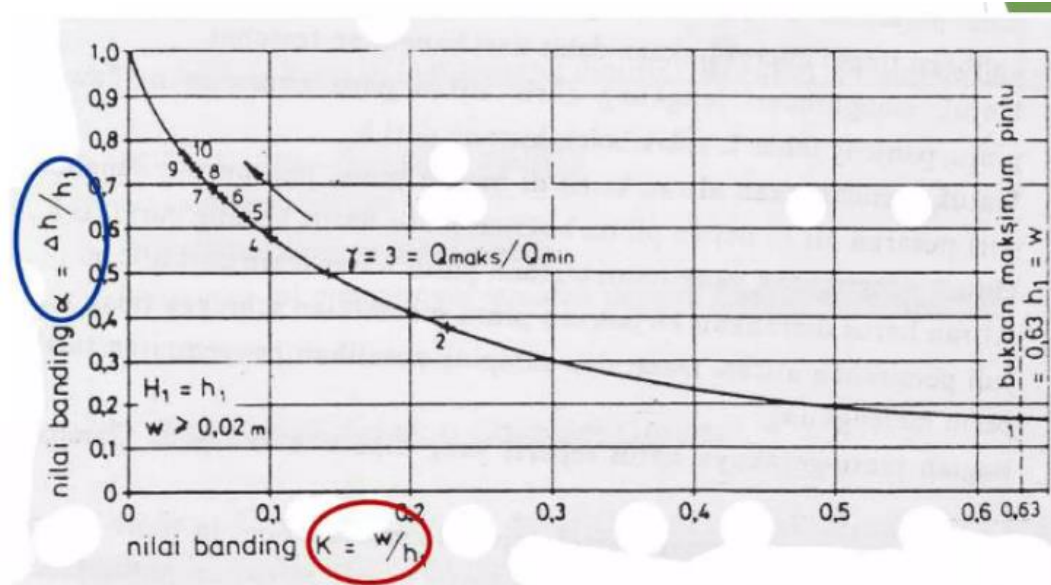
Berikut adalah petunjuk untuk penyetelan debit pada pintu *romijn*



Gambar 2.6 Sketsa Isometric Alat Ukur *Romijn*

(Sumber : *Kriteria Perencanaan Irigasi KP 08*)

Berikut adalah petunjuk untuk penyetelan debit pada pintu *CRUMP-DE-GUYER* (Perencanaan & Pemeliharaan, 2013).



Gambar 2.7 Penyetelan Debit Pada Pintu *CRUMP-DE-GUYER*
(Sumber : *Kriteria Perencanaan Irigasi KP 08*)

2.2.9 Pengatur Pintu Air Irigasi

1. Pintu sorong untuk saluran dan gorong-gorong

Pintu sorong untuk saluran dan gorong-gorong ada 2 tipe yaitu:

a. Instalasi Rangka Pendek

Pintu ini digunakan untuk saluran dan gorong-gorong dipasangkan pada:

1. Bangunan sadap tersier
2. Bangunan pengatur saluran
3. Bangunan penggelontor saluran kecil

b. Instalasi Rangka Panjang

Pintu sorong tipe rangka panjang untuk saluran dan gorong-gorong/dinding penahan, dipasangkan pada:

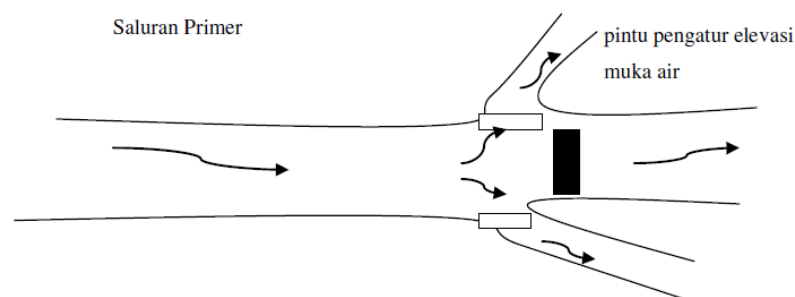
1. Bangunan penggelontor pada bendung anak sungai
2. Bangunan pengambilan saluran
3. Bangunan penggelontor saluran besar

Semua pintu digerakkan dengan sebuah mur Tunggal yang dapat dikaitkan dengan gagang penggerak atau dengan unit roda gigi penggerak dengan roda tangan (roda kemudi). Perbedaan mendasar antara tipe rangka

pendek dan panjang adalah adanya kelengkapan bantalan penopang setang pada rangka panjang, dimaksudkan untuk mengurangi diameter setang. Perbedaan mendasar antara pintu saluran terbuka dan pintu untuk gorong-gorong/dinding penahan, adalah daun pintunya terbalik dalam hal rangka dan adanya bagian ambang atas untuk pintu gorong-gorong/dinding penahan sehingga perapatan (tidak bocor) pada keempat sisinya dapat dipenuhi.

2. Pintu pengatur elevasi muka air pada bangunan bagi

Pintu pengatur elevasi muka air pada bangunan bagi adalah pintu sorong/pintu stoplog yang dipasang sedemikian sehingga dapat mengatur permukaan air dihilir bangunan bagi dengan cara melepaskan air kehilir lewat atas pintu (*over flow*). Pengaturan air pada bangunan bagi harus didesain agar air lewat atas pintu (*over flow*) sehingga air tidak terlalu drop. Lokasi pintu pengatur bangunan bagi seperti pada gambar dibawah ini



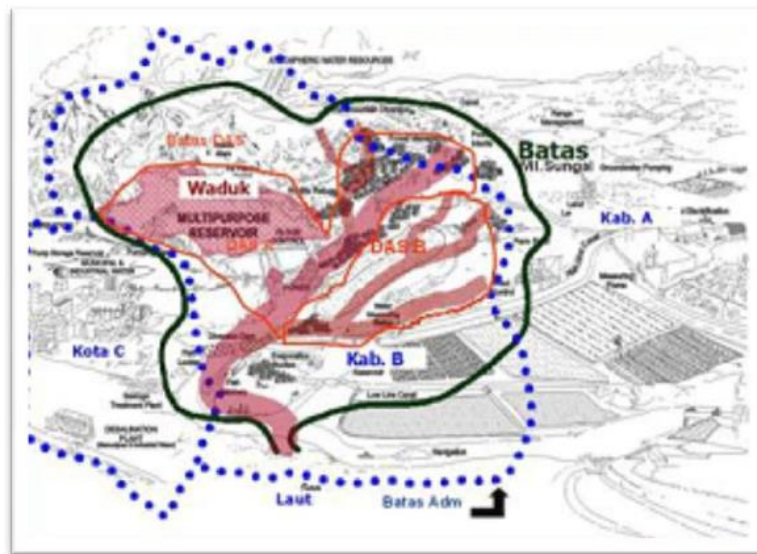
Gambar 2.8 Pintu Pengatur Elevasi Muka Air
(Sumber: *Kriteria Perencanaan Irigasi KP 08*)

2.2.10 Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan kesatuan ekosistem dimana jasad hidup dan lingkungannya berinteraksi secara dinamik dan terdapat saling ketergantungan terhadap komponen-komponen penyusunnya (Utama, 2022). Daerah aliran Sungai (DAS) merupakan unit hidrologi dasar. Daerah aliran sungai yang merupakan lahan total dan permukaan air yang dibatasi oleh suatu batas air, topografi dan dengan salah satu cara memberikan

sumbangan terhadap debit sungai pada suatu daerah. Daerah aliran sungai merupakan dasar pengelolaan untuk sumber daya air. Definisi lain daerah aliran sungai adalah suatu daerah tertentu yang bentuk dan sifat alamnya sedemikian rupa, sehingga merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya yang melalui daerah tersebut dalam fungsinya untuk menampung air yang berasal dari air hujan dan sumber-sumber air lainnya.

Gambaran batas Daerah Aliran Sungai (DAS) ditunjukkan pada **Gambar 2.9** berikut :



Gambar 2.9 Ilustrasi Batas Daerah Aliran Sungai
(Sumber: *Eko Hartini, 2017*)

2.2.11 Software HEC-RAS

HEC-RAS merupakan program aplikasi untuk memodelkan aliran disungai, *River Analysis System* (RAS), yang dibuat oleh *Hydrologic Engineering Center* (HEC) yang merupakan satu didalam divisi di dalam *Institute for Water Resources* (IWR), di bawah *US Army Corps of Engineers* (USACE). Aplikasi HEC-RAS ini menitik beratkan pada analisa Hidraulika sebuah sungai. Analisis yang dilakukan oleh HEC-RAS adalah analisis aliran permanen dan tidak permanen (Canubry et, 2021). HEC-RAS memiliki empat komponen model satu dimensi yaitu hitungan profil muka aliran permanen, simulasi aliran tak permanen, hitungan trnaspot sedimen, dan hitungan

kualitas air. Satu elemen penting dalam software ini adalah keempat komponen tersebut memakai data geometri yang sama, *routine* hitungan hidrolika yang sama, serta beberapa fitur desain hidraulik yang dapat diakses setelah hitungan profil muka air berhasil dilakukan.

Software HEC-RAS merupakan program aplikasi yang mengintegrasikan fitur *graphical user interface*, analisis hidraulik, manajemen dan penyimpanan data, grafik, dan pelaporan. DI dalam program HEC-RAS, kumpulan data tergabung didalam proyek sistem saluran. Penggunaan program HEC-RAS dapat dilakukan dengan berbagai macam tipe analisa tentang pemodelan untuk formasi beberapa rencana yang berbeda, masing-masing rencana mewakili kumpulan data geometri dan data aliran. Setelah data awal dimasukkan dalam program HEC-RAS, pemodelan dapat dengan mudah memformulasikan rencana baru. Setelah simulasi selesai dibuat untuk bermacam-macam rencana, hasil simulasi dapat dibandingkan dengan bentuk grafik dan tabel yang berbeda. Terdapat lima langkah utama dalam Pembangunan model hidraulika dengan software HEC-RAS, yaitu :

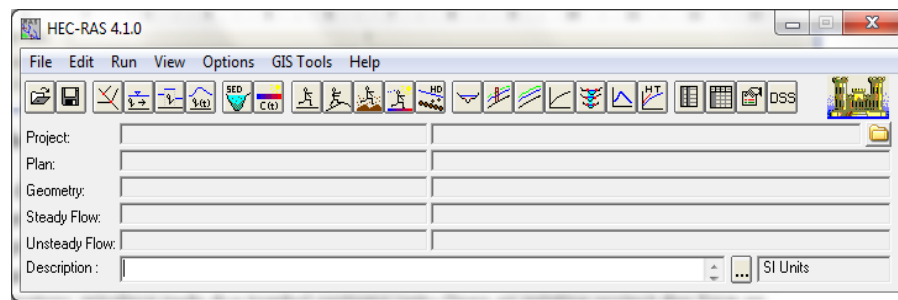
1. Memulai HEC-RAS
2. Pembuatan nama pekerjaan
3. memasukkan data geometri
4. Memasukkan data debit (*steady flow*) dan kondisi batas
5. Running program (*steady flow*)

Berikut adalah pengaplikasian software HEC-RAS

1. Tampilan Layar Utama

Saat pertama kali mengaktifkan program HEC-RAS, layar utama akan muncul. Pada bagian atas, dibawah judul identitas program, terdapat papan menu (menu bar) yang mencantumkan menu utama HEC-RAS.

Gambar layar utama pada software HEC-RAS dapat dilihat pada **Gambar 2.10** berikut :



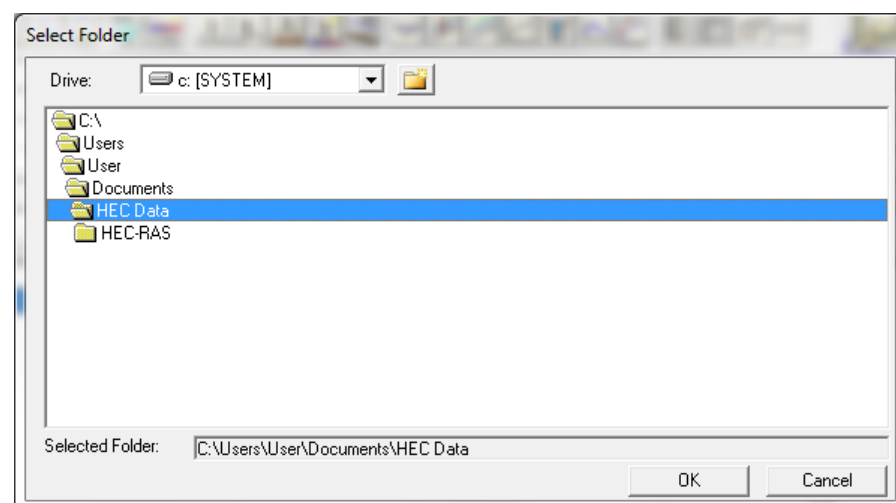
Gambar 2.10 Layar utama HEC-RAS
(Sumber : Modul Pelatihan Simulasi Aliran 1-Dimensi dengan bantuan paket program hidrodinamika HEC-RAS, 2014)

Baris di bawah papan menu adalah toolbar atau button bar (papan tombol). Papan tombol ini menyediakan cara akses cepat ke opsi-opsi di dalam papan menu yang paling sering digunakan oleh pemakai. Pemakai dapat membaca penjelasan fungsi setiap tombol dengan meletakkan kursor pada tombol.

2. Pengaturan Awal Program

Menu options menyediakan fasilitas untuk melakukan pengaturan beberapa parameter dalam HEC-RAS sesuai dengan kebutuhan pemakai. Pengaturan ini dimaksudkan untuk mengubah nilai atau definisi bawaan HEC-RAS. Pengaturan ini tidak mutlak harus dilakukan, namun jika dilakukan akan memudahkan pemakai dalam melakukan permodelan.

Layar penetapan folder dapat dilihat pada **Gambar 2.11** berikut :



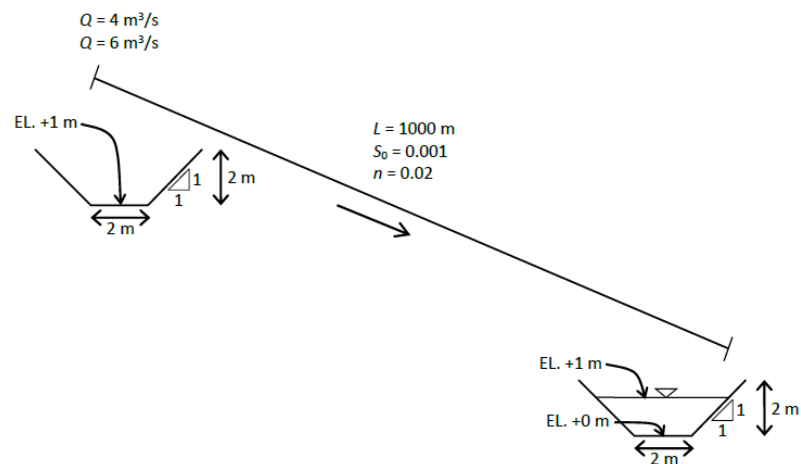
Gambar 2.11 Layar penetapan folder default penyimpanan file Project

(Sumber : Modul Pelatihan Simulasi Aliran 1-Dimensi dengan bantuan paket program hidrodinamika HEC-RAS, 2014)

3. Penelusuran Aliran Permanen Sederhana

Pemahaman pemodelan hidraulik dengan HEC-RAS dapat diperoleh dengan lebih mudah melalui contoh pemakaian HEC-RAS pada kasus yang sangat sederhana. Berikut adalah salah satu contoh hitungan profil muka air aliran permanen (steady flow) di suatu saluran lurus berpenampang trapesium. Panjang saluran 1000 m, kemiringan dasar saluran 0.001, lebar dasar saluran 2 m, kedalaman saluran 2 m, kemiringan talud kanan dan kiri masing-masing 1:1. Kekasaran dasar saluran dinyatakan dengan koefisien *Manning* $n = 0.02$. Saluran tersebut mengalirkan air dengan debit $Q = 4 \text{ m}^3/\text{s}$ dan $6 \text{ m}^3/\text{s}$. Muka air di hilir berada 1 m di atas dasar saluran. Nama saluran adalah Saluran Sederhana, nama ruas adalah Grafika.

Skema saluran dapat dilihat pada **Gambar 2.12** berikut :



Gambar 2.12 Skema saluran sederhana, alur lurus, tampang trapesium

(Sumber : Modul Pelatihan Simulasi Aliran 1-Dimensi dengan bantuan paket program hidrodinamika HEC-RAS, 2014)

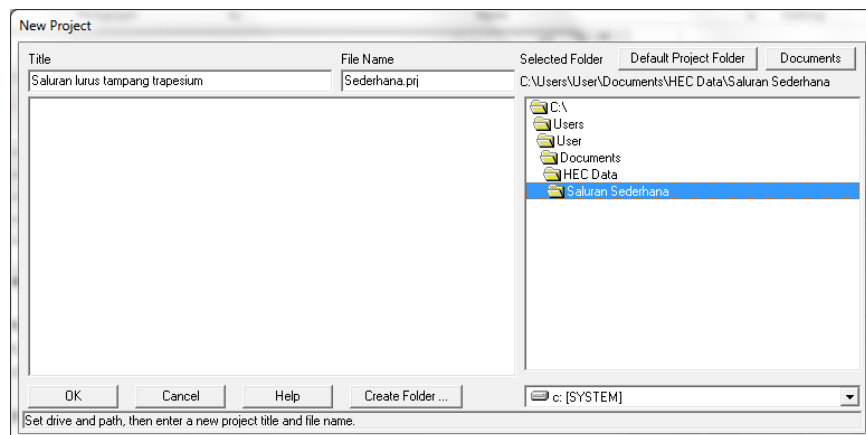
a. Pembuatan file project

Langkah pertama pemodelan atau hitungan hidraulika dengan HEC-RAS adalah membuat file Project. Suatu model dalam HEC-

RAS disimpan dalam sebuah file project. Pemakai menuliskan nama file Project dan HEC-RAS akan memakai nama file project tersebut untuk menamai semua file yang berkaitan dengan model tersebut.

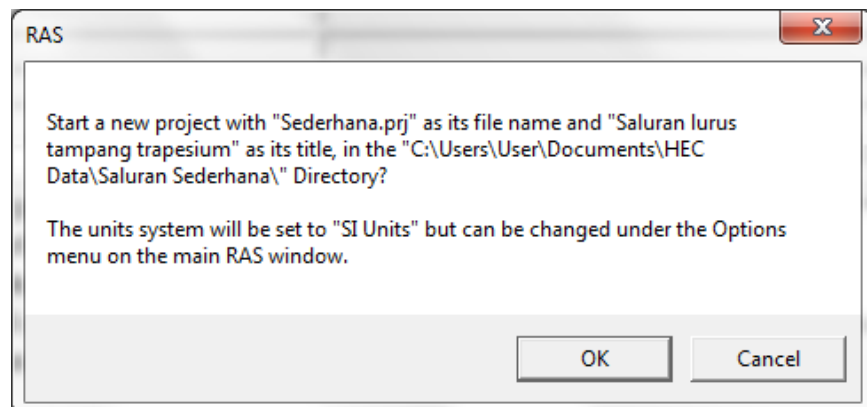
1. Pilih menu **File – New Project**
2. Klik tombol **Default Project Folder** di kanan atas, klik tombol **Create Folder** di sisi bawah layar, dan tuliskan nama folder “Saluran Sederhana”
3. Tuliskan judul project “Saluran lurus tampang trapesium” pada tempat yang telah disediakan di bawah **Title**. Perhatikan nama file project yang dituliskan secara otomatis oleh HEC-RAS dibawah **File Name**, yaitu “Saluranlurustanpa.prj”.
4. Gantilah nama file project menjadi “Sederhana.prj” di tempat yang telah disediakan. Nama file project harus memiliki ekstensi .prj. Klik tombol **OK**. Layar konfirmasi akan muncul
5. Klik tombol **OK** pada layar konfirmasi tersebut

Layar pembuatan project baru dapat dilihat pada **Gambar 2.13** berikut :



Gambar 2.13 Layar pembuatan project baru
(Sumber : Modul Pelatihan Simulasi Aliran 1-Dimensi dengan bantuan paket program hidrodinamika HEC-RAS, 2014)

Layar konfirmasi pembuatan project baru dapat dilihat pada **Gambar 2.14** berikut:



Gambar 2.14 Layar konfirmasi pembuatan project baru
(Sumber : Modul Pelatihan Simulasi Aliran 1-Dimensi dengan bantuan paket program hidrodinamika HEC-RAS, 2014)

b. Peniruan geometri saluran

Parameter geometri saluran yang dibutuhkan oleh HEC-RAS adalah alur, tampang panjang dan lintang, kekasaran dasar (koefisien Manning), serta kehilangan energi di tempat perubahan tampang saluran (koefisien ekspansi dan kontraksi). HEC-RAS juga membutuhkan geometri struktur hidraulik yang ada di sepanjang saluran, seperti jembatan, pintu air, bendung, peluap, dan sejenisnya

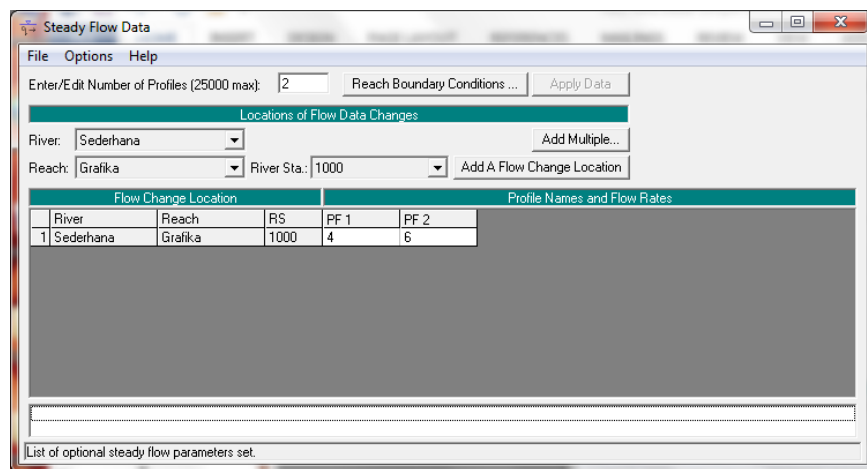
c. Peniruan hidraulika (syarat batas)

Data aliran yang diperlukan dalam hitungan aliran permanen (*steady flow*) kasus sederhana ini adalah debit di batas hulu serta elevasi muka air di batas hilir. Berikut adalah langkah-langkah pemasukan data aliran dan syarat batas dipaparkan di bawah ini.

1. Aktifkan layar editor data aliran permanen dengan memilih **menu Edit-Steady Flow Data**.
2. Pada **Enter/Edit Number of Profiles** isikan angka “2” mengingat ada dua profil muka air yang akan dihitung (dari dua besaran debit). Tekan enter, perhatikan di bagian **Profile Names and Flow Rates** akan muncul **PF2** di samping **PF1**.
3. Isikan besaran debit di batas hulu (RS1000) “4” pada **PF1** dan “6” pada **PF2** dengan satuan debit adalah m^3/s .

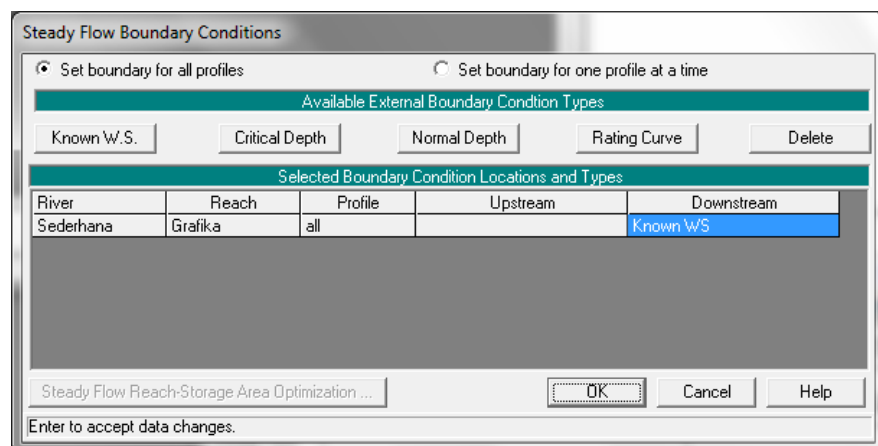
4. Klik tombol **Reach Boundary Conditions**, isikan elevasi muka air yaitu “1” (satuan m) untuk setiap besaran debit. Klik tombol **OK**. Perhatikan pada isian **Downstream** telah muncul “Known WS”. Klik tombol **OK** untuk kembali ke layar editor data aliran permanen.

Layar editor data aliran permanen untuk pengaturan syarat batas hulu dapat dilihat pada **Gambar 2.15** dan **Gambar 2.16** berikut :



Gambar 2.15 Layar editor data aliran permanen untuk pengaturan syarat batas hulu

(Sumber : Modul Pelatihan Simulasi Aliran 1-Dimensi dengan bantuan paket program hidrodinamika HEC-RAS, 2014)

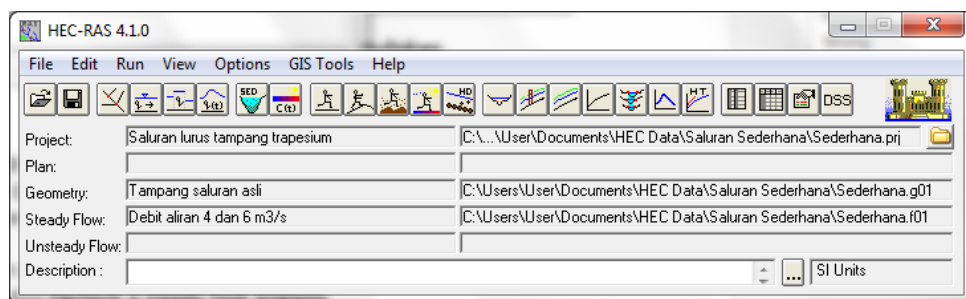


Gambar 2.16 Layar editor data aliran permanen untuk pengaturan syarat batas hilir

(Sumber : Modul Pelatihan Simulasi Aliran 1-Dimensi dengan bantuan paket program hidrodinamika HEC-RAS, 2014)

5. Klik tombol **Apply data** dan simpan data aliran permanen ke dalam disk dengan memilih menu **File-Save Flow Data**
6. Isikan pada **Title** “debit aliran 4 dan 6 m³/s” sebagai judul data aliran permanen, pastikan bahwa pilihan folder tetap sesuai dengan folder file project, kemudian klik tombol **OK**.
7. Pemakai dapat menutup layar editor data aliran permanen dengan memilih menu **File-Exit Flow Data Editor**. Pada layar computer akan tampak layar utama HEC-RAS seperti pada gambar dibawah ini.

Layar utama HEC-RAS setelah data aliran permanen selesai dituliskan dapat dilihat pada **Gambar 2.17** berikut :



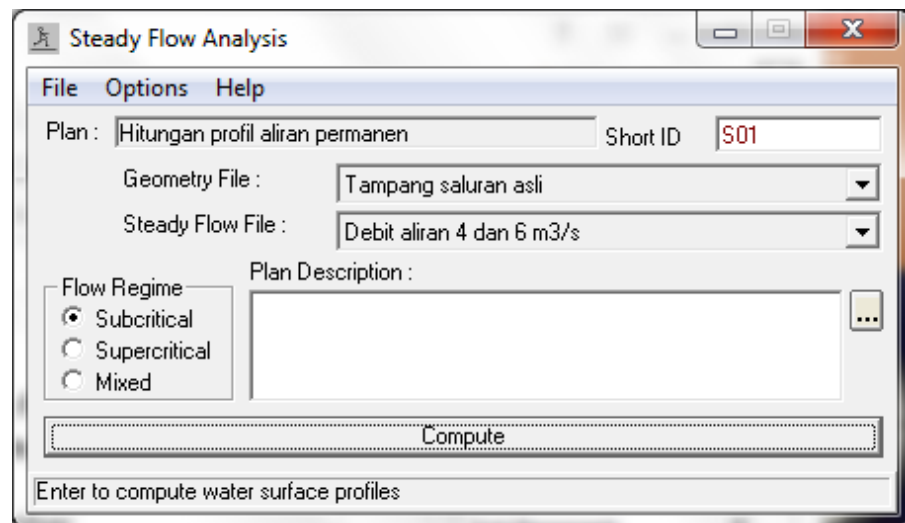
Gambar 2.17 Layar utama HEC-RAS setelah data aliran permanen selesai dituliskan

(Sumber : Modul Pelatihan Simulasi Aliran 1-Dimensi dengan bantuan paket program hidrodinamika HEC-RAS, 2014)

d. Hitungan hidraulika

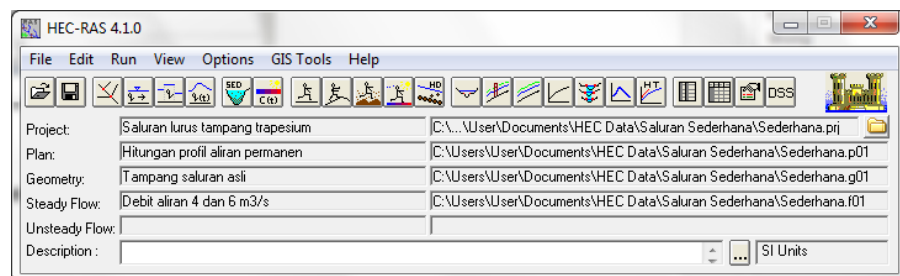
Hitungan hidraulika lebih dikenal dengan istilah *me-run* program HEC-RAS, walaupun istilah tersebut tidak tepat. Pemakai *me-run* program sejak saat pengaktifan HEC-RAS.

Layar hitungan aliran permanen dapat dilihat pada **Gambar 2.18** berikut :



Gambar 2.18 Layar hitungan aliran permanen
(Sumber : Modul Pelatihan Simulasi Aliran 1-Dimensi
dengan bantuan paket program hidrodinamika HEC-RAS,
2014)

Layar utama HEC-RAS setelah hitungan profil aliran permanen selesai dapat dilihat pada **Gambar 2.19** berikut :



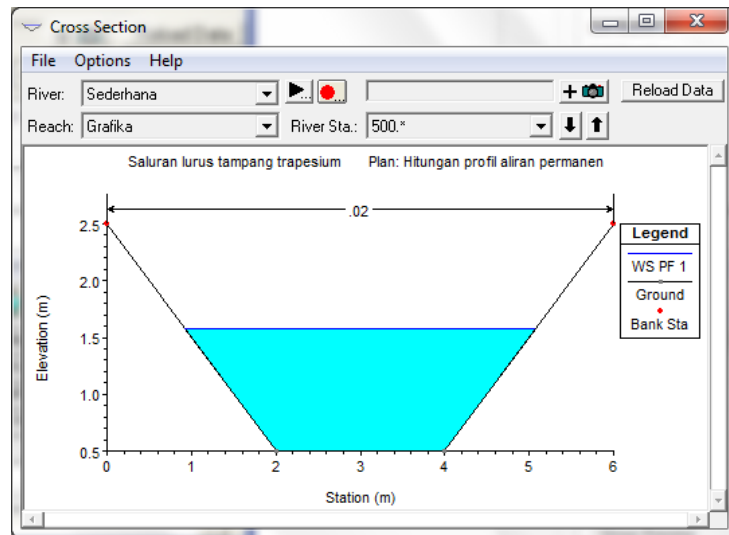
Gambar 2.19 Layar utama HEC-RAS setelah hitungan
profil aliran permanen selesai
(Sumber : Modul Pelatihan Simulasi Aliran 1-Dimensi
dengan bantuan paket program hidrodinamika HEC-RAS,
2014)

e. Presentasi hasil hitungan

HEC-RAS menampilkan hasil hitungan dalam bentuk grafik atau tabel. Presentasi dalam bentuk grafik dipakai untuk menampilkan tampang lintang di suatu **River Reach**, tampang panjang (profil muka air sepanjang alur), kurva ukur debit, gambar perspektif alur, atau hidrograf (untuk hitungan aliran tak permanen). Presentasi dalam bentuk tabel dipakai untuk menampilkan hasil rinci

berupa angka (nilai) variabel di lokasi/titik tertentu, atau laporan ringkas proses hitungan seperti kesalahan dan peringatan.

Profil muka air hasil hitungan di salah satu tampang lintang dapat dilihat pada **Gambar 2.20** berikut :

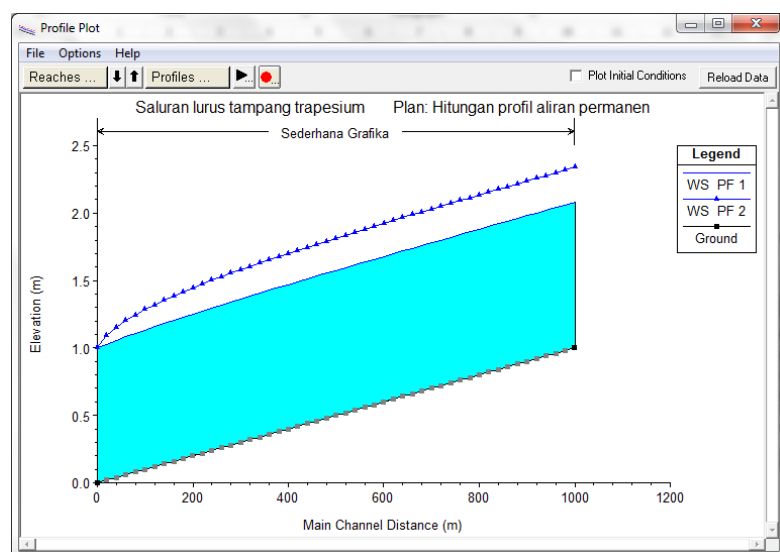


Gambar 2.20 Profil muka air hasil hitungan di salah satu tampang lintang

(Sumber : Modul Pelatihan Simulasi Aliran 1-Dimensi dengan bantuan paket program hidrodinamika HEC-RAS, 2014)

Profil muka air hasil hitungan di sepanjang alur dapat dilihat pada

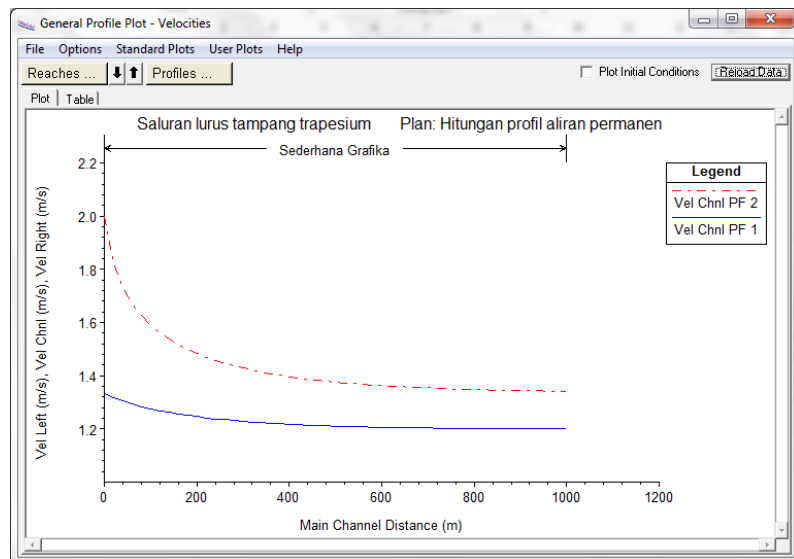
Gambar 2.21 berikut :



Gambar 2.21 Profil muka air hasil hitungan di sepanjang alur

(Sumber : Modul Pelatihan Simulasi Aliran 1-Dimensi dengan bantuan paket program hidrodinamika HEC-RAS, 2014)

Profil kecepatan aliran hasil hitungan di sepanjang alur dapat dilihat pada **Gambar 2.22** berikut :



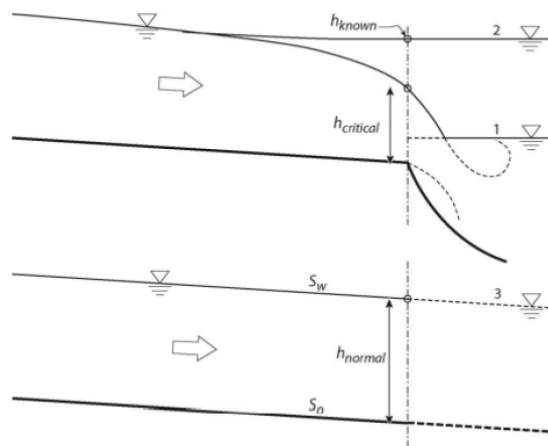
Gambar 2.22 Profil kecepatan aliran hasil hitungan di sepanjang alur

(Sumber : Modul Pelatihan Simulasi Aliran 1-Dimensi dengan bantuan paket program hidrodinamika HEC-RAS, 2014)

f. Syarat batas kedalaman aliran ujung hilir saluran

Syarat batas kedalaman aliran kritis di batas hilir saluran sering dijumpai. Contoh situasi aliran kritis dibatas hilir adalah saluran yang berakhir atau berujung di suatu sungai yang muka airnya ada di bawah kedalaman saluran kritis saluran. Hal ini diilustrasikan oleh muka air pada **Gambar 2.23**. Selama muka air disungai berada dibawah kedalaman kritis di saluran seperti yang diilustrasikan oleh muka air 2 pada **Gambar 2.23**, maka muka air di reservoir haruslah diketahui dan dipakai sebagai syarat batas hilir *Known WS*. Pengguna harus berhati-hati agar tidak memaksakan syarat batas muka air hilir lebih rendah daripada kedalaman kritis. Muka air di hilir minimum sama dengan posisi muka air pada kedalaman kritis.

Pada hitungan aliran permanen (*Steady Flow Analysis*), HEC-RAS akan memberikan warning dan mengubah syarat batas hilir menjadi *Critical Depth* jika pengguna menetapkan posisi muka air di batas hilir lebih rendah daripada posisi muka air untuk kedalaman kritis. Namun, pada hitungan aliran tak permanen (*Unsteady Flow Analysis*), kontrol ini sepenuhnya ada pada pengguna. Batas muka air di ujung hilir saluran ditunjukkan pada **Gambar 2.23** berikut :



Gambar 2.23 Syarat Batas Muka Air di Ujung Hilir Saluran

(Sumber : Modul Pelatihan Simulasi Aliran 1-Dimensi dengan bantuan paket program hidrodinamika HEC-RAS, 2014)

Situasi aliran yang memerlukan syarat batas kedalaman normal di ujung hilir saluran diilustrasikan oleh muka air 3 pada **Gambar 2.23**. Kedalaman normal adalah kedalaman aliran pada aliran seragam (*uniform flow*). Pada aliran seragam, maka muka air sejajar dengan dasar saluran dan dengan demikian kemiringan muka air sama dengan kemiringan dasar saluran, $S_w = S_0$. Situasi ini jarang ditemui dalam praktik. Contoh situasi yang membutuhkan syarat batas kedalaman normal di batas hilir saluran adalah bila saluran yang dimodelkan bersambung dengan sebuah ruas saluran yang sangat panjang, relatif lurus, dan bertampang-lintang sama atau mirip dengan tampang lintang di batas hilir saluran yang dimodelkan.

g. Persamaan aliran permanen

Hitungan hidraulika aliran pada dasarnya adalah mencari kedalaman dan kecepatan aliran di sepanjang alur yang ditimbulkan oleh debit yang masuk ke dalam alur dan kedalaman aliran di batas hilir. Hitungan hidraulika aliran di dalam HEC-RAS dilakukan dengan cara membagi aliran ke dalam dua kategori, yaitu aliran permanen dan aliran tak permanen. HEC-RAS menggunakan metode hitungan yang berbeda untuk masing-masing kategori aliran tersebut.