



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.
Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.

2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia.
Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.

3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

Universitas Islam Indragiri

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Landasan Teori

Penyediaan air bersih untuk masyarakat mempunyai peranan penting dalam kehidupan sehari – hari. Sehingga saat ini penyediaan air bersih untuk masyarakat masih mendapatkan permasalahan yang belum dapat diatasi sepenuhnya. Salah satu masalah pada saat ini adalah rendahnya tingkat pelayanan air bersih untuk masyarakat terutama di daerah pedesaan. Masyarakat pedesaan mayoritas menggunakan mata air sebagai sumber daya air. Pengambilan air terus menerus dan pendistribusian air yang tidak tepat akan mengakibatkan permasalahan bagi masyarakat pedesaan (Ditjen Pemberdayaan Masyarakat dan Desa, 2008).

2.2. Sumber Air

Sumber air merupakan salah satu komponen utama yang ada pada suatu sistem penyediaan air bersih, karena tanpa sumber air maka suatu sistem penyediaan air bersih tidak akan berfungsi. Macam-macam sumber air yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber air minum dan air bersih adalah sebagai berikut :

2.2.1. Air Hujan

Air hujan juga merupakan sumber air baku untuk keperluan rumah tangga, pertanian, dan lain-lain. Air hujan dapat diperoleh dengan cara penampungan, air hujan dari atap rumah dialirkan ke tempat penampungan yang kemudian dapat dipergunakan untuk keperluan rumah tangga. Air hujan tidak selalu dapat digunakan secara langsung, diakibatkan kandungan elektrik yang dikandung awan serta tidak terjaminnya sterilisasi wadah penampungan yang terbuka.

2.2.2. Air Permukaan

Air permukaan adalah air hujan yang mengalir di permukaan bumi. Umumnya air permukaan ini akan mendapatkan pengotoran selama pengalirannya, misalnya oleh lumpur, batang-batang kayu, daun-daun dan limbah industri, kotoran penduduk dan sebagainya.



Air permukaan yang biasanya dimanfaatkan sebagai sumber atau bahan baku air bersih adalah :

1. Air Sungai (berasal dari air hujan dan mata air).
2. Air Danau (berasal dari air hujan dan mata air).
3. Air waduk (berasal dari air hujan).

2.2.3. Air Tanah

Air tanah adalah air yang berasal dari air hujan yang jatuh di permukaan tanah/bumi dan meresap kedalam tanah dan mengisi rongga-rongga atau pori didalam tanah. Air tanah terbagi atas :

1. Air Tanah Dangkal

Air Tanah Dangkal Terjadi karena daya proses peresapan air dari permukaan tanah. air tanah lebih banyak mengandung zat kimia berupa garam-garam terlarut meskipun kelihatan jernih karna sudah melewati lapisan tanah yang masing-masing mempunyai unsur-unsur kimia tertentu. lapisan tanah disini berfungsi sebagai saringan namun pengotoran juga masih terus berlangsung, terutama pada muka air yang dekat dengan muka tanah. Air tanah dangkal umumnya mempunyai kedalaman kurang dari 50 meter.

2. Air Laut

Air laut adalah salah satu sumber air walaupun tidak termasuk kategori yang bisa dipilih sebagai sumber air bersih untuk air bersih atau air minum, karena memiliki kandungan garam (NaCl) yang cukup besar.

2.3. Analisis Proyeksi Jumlah Penduduk

Proyeksi penduduk merupakan perkiraan jumlah penduduk dimasa yang akan datang, proyeksi yang baik adalah proyeksi yang menghasilkan penyimpangan antara hasil ramalan dan kenyataan sekecil mungkin (BPS, 2010).

2.3.1. Metode Geometri

Proyeksi penduduk dengan metode geometri menggunakan asumsi bahwa jumlah penduduk akan bertambah secara geometri dengan menggunakan dasar perhitungan majemuk. Laju pertumbuhan penduduk (*rate of growth*) dianggap sama untuk setiap tahun (BPS, 2010). Proyeksi penduduk dengan metode



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.
 2. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
 3. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia.
 4. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
 5. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

geometri secara matematis metode ini dapat ditulis seperti pada rumus (2.1) berikut ini :

Rumus perhitungannya :

$$P_t = P_0 (1+r)^t \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

- P_t = Jumlah penduduk pada akhir tahun t
- P_0 = Jumlah penduduk pada tahun dasar
- r = Angka pertumbuhan penduduk tiap tahun (%)
- t = Priode waktu antara tahun dasar dan tahun t.

2.3.2. Metode Aritmatika

Metode ini digunakan apabila data berkala menunjukkan jumlah penambahan yang relatif sama tiap tahun. Kota dengan luas wilayah yang kecil, tingkat pertumbuhan ekonomi kota rendah dan perkembangan kota tidak terlalu pesat. Metode ini secara matematis metode ini dapat ditulis seperti pada rumus (2.2) berikut ini :

$$P_t = P_0 (1+r.t) \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

- P_t = Jumlah penduduk pada akhir tahun t
- P_0 = Jumlah penduduk pada tahun yang dasar
- r = Angka pertumbuhan penduduk tiap tahun (%)

2.3.3. Standar Deviasi

Pemilihan metode proyeksi penduduk harus disesuaikan dengan kriteria yang dapat ditentukan secara statistik, yaitu menggunakan rumus standar deviasi (SD). Metode yang paling tepat adalah yang menghasilkan nilai standar deviasi terkecil. Perhitungan standar deviasi tersebut dapat menggunakan rumus (2.3) berikut ini:

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (Y_i - Y_n)^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

- S = Standar deviasi



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.
 2. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
 3. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia.
 4. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
 5. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Universitas Islam Indragiri

- Σ = Jumlah perkalian data Y_i dan Y_n mean
 Y_i = Nilai varian (penduduk proyeksi)
 Y_n = Nilai rata-rata
 n = jumlah data

2.4. Kebutuhan Air Bersih

Standar kebutuhan air menurut Dinas Pekerjaan Umum Cipta Karya yang mengatur tentang kebutuhan air domestik berdasarkan kategori Desa dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 2.1 Standar kebutuhan air

No	Kategori	Jumlah	Penyediaan air (l/org/hari)
1	Metropolitan	>1.000.000	150-200
2	Kota besar	500.000 – 1.000.000	120 – 150
3	Kota sedang	100.000 – 500.000	100 -120
4	Kota kecil	20.000 – 100.000	90-110
5	Semi urban (Ibu Kota Kecamatan/Desa)	<10.000	60-90

(Sumber : SNI 6728.1:2015)

Besar perhitungan kebutuhan air bersih dihitung dengan persamaan berikut :

$$Q_{rh_{domestik}} = p.q \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana :

- p = Jumlah penduduk (Jiwa)
 q = Kebutuhan air penduduk (l/org/hari)
 Q_{rh} = Kebutuhan air perhari (l/hari)

Ditjen Cipta Karya (2000) Jumlah sambungan rumah dihitung dari jumlah pelanggan, yaitu 5 orang persambungan. Standar kebutuhan air ada 2 (dua) macam yaitu :

2.4.1. Kebutuhan Air Domestik

Standar kebutuhan air domestik yaitu kebutuhan air yang digunakan pada tempat-tempat pribadi untuk memenuhi keperluan sehari-hari seperti, memasak, minum, mencuci, dan keperluan rumah tangga. Satuan yang dipakai adalah liter/orang/hari.



Tabel 2.2 Standar kebutuhan air domestik

Uraian	Kata Kota Berdasarkan Jumlah Penduduk				
	Metropolitan >1.000.000	Kota Besar 500.000 s/d 1.000.000	Kota Sedang 100.000 s/d 100.000	Kota kecil 20.000 s/d 100.000	IKK dan Desa >20.000
Sambungan Rumah tangga (liter/org/hari)	190	170	150	130	100
Jumlah jiwa/SR	5	5	5	5	5
Sambungan Umum (liter/org/hari)	30	30	30	30	30
Jumlah jiwa/SU	100	100	100	100 - 200	200
Kehilangan air (%)	20 – 30	20 – 30	20 – 30	20 – 30	20 – 30
Faktor harian maksimum	1,15-1,25	1,15-1,25	1,15-1,25	1,15-1,25	1,15-1,25
Faktor jam puncak	1,65-2,0	1,65-2,0	1,65-2,0	1,65	1,65
Sisa tekanan di Penyediaan air (mka)	10	10	10	10	10
Jam operasi	24 jam	24 jam	24 jam	24 jam	24 jam

(Sumber : Ditjen cipta karya DPU)

2.4.2. Kebutuhan Air *Non Domestik*

Standar kebutuhan air *non domestik* yaitu kebutuhan air bersih diluar keperluan rumah tangga. Standar kebutuhan air *non domestik* menurut SNI 19-6728-2002 dapat dilihat pada tabel 2.3 berikut ini :

Tabel 2.3 Standar kebutuhan air non domestik

No	Jenis Fasilitas	Kebutuhan air	Satuan
1	Masjid	20	l/org /hari
2	Gereja	15	l/org /hari
3	Rumah sakit	200	l/tempat tidur /hari
4	Puskesmas	20	l/org /hari
5	Sekolah	10	l/org /hari

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.
 2. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
 3. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia.
 4. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
 5. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.
2. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
3. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia.
4. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
5. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Universitas Islam Indragiri

No	Jenis Fasilitas	Kebutuhan air	Satuan
6	Kantor	10	l/org /hari
7	Hotel	90	l/tempat tidur /hari
8	Terminal	1	l/org /hari
9	Pasar	12	l/org /hari
10	Rumah Makan	100	l/pegawai /hari
11	Komplek militer	60	l/org /hari

(Sumber : SNI 19-6728-2002)

Tabel 2.4 Kebutuhan air non domestik untuk kategori kota I, II, III, IV

No	Jenis Fasilitas	Kebutuhan air	Satuan
1	Sekolah	10	l/murid /hari
2	Rumah sakit	200	l/bed /hari
3	Puskesmas	2.000	l/org /hari
4	Masjid	3.000	l/org /hari
5	Perkantoran	10	l/pegawai /hari
6	Pasar	12.000	l/hektar /hari
7	Hotel	150	l/bed /hari
8	Rumah makan	100	l/tempat duduk /hari
9	Komplek militer	60	l/org /hari
10	Kawasan industry	0,2-0,8	l/dtk/hari
11	Kawasan pariwisata	0,1-0,3	l/tdk /hari

(Sumber : SNI 19-6728-2002)

Tabel 2.5 Kebutuhan air non domestik untuk kategori V (Desa)



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.
 2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
 3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Universitas Islam Indragiri

No	Jenis Fasilitas	Kebutuhan air	Satuan
1	Sekolah	5	l/murid /hari
2	Rumah sakit	200	l/bed /hari
3	Puskesmas	1.200	l/org /hari
4	Masjid	3.000	l/org /hari
5	Musholla	2.000	l/org /hari
6	Hotel	90	l/org /hari
7	Kawasan industri	10	l/org /hari

(Sumber : SNI 19-6728-2002)

2.4.3. Fluktuasi Kebutuhan Air

Kebutuhan air berfluktuasi harian, umumnya meningkat tajam di pagi hari (sekitar pukul 04.00-07.00) untuk aktivitas mandi dan bersih-bersih. Penggunaan air kemudian menurun pada siang hari (pukul 08.00-16.00), dan kembali meningkat di sore hari (pukul 16.00-19.00) untuk aktivitas serupa setelah beraktivitas.

Tabel 2.6 Pemakaian air tiap jam

Jam	Keofesien	Jam	Keofesien	Jam	Keofesien
1	0	9	0.86	17	2.29
2	0	10	1.14	18	1.14
3	0.29	11	1.43	19	1.14
4	0.57	12	1.43	20	0.86
5	1.14	13	1.71	21	0.57
6	1.71	14	1.43	22	0.57
7	2	15	0.86	23	0
8	1.14	16	1.71	24	0

(sumber : Triatmodjo,2016)



2.5. Perhitungan Kebutuhan Air Bersih

Perhitungan kebutuhan air didasarkan pada kebutuhan air rata-rata, yang umumnya dibedakan menjadi kebutuhan air rata-rata harian dan kebutuhan harian maksimum. Kebutuhan air total dihitung berdasarkan proyeksi pemakaian air untuk mendatang, ditambah dengan faktor kehilangan air (kebocoran) sebesar 20% hingga 30% dari kebutuhan rata-rata setiap pemakai. Kebutuhan air total ini selanjutnya digunakan untuk mengevaluasi apakah sumber air baku yang dipilih memadai untuk memenuhi perencanaan kebutuhan di masa depan.

2.5.1. Kebutuhan Air Rata-Rata

Kebutuhan air rata-rata untuk keperluan domestik dan non domestik termasuk kehilangan air. Kebutuhan harian rata-rata (Q_{rh}) seperti persamaan (2.5) berikut ini :

$$Q_{rh} = Q_{domestik} + Q_{non domestik} + Q_{kebocoran} \quad (2.5)$$

Dimana :

Q_{rh} = Kebutuhan harian rata-rata (l/detik)

$Q_{domestik}$ = Kebutuhan air domestik (l/detik)

$Q_{non domestik}$ = Kebutuhan air non domestik (l/detik)

$Q_{kebocoran}$ = Jumlah air yang bocor (l/detik)

2.5.2. Kebutuhan Air Harian Maksimum

Kebutuhan air harian maksimum merupakan jumlah pemakaian air tertinggi atau besar pada hari tertentu selama satu tahun, besarnya 1,15 kali kebutuhan harian rata-rata. Kebutuhan air harian maksimum (Q_{hm}) dengan rumus (2.6) berikut ini :

$$Q_{hm} = F_{hm} \cdot Q_{rh} \quad (2.6)$$

Dimana :

Q_{hm} = Kebutuhan air maksimum (l/detik)

F_{hm} = Faktor kebutuhan air maksimum

Q_{rh} = Kebutuhan harian rata-rata (l/detik)



2.5.3. Kebutuhan Air Jam Puncak

Kebutuhan air jam puncak merupakan jumlah pemakaian air tertinggi pada jam-jam tertentu selama periode satu hari, besarnya 1,65 kali kebutuhan harian rata - rata. Kebutuhan air jam puncak (Q_{jp}) dengan rumus (2.7) berikut ini :

$$Q_{jp} = F_{jp} \cdot Q_{hm} \quad (2.7)$$

Dimana :

- Q_{jp} = Kebutuhan air jam puncak (l/detik)
 F_{jp} = Faktor kebutuhan jam puncak
 Q_{hm} = Kebutuhan air hari maksimum (l/detik)

2.5.4. Kebutuhan Air Anti Kebocoran

Kehilangan air bersih adalah selisih antara air yang disalurkan dengan air yang sebenarnya sampai ke konsumen. Kehilangan ini bisa terjadi karena tiga hal utama :

1. Kehilangan yang Direncanakan: Air yang sengaja dibuang untuk keperluan operasional dan pemeliharaan sistem, serta sudah diperhitungkan dalam biaya.
2. Kehilangan Tak Terkendali: Air yang terbuang karena fasilitas konsumen yang bocor atau penggunaan yang tidak efisien, di luar kendali pengelola.
3. Kehilangan Insidental: Air yang hilang akibat kejadian tak terduga seperti bencana alam.

Kehilangan air bersih bisa mencapai 10-25% dari total pasokan, Kehilangan air ($Q_{kebocoran}$) dapat dihitung dengan rumus (2.8) berikut ini :

$$Q_{kebocoran} = 20\% \cdot Q \quad (2.8)$$

Dimana :

- $Q_{kebocoran}$ = Kehilangan air (l/detik)

2.6. Sistem Jaringan Pipa Air Bersih

Jaringan pipa adalah suatu sistem perpipaan terstruktur yang berfungsi sebagai alat transportasi untuk mendistribusikan fluida (cairan atau gas) dalam suatu instalasi, struktur, atau kawasan permukiman tertentu.



2.6.1. Jaringan Transmisi

Jaringan transmisi adalah suatu jaringan yang berfungsi untuk menyalurkan air baku dari sumber air ke reservoir. Kriteria teknis yang perlu diperhatikan dalam menentukan sistem transmisi perpipaan, berikut ini :

1. Sisa tekanan minimum yang harus tersedia 10 mka (meter kolam air).
2. Tekanan maksimum yang diperbolehkan 80 mka.
3. Bila tekanan melebihi 80 mka maka diperlukan bangunan pelepas tekanan.

2.6.2. Sistem Distribusi Air Bersih

Sistem distribusi air bersih adalah menghantarkan air bersih kepada para pelanggan yang akan dilayani, dengan tetap memperhatikan faktor kualitas, kuantitas dan tekanan air. Mendistribusikan air bersih pada dasarnya dapat dipakai salah satu sistem diantaranya yaitu :

2.6.3. Sistem Pengaliran Gravitasi

Sistem ini digunakan apabila elevasi sumber air baku atau pengolahan berada jauh diatas elevasi daerah layanan dan sistem ini dapat memberikan energi potensial yang cukup tinggi sehingga pada daerah layanan yang paling menguntungkan karena pengoperasian dan pemeliharaannya lebih murah.

2.6.4. Sistem Pemompaan

Sistem ini digunakan apabila elevasi antara sumber air atau instalasi dan daerah pelayanan tidak dapat memberikan tekanan air yang cukup, untuk debit tekanan yang diinginkan, sistem ini biasanya diterapkan pada daerah yang perbedaan elevasinya kecil.

2.6.5. Sistem Pengolahan Pengaliran Kombinasi

Sistem ini merupakan pengaliran air dimana air bersih dari sumber atau instalasi pengolahan akan di alirkan ke jaringan dengan menggunakan pompa reservoir distribusi baik dioperasikan secara bergantian atau bersama-sama. Reservoir ini berfungsi menampung air pada saat kebutuhan air minimum dan mendistribusikannya pada saat dibutuhkan. Tinggi reservoir yang cukup akan dapat menambah tinggi tekanan.

2.7. Hidraulika Aliran Jaringan Pipa

Jaringan pipa terbentuk dari pipa-pipa yang dihubungkan sedemikian rupa sehingga aliran keluar pada suatu titik bisa berhasil dari beberapa jalur pipa.



Sistem jaringan pipa banyak dijumpai pada jaringan suplai air bersih kota. Suatu jaringan kota sering rumit dan diperlukan suatu desain sistem distribusi yang efisien dan efektif sehingga kriteria besarnya tekanan dan debit pada setiap titik jaringan dapat dipenuhi.

2.7.1. Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran dalam pipa yang di izinkan adalah 0,3 – 4,5 m/detik, dimana hal ini akan disesuaikan dengan kondisi setempat mengenai kemiringan lahan maupun adanya penambahan tekanan dari adanya pemompaan. Kecepatan tidak boleh terlalu kecil sebab dapat menyebabkan endapan dalam pipa tidak terdorong, selain itu juga diameter pipa jadi berkurang karena adanya endapan itu dan akan membebani biaya perawatan. Kecepatan aliran terlalu tinggi maka akan berakibat korosi pada pipa dan juga menambah nilai *headloss* yang berakibat elevasi reservoirnya harus tinggi. Menghitung kecepatan digunakan rumus sebagai berikut :

$$Q = A.V \dots\dots\dots (2.9)$$

$$Q = 1/4 \pi .D^2 V \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :

Q = Debit aliran (m³ /detik)

V = Kecepatan aliran (m/detik)

A = Luas basah (m²)

D = Diameter pipa (m)

2.7.2. Hukum Bernoulli

Hukum bernoulli menyatakan bahwa tinggi energi total pada sebuah penampang pipa adalah jumlah energi kecepatan, energi tekanan dan energi ketinggian yang dapat ditulis sebagai berikut :

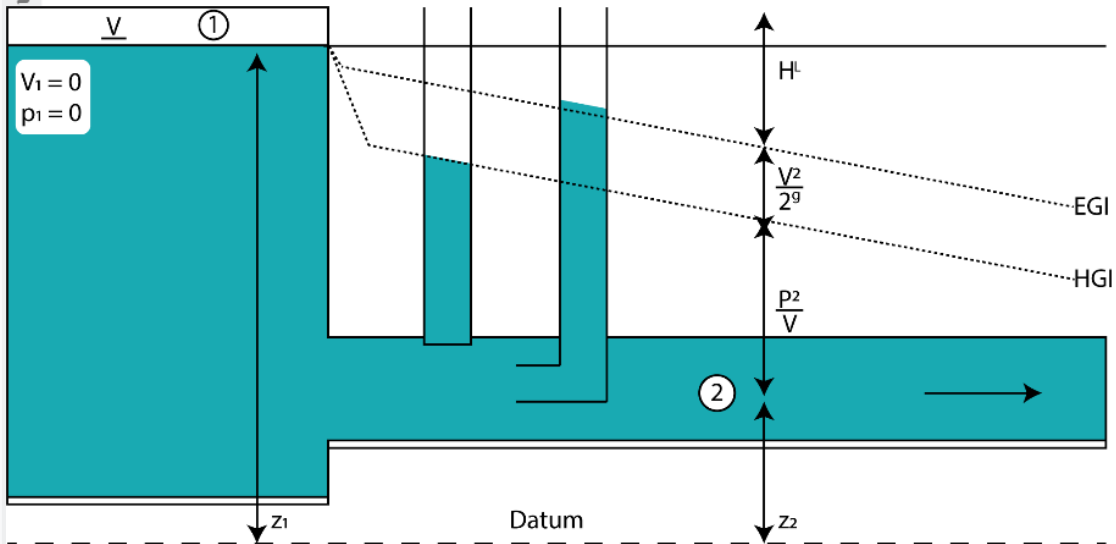
Etot = Energi ketinggian + Energi kecepatan + Energi tekanan

$$Etot = z + \frac{p}{\gamma w} + \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana :

$\frac{p}{\gamma w}$ = Tinggi tekan (m)

$\frac{v^2}{2g}$ = Tinggi energi (m)



Gambar 2.1 Diagram energi dan garis tekanan
 (Sumber : Haestad, 2002 : 267)

Hukum Kekekalan bernoulli pada gambar 2.1 dapat ditulis sebagai berikut
 (Haestad, 2002 : 267) :

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + zL \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana :

- $\frac{p_1}{\gamma}, \frac{p_2}{\gamma}$ = Tinggi tekan di titik 1 dan 2 (m)
- $\frac{v_1^2}{2g}, \frac{v_2^2}{2g}$ = Tinggi energi di titik 1 dan 2 (m)
- p_1, p_2 = Tekanan di titik 1 dan 2 (kg/m²)
- γ = Berat jenis air (kg/m³)
- v_1, v_2 = Kecepatan aliran di titik 1 dan 2 (m/detik)
- g = Percepatan gravitasi (m/detik²)
- z_1, z_2 = Kehilangan tinggi tekan dalam pipa (m)
- zL = Kehilangan tinggi tekan dalam pipa (m)

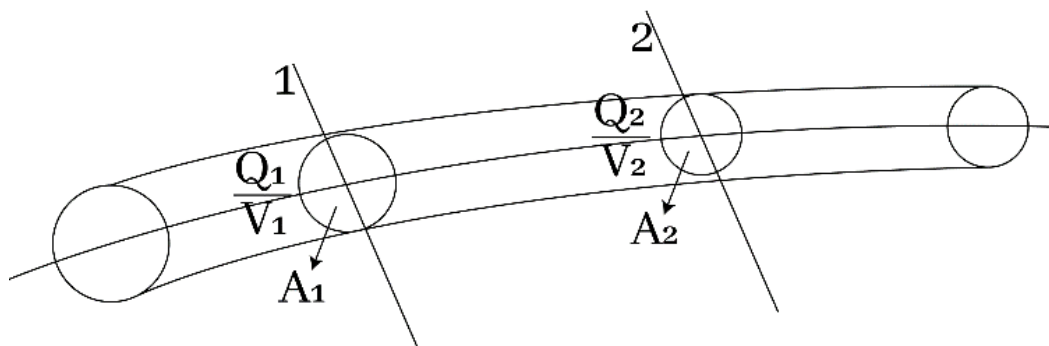
Gambar diatas, terlihat garis yang menunjukkan besarnya tinggi tekan air pada titik tinjauan yang dinamakan garis gradien hidrolis atau garis kemiringan hidrolis. Jarak vertikal antara pipa dengan gradien hidrolis menunjukkan tekanan yang terjadi dalam pipa. Perbedaan ketinggian antara titik 1 dan 2 merupakan kehilangan energi yang terjadi sepanjang penampang 1 dan 2. Persamaan diatas digunakan jika diasumsikan tidak ada kehilangan energi antara dua titik yang terdapat dalam aliran fluida, namun biasanya beberapa *head losses* terjadi antara dua titik. Jika *head losses* tidak diperhitungkan maka akan menjadi masalah dalam penerapannya dilapangan. *Head losses* dinotasikan dengan "*h_L*" maka persamaan bernoulli diatas dapat ditulis menjadi persamaan baru dirumuskan sebagai berikut ini :

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + h_L \quad (2.13)$$

Persamaan bernoulli dapat digunakan untuk menyelesaikan banyak permasalahan tipe aliran, biasanya untuk fluida inkompresibel tanpa adanya penambahan panas atau energi yang diambil dari fluida, namun persamaan ini tidak dapat digunakan untuk menyelesaikan aliran fluida yang mengalami penambahan energi untuk menggerakkan fluida oleh peralatan mekanik, misalnya pompa, turbin, dan peralatan lainnya.

2.7.3. Hukum Kontinuitas

Air yang mengalir dalam suatu pipa secara terus menerus yang mempunyai luas penampang dan kecepatan akan memiliki debit yang sama pada setiap penampangnya. Persamaan hukum kontinuitas menyatakan bahwa debit yang masuk ke dalam pipa sama dengan debit yang keluar.



Gambar 2.2 Aliran dengan penampang yang berbeda
 (Sumber : Triatmodjo 1996 :137)

$$A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2 \dots\dots\dots(2.14)$$

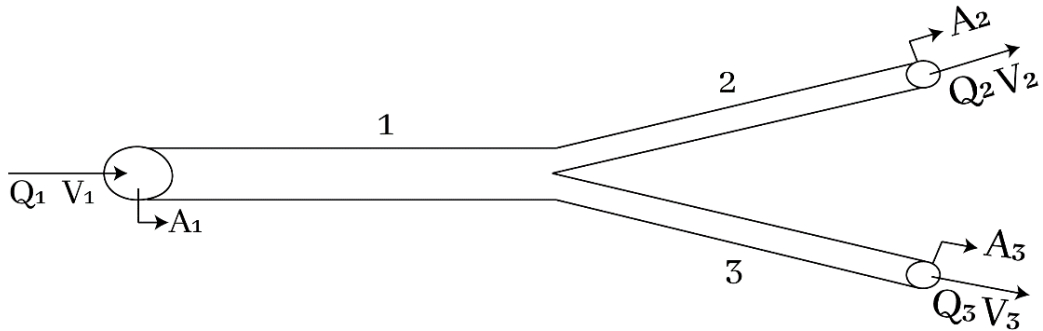
Atau

$$Q = A \cdot V \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana :

- Q = Debit yang mengalir pada suatu penampang pipa ($m^3/detik$)
A = Luas penampang (m^2)
V = Kecepatan aliran ($m/detik$)

Aliran percabangan pipa juga berlaku hukum kontinuitas dimana debit yang masuk pada suatu pipa sama dengan debit yang keluar pipa, diilustrasikan sebagai berikut :



Gambar 2.3 Persamaan kontinuitas pada pipa bercabang
(Sumber : Triatmodjo 1996 :137)

Hukum kontinuitas pada pipa bercabang dapat diuraikan sebagai berikut
(Triatmodjo, 1996 : 137) :

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 \dots\dots\dots(2.16)$$

Atau

$$A_1 \cdot V_1 = (A_2 \cdot V_2) + (A_3 \cdot V_3) \dots\dots\dots(2.17)$$

Dimana :

- Q1, Q2, Q3 = Debit pada potongan 1, 2 dan 3 ($m^3/detik$)
V1, V2, V3 = Kecepatan pada potongan 1, 2 dan 3 ($m/detik$)
A1, A2, A3 = Luas penampang pada potongan 1, 2 dan 3 (m^2)

Hukum kontinuitas digunakan untuk menyeimbangkan kapasitas aliran dan volume untuk sebuah jaringan fluida. Asumsikan fluida merupakan inkompresibel dengan massa jenis (ρ) konstan :



$$\rho = m v \dots\dots\dots(2.18)$$

Dimana :

ρ = Massa jenis (kg/m^3)

m = Massa (kg)

v = Volume (m^3)

2.7.4. Aliran Laminer dan Turbulen

Aliran laminer partikel - partikel zat cair bergerak teratur mengikuti lintasan yang saling sejajar, aliran ini terjadi apabila kecepatan kecil atau kekentalan besar, Sedangkan dalam aliran turbulen gerakan partikel - partikel zat cair tidak teratur, Aliran ini terjadi apabila kecepatan besar atau kekentalan zat cair kecil. (Triatmodjo,2003)

Berdasarkan pada percobaan aliran dalam pipa, reynolds menetapkan bahwa untuk angka reynolds di bawah 2.000, gangguan aliran dapat diredam oleh kekentalan zat cair, dan aliran pada kondisi tersebut adalah laminer. Aliran akan turbulen apabila angka reynolds lebih besar 4.000 apabila angka reynolds berada diantara kedua nilai tersebut ($2000 < Re < 4000$) aliran adalah transisi. Angka reynolds pada kedua nilai diatas ($Re = 2000$ dan $Re = 4000$) disebut dengan batas kritik bawah dan atas.

Menurut reynolds, ada tiga faktor yang mempengaruhi keadaan aliran yaitu kekentalan zat cair μ (mu), rapat massa zat cair ρ (roh) dan diameter pipa D. Hubungan antara μ , ρ dan D yang mempunyai dimensi sama dengan kecepatan adalah $\mu/\rho D$ yang disebut angka reynolds. Angka ini mempunyai bentuk yaitu :

$$Re = \frac{v}{\frac{\mu}{\rho D}} = \frac{\rho D v}{\mu} \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana :

μ = Viskositas dinamik (pa.detik)

D = Diameter dalam pipa (m)

v = Kecepatan aliran fluida (m/dettk)

ρ = Rapat massa (kg/m^3)

Viskositas dinamik dibagi dengan massa jenis fluida merupakan viskositas kinematik (ν) maka bilangan reynolds dapat juga dinyatakan berikut ini :



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.
Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

$$Re = \frac{VD}{\nu} \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana :

D = Diameter dalam pipa (m)

v = Kecepatan aliran fluida (m/detik)

ν = Viskositas kinematik ($m^2/detik$)

Tabel 2.7 Nilai viskositas kinematik

Suhu (°C)	Viskositas Kinematik $m^2/detik$
0	$1,79 \times 10^{-6}$
5	$1,52 \times 10^{-6}$
10	$1,31 \times 10^{-6}$
15	$1,14 \times 10^{-6}$
20	$1,00 \times 10^{-6}$
25	$0,89 \times 10^{-6}$
30	$0,80 \times 10^{-6}$
35	$0,72 \times 10^{-6}$
40	$0,66 \times 10^{-6}$

(Sumber : Bambang Triatmodjo, 2008 : 21)

2.8. Kehilangan Tinggi Tekan (*Head Losses*)

Air yang mengalir dalam jalur pipa akan mengalami kehilangan energi (*energy grade line*), hilangnya energi tersebut secara garis besar dibedakan menjadi 2 bagian utama yaitu *major losses* dan *minor losses*. (Triatmodjo, 2008: 109)

2.8.1. Kehilangan Tinggi Tekan Mayor (*Major Losses*)

Fluida yang mengalir didalam pipa akan mengalami tegangan geser dan gradien kecepatan pada seluruh medan. Tegangan geser tersebut akan menyebabkan terjadinya kehilangan tenaga selama pengaliran (Triatmodjo 2003:25).

Tegangan geser yang terjadi pada dinding pipa merupakan penyebab utama menurunnya garis energi pada suatu aliran (*major losses*) selain bergantung pada jenis pipa. Beberapa teori untuk menghitung besarnya kehilangan tinggi tekan mayor (Haestad, 2001 : 278).



1. Persamaan Hazen-Williams

Persamaan Hazen-Williams secara empiris menyatakan bahwa debit yang mengalir didalam pipa adalah sebanding dengan diameter pipa dan kemiringan hidrolis (S) yang dinyatakan sebagai kehilangan tekanan (HL) dibagi dengan panjang pipa (L).

$$V = 0,85.C_{hw}R^{0,63}S^{0,54} \dots\dots\dots(2.21)$$

dimana :

- Q = Debit aliran pada pipa (m³ /detik)
V = Kecepatan pada pipa (m/detik)
0.85 = Konstanta
Chw = Koefisien kekasaran Hazen-Williams
A = Luas penampang aliran (m²)
R = Jari-jari hidrolis (m)

$$= \frac{A}{P} = \frac{1/4 \pi D^2}{\pi D}$$

R = D/4
S = Kemiringan garis energi (m/m)
= hf /L

Untuk Q = V/A, didapat persamaan kehilangan tinggi tekan mayor menurut Hazen-Williams (Webber 1971 : 121) :

$$hf = k.Q^{1.85} \dots\dots\dots(2.22)$$

$$k = x = \frac{10,67 L}{C_{hw}^{1,85} D^{4,87}} \dots\dots\dots(2.23)$$

Dimana:

- hf = Kehilangan tinggi tekan mayor (m)
d = Diameter pipa (m)
k = Koefisien karakteristik pipa
L = Panjang pipa dari node 1 ke node 2 (m)
Q = Debit aliran pada pipa (m³/detik)
chw = Koefisien kekasaran Hazen-William

Tabel 2.8 Koefisien kekasaran pipa menurut Hazen-Williams



No.	Jenis Pipa	Nilai kekasaran pipa (Chw)
1.	<i>Asbes Cement (ACP)</i>	120
2.	UPVC	120
3.	<i>High</i> HDPE	130
4.	<i>Medium</i> HDPE	130
5.	<i>Ductile</i> (DCIP)	110
6.	PVC	150
7.	GIP	110
8.	Baja	110
9.	<i>Pre-streessm</i>	120

(Sumber : DPUD Jenderal Cipta Karya 1987 : 8 dari 14)

2. Persamaan Darcy -Weisbach.

Persamaan Darcy-Weisbach dengan perumusan koefisien f. Perumusan ini dipakai untuk aliran yang laminar sehingga lebih cocok untuk pipa dengan diameter kecil yaitu < 100 mm, tetapi untuk pipa diameter besar biasa dipakai persamaan Hazen-Williams.

$$H_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (2.24)$$

Aliran reynolds < 2000 menggunakan persamaan berikut :

$$F = \frac{64}{Re} \dots\dots\dots (2.25)$$

Aliran reynolds 4000-100.000 menggunakan persamaan berikut :

$$F = \frac{0,316}{Re^{0,25}} \dots\dots\dots (2.26)$$

Dimana :

- hf = Headloss akibat gesekan (meter)
- f = Faktor gesek (tak berdimensi)
- l = Panjang pipa (meter)
- d = Diameter pipa (meter)
- v = Kecepatan aliran (m/detik)
- g = Percepatan gravitasi (m/detik²)



2.8.2. Kehilangan Tinggi Tekan Minor (*Minor Losses*)

Kehilangan tinggi tekan minor ini disebabkan oleh adanya perubahan mendadak dari ukuran penampang pipa yang menyebabkan turbulensi, belokan-belokan, adanya katup dan berbagai jenis sambungan., tidak menutup kemungkinan kehilangan energi minor dapat berpengaruh lebih besar dari pada mayor. Kehilangan energi minor juga harus diperhatikan dan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$h_f = K \frac{Q}{2A^2 g} \dots\dots\dots(2.27)$$

$$h_f = K \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(2.28)$$

Dimana :

- hf = Kehilangan energi minor (m)
- v = Kecepatan aliran (m/detik)
- g = Percepatan gravitasi (m/detik²)
- K = Koefisien kehilangan energi minor

Tabel 2.9 Nilai K akibat pengaruh belokan pada pipa

α	5°	10°	15°	30°	45°	60°	90°
K	0,002	0,008	0,018	0,076	0,375	0,790	0,980

(Sumber : Bambang triatmodjo,2003)

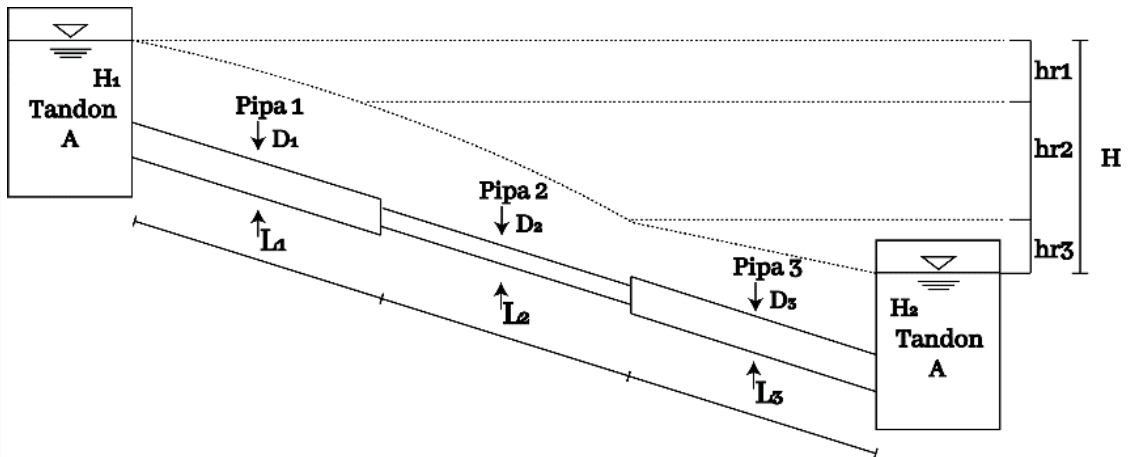
2.9. Mekanisme Pengaliran Dalam Pipa

Sistem perpipaan berfungsi untuk mengalirkan zat cair dari satu tempat ke tempat yang lain. Aliran terjadi karena adanya perbedaan tinggi tekanan dikedua tempat yang bisa terjadi karena adanya perbedaan *elevasi* muka air atau karena digunakannya pompa. Beberapa contoh sistem perpipaan adalah pengaliran minyak antar kota/daerah, pipa pembawa dan pipa pesat dari waduk ke turbin pembangkit listrik tenaga air, jaringan air minum diperkotaan dan sebagainya

Pengaliran air dalam pipa pada jaringan distribusi air bersih dapat dibagi menjadi tiga bagian yaitu :

2.9.1. Pipa Sistem Seri

Hubungan seri, debit aliran disemua titik adalah sama sedangkan kehilangan tekanan disemua titik berbeda. Hal tersebut ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.4 Hubungan pipa seri
(Sumber : Triatmodjo, 2003 : 74)

Persamaan kontinuitasnya dapat dituliskan sebagai berikut
(Triatmodjo, 2003: 74) :

$$Q = Q_1 = Q_2 = Q_3 \dots\dots\dots (2.29)$$

Total kehilangan tekanan pada pipa yang terpasang secara seri dirumuskan sebagai berikut (Triatmodjo, 1996 : 74) :

$$H = H_{f1} + H_{f2} + H_{f3} \dots\dots\dots (2.30)$$

Dimana :

- Q = Total debit pada pipa yang terpasang secara seri ($m^3/detik$)
- Q_1, Q_2, Q_3 = Debit pada tiap pipa ($m^3/detik$)
- H = Total kehilangan tekan pada pipa yang terpasang secara seri (m)
- H_{f1}, H_{f2}, H_{f3} = Kehilangan tekan pada tiap pipa (m)

2.9.2. Pipa Sistem Paralel

Keadaan dimana aliran melalui dua atau lebih pipa dihubungkan secara paralel seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.5 maka persamaan kontinuitasnya dapat dituliskan sebagai berikut (Triatmodjo, 2003 : 78) :

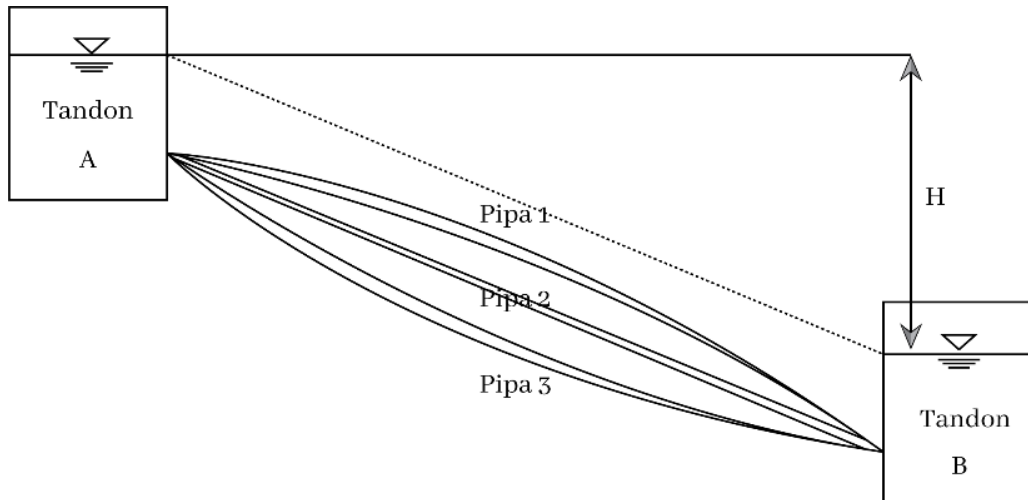
$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \dots\dots\dots (2.31)$$

Persamaan energi untuk pipa sambungan paralel :

$$H = H_{f1} = H_{f2} = H_{f3} \dots\dots\dots(2.32)$$

Dimana :

- Q = Total debit pada pipa yang terpasang secara paralel ($m^3/detik$)
 Q_1, Q_2, Q_3 = Debit pada tiap pipa ($m^3/detik$)
 H_{f1}, H_{f2}, H_{f3} = Kehilangan tekan pada tiap pipa (m)
H = Total kehilangan tekan pada pipa yang terpasang secara paralel (m)

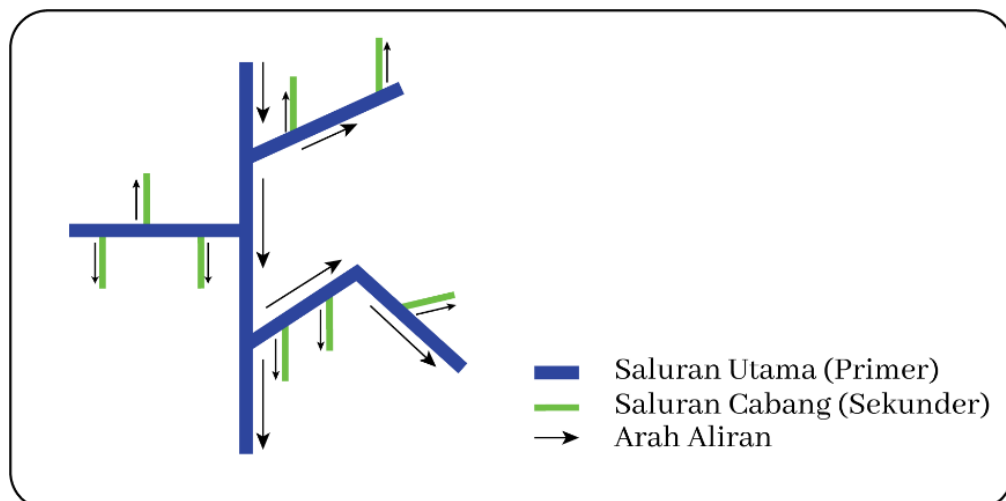


Gambar 2.5 Hubungan pipa paralel
(Sumber : Triatmodjo, 2003 : 79)

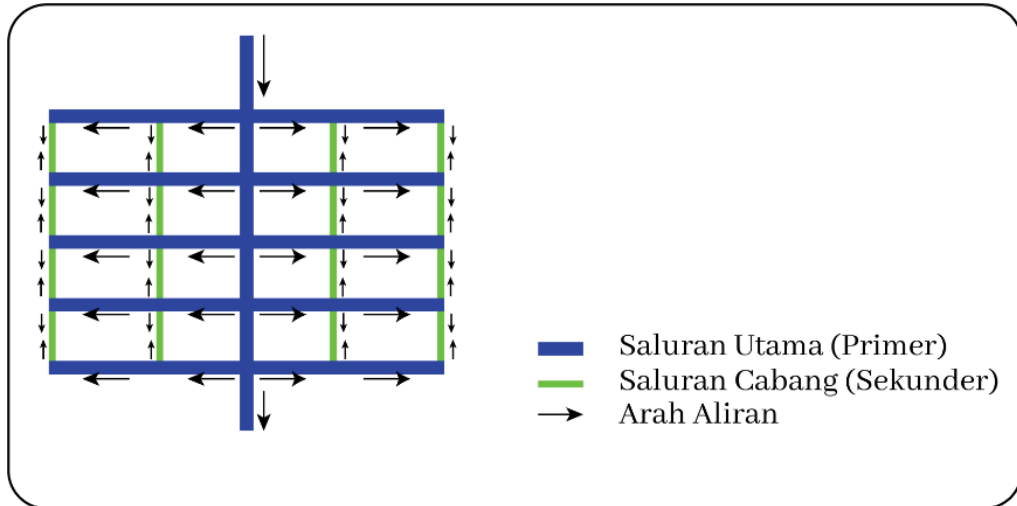
2.9.3. Sistem Jaringan Distribusi

Tata letak distribusi ditentukan oleh kondisi topografi daerah layanan dan lokasi instalasi pengolahan biasanya diklasifikasikan sebagai :

1. Sistem bercabang (*Branch sistem*)



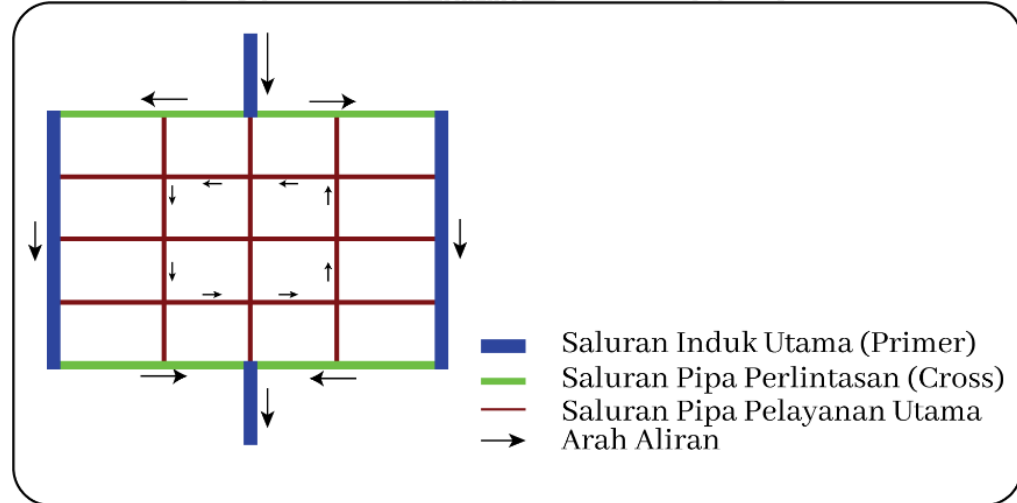
Gambar 2.6 Sistem Cabang (*branch*)
(Sumber : Tri Joko,2010)



2. Sistem *gridiron*

Gambar 2.7 Sistem Gridiron
(Sumber : Tri Joko,2010)

3. Sistem melingkar



Gambar 2.8 Sistem Melingkar
(Sumber : Tri Joko,2010)

2.10. Sistem Perpipaan Distribusi

Sistem pipa distribusi ada beberapa macam yang sering digunakan dalam mendesain sistem distribusi air bersih, sebagai berikut :



2.10.1. Pipa Sekunder (*Arterial Main Pipe*)

Pipa sekunder merupakan pipa yang disambungkan langsung pada pipa primer dan mempunyai diameter yang sama atau lebih kecil dari pipa primer.

2.10.2. Pipa Primer atau Pipa Induk (*Supply Main Pipe*)

Pipa ini merupakan pipa yang berfungsi membawa air dari instalasi pengolahan atau reservoir distribusi ke suatu daerah pelayanan.

2.10.3. Pipa Tersier

Pipa ini berfungsi untuk melayani pipa servis karena pemasangan langsung pipa servis pada pipa primer sangat tidak menguntungkan, mengingat dapat tergantungnya pengaliran air pipa dan lalu lintas di daerah pemasangan. Pipa tersier dapat disambungkan langsung pada pipa sekunder atau pipa primer.

2.10.4. Pipa Servis

Pipa servis merupakan pipa yang dihubungkan langsung pada pipa sekunder atau tersier yang kemudian dihubungkan pada sambungan rumah (SR). Pipa ini memiliki diameter relatif kecil.

2.11. Komponen Sistem Jaringan Pipa

Komponen Sistem Jaringan Pipa adalah elemen-elemen fisik yang saling terhubung dan bekerja sama dalam suatu instalasi untuk mengangkut dan mendistribusikan fluida (cairan atau gas) dari sumber ke titik pemakaian, yang meliputi pipa, sambungan, katup, pompa, dan aksesoris kontrol lainnya.

2.11.1. Jenis - Jenis Pipa

Distribusi air bersih dalam pemilihan jenis pipa merupakan salah satu hal penting yang harus dipertimbangkan. Keuntungan dan kerugian jenis pipa dapat dilihat pada tabel 2.10 menurut PERMEN PU NOMOR : 18/PRT/M/2007.

Tabel 2.10 Jenis-jenis pipa.

Jenis Pipa	Keuntungan	Kerugian
Besi Tuang	Murah, mudah disambungkan, dan tahan karat	Berat, biaya transportasi
PVC	Ringan, mudah diangkut dan dipasang, tidak bereaksi dengan air	Tekanan rendah



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.
Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Universitas Islam Indragiri

Jenis Pipa	Keuntungan	Kerugian
HDPE	Ringan, mudah diangkut dan dipasang tidak bereaksi dengan air, mencapai 100 m tanpa sambungan kalau diameter kecil	Tekanan rendah
Besi Galvanis	Tekanan tinggi	Berat, transportasi instalasi lebih mahal

(Sumber : SNI 19-6728-2002)

2.11.2. Alat Sambung

Alat sambung (aksesoris) atau penyambungan pipa adalah keterbatasan panjang dan pipa yang dijual di pasaran, sehingga dalam pekerjaan suatu instalasi tidak bisa terlepas dari kegiatan penyambungan. aksesoris yang digunakan pada instalasi penyediaan air bersih yaitu, sebagai berikut :

1. *Tee`* : Berfungsi untuk menyambungkan jalur pipa distribusi pada persimpangan jalan.
2. *Bend Flange 90°* : Digunakan untuk membelokkan arah aliran yang beradius besar atau 90°
3. *Increaser* : Penyambung pipa berdiameter kecil ke pipa yang berdiameter lebih besar.
4. *Reducer* : Penyambung pipa yang lebih besar ke pipa yang lebih kecil.
5. *Flange Joint* : Digunakan untuk pipa bertekanan tinggi, untuk sambungan yang dekat dengan pompa perlu disiapkan *packing* diantara *flange* untuk mencegah kebocoran.
6. *Valve Flange* : Digunakan untuk mengatur debit air pada pipa.
7. *Flange Socket* : Digunakan untuk menyambungkan pipa distribusi pada koneksi *Tee All Flange* ke pipa distribusi.
8. *Stop Kran* : Berfungsi untuk mengatur aliran dan bisa juga digunakan untuk menutup aliran pada saat perbaikan (dipasang sebelum meteran).
9. *Meter air* : Berfungsi untuk mencatat penggunaan air.



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.
Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia.
Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

2.11.3. Pompa

Pompa merupakan alat yang dapat menghasilkan energi untuk memindahkan fluida dari suatu tempat ke tempat lain yang memiliki elevasi lebih tinggi. Berikut beberapa jenis yang umum :

1. Pompa *Sentrifugal*

Pompa ini bekerja berdasarkan prinsip gaya sentrifugal. Cairan masuk ke pusat impeler yang berputar, lalu didorong ke arah luar oleh gaya sentrifugal, menghasilkan tekanan dan aliran.

2. Pompa *Multistage*

Pompa ini memiliki beberapa impeler yang terhubung secara seri. Setiap impeler meningkatkan tekanan cairan secara bertahap, sehingga pompa *multistage* mampu menghasilkan tekanan yang lebih tinggi dibandingkan dengan pompa *sentrifugal* tunggal.

3. Pompa *Submersible*

Pompa ini dirancang untuk beroperasi di dalam cairan. Pompa *submersible* sering digunakan untuk memompa air dari sumur atau reservoir bawah tanah.

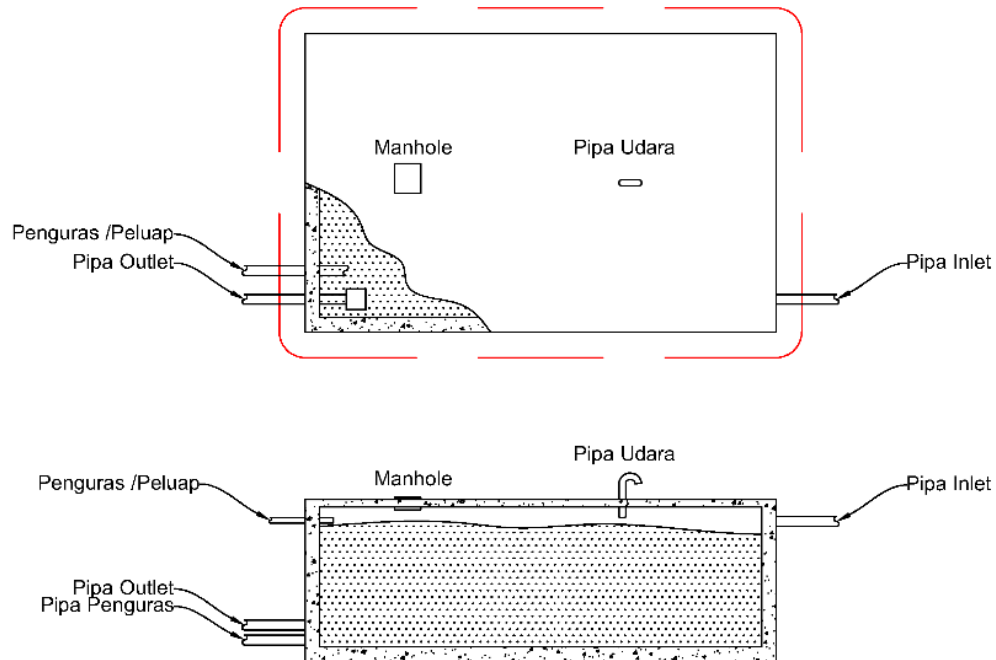
4. Pompa Piston.

Pompa ini bekerja dengan menggunakan piston yang bergerak maju mundur di dalam silinder. Gerakan piston menciptakan tekanan yang mendorong cairan keluar.

2.12. Bak Penampung (*Reservoir*)

Bak Penampung adalah suatu struktur penyimpanan tertutup (tangki) atau wadah terbuka (danau buatan) yang dirancang untuk menampung dan menstabilkan pasokan fluida sebelum didistribusikan atau digunakan, berfungsi untuk menyeimbangkan fluktuasi permintaan harian dan memberikan tekanan yang memadai pada jaringan.

1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.
 2. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
 3. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia.
- Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.



2.12.1. Reservoir Permukaan (Ground Reservoir)

Reservoir permukaan adalah *reservoir* yang sebagian besar atau seluruh *reservoir* tersebut terletak di bawah permukaan tanah.

Gambar 2.9 Reservoir permukaan
(Sumber : PU.cipta karya, 2000)

2.12.2. Reservoir Menara (Elevated Reservoir)

Reservoir yang seluruh bagian penampungan dari *reservoir* tersebut terletak lebih tinggi dari permukaan tanah sekitarnya. Adapun persamaan untuk menentukan kapasitas *reservoir* yang akan digunakan adalah sebagai berikut :

$$Q_{Reservoir} = 20\% \times Q_{max} \dots \dots \dots (2.33)$$

Dimana :

$Q_{Reservoir}$ = Kapasitas reservoir (Hari)

20% = Penggunaan reservoir 10 – 20% (Hari)

Q_{max} = Kebutuhan air total (Hari)



Gambar 2.10 Reservoir Menara
(Sumber : <https://aladintirta.blogspot.com/2011,2025>)

2.13. Aplikasi Epanet 2.2

Epanet 2.2 adalah program komputer yang menggambarkan simulasi hidrolis dan kecenderungan kualitas air yang mengalir di dalam jaringan pipa. Jaringan itu sendiri terdiri dari Pipa, *Node* (titik koneksi pipa), pompa, katub, dan tangki air atau reservoir. *Epanet 2.2* menjajaki aliran air di tiap pipa, kondisi tekanan air di tiap titik dan kondisi konsentrasi bahan kimia yang mengalir di dalam pipa selama dalam periode pengaliran. Sebagai tambahan usia air (*water age*) dan pelacakan sumber dapat juga disimulasikan. (Lewis A. Rossman, 2000)

2.13.1. Kegunaan *Epanet 2.2*

air. *Epanet 2.2* adalah alat bantu analisis hidrolis yang didalamnya terkandung kemampuan seperti :

1. Kemampuan analisa yang tidak terbatas pada penempatan jaringan.
2. Perhitungan harga kekasaran pipa menggunakan persamaan *HazenWilliams*, *Darcy Weisbach*, atau *Chezy-Manning*.



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.
Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Universitas Islam Indragiri

3. Termasuk juga *minor head losses* untuk *bend, fitting*.
4. Pemodelan terhadap kecepatan pompa yang konstan maupun variable
Menghitung energi pompa dan biaya (*cost*).
5. Pemodelan terhadap variasi tipe dari *valve* termasuk *shutoff, check, pressure regulating*, dan *flow control valve*.
6. Tersedia tangki penyimpan dengan berbagai bentuk (seperti diameter yang bervariasi terhadap tingginya).
7. Memungkinkan dimasukkannya kategori kebutuhan (*demand*) ganda pada *node*, masing-masing dengan pola tersendiri yang bergantung pada variasi waktu.
8. Model *pressure* yang bergantung pada pengeluaran aliran dari *emitter* (*Sprinkler head*).
9. Dapat dioperasikan dengan sistem dasar pada tangki sederhana atau kontrol waktu, dan pada kontrol waktu yang lebih kompleks.

Dibutuhkan beberapa item untuk dapat menjalankan *Epanet 2.2* sehingga didapatkan hasil yang sesuai, antara lain :

1. *Link* : dapat berupa; pipa, pompa atau katup kontrol
2. *Node* : dapat berupa; *junction, tank*, atau *reservoir*.
3. *Curve* : menggambarkan grafik atau pola pengerjaan yang dapat berupa kurva pompa dan kurva efisiensi.

Data yang dibutuhkan dalam pengerjaan program *Epanet 2.2* antara lain : peta jaringan, elevasi wilayah *node/junction* panjang pipa diameter pipa jenis pipa besar debit masing-masing node faktor fluktuasi pemakaian air Sedangkan data yang dapat dihasilkan antara lain; hidrolik *head* masing-masing titik, tekanan air, *flow* (aliran), *velocity* (kecepatan), *unit headloss* dan *pipe*.

2.13.2. Tahapan-Tahapan Dalam Penggunaan Epanet 2.2

Software Epanet 2.2 untuk menjalankan ada beberapa tahapan yang harus dilakukan yaitu sebagai berikut :

1. Mengatur proyek
2. Menggambar Jaringan
3. Mengatur objek *properties*



4. Menjalankan analisis periode tunggal
5. Menggabungkan komponen fisik

2.14. Rencana Anggaran Biaya

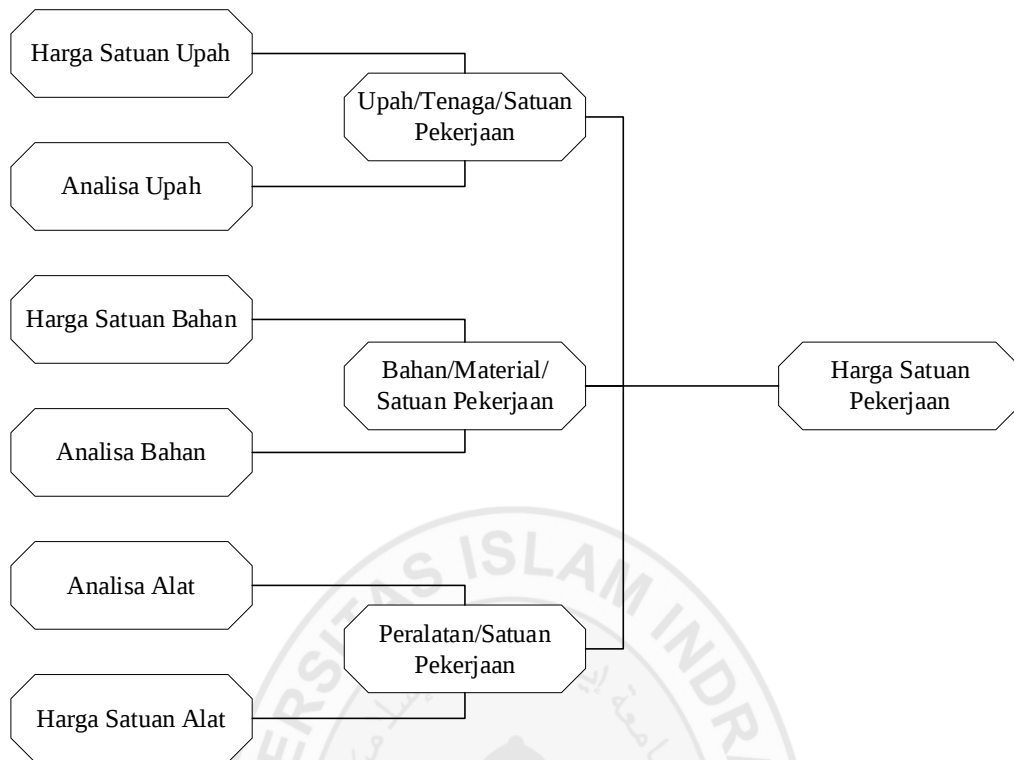
Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah estimasi biaya yang dilakukan oleh konsultan perencanaan, berdasarkan gambar rencana dan spesifikasi bangunan, RAB merupakan susunan dari berbagai sub biaya pembangunan maupun renovasi, setiap harga satuan kerja di dalam RAB sudah mengandung komponen-komponen biaya umumnya berdasarkan analisa harga satuan pekerjaan (AHSP) yang berlaku di setiap daerah. Unsur-unsur analisa harga satuan sudah termasuk seperti biaya upah pekerjaan proyek, biaya bahan bangunan/material, biaya pemeliharaan, dan biaya antisipasi, adapun fungsi Rencana Anggaran Biaya (RAB) bagi *owner* atau pemilik pekerjaan, yaitu :

1. Alat bantu dalam menentukan besarnya biaya yang harus dikeluarkan untuk pembangunan atau pelaksanaan suatu pekerjaan.
2. Pengaturan perputaran pembiayaan.
3. Sebagai alat bantu dalam melakukan penelitian atau perbandingan dalam menentukan kelayakan harga penawaran kontraktor.
4. Sebagai alat pengukur kelayakan suatu pekerjaan secara ekonomi.
5. Sebagai alat bantu menghitung kemajuan pekerjaan atau progress dari suatu proyek.
6. Sebagai dokumen yang menguatkan kontrak pekerjaan proyek.

Komponen penyusun RAB :

1. Biaya Langsung
 - a. Kebutuhan Material (Unsur Bahan).
 - b. Kebutuhan Tenaga Kerja (Unsur Upah).
 - c. Biaya Peralatan.
2. Biaya Tidak Langsung
 - a. Biaya Umum.
 - b. Biaya Proyek.

1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.
2. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.



Gambar 2.11 Skema Harga Satuan Pekerjaan
(Sumber : Ibrahim, 1993)

Susunan Rencana Anggaran Biaya (RAB) berikut ini dapat dilihat dengan jelas bahwa biaya (anggaran) adalah jumlah dari masing-masing hasil perkalian volume dengan harga satuan pekerjaan yang bersangkutan. Secara umum dapat disimpulkan dengan rumus akhir untuk perhitungan RAB, sebagai berikut :

$$RAB = \Sigma(VOLUME \times HARGA SATUAN PEKERJAAN).....(2.34)$$