

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Serangkaian kegiatan penyediaan air bersih perlu memperhatikan beberapa faktor diantaranya analisis kebutuhan air bersih (*demand for water*), analisis ketersediaan sumber air, *layout* instalasi penyediaan air bersih dan beberapa faktor lain seperti sosial ekonomi lingkungan populasi yang akan dilayani.

Imbangan air adalah perbandingan antara ketersediaan dengan kebutuhan air masyarakat dalam bentuk neraca, yang menginformasikan keadaan air pada suatu daerah yang ditinjau, apakah dalam keadaan surplus atau defisit air. Dengan imbangan air ini diharapkan dapat diketahui potensi sumber daya air suatu daerah dan tingkat kekritisannya (Triatmodjo,1997).

2.2 Analisis Kebutuhan Air Bersih (*Demand for water*)

Lingkup analisis kebutuhan air bersih untuk periode mendatang, didasarkan pada perkiraan tahun rencana, perkembangan populasi, pemanfaatan lahan yang tersedia atau rencana daerah layanan serta standar pemakaian air. Untuk tahun rencana atau periode desain cenderung memperhatikan alasan ekonomis, namun tidak mengabaikan terhadap laju pertumbuhan kebutuhan akan air. Ditambahkan pula bahwa untuk rencana bangunan pengolahan persediaan air periodenya adalah 50 tahun (Al Layla, M. Anis; Ahmad, Shamim 1980). Faktor-faktor yang mempengaruhi periode desain diantaranya adalah :

- Ketersediaan modal
- Modal awal operasional dan biaya pemeliharaan.
- Umur rencana struktur dan perlengkapan yang digunakan.
- Penggunaan air yang diharapkan pada akhir periode desain.

- Kemungkinan perluasan (*expansion*) atau peningkatan kapasitas bangunan yang sudah ada.
- Perubahan daya beli selama periode desain.

Peningkatan penggunaan air akan dipengaruhi oleh hubungan sebab akibat antara populasi dengan aktivitas, maka akan lebih mudah untuk memperkirakan laju perkembangan populasi dibanding dengan aktivitas itu sendiri. Sehingga input data populasi merupakan besaran yang penting untuk langkah analisis berikutnya.

2.2.1 Metode Perkiraan Populasi

Banyak metode yang digunakan dalam memperkirakan laju perkembangan jumlah populasi. Beberapa metode perkiraan populasi yang umum digunakan meliputi grafik, metode aritmetika dan metode geometri serta beberapa metode lainnya. Di bawah ini akan dijelaskan mengenai metode – metode tersebut.

1. Metode grafik dan *Least Square*

Metode grafik dipergunakan dengan cara memplotkan data populasi pada tahun sebelum perkiraan ke depan, kemudian dipilih grafik yang cenderung sesuai dengan pola perkembangan populasi. Setelah dipilih grafik yang sesuai, kemudian dapat diperkirakan populasi kedepan. Hal tersebut dilakukan dengan memperpanjang grafik tersebut (Al Layla, M. Anis; Ahmad, Shamim 1980).

Adapun bila dipilih bentuk geometri grafik yang sesuai, maka dapat dilakukan uji secara analitis dengan metode *least square* ini dapat diketahui tingkat korelasi antar kedua variable atau lebih, yang mana variable tersebut adalah jumlah populasi dengan waktu.

2. Metode Aritmetika

Metode aritmetika, didasarkan pada anggapan bahwa laju perubahan populasi konstan, yang dapat dinyatakan secara matematis sebagai berikut (Al Layla, M. Anis; Ahmad, Shamim 1980) :

$$\frac{dP}{dt} = K_a \dots\dots\dots(2.1)$$

dengan proses integral persamaan diatas menjadi :

$$P_f = P_i + K_a \cdot (t_f - t_i)$$

dimana : P_f = jumlah populasi akhir waktu rencana

P_i = jumlah populasi awal waktu rencana

K_a = konstanta pertumbuhan populasi aritmetik

t_f = satuan waktu diakhir rencana (bulan, tahun)

t_i = satuan waktu diawal rencana (bulan, tahun)

3. Metode Geometrikal

Metode Geometrikal, didasarkan pada anggapan bahwa laju perubahan populasi sebanding dengan populasi saat itu. Dirumuskan dengan (Al Layla, M. Anis; Ahmad, Shamim 1980) :

$$\frac{dP}{dt} = K_g \cdot P \dots\dots\dots (2.2)$$

dengan proses integrasi persamaan di atas menjadi

$$K_g = \frac{\ln\left(\frac{P_f}{P_i}\right)}{t_f - t_i} \dots\dots\dots(2.3)$$

dimana : P_f = jumlah populasi akhir waktu rencana

P_i = jumlah populasi awal waktu rencana

K_g = konstanta pertumbuhan populasi geometrik

t_f = satuan waktu diakhir rencana (bulan, tahun)

t_i = satuan waktu diawal rencana (bulan, tahun)

2.2.2 Penetapan Daerah Pelayanan

Dalam menentukan daerah atau lokasi pelayanan ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan sebagai berikut (Ditjen Cipta Karya) :

- Rencana pengembangan lokasi layanan dan rencana tata guna lahan, dimana lokasi pengembangan tersebut termasuk dalam daerah pelayanan.

- Kepadatan populasi, merupakan faktor penting yang mempengaruhi kebutuhan.
- Konstruksi fasilitas atau unit bangunan lainnya yang berada di sekitar rencana lokasi pelayanan.

2.2.3 Standar Pemakaian Air

Standar pemakaian air berfungsi untuk memberikan patokan atau acuan bagi penentuan kebutuhan air yang akan direncanakan, disesuaikan dengan beberapa parameter yang ada. Standar kebutuhan akan air dibagi menjadi dua, yaitu kebutuhan domestik dan kebutuhan non domestik.

a. Standar Kebutuhan Air Domestik

Standar kebutuhan air domestik adalah kebutuhan air bersih yang dipergunakan pada tempat-tempat hunian pribadi untuk memenuhi hajat hidup sehari-hari, seperti : pemakaian air untuk minum, mandi, mencuci, masak dan sanitasi. Satuan yang dipakai adalah liter/orang/hari.

Kebutuhan air domestik untuk kota dapat dibagi dalam beberapa kategori (Tabel 2.1) :

- Kota Kategori I (Metro)
- Kota Kategori II (Kota besar)
- Kota Kategori III (Kota sedang)
- Kota Kategori IV (Kota kecil)
- Kota Kategori V (Desa)

Tabel 2.1. Standar Pemakaian Air

URAIAN	KATEGORI KOTA BERDASARKAN JUMLAH PENDUDUK (jiwa)				
	>1.000.000	500.000 s.d. 1.000.000	100.000 s.d 500.000	20.000 s.d 100.000	<20.000
	METRO	BESAR	SEDANG	KECIL	DESA
1	2	3	4	5	6
1. Konsumsi Unit Sambungan Rumah (SR)(liter/orang/hari)	190	170	130	100	80
2. Konsumsi Unit Hidran Umum (liter/orang/hari)	30	30	30	30	30
3. Konsumsi Unit non Domestik (liter/orang/hari)	20 – 30	20 – 30	20 – 30	20 – 30	20 – 30
4. Kehilangan Air (%)	20 – 30	20 – 30	20 – 30	20 – 30	20 – 30
5. Faktor Hari Maksimum	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
6. Faktor Jam Puncak	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
7. Jumlah Jiwa per SR	5	5	6	6	10
8. Jumlah Jiwa per HU	100	100	100	100 – 200	20
9. Sisa Tekan di Penyediaan Distribusi (mka)	10	10	10	10	10
10. Jam Operasi	24	24	24	24	24
11. Volume Reservoir (% max day demand)	15 – 25	15 – 25	15 – 25	15 – 25	15 – 25
12. SR : HU	50 : 50 s.d 80 : 20	50 : 50 s.d 80 : 20	80 : 20	70 : 30	70 : 30
13. Cakupan Pelayanan (%)	*) 90	90	90	90	**) 70

Sumber : Ditjen Cipta Karya Tahun 1993

*) 60% perpipaan, 30% non perpipaan

**) 25% perpipaan, 45% non perpipaan

b. Standar kebutuhan air non domestik

Standar kebutuhan air non domestik yaitu kebutuhan air bersih di luar keperluan rumah tangga. Kebutuhan air non domestik antara lain :

- Penggunaan komersial dan industri adalah penggunaan air oleh badan-badan komersial dan industri.
- Penggunaan Umum
Yaitu penggunaan air untuk bangunan-bangunan pemerintah, rumah sakit, sekolah-sekolah dan rumah ibadah.

Kebutuhan air non domestik untuk Kota dapat dibagi dalam beberapa kategori :

- Kota Kategori I (Metro)
- Kota Kategori II (Kota Besar)
- Kota Kategori III (Kota Sedang)

- Kota Kategori IV (Kota Kecil)
- Kota Kategori V (Desa)

Kebutuhan air non domestik untuk kota kategori I sampai dengan Kota kategori V disajikan pada Tabel 2.2 sampai dengan Tabel 2.4, sebagai berikut :

Tabel 2.2. Kebutuhan Air Non Domestik Kota Kategori I,II,III,IV

SEKTOR	NILAI	SATUAN
Sekolah	10	Liter/murid/hari
Rumah Sakit	200	Liter/bed/hari
Puskesmas	2000	Liter/hari
Masjid	3000	Liter/hari
Gereja	1000	Liter/hari
Kantor	10	Liter/pegawai/hari
Pasar	12000	Liter/pegawai/hari
Hotel	150	Liter/tempat tidur/hari
Rumah makan	100	Liter/tempat duduk/hari
Komplek Militer	60	Liter/orang/hari
Kawasan industri	0,2 – 0,8	Liter/detik/hektar
Kawasan pariwisata	0,1 – 0,3	Liter/detik/hektar

Sumber : Ditjen Cipta Karya Tahun 1993

Tabel 2.3. Kebutuhan air non domestik Kota kategori V (Desa)

SEKTOR	NILAI	SATUAN
Sekolah	5	Liter/murid/hari
Rumah sakit	200	Liter/bed/hari
Puskesmas	1200	Liter/hari
Hotel/losmen	90	Liter/hari
Komersial/industri	10	Liter/hari

Sumber : Ditjen Cipta Karya Tahun 1993

Tabel 2.4. Kebutuhan air non domestik kategori lain

SEKTOR	NILAI	SATUAN
Lapangan terbang	10	Liter/detik
Pelabuhan	50	Liter/detik
Stasiun KA- Terminal bus	10	Liter/detik
Kawasan industri	0,75	Liter/detik

Sumber : Ditjen Cipta Karya Tahun 1993

2.2.4 Kebutuhan air untuk pertumbuhan

1. Evapotranspirasi

Evapotranspirasi sering disebut sebagai kebutuhan konsumtif tanaman yang merupakan jumlah air untuk evaporasi dari permukaan areal tanaman dengan air untuk transpirasi dari tubuh tanaman (Joetata dkk, 1997).

Data- data iklim yang dibutuhkan untuk perhitungan ini adalah yang berkenaan dengan (Dirjen Pengairan, Departemen Pekerjaan Umum, 1986):

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

Besarnya evapotranspirasi dapat dihitung dengan menggunakan metoda- metoda sebagai berikut (Soemarto, 1986) :

- Penman.
- Thornthwaite
- Blaney-Criddle
- Turc – Langbein – Wundt

2. Koefisien Tanaman (Kc)

Besarnya koefisien tanaman (Kc) tergantung dari jenis tanaman dan fase pertumbuhan. Harga-harga koefisien tanaman padi dan palawija disajikan pada Tabel 2.3.

Harga-harga koefisien ini diberikan untuk menghubungkan evapotranspirasi (ET_0) dengan evapotranspirasi tanaman acuan (ET_{tanaman}) dan dipakai dengan rumus evapotranspirasi Penman yang diperkenalkan oleh *Nedeco/Prosida*. Selama setengah bulan terakhir pemberian air irigasi ke sawah dihentikan, kemudian koefisien tanaman diambil “no1” dan padi akan menjadi masak dengan air yang tersedia (Joetata dkk, 1997).

3. Kebutuhan Air untuk Tanaman (Penggunaan Konsumtif)

Penggunaan konsumtif air oleh tanaman diperkirakan berdasarkan metoda prakira empiris dengan menggunakan data iklim dan koefisien tanaman pada tahap pertumbuhan. Penggunaan konsumtif dihitung secara setengah bulanan (Joetata dkk, 1997).

4. Perkolasi dan Rembesan

Besar perkolasi dipengaruhi oleh sifat-sifat tanah terutama sifat fisik tanah, yaitu tekstur tanah dan struktur tanah, juga dipengaruhi oleh kedalaman air tanah. Pada tanah lempung berat dengan karakteristik pengolahan yang baik, laju perkolasi dapat mencapai 1-3 mm/hari. Pada tanah-tanah yang lebih ringan, laju perkolasi bisa lebih tinggi (Joetata dkk, 1997).

5. Kebutuhan Air untuk Pembibitan

Penggantian lapisan air dilakukan 2 kali, masing-masing sebanyak 50 mm pada bulan ke-1 dan bulan ke-2 (atau 3,3 mm/hari selama setengah bulan) setelah tanam. Penggenangan air ini untuk pemberian pupuk karena adanya pengurangan air di petak sawah. Kebutuhan air untuk pembibitan dianggap telah tercakup dalam penyiapan lahan, yaitu selama 30 hari (Joetata dkk, 1997).

2.3 Ketersediaan Air Baku

2.3.1 Air Permukaan (*Surface Water*)

Pada umumnya sumber air permukaan baik berupa sungai, danau maupun waduk adalah merupakan air yang kurang baik untuk langsung dikonsumsi oleh manusia, karena itu perlu pengolahan sebelum dimanfaatkan. Air permukaan pada hakekatnya banyak tersedia di alam. Kondisi air permukaan sangat beragam karena dipengaruhi oleh banyak hal seperti elemen meteorologi dan elemen daerah pengaliran.

Tingkat kekeruhan air permukaan yang cukup tinggi karena banyaknya kandungan lempung dan substansi organik. Hal ini dikarenakan ciri air permukaan yaitu memiliki kepadatan terendap dan bahan tersuspensi cukup tinggi. Atas dasar kandungan bahan terendap dan bahan tersuspensi tersebut maka kualitas air sungai relatif lebih rendah daripada kualitas air danau, rawa dan reservoir. Hal tersebut karena sungai mengalami pergerakan air terus menerus dibandingkan dengan danau maupun rawa.

2.3.2 Air Tanah (*Ground Water*)

Air tanah didefinisikan sebagai air yang tersimpan atau terperangkap di dalam lapisan batuan (*aquifer*) dan terjadi dalam serangkaian adanya siklus hidrologi. Air tanah secara umum mempunyai sifat-sifat yang menguntungkan dari segi bakteriologis, namun demikian dari segi kimiawi mempunyai beberapa karakteristik tertentu yaitu tingkat kesadahan kalsium, magnesium maupun klorida. Air tanah memiliki beberapa keuntungan diantaranya :

- Pada umumnya bebas dari bakteri pathogen.
- Pada umumnya dapat dipakai tanpa pengolahan lebih lanjut.
- Paling praktis dan ekonomis.

Disamping itu juga memiliki kerugian yakni :

- Umumnya memerlukan pemompaan.
- Air tanah seringkali mengandung banyak mineral – mineral Besi, Mangan, Kalsium dan sebagainya.

2.3.3 Air Hujan (*Rainfall*)

Pada umumnya kualitas air cukup baik, namun air yang berasal dari hujan (*rainfall*) akan mengakibatkan kerusakan – kerusakan terhadap logam (*corrosion*) bila kondisi atmosfer terkontaminasi gas berespek negatif. Dari segi kuantitas air hujan tergantung pada besar kecilnya hujan, sehingga kurang mencukupi jika digunakan untuk penyediaan air bersih. (Al Layla, M. Anis; Ahmad, Shamim 1980:hal 18).

2.4 Analisis Kuantitas Ketersediaan Air

2.4.1 Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi diperlukan untuk mengetahui potensi sumber daya air yang ada, terutama distribusi air pada kondisi debit andalan maupun debit minimum.

Untuk dapat mengetahui besarnya debit ataupun besaran lain yang diperlukan umumnya dibutuhkan data yaitu data curah hujan, temperatur, kelembaban udara, sifat fisik tanah dan keadaan vegetasi setempat.

2.4.1.1 Menganalisa Hujan Daerah

Metode yang diperlukan untuk menentukan tinggi curah hujan rata – rata diatas areal tertentu dari angka – angka curah hujan di beberapa titik pos penakar. (Soemarto, CD, 1987) sebagai berikut :

- Metode tinggi rata – rata

Metode ini dirumuskan dengan persamaan berikut ini :

$$d = \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{n} \dots\dots\dots(2.4)$$

dimana : d = tinggi curah hujan rata – rata areal
 d_i = tinggi curah hujan pada ps penakar 1, 2, 3,.....,n.
 n = banyaknya pos penakar

cara ini akan memberikan hasil yang lebih baik bilamana pos – pos penakar terbagi merata di areal tersebut dan hasil penakaran masing – masing pos penakar tidak menyimpang jauh dari harga rata – rata seluruh pos penakar.

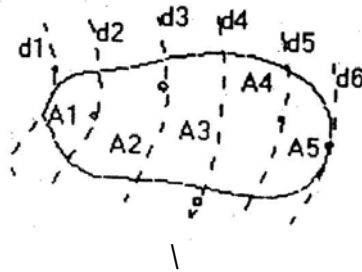
- Metode polygon Thiessen

Cara ini didasarkan atas rata – rata timbang (*weighted average*). Jika pos penakar 1 menakar tinggi hujan d₁, pos penakar 2 menakar d₂ hingga pos penakar n menakar d_n, maka :

$$d = \frac{A_1.d_1 + A_2.d_2 + \dots\dots\dots + A_n.d_n}{A} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$d = \sum_{i=1}^n \frac{A_i.d_i}{A} \dots\dots\dots(2.6)$$

dimana : A = luas areal
 d = tinggi curah hujan rata – rata
 d₁, d₂, d_n = tinggi curah hujan di pos 1, 2,n
 A₁, A₂, A_n = luas daerah pengaruh pos 1, 2,n



Gambar 2.2. Metode Isohyet

2.4.1.2 Menambah data curah hujan yang hilang pada tahun tertentu

Hal ini berguna untuk mengisi data yang hilang pada pos penakar hujan tertentu dan pada saat tertentu dengan bantuan data yang tersedia pada pos – pos penakar disekitarnya pada saat yang sama, dirumuskan :

$$d_c = \frac{1}{3} \left(da \frac{Anx}{Ana} + db \frac{Anx}{Anb} + dc \frac{Anx}{Anc} \right) \dots\dots\dots(2.9)$$

dimana :

- d_c = data curah hujan yang hilang (x)
- da = tinggi curah hujan di A
- db = tinggi curah hujan di B
- dc = tinggi curah hujan di C
- Anx = tinggi curah hujan rata – rata tahunan di x
- An_a = tinggi curah hujan rata – rata tahunan di A
- An_b = tinggi curah hujan rata – rata tahunan di B
- An_c = tinggi curah hujan rata – rata tahunan di C

2.4.1.3 Penguapan

Penguapan adalah proses berubahnya zat cair (air) menjadi gas (uap air) dan masuk ke atmosfer. Dalam hidrologi, penguapan dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu evaporasi dan transpirasi.

Adapun hal – hal yang mempengaruhi terjadinya penguapan antara lain

:

a. Radiasi matahari

Pada setiap perubahan bentuk diperlukan adanya panas laten. Dimana dalam proses penguapan, panas laten tersebut berasal dari radiasi sinar matahari dan tanah. Radiasi matahari merupakan sumber utama panas yang mempengaruhi jumlah evaporasi diatas permukaan bumi, yang tergantung letak garis lintang dan musim.

b. Temperatur

Temperatur udara dan permukaan evaporasi sangat berpengaruh terhadap evaporasi. Semakin tinggi temperatur semakin besar kemampuan udara menyerap air. Selain itu, semakin tinggi temperatur, energi kinetik molekul air semakin meningkat pula sehingga molekul air semakin banyak berpindah ke lapis udara diatasnya dalam bentuk air. Oleh karena itu daerah beriklim tropis jumlah evaporasinya lebih tinggi dibandingkan dengan daerah kutub yang beriklim dingin.

c. Kelembaban

Pada saat terjadi penguapan, tekanan udara pada lapisan udara tepat di atas air lebih rendah disbanding tekanan pada permukaan air. Perbedaan tekanan itu menyebabkan terjadinya penguapan. Apabila jumlah uap air yang masuk ke udara semakin banyak, tekanan uapnya juga semakin tinggi. Akibatnya perbedaan tekanan uap semakin kecil yang menyebabkan berkurangnya laju penguapan. Jika udara di atas permukaan air sudah jenuh uap air, tekanan udara telah mencapai tekanan uap jenuh, pada saat itulah penguapan terhenti.

d. Kecepatan angin

Penguapan yang terjadi menyebabkan udara di atas permukaan evaporasi menjadi lembab, sampai akhirnya udara menjadi jenuh terhadap uap air dan proses evaporasi terhenti. Agar proses penguapan dapat berjalan terus, lapisan udara yang telah jenuh tersebut harus diganti dengan udara kering. Penggantian udara tersebut dapat terjadi apabila ada angin. Oleh karena itu, kecepatan angin merupakan faktor penting dalam evaporasi. Di daerah terbuka dan banyak angin, penguapan akan lebih besar daripada di daerah yang terlindung dengan udara yang diam.

2.4.1.4 Intersepsi

Intersepsi (*interception*) adalah bagian air hujan yang tertahan oleh permukaan tumbuhan dan bangunan, kemudian diuapkan kembali ke atmosfer dan tidak sempat memberikan pengaruh terhadap kelembaban tanah (Fleming, 1975). Banyaknya air yang terintersepsi merupakan fungsi karakter hujan, jenis, umur dan kerapatan tumbuhan serta musim.

Nilai intersepsi yang sesungguhnya sulit dihitung, sehingga didekati dengan rumus empiris. Air hujan yang jatuh ke permukaan tumbuh-tumbuhan kemungkinan akan tertahan pada daun, kemudian jika kapasitas intersepsi telah terpenuhi akan mengalir melalui ranting, dahan dan selanjutnya ke batang dan akhirnya ke tanah (*stream flow*), atau kemungkinan lain air hujan jatuh di sela – sela daun sampai ke permukaan tanah (*through fall*).

2.4.1.5 Infiltrasi dan Perkolasi

Infiltrasi adalah proses meresapnya air ke dalam tanah melewati permukaan tanah. Kecepatan infiltrasi dipengaruhi oleh banyaknya factor antara lain tipe dan penyebaran penutupan vegetasi, kondisi lapisan permukaan tanah, intensitas hujan, sifat fisik tanah dan kualitas air (Viessman, et al 1972). Istilah infiltrasi mengandung dua pengertian yaitu kapasitas infiltrasi (*infiltration capacity*) dan kecepatan infiltrasi (*infiltration rate*). Kapasitas infiltrasi adalah kecepatan infiltrasi maksimal yang tergantung dari sifat permukaan tanah, sedang kecepatan infiltrasi adalah kecepatan infiltrasi nyata.

Air hujan yang meresap ke dalam tanah pertama – tama mengisi kelengasan tanah, jika kapasitas kelengasan tanah dilampaui maka air akan bergerak karena pengaruh gaya gravitasi menuju air tanah (perkolasi).

2.4.1.6 Evapotranspirasi

Evaporasi adalah penguapan dari permukaan tanah, permukaan air bebas dan dari *groundwater*. Sedangkan transpirasi adalah penguapan dari permukaan tumbuh – tumbuhan (Schulz, 1976). Evapotranspirasi merupakan

jumlah evaporasi dan transpirasi. Istilah *potential evapotranspiration* (*consumptive use*) digunakan untuk menyatakan batas atas evapotranspirasi yang terjadi di areal yang tertutup tumbuh – tumbuhan hijau dan tersedia cukup air.

Laju evaporasi, transpirasi dan evapotranspirasi dinyatakan dengan volume air yang hilang oleh proses tersebut tiap satuan luas dalam satu satuan waktu, biasanya diberikan dalam mm/hari atau mm/bulan.

2.4.1.7 Aliran Limpasan

Air hujan yang jatuh ke permukaan tanah melalui proses yang berliku – liku akhirnya sampai ke sungai untuk menyederhanakan proses pengaliragaman hujan menjadi aliran sungai, divisualisasikan dalam tiga komponen limpasan yaitu aliran permukaan (*overland flow*), aliran antara (*interflow*) dan lairan air tanah (*groundwater flow*) (Linsley, et.al, 1989).

Lebih lanjut Linsley, et.al, mengemukakan aliran permukaan adalah air yang dalam perjalanannya menuju alur pengaliran berada di atas permukaan tanah. Sebagian air yang terinfiltrasi dari permukaan tanah dapat bergerak secara lateral melalui lapisan tanah atas sampai masuk sungai. Air ini yang disebut aliran antara (*interflow*).

Sebagian dari air hujan dapat terperkolasi ke bawah mencapai muka air tanah dan akhirnya sebagian mengalir masuk ke dalam sungai sebagai aliran dasar, sedang sebagian lain akan tetap tinggal dalam tanah sebagai air tanah tidak aktif.

2.4.1.8 Sungai

Sungai sebenarnya adalah suatu pembawa sekaligus pengatur (*drainase*), yang dibentuk oleh alam melalui suatu proses yang terjadi secara alami, dengan dimensi sungai yang bervariasi dari yang hanya berupa parit kecil sampai alur lebar yang memungkinkan adanya lalu lintas kapal.

Umumnya sungai dengan dimensi besar membawa debit aliran yang besar pula, sekalipun tidak mutlak. Hal ini disebabkan karena debit aliran sungai tidak tetap sepanjang waktu, dimana variasi debit aliran tersebut ditentukan oleh

berbagai faktor pengaruh. Antara lain musim, sifat tanah (geologi) dan luas daerah pengaliran sungai (DPS).

a. Daerah Pengaliran Sungai

Daerah Pengaliran Sungai didefinisikan sebagai daerah dimana air sungai tersebut berasal, atau dengan kata lain merupakan daerah dimana semua airnya mengalir ke dalam suatu sungai yang dimaksudkan.

Air sungai berasal dari air permukaan yang sebelum masuk ke alur sungai utama, mengalir melalui sejumlah anak sungai. Namun demikian perlu diketahui bahwa selain dari air permukaan, air sungai juga berasal dari air tanah. Yang biasanya Daerah Pengaliran Sungai untuk air tanah dan air permukaan sama walaupun adakalanya keduanya tidak persis sama.

Umumnya Daerah Pengaliran Sungai dibatasi oleh batas topografi, dimana batas ini tidak ditetapkan berdasarkan air bawah tanah karena permukaan air tanah ini selalu berubah sesuai dengan musim dan tingkat kegiatan pemakaian. Suatu daerah pengaliran sungai dapat ditinjau dari berbagai segi. Misal ukuran topografi, geologi, vegetasi dan pola aliran. Salah satu aspek sifat DPS yang paling sering dibahas dalam hidrologi dan hidraulika adalah ukuran DPS seperti luas dan bentuk, dimana beberapa pakar hidrologi menggunakan aspek tersebut untuk menghitung debit sungai.

Nama suatu DPS ditandai dengan nama sungai yang bersangkutan dan dibatasi oleh titik kontrol, yang umumnya merupakan stasiun hidrometri. Sehingga dengan memperhatikan hal tersebut berarti sebuah DPS dapat merupakan bagian dari DPS lain. Penetapan DPS ini sangat diperlukan untuk menetapkan batas – batas DPS yang akan dianalisis. Penetapan ini dilakukan dengan peta topografi, dimana untuk bagian sungai di daerah hulu relatif lebih mudah dibandingkan dengan bagian sungai di daerah hilir.

b. Debit Sungai

Debit sungai dapat diartikan sebagai volume air sungai yang melalui suatu luasan tampang melintang sungai setiap satu satuan waktu, yang biasanya dinyatakan dalam meter kubik per detik (m^3 /det). Dengan mengetahui debit

dari suatu sungai maka kita dapat mengetahui jumlah air yang tersedia pada sungai tersebut.

Debit aliran sangat bervariasi dari waktu ke waktu, oleh sebab itu dibutuhkan data pengamatan debit dalam waktu yang panjang. Untuk memperkirakan debit aliran dari suatu sungai, dapat digunakan cara, antara lain :

- Pengukuran di lapangan

Pengukuran debit di lapangan dapat dilakukan dengan membuat stasiun pengamatan atau dengan mengukur debit di bangunan air seperti bendung dan peluap.

Untuk hal pertama dengan membuat stasiun pengamatan, parameter yang diukur berupa tampang melintang sungai, elevasi muka air dan kecepatan aliran. Kemudian debit dihitung dengan mengalikan antara luas tampang sungai dengan kecepatan alirannya, menurut persamaan :

$$Q = A \times V$$

dengan :

$$Q = \text{debit (m}^3 \text{ /det)}$$

$$A = \text{luas tampang (m}^2\text{)}$$

$$V = \text{kecepatan rata – rata (m/det)}$$

Untuk hal yang kedua, jika di sungai terdapat bangunan air misalnya bendung, maka debit sungai dapat dihitung dengan mengukur tinggi muka air di atas puncak bendung berdasarkan rumus peluapan yang berlaku untuk bangunan tersebut.

- Berdasarkan data debit dari stasiun di dekatnya

Apabila di suatu lokasi sungai tidak terdapat data pencatatan debit sungai dalam kurun waktu tertentu, maka debit sungai tersebut bisa diperkirakan dengan berdasarkan pada :

- a. debit di lokasi lain pada sungai yang sama,
- b. debit di lokasi lain pada sungai di sekitarnya,
- c. debit pada sungai lain yang berjauhan, tapi masih memiliki karakteristik yang sama.

- Berdasarkan data hujan

Untuk menghitung air yang tersedia di sungai, jika data debit sungai minim atau bahkan tidak ada, dapat dilakukan proses pengalihragaman hujan menjadi debit aliran sungai.

- Berdasarkan pembangkitan data debit

Debit aliran juga dapat diperkirakan berdasarkan data debit dari pencatatan yang telah lalu dengan menggunakan model deret berkala, seperti Model Thomas – Fearing, Autoregresi, Autoregresi rerata bergerak, Autoregresi rerata bergerak terpadu dan sebagainya. Semua model tersebut dikembangkan dengan maksud untuk menirukan sifat – sifat statistik utama dari deret berkala hidrologi, kemudian menurunkan deret (debit) sintesis yang dapat digunakan untuk perencanaan atau pengoperasian suatu sistem.

- Debit andalan

Yang dimaksud dengan debit andalan adalah debit andalan minimum sungai atau bendung, untuk kemungkinan yang sudah ditentukan. Debit ini dapat dipakai untuk kepentingan irigasi. Jadi, dengan kata lain debit andalan adalah besarnya debit minimum bendung (sungai) yang kemungkinan dapat tercapai di suatu tempat dengan besarnya debit yang telah ditentukan menurut metode tertentu.

2.4.2 Perhitungan Debit Andalan Air Permukaan

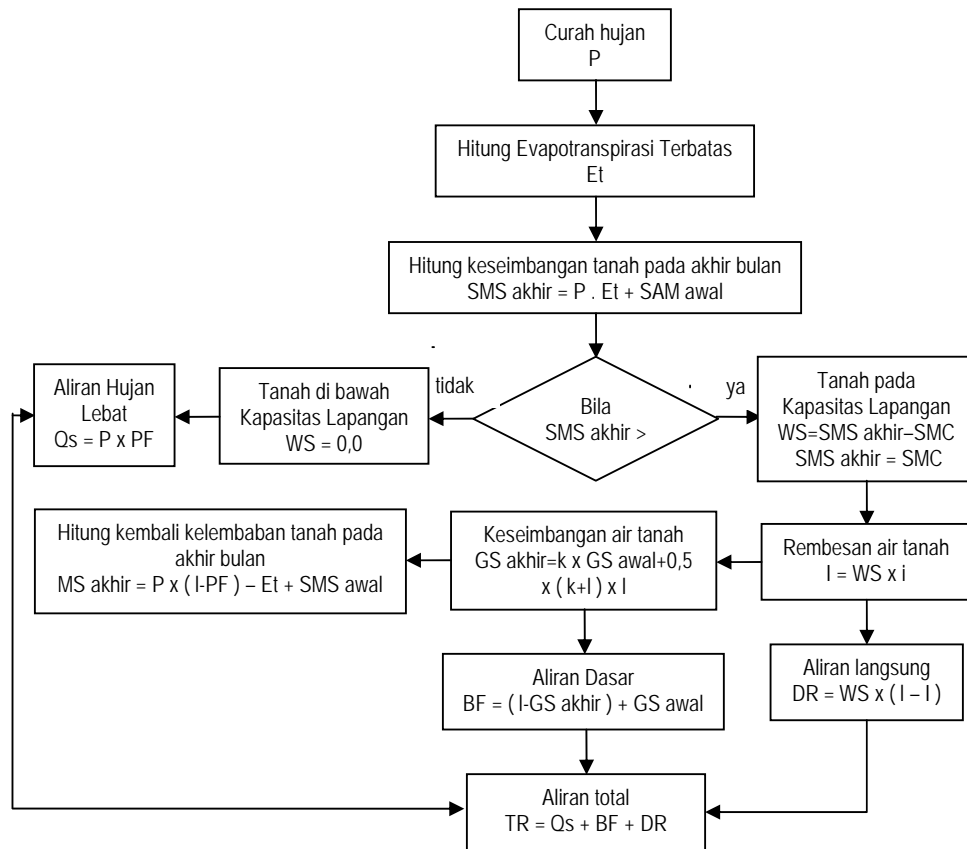
Debit andalan adalah rangkaian debit bulanan yang diperoleh melalui perhitungan dengan metode tertentu untuk beberapa pengamatan dan mempertimbangkan keadaan alam alur sungai.

Untuk menghitung debit andalan digunakan metode *water balance* F.J. Mock dengan data yang diperlukan diantaranya :

- Data curah hujan bulanan (R) dan hari hujan (n) pada bulan tersebut.
- Data iklim daerah rencana

BAGAN ALIR PERHITUNGAN KESEIMBANGAN AIR

(DR. F.J. MOCK)



SMC = kapasitas kelembaban tanah

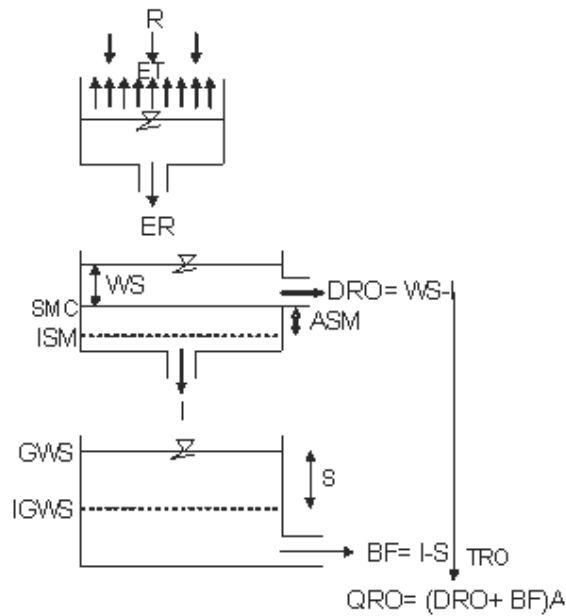
SMS = penyimpanan kelembaban tanah

I = koefisien infiltrasi

k = faktor resesi aliran air tanah

PF = faktor aliran hujan lebat

GS = keseimbangan air tanah



Gambar 2.3. Struktur tangki Model Mock

Tahap – tahap perhitungan antara lain :

1. Evaporasi terbatas yaitu penguapan aktual dengan mempertimbangkan kondisi tanah, frekuensi curah hujan dan prosentase vegetasi pada daerah setempat. Dengan metode perhitungan yang digunakan yakni metode evaporasi Penmann.

Dirumuskan :

$$E = E_p \cdot \frac{d}{30} \cdot m \dots\dots\dots(2.10)$$

dimana :

E = perbedaan evaporasi potensial dengan evaporasi terbatas.

E_p = evaporasi potensial

d = jumlah hari kering dalam satu bulan

m = prosentase lahan yang tidak tertutup vegetasi (tanaman)

m = 0 % untuk lahan dengan hutan lebat

- m = 0 % pada akhir musim hujan, dan bertambah 10 % setiap bulan kering untuk tanah dengan lahan sekunder
- m = 10 - 40 % untuk lahan yang tererosi
- m = 30 - 50 % untuk lahan pertanian yang diolah (misal sawah, ladang)

Berdasarkan frekuensi curah hujan di Indonesia, sifat infiltrasi dan penguapan dari tanah permukaan diperoleh hubungan persamaan berikut :

$d = \frac{3}{2} \cdot (18 - n)$ Dengan n adalah jumlah hari hujan, sehingga besarnya :

$$\frac{E}{E_p} = \left(\frac{m}{20} \right) \cdot (18 - n) \dots \dots \dots (2.11)$$

$E_t = E_p - E$ dengan E_t = evaporasi terbatas

Soil surplus adalah volume air yang masuk ke permukaan tanah.

Soil surplus = (P - E_t) - soil storage, dan = 0 jika defisit (P - E_t) > dari soil storage.

Initial storage adalah volume air pada saat permulaan mulainya. Ditaksir sesuai dengan keadaan musim, seandainya musim hujan bisa sama dengan soil moisture capacity dan lebih kecil dari pada musim kemarau.

2. Keseimbangan air di permukaan tanah (*water balance*)

Hal – hal yang berkaitan dengan keseimbangan air di permukaan tanah, antara lain :

- Curah hujan yang mencapai permukaan tanah (*storage*), $S = R - E_t$.
Jika harga S (+) air masuk ke dalam tanah, jika (-) sebagian air tanah akan keluar.
- *Soil Storage* yaitu perubahan kandungan air tanah.
- *Soil Moisture* yaitu kelembaban permukaan tanah yang ditaksir berdasarkan kondisi porositas lapisan tanah atas *catchement area*.
- *Water surplus* ialah banyaknya air yang berada di permukaan tanah, besarnya adalah : $(R - E_t) - \text{Soil Storage}$

3. Hal – hal yang mempengaruhi debit andalan dan *storage* air tanah yaitu :

- Koefisien infiltrasi (I_c) ditentukan berdasarkan kondisi porositas tanah dan kemiringan alur sungai. Pada lahan yang datar, I_c besar dan pada lahan yang terjal, air bergerak dengan kecepatan tinggi sehingga I_c kecil.
- *Storage* air tanah ditentukan dengan persamaan berikut :

$$V_n = k.V_{(n-1)} + (0.5.I(1 + k)) \dots \dots \dots (2.12)$$

dimana :

V_n = volume air tanah bulan ke – n

K = $\frac{q_t}{q_0}$ merupakan factor resesi aliran tanah

q_t = aliran tanah pada bulan t

q_0 = aliran tanah pada bulan awal (t = 0)

I = infiltrasi

$V_{(n-1)}$ = volume air tanah bulan ke (n – 1)

2.4.3 Koefisien Tanaman

Besarnya koefisien tanaman (K_c) tergantung dari jenis tanaman dan fase pertumbuhan. Pada perhitungan ini digunakan koefisien tanaman untuk padi dengan varietas unggul mengikuti ketentuan Nedeco/Prosida. Harga-harga koefisien tanaman padi dan palawija disajikan pada tabel 2.5 dibawah.

Tabel 2.5 Koefisien Tanaman Untuk Padi dan Palawija Menurut NEDECO/PROSIDA

Bulan	Padi		Palawija	
	Varietas Biasa	Varietas Unggul	Jagung	Kacang Tanah
0.50	1.20	1.20	0.50	0.50
1.00	1.20	1.27	0.59	0.51
1.50	1.32	1.33	0.96	0.66
2.00	1.40	1.30	1.05	0.85
2.50	1.35	1.15	1.02	0.95
3.00	1.24	0.00	0.95	0.95
3.50	1.12			0.95
4.00	0.00			0.55
4.50				0.55

Sumber : Dirjen Pengairan, Bina Program 010 (1985)

2.5 Analisis Kualitas Sumber Air

Pada umumnya kriteria perencanaan air bersih ditentukan pada beberapa standar yang ada pada beberapa Negara (Sutrisno, 1991), hal tersebut didasarkan pada :

- Kondisi negara masing – masing
- Perkembangan ilmu pengetahuan
- Perkembangan teknologi

2.5.1 Kualitas Air Bersih

Dari segi kualitas, air bersih harus memenuhi beberapa syarat yang meliputi syarat fisik, syarat kimia dan syarat bakteriologi. Secara umum diuraikan pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Syarat Kualitas Air Bersih

Kualitas Air Bersih		
Syarat Fisik	Syarat Kimia	Syarat Bakteriologik
<ul style="list-style-type: none"> • tidak boleh berwarna • air tidak boleh berasa • air tidak boleh berbau • suhu air hendaknya $\pm 25^{\circ}\text{C}$ • air harus jernih 	Air minum tidak boleh mengandung racun, zat – zat mineral atau zat – zat kimia tertentu dalam jumlah melampaui batas yang telah ditentukan.	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak boleh mengandung bakteri patogen • Tidak boleh mengandung bakteri golongan <i>Coli</i> (< 1 <i>coli</i>/1000 ml air) Pemeriksaan dengan indikator bakteri golongan <i>Coli</i>.

Sumber : Sutrisno, 1991

2.5.2 Kualitas air Minum

Untuk kualitas air minum dari standar yang dipakai di Indonesia terdapat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Standar Kualitas Air Minum

No.	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan
			Kepmenkes RI No. 907/Menkes/SK/VII/2002
I.	<u>FISIKA</u>		
1.	Warna	TCU	15
2.	Rasa dan Bau	-	Tidak berasa/berbau
3.	Temperatur	$^{\circ}\text{C}$	Suhu udara $\pm 3^{\circ}\text{C}$
4.	Kekeruhan	NTU	5
II.	<u>KIMIA</u>		
1.	Antimony	-	0,005
2.	Air Raksa	mg/l	0,001

3.	Arsenic	mg/l	0,01
4.	Barium	mg/l	0,7
5.	Boron	mg/l	0,3
6.	Cadmium	mg/l	0,003
7.	Chromium	mg/l	0,01
8.	Tembaga	mg/l	2
9.	Sianida	mg/l	0,07
10.	Flourida	mg/l	1,5
11.	Timah	mg/l	0,01
12.	Molybdenum	mg/l	0,07
13.	Nikel	mg/l	0,02
14.	Nitrat	mg/l	50
15.	Nitrit	mg/l	3
16.	Selium	mg/l	0,01
17.	Ammonia	mg/l	1,5
18.	Alumunium	mg/l	0,2
19.	Chlorida	mg/l	250
20.	Copper	mg/l	1
21.	Kesadahan	mg/l	500
22.	Hidrogen Sulfida	mg/l	0,05
23.	Besi	mg/l	0,3
24.	Mangan	mg/l	0,1
25.	pH	-	6,5-8,5
26.	Sodium	mg/l	200
27.	Sulfat	mg/l	250
28.	Total padatan	mg/l	1000
29.	Terlarut	mg/l	3
30.	Seng	mg/l	600-1000
31.	Chlorine	mg/l	Tidak dipersyaratkan
32.	Perak	mg/l	Tidak dipersyaratkan
33.	Timbal	mg/l	Tidak dipersyaratkan
	Zat Organik (KMnO ₄)		

III.	BAKTERIOLOGIS		
1.	Koliform Tinja		
	• Pada air minum	Jml/100 ml	0
	• Pada air yang masuk sistem distribusi	Jml/100 ml	0
	• Pada sistem distribusi	Jml/100 ml	0
2.	Total Koliform	Jml/100 ml	Tidak dipersyaratkan
	• Pada air minum	Jml/100 ml	0
	• Pada air yang masuk sistem distribusi	Jml/100 ml	0
	• Pada sistem distribusi		

Sumber : PDAM Kota Semarang