

BAB II STUDI PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum

Dalam perencanaan pekerjaan suatu konstruksi selalu dibutuhkan kajian pustaka sebab dengan kajian pustaka dapat ditentukan spesifikasi-spesifikasi yang menjadi acuan dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi tersebut.

Perencanaan jaringan sarana air bersih di daerah Kabupaten Kendal perlu dilakukan kajian pustaka untuk mengetahui:

1. Jumlah penduduk dan prediksi penduduk
2. Kebutuhan air RKI
3. Water balance dan debit andalan
4. Dimensi dan perhitungan hidrolis pipa dengan software EPANET
5. Dimensi reservoir
6. Stabilitas Struktur
7. Penentuan posisi (x,y,z) dengan GPS
8. Penggambaran route pipa transmisi dan distribusi dengan SIG dan AutoCAD

Data-data tersebut diperlukan untuk menunjang Sistem Informasi Berbasis Pemetaan dan Geografi.

Kajian pustaka dalam perencanaan hidrolis jaringan sarana air bersih meliputi:

2.2. Syarat-Syarat Mutu Air

Air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari dan akan menjadi air minum setelah dimasak terlebih dahulu. Sebagai batasannya, air bersih adalah air yang memenuhi persyaratan bagi sistem penyediaan air minum, dimana persyaratan yang dimaksud adalah persyaratan dari segi kualitas air yang meliputi kualitas fisik, kimia, biologis dan radiologis, sehingga apabila dikonsumsi tidak menimbulkan efek samping (Ketentuan Umum Permenkes No. 416/Menkes/PER/IX/1990)

Air harus memenuhi syarat-syarat agar air tersebut layak dikonsumsi dan dapat memenuhi kebutuhan masyarakat akan air pada masa sekarang dan pada masa mendatang. Syarat-syarat tersebut adalah:

- Syarat kuantitas air bersih
- Syarat kualitas air bersih
- Syarat kontinuitas air bersih

2.2.1. Syarat Kuantitas Air Bersih

Syarat kuantitas air bersih artinya air bersih harus memenuhi standar yang disebut standar kebutuhan air. Standar kebutuhan air adalah kapasitas air yang dibutuhkan secara normal oleh manusia untuk memenuhi hajat hidupnya sehari-hari. Standar kebutuhan air diperhitungkan berdasarkan pengamatan pemakaian air bersih dalam kehidupan sehari-hari para konsumen. Kuantitas air bersih harus dapat dimaksimalkan untuk memenuhi kebutuhan air bersih pada masa sekarang dan masa mendatang. Standar kebutuhan air ada dua macam yaitu:

A Standar Kebutuhan Air Domestik

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

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
Yaitu penggunaan air oleh badan-badan komersial dan industri-industri
- Penggunaan umum
Yaitu penggunaan air untuk bangunan-bangunan atau fasilitas umum, misalnya 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)

Tabel 2.1 Kriteria Perencanaan Sektor Air Bersih

NO	URAIAN	KATEGORI KOTA BERDASAR JUMLAH 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) L/o/h	190	170	130	100	80
2	Konsumsi Unit Hidran Umum (HU) L/o/h	30	30	30	30	30
3	Konsumsi Unit Non Domestik l/o/h (%)	20-30	20-31	20-32	20-33	20-34
4	Kehilangan air (%)	20-30	20-31	20-32	20-33	20-34
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	200
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)	20	20	20	20	20
12	SR : HU	50:50 80:20	50:50 80:20	80:20	70:30	70:30
13	Cakupan Pelayanan (%)	90	90	90	90	70

Sumber : Ditjen Cipta Karya Dep PU

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

SEKTOR	NILAI	SATUAN
Sekolah	10	liter/murid/hari
Rumah Sakit	200	liter/bed/hari
Puskesmas	2000	liter/hari
Masjid	3000	liter/hari
Kantor	10	liter/pegawai/hari
Pasar	12000	liter/hektar/hari
Hotel	150	liter/bed/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 Dep PU

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	90	liter/hari
Kawasan Industri	10	liter/hari

Sumber : Ditjen Cipta Karya Dep PU

Tabel 2.4 Kebutuhan Air Non Domestik Kategori Lain

SEKTOR	NILAI	SATUAN
Lapangan Terbang	10	l/det
Pelabuhan	50	l/det
Stasiun KA-Terminal Bus	10	l/det
Kawasan Industri	0,75	l/det/Ha

Sumber : Ditjen Cipta Karya Dep PU

2.2.2. Syarat Kualitas Air Bersih

Syarat kualitas air bersih artinya air harus memenuhi syarat-syarat yang mencakup sifat-sifat fisika dan sifat-sifat kimia. Berikut ini daftar persyaratan kualitas air bersih :

Tabel 2.5 Daftar Persyaratan Kualitas Air Bersih

Kelas	PARAMETER	SATUAN	KADAR MAX	KETERANGAN
A	FISIKA			
	Suhu	C	Suhu udara ± 3	
	Rasa	-	-	Tidak berasa
	Kekeruhan	Skala NTU	25	
	Jumlah zat padat terlarut	Mg/l	1.500	
	Bau	-	-	Tidak berbau
	Warna	Skala TCU	50	
B	Mikrobiologi			
	Total Koliform (MPN)	Per 100 ml	50	
C	Radioaktivitas			
	Aktivitas Alpha (gross Alpha Activity)	Bq/L	0,1	
	Aktivitas Gamma (Gross Gamma Activity)	Bq/L	1	
D	KIMIA			
D1	Kimia Anorganik			
	PH	Mg/l	6,5-9,0	
	Air Raksa	Mg/l	0,001	
	Arsen	Mg/l	0,05	
	Besi	Mg/l	1	
	Fluorida	Mg/l	1,5	
	Kadmium	Mg/l	0,005	
	Kesadahan CaCO ₂	Mg/l	500	
	Khlorida	Mg/l	600	
	Kromium valensi 6	Mg/l	0,05	
	Mangan	Mg/l	0,5	
	Nitrat, sebagai N	Mg/l	10	
	Nitrit, Sebagai N	Mg/l	1	
	Selenium	Mg/l	0,01	
	Seng	Mg/l	1,5	
	Sianida	Mg/l	0,1	
	Sulfat	Mg/l	400	
	Timbal	Mg/l	0,05	
D2	Kimia Organik			
	Aldrin dan dieldrin	Mg/l	0,0007	
	Benzene	Mg/l	0,01	
	Benzo (a) pyrene	Mg/l	0,00001	

	Chloroform	Mg/l	0,03
	2,4-D	Mg/l	0,1
	Detergen	Mg/l	0,5
	1,2 Dichloroethane	Mg/l	0,01
	1,1 Dichloroethane	Mg/l	0,0003
	Hexachlorbenzene	Mg/l	0,00001
	Gamma-HCH (Lindane)	Mg/l	0,004
	Metoxychlor	Mg/l	0,1
	Pentachlorophenol	Mg/l	0,01
	Pestisida total	Mg/l	0,1
	2,4,6-trichlorophenol	Mg/l	0,01
	Zat organik (KMnO4)	Mg/l	10

Sumber : Ditjen Cipta Karya Dep PU

Keterangan :

Bq : Bequerel

NTU : Nephelometrik Turbidity Unit

TCU : True Colour Limits

Syarat kualitas air bersih yang mencakup sifat-sifat biologis tidak dicantumkan dengan anggapan bahwa bakteri dan kuman penyakit dapat dihilangkan dengan memasak air hingga + 110 C.

Tabel 2.6 Syarat Mutu/Kualitas Air Berdasarkan Kelasnya

Kelas	Nilai Indeks Kimia - Fisika	Kelas Kualitas Air	Tingkat Pencemaran
1	2	3	4
1	100 - 83	I	Tercemar sangat ringan
2	82 - 73	I - II	Tercemar ringan
3	72 - 56	II	Tercemar sedang
4	55 - 44	II - III	Tercemar kritis
5	43 - 27	III	Tercemar berat
6	26 - 17	III - IV	Tercemar sangat berat
7	16 - 0	IV	Extrim

Sumber : Dinas Lingkungan Hidup Kota Kendal

2.3. Penyediaan Air Bersih

Sistem Penyediaan Air Bersih Modern

Penyediaan air bersih sistem modern meliputi:

- Sumber-sumber air, sebagai penyedia kebutuhan air bersih
- Sarana-sarana penampungan dari sumber air
- Sarana-sarana penyaluran, dari penampungan ke pengolahan air
- Sarana-sarana pengolahan
- Sarana-sarana penampungan dari tempat pengolahan
- Sarana-sarana distribusi, dari tempat penampungan

2.4. Komponen Sistem Penyediaan Air Bersih

2.4.1. Sumber Air

a) Air Hujan

Sifat-sifat air hujan:

- Bersifat lunak karena tidak mengandung larutan garam dan zat-zat mineral.
- Air hujan umumnya bersifat bersih
- Dapat bersifat korosif karena mengandung zat-zat yang terdapat di udara seperti NH_3 , CO_2 agresif, ataupun SO_2 . adanya konsentrasi SO_2 yang tinggi di udara yang bercampur dengan air hujan akan menyebabkan terjadinya hujan asam (acid rain).

Dari segi kuantitas, air hujan tergantung pada besar kecilnya curah hujan. Sehingga hujan tidak mencukupi untuk persediaan umum karena jumlahnya berfluktuasi. Begitu pula bila dilihat dari segi kontinuitasnya, air hujan tidak dapat diambil secara terus menerus, karena tergantung pada musim.

b) Mata Air

Dari segi kualitas, mata air adalah sangat baik bila dipakai sebagai air baku, karena berasal dari dalam tanah yang muncul ke permukaan

tanah akibat tekanan, sehingga belum terkontaminasi oleh zat-zat pencemar.

Dari segi kuantitasnya, jumlah dan kapasitas mata air sangat terbatas sehingga hanya mampu memenuhi kebutuhan sejumlah penduduk tertentu. Begitu pula bila mata air tersebut terus-menerus di ambil maka semakin lama akan habis.

c) Air Permukaan

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

- Air Waduk (berasal dari air hujan)
- Air Sungai (berasal dari air hujan dan mata air)
- Air danau (berasal dari air hujan, air sungai, atau mata air)

Di daerah hulu pemenuhan kebutuhan air secara kuantitas dan kualitas dapat disuplai oleh air sungai, tetapi di daerah hilir pemenuhan kebutuhan air sudah tidak dapat disuplai secara kualitas lagi karena pengaruh lingkungan seperti sedimentasi serta kontaminasi oleh zat-zat pencemar seperti Total Suspended Oil (TSS) yang berpengaruh pada kekeruhan,serta limbah industri.

d) Air Tanah (Ground Water)

Air tanah banyak mengandung garam dan mineral yang terlarut pada waktu air melalui lapisan tanah. Air tanah biasanya mempunyai kualitas yang baik karena zat-zat pencemar air tetahan oleh lapisan tanah. Bila ditinjau dari kedalaman air tanah maka air tanah dibedakan menjadi air tanah dangkal dan air tanah dalam. Air tanah dangkal mempunyai kualitas lebih rendah dibanding kualitas air tanah dalam. Hal ini disebabkan air tanah dangkal lebih mudah terkontaminasi dari luar dan fungsi tanah sebagai penyaring lebih sedikit.

2.4.2. Sistem Transmisi

Sistem transmisi air bersih adalah sistem perpipaan dari bangunan pengambilan air baku ke bangunan pengolahan air bersih. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan sistem transmisi :

a) Type penggalian jaringan pipa transmisi yang meliputi sistem perpompaan, sistem gravitasi, dan sistem gabungan perpompaan dan gravitasi. Sistem pemompaan diterapkan pada kondisi dimana letak dari bangunan intake lebih rendah dari bangunan pengolahan. Sebaliknya sistem gravitasi diterapkan pada kondisi dimana elevasi letak bangunan penangkap air relatif tinggi atau sama dengan bangunan pengolahan air. Sistem gabungan diterapkan pada kondisi topografi bangunan intake ke bangunan pengolahan yang naik turun.

b) Menentukan tempat bak pelepas tekan

Bak pelepas tekan dibuat untuk menghindari tekanan yang tinggi, sehingga tidak akan merusak sistem perpipaan yang ada. Bak ini dibuat ditempat dimana tekanan tertinggi mungkin terjadi atau pada sistem penguat (boaster pump) sepanjang jalur pipa transmisi.

c) Menghitung panjang dan diameter pipa

Panjang pipa dihitung berdasarkan jarak dari bangunan penangkap air ke bangunan pengolahan, sedangkan diameter sesuai dengan debit hari maksimum.

d) Jalur pipa sebaiknya mengikuti jalan raya dan dipilih jalur yang tidak memerlukan banyak perlengkapan.

Perlengkapan yang ada pada sistem transmisi perpipaan air bersih:

- Wash out

Berfungsi untuk penggelontor sedimen atau endapan yang ada pada pipa

- Air Valve
Berfungsi untuk mengurangi tekanan pada pipa sehingga pipa tidak pecah
- Blow Off
- Gate Valve
Berfungsi untuk mengatur debit aliran
- Pompa

2.4.3. Sistem Distribusi

2.4.6.1. Definisi Sistem Distribusi

Sistem distribusi air bersih adalah pendistribusian atau pembagian air melalui sistem perpipaan dari bangunan pengolahan (reservoir) ke daerah pelayanan (konsumen)

Dalam perencanaan sistem distribusi air bersih, beberapa faktor yang harus diperhatikan antara lain adalah :

- ✚ Daerah layanan dan jumlah penduduk yang akan dilayani daerah layanan ini meliputi wilayah IKK (Ibukota Kecamatan) atau wilayah Kabupaten/ kotamadya. Jumlah penduduk yang akan dilayani tergantung pada:
 - Kebutuhan
 - Kemauan/minat
 - Kemampuan atau tingkat sosial ekonomi masyarakat
 Sehingga dalam satu daerah layanan belum tentu semua penduduk terlayani
- ✚ Kebutuhan air
Kebutuhan air adalah debit air yang harus disediakan untuk distribusi daerah pelayanan
- ✚ Letak topografi daerah layanan yang akan menentukan sistem jaringan dan pola aliran yang sesuai
- ✚ Jenis sambungan sistem
Jenis sambungan dalam sistem distribusi air bersih dibedakan meliputi:

- Sambungan halaman : yaitu sambungan pipa distribusi dari pipa induk/ pipa utama ke tiap-tiap rumah atau halaman
- Sambungan rumah : yaitu sambungan pipa distribusi dari pipa induk/pipa utama ke masing-masing utilitas rumah tangga
- Hidran umum : merupakan pelayanan air bersih yang digunakan secara komunal pada suatu daerah tertentu untuk melayani 100 orang dalam setiap hidran umum
- Terminal air: adalah distribusi air melalui pengiriman tangki-tangki air yang diberikan pada daerah-daerah kumuh, daerah terpencil atau daerah yang rawan air bersih.
- Kran umum : merupakan pelayanan air bersih yang digunakan secara komunal pada kelompok masyarakat tertentu, yang mempunyai minat tetapi kurang mampu dalam membiayai penyambungan pipa ke masing-masing rumah. Biasanya 1 kran umum dipakai untuk melayani kurang lebih 20 orang.

2.4.6.2. Pipa Distribusi

Pipa distribusi adalah pipa yang membawa air ke konsumen yang terdiri dari:

- Pipa induk : yaitu pipa utama pembawa air yang membawa air ke konsumen
- Pipa cabang : yaitu pipa cabang dari pipa induk
- Pipa dinas : yaitu pipa pembawa air yang langsung melayani konsumen

2.4.6.3. Tipe Pengaliran

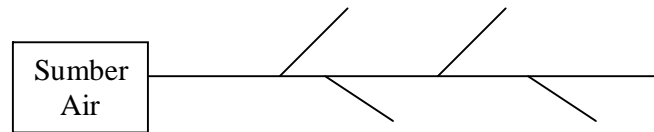
Tipe pengaliran sistem distribusi air bersih meliputi aliran gravitasi dan aliran secara perpompaan. Tipe pengaliran secara gravitasi diterapkan bila tekanan air pada titik terjadi yang diterima konsumen masih mencukupi. Jika kondisi ini tidak terpenuhi maka pengaliran harus menggunakan sistem perpompaan.

2.4.6.4. Pola Jaringan

Macam pola jaringan sistem distribusi air bersih:

1. Sistem cabang

Adalah sistem pendistribusian air bersih yang bersifat terputus membentuk cabang-cabang sesuai dengan daerah pelayanan.



Keuntungan:

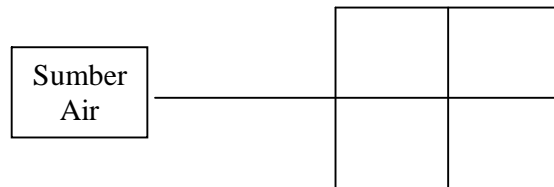
- Tidak membutuhkan perhitungan dimensi pipa yang rumit karena debit dapat dibagi berdasarkan cabang-cabang pipa pelayanan.
- Untuk pengembangan daerah pelayanan lebih mudah karena hanya tinggal menambah sambungan pipa yang telah ada.

Kerugian:

- Jika terjadi kebocoran atau kerusakan pengaliran pada seluruh daerah akan terhenti
- Pembagian debit tidak merata
- Operasional lebih sulit karena pipa yang satu dengan yang lain saling berhubungan

2. Sistem Loop

Sistem loop adalah sistem perpipaan melingkar dimana ujung pipa yang satu bertemu dengan ujung pipa yang lain



Kuntungan:

- Debit terbagi rata karena perencanaan diameter berdasarkan pada jumlah kebutuhan total
- Jika terjadi kebocoran atau kerusakan atau perubahan diameter pipa maka hanya daerah tertentu yang tidak mendapat pengaliran, sedangkan untuk daerah yang tidak mengalami kerusakan aliran air tetap berfungsi.
- Pengoperasian jaringan lebih mudah

Kerugian:

- Perhitungan dimensi perpipaan membutuhkan kecermatan agar debit yang masuk pada setiap pipa merata.

2.4.6.5. Perlengkapan Sistem Distribusi Air Bersih

1. Reservoir

Fungsi reservoir adalah untuk menampung air bersih yang telah diolah dan memberi tekanan. Jenis-jenis reservoir :

- Ground Reservoir

Adalah bangunan penampungan air bersih di bawah permukaan tanah

- Elevated Reservoir

Adalah bangunan penampungan air yang terletak di atas permukaan tanah dengan ketinggian tertentu sehingga tekanan air pada titik terjauh masih tercapai.

2. Bahan pipa

Bahan pipa yang biasa digunakan untuk pipa induk adalah pipa galvanis, bahan pipa cabang adalah PVC sedangkan untuk pipa dinas dapat digunakan pipa dari jenis PVC atau galvanis.



Gambar 2.1 Pipa PDAM yang menggunakan pipa galvanis

3. Valve

Berfungsi untuk mengatur arah aliran air dalam pipa dan menghentikan air pada suatu daerah apabila terjadi kerusakan.



Gambar 2.2 Valve (Box Pengatur)

4. Meter air

Berfungsi untuk mengukur besar aliran air yang melalui suatu pipa.



Gambar 2.3 Meter air

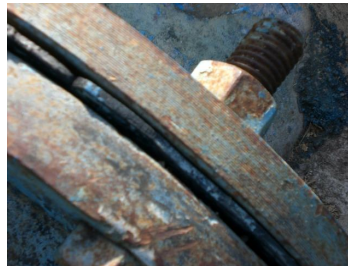
5. Flow restrictor

Berfungsi untuk pembatas air baik untuk rumah maupun kran umum agar aliran merata.

6. Assesoris perpipaan

Terdapat beberapa assesoris perpipaan, antara lain :

Sok, Flens, Water mul dan nipel, Penyambung gibault, Dop dan plug, Bend serta tee



Gambar 2.4 Penyambung gibault

2.4.6.6. Deteksi Kebocoran

Dalam perencanaan sistem distribusi air bersih tidak menutup kemungkinan terjadi kebocoran atau kehilangan air. Kehilangan air didefinisikan sebagai jumlah air yang hilang akibat :

- Pemasangan sambungan yang tidak tepat
- Terkena tekanan dari luar sehingga menyebabkan pipa retak atau pecah
- Penyambungan liar

Upaya untuk mengurangi terjadinya kehilangan air yang lebih besar dalam perencanaan sistem distribusi air dilakukan pembagian wilayah atau zoning untuk memudahkan pengontrolan kebocoran pipa serta pemasangan meteran air.

2.5. Proyeksi kebutuhan air bersih

Proyeksi kebutuhan air bersih dapat ditentukan dengan memperhatikan angka pertumbuhan penduduk untuk diproyeksikan terhadap kebutuhan air bersih.

2.5.1. Angka Pertumbuhan Penduduk

Angka pertumbuhan penduduk dihitung dalam presentase rumus :

$$\text{Angka Pertumbuhan (\%)} = \frac{\sum \text{Pertumbuhan (\%)}}{\sum \text{Data}}$$

2.5.2. Proyeksi Jumlah Penduduk

Angka pertumbuhan penduduk dalam persentase tersebut digunakan untuk memproyeksikan jumlah penduduk untuk beberapa tahun mendatang.

Pada kenyataannya tidak selalu tepat tetapi perkiraan ini dapat dijadikan sebagai dasar perhitungan air di masa mendatang

Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk memproyeksikan jumlah penduduk, yaitu :

- Metode Arimatical Increase

$$P_n = P_o + n r \quad \text{dengan} \quad r = \frac{P_o - P_t}{t}$$

Dimana :

Pt : jumlah penduduk akhir tahun proyeksi
Po : jumlah penduduk awal tahun proyeksi
n : periode waktu yang ditinjau
r : angka pertumbuhan penduduk/tahun
Pn : jumlah penduduk pada tahun ke n
t : banyaknya tahun dalam analisis

● Metode geometrik

Metode geometrik ini banyak digunakan karena mudah dan mendekati kebenaran

$$P_t = P_o (1+r)^n$$

Dimana :

Pt : jumlah penduduk tahun proyeksi
Po : jumlah penduduk tahun yang diketahui
r : presentase pertambahan penduduk tiap tahun
n : tahun proyeksi

● Metode Proyeksi Chi Square

$$Y = a + b.x$$

$$a = \frac{\sum Y_i}{n} \qquad b = \frac{\sum X_i Y}{\sum X_i^2}$$

Y = jumlah penduduk pada tahun proyeksi ke n

a = jumlah penduduk tahun awal

b = pertambahan penduduk rata – rata

n = jumlah tahun proyeksi dasar

X = jumlah tahun proyeksi mendatang

Y_i = data jumlah penduduk awal

X_i = variabel coding

2.5.3. Proyeksi Kebutuhan Air Bersih

Faktor-faktor yang mempengaruhi proyeksi kebutuhan air bersih :

- Jumlah penduduk yang berkembang setiap tahun
- Tingkat pelayanan
- Kebutuhan air untuk instalasi dan keperluan operasional
- Faktor kehilangan air

2.6. Sistem saluran air bersih

Sistem saluran air bersih dilaksanakan melalui 2 cara, yaitu :

- Sistem saluran terbuka
- Sistem saluran tertutup

2.6.1. Sistem saluran terbuka

Sistem saluran terbuka yaitu distribusi air bersih melalui saluran-saluran yang terbuka. Saluran terbuka dilaksanakan pada sistem pengambilan air bersih yang berasal dari sumber seperti sungai, danau atau waduk.

2.6.2. Sistem saluran tertutup

Sistem saluran tertutup yaitu distribusi air bersih dengan menggunakan pipa-pipa distribusi. Untuk menentukan diameter pipa dan kecepatan aliran digunakan nomogram Hazen-Williams dengan debit dan kemiringan saluran sudah diketahui Rumus yang digunakan adalah :

$$i = h / l$$

dimana :

i : kemiringan saluran

h : beda tinggi

l : panjang pipa yang ditinjau.

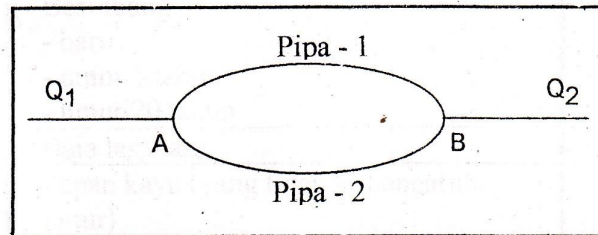
Debit dan kemiringan yang ada diplotkan pada nomogram sehingga diperoleh diameter pipa (dalam mm) dan kecepatan aliran (m/dt).



Gambar 2.5 Saluran tertutup

2.7. Perpipaan

2.7.1. Sistem perpipaan



Gambar 2.6 Penyediaan air dengan menggunakan sistem pipa

Jika tidak ada air yang keluar antara A dan B maka:

$$Q_A = Q_B \dots \dots \dots (\text{kontinuitas})$$

Total kehilangan energi antara A dan B sepanjang jalur yang ditinjau akan sama artinya h_f yang melalui pipa 1 akan sama dengan h_f yang melalui pipa 2.

2.7.2. Perencanaan pipa air

1. Kehilangan Energi akibat gesekan pipa (persamaan Darcy – Weisbach)

$$Z_A + \frac{P_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2g} + h_p = Z_B + \frac{P_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} + h_f$$

$$h_f = f \frac{LV^2}{D2g}$$

Dimana :

Z = Jarak vertikal di atas suatu bidang persamaan mendatar / datum

$\frac{p}{\gamma}$ = Tinggi tekanan air

V = Kecepatan aliran rata- rata (m/detik)

hp = Tinggi tekanan energi yang diberikan oleh pompa kepada air

h_L = Kehilangan tinggi tekanan keseluruhan antara penampang A - B

L = Panjang pipa (m)

D = Garis tengah /diameter pipa (m)

f = faktor gesekan pada pipa

g = percepatan gravitasi (9,8 m/detik²)

Tabel 2.7 Nilai Kekasaran Pipa

Jenis pipa (baru)	Nilai k (mm)
Kaca	0,0015
Besi dilapisi aspal	0,06 – 0,24
Besi tuang	0,18 – 0,90
Plester semen	0,27 – 1,20
Beton	0,30 – 3,00
Baja	0,03 – 0,09
Baja dikeling	0,90 – 9,00
Pasangan batu	6

2. Aliran di dalam pipa

➤ Persamaan Hazen – Williams

Sebagai dasar perhitungan perencanaan sistem perpipaan digunakan rumus

Hazen-Williams

$$V = 0,354 C I^{0,54} D^{0,63}$$

dimana :

V : kecepatan aliran (m/dt)

C : koefisien kekerasan relatif Hazen-Williams

D : garis tengah pipa (m)

I : kemiringan gradien hidraulik

$$I = \frac{h_f}{L} = f \frac{V^2}{2gD}$$

h_f : head losses

L : panjang pipa (m)

f : faktor gesekan pada pipa

g : percepatan gravitasi (9,8 m/detik²)

Faktor C bervariasi terhadap kondisi permukaan pipa, bahan pipa, dan periode perencanaan. Faktor-faktor C untuk perhitungan hidrolis adalah sbb:

Tabel 2.8 Faktor C Berbagai Jenis Pipa

BAHAN PIPA	C
Beton (Tidak terpengaruh oleh umur)	130
Besi tuang	
baru	130
umur 5 tahun	120
umur 20 tahun	100
Baja las, baru	120
Papan Kayu (yang tdak terpengaruh umur)	120
Lempung	110
Baja keling,baru	110
Gorong-gorong beton	100
Semen asbes	140
Pralon	130

Sumber : Ray K Linsley, Jpseph B Franzini, Djoko Sasongko, *Teknik Sumber Daya Air*, Jilid 1

Kecepatan aliran dalam pipa transmisi berkisar antara 0,6 m/dt s/d 4,0 m/dt sedangkan pada pipa distribusi 0,3 m/dt s/d 2,0 m/dt.

2.8. Perhitungan Tekanan

Perhitungan tekanan didasarkan pada kehilangan tekanan yang terjadi dalam pipa. Ada 2 macam kehilangan tekanan yang terjadi dalam pipa yaitu major losses dan minor losses.

2.8.1. Major Losses

Major losses yaitu kehilangan tekanan yang terjadi dalam pipa akibat gesekan air dengan pipa selama pengaliran.

$$h_f = f \frac{LV^2}{D2g}$$

dimana:

f : faktor gesekan pada pipa

L : panjang pipa (m)

- D : diameter pipa (m)
- v : kecepatan rencana (m/dt)
- g : percepatan gravitasi (9,8 m/dt²)

2.8.2. Minor Losses

Minor losses yaitu kehilangan tekanan yang terjadi dalam pipa karena perubahan penampang pipa, sambungan, belokan dan katup. Kehilangan tekanan ini biasanya karena adanya fitting seperti terkelupasnya kulit pipa bagian dalam yang berakibat pecahnya gelembung-gelembung air.

a) Pipa Membelok

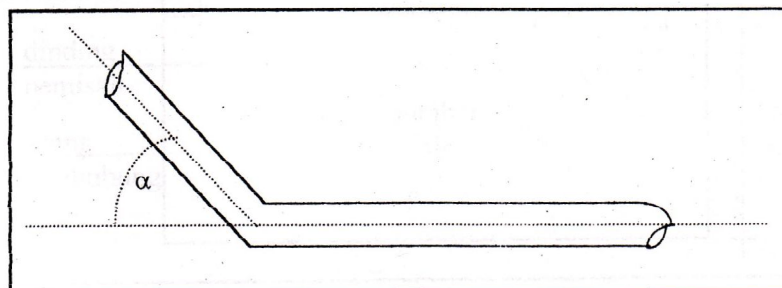
$$h_f = Kb \frac{V^2}{2g}$$

dimana:

- kb : koefisien kehilangan tenaga pada belokan (lihat tabel)
- g : percepatan gravitasi (9,8 m/dt²)
- v : kecepatan rencana (m/dt)

Tabel 2.9 Nilai K Akibat Pengaruh Belokan Pada Pipa

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



Gambar 2.7 Sudut Belokan Pada Pipa

Nilai k dapat juga dicari dengan persamaan:

$$K = (\sin(\alpha/2))^2 + 2 * (\sin(\alpha/2))^4$$

b) Perbesaran Penampang Pipa

$$h_f = K \cdot \frac{V_1^2 - V_2^2}{2g}$$

dimana:

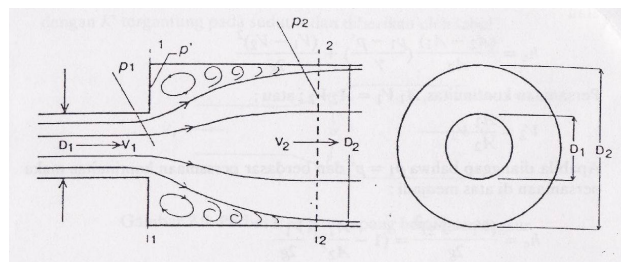
K : koefisien kehilangan tenaga pada perbesaran penampang (lihat tabel)

g : percepatan gravitasi (9,8 m/dt²)

v : kecepatan rencana (m/dt)

Tabel 2.10 Nilai K Sebagai Fungsi dari α

α	10°	20°	30°	40°	50°	60°	75°
K	0,078	0,31	0,49	0,60	0,67	0,72	0,72



Gambar 2.8 Perbesaran Penampang

c) **Pengecilan Penampang Pipa**

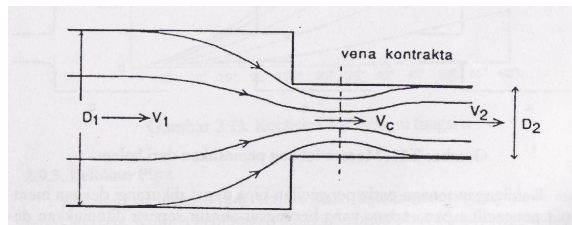
$$h_f = K'_C \frac{V_2^2}{2g}$$

dimana:

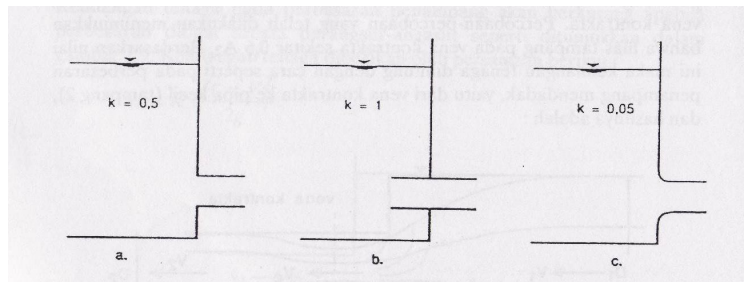
K' : koefisien kehilangan tenaga pada pengecilan penampang

g : percepatan gravitasi (9,8 m/dt²)

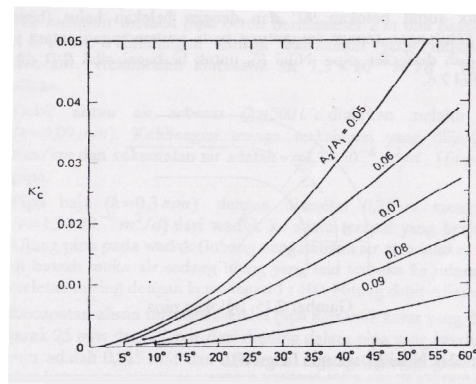
v : kecepatan rencana (m/dt)



Gambar 2.9 Pengecilan Pipa



Gambar 2.10 Nilai K untuk Pengecilan Pipa Kondisi Tertentu



Gambar 2.11 Koefisien K'_c Sebagai Fungsi α

2.9. Analisa Curah Hujan Harian

2.9.1. Rata-Rata Aljabar

Merupakan metode yang paling sederhana dalam perhitungan hujan kawasan. Metode ini didasarkan pada asumsi bahwa semua penakar hujan mempunyai pengaruh yang setara. Cara ini cocok untuk kawasan dengan topografi rata atau datar, alai penakar tersebar merata/hampir merata, dan harga individual curah hujan tidak terlalu jauh dari harga rata-ratanya. Hujan kawasan diperoleh dari persamaan

$$R = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n}$$

2.9.2. Metode Poligon Thiessen

Metode ini dikenal juga sebagai metode rata-rata timbang (*weighted mean*). Cara ini memberikan proporsi luasan daerah pengaruh pos penakar hujan untuk mengakomodasi ketidakseragaman jarak. Daerah pengaruh dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos penakar terdekat. Diasumsikan bahwa variasi hujan antara pos yang satu dengan lainnya adalah linier dan bahwa sembarang pos dianggap dapat mewakili kawasan terdekat.

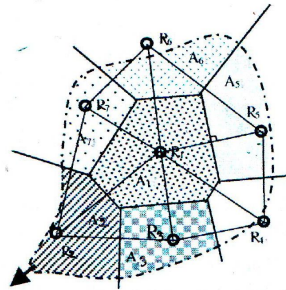
Hasil metode poligon Thiessen lebih akurat dibandingkan dengan metode rata-rata aljabar. Cara ini cocok untuk daerah datar dengan luas 500 - 1.000 km², dan jumlah pos penakar hujan terbatas dibandingkan luasnya.

Prosedur penerapan metode ini meliputi langkah-langkah sebagai berikut:

1. Lokasi pos penakar hujan diplot pada peta DAS. Antar pos penakar dibuat garis lurus penghubung.
2. Tarik garis tegak lurus di tengah-tengah tiap garis penghubung sedemikian rupa, sehingga membentuk poligon Thiessen. Semua titik dalam satu poligon akan mempunyai jarak terdekat dengan pos penakar yang ada di dalamnya dibandingkan dengan jarak terhadap pos lainnya. Selanjutnya, curah hujan pada pos trschul dianggap representasi hujan pada kawasan dalam poligon yang bersangkutan.

3. Luas area pada tiap-tiap poligon dapat diukur dengan planimeter dan luas total DAS, A, dapat diketahui dengan menjumlahkan semua luasan poligon.
4. Hujan rata-rata DAS dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$R = \frac{R_1 A_1 + R_2 A_2 + R_3 A_3 + \dots + R_n A_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$



Gambar 2.12 Analisa Hidrologi dengan Metode Thiessen

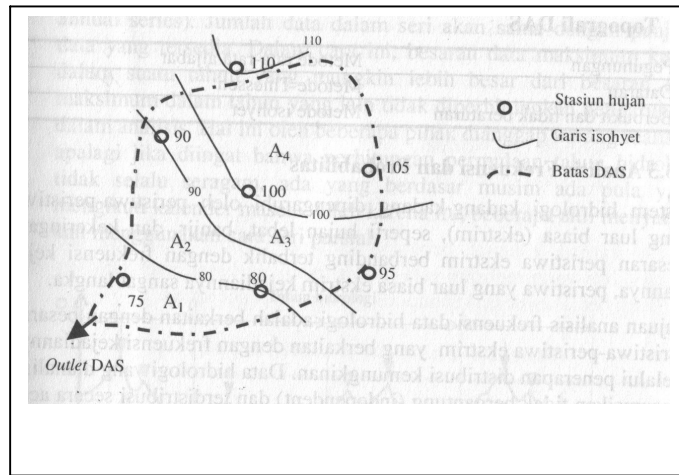
2.9.3. Metode Isohyet

Metode ini merupakan metode yang paling akurat untuk menentukan hujan rata-rata namun cara ini diperlukan keahlian dan pengalaman. Cara ini memperhitungkan secara aktual pengaruh tiap-tiap pos penakar hujan. Dengan kata lain, asumsi metode Thiessen yang secara membabi buta menganggap bahwa tiap-tiap pos penakar mencatat kedalaman yang sama untuk daerah sekitarnya dapat dikoreksi.

Metode isohyet terdiri dari beberapa langkah sebagai berikut:

1. Plot data kedalaman air hujan untuk tiap pos penakar hujan pada peta.
2. Gambar kontur kedalaman air hujan dengan menghubungkan titik--titik yang mempunyai kedalaman air yang sama. Interval isohyet yang umum dipakai adalah 10 mm.
3. Hitung luas area antara dua garis isohyet dengan menggunakan

planimeter. Kalikan masing-masing luas areal dengan rata-rata hujan antara dua isohyet yang berdekatan.



Gambar 2.13 Analisa Hidrologi dengan Metode Isohyet

Hitung hujan rata-rata DAS dengan persamaan berikut:

$$R = \frac{\sum \left[A_n \left(\frac{R_n + R_{n+1}}{2} \right) \right]}{\sum A_n}$$

2.10. Fluktuasi Penggunaan Air Bersih

Fluktuasi penggunaan air bersih adalah variasi penggunaan air yang dilakukan oleh konsumen dari waktu ke waktu dalam skala jam, hari, minggu, bulan, dan tahun yang hampir secara terus-menerus. Penggunaan air bersih ada kalanya lebih kecil daripada kebutuhan rata-ratanya dan ada kalanya sama atau lebih besar daripada rata-ratanya. Ada dua pengertian berkaitan dengan fluktuasi penggunaan air bersih.

2.10.1. Faktor Hari Maksimum

Faktor hari maksimum yaitu faktor perbandingan antara penggunaan hari maksimum dengan penggunaan air rata-rata harian selama setahun.

$$Q \text{ hari maks} = f_{md} * Q \text{ hari rata-rata}$$

$$Q \text{ hari maks} = 1,1 * Q \text{ hari rata-rata}$$

2.10.2. Faktor Jam Puncak

Faktor jam puncak yaitu perbandingan antara penggunaan air jam terbesar dengan penggunaan air rata-rata selama hari maksimum.

$$Q \text{ jam puncak} = f_{jp} * Q \text{ hari maks}$$

$$Q \text{ jam puncak} = 1,5 * Q \text{ hari maks}$$

Dimana:

Q hari maks = kebutuhan air maksimum pada suatu hari

Q jam puncak = kebutuhan air maksimum pada saat tertentu dalam sehari

2.11. Unit-Unit Penyediaan Air Bersih

2.11.1. Bangunan Sumber Air Bersih

Bangunan air bersih merupakan unit bagian awal pada sistem penyediaan air bersih. Bangunan ini terdiri dari dua bagian yaitu :

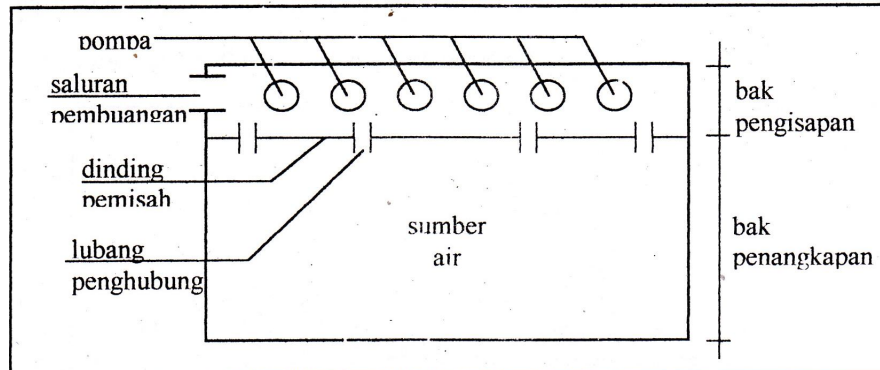
1. Bak Penangkapan

Bak penangkapan berfungsi sebagai tempat penangkap air yang keluar dari sumber air. Mata air ada pada bagian tengah bangunan. Bangunan penangkapan terbuat dari beton dan pada bagian atas tertutup oleh plat untuk tetap menjaga kebersihan air

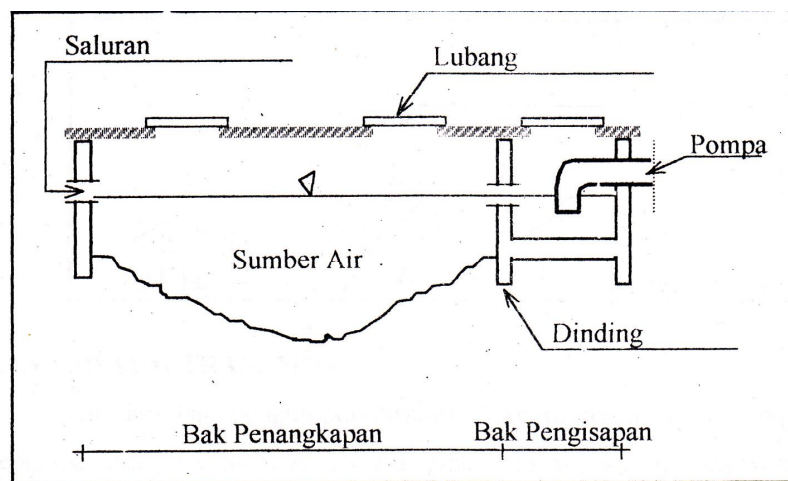
2. Bak Pompa

Bak pompa berfungsi sebagai tempat pengisapan air sumber oleh pompa. Ukuran bak pompa lebih kecil dibandingkan dengan ukuran bak penangkapan. Bak pompa dan bak penangkapan dipisahkan oleh dinding pemisah

Pada bak pompa terdapat pompa-pompa yang berfungsi untuk memompakan air ke reservoir yang berada di kota.



Gambar 2.14 Tampak Atas Bak Sumber Air Bersih

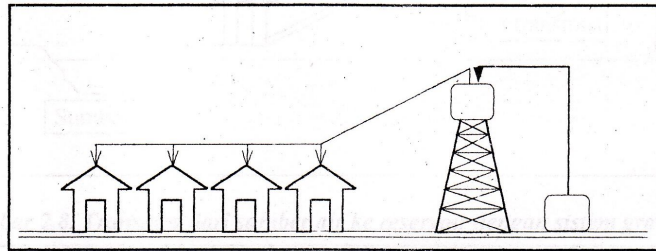


Gambar 2.15 Potongan Memanjang Bak Sumber Air Bersih

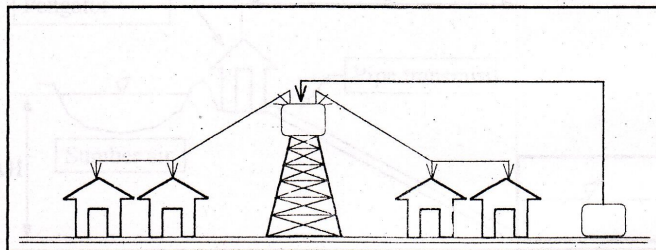
2.11.2. Reservoir

Kegunaan reservoir adalah sebagai tampungan untuk memenuhi kebutuhan air konsumen yang naik turun dan sebagai pemantap tekanan dalam sistem distribusi. Penyediaan produksi reservoir dilaksanakan dengan menentukan penetapan kapasitas berdasarkan persamaan tampungan yaitu aliran keluar reservoir (produksi) sama dengan aliran masuk ditambah atau dikurangi dengan perubahan tampungan. Atau dengan kata lain aliran keluar harus sama dengan aliran masuk dikurangi buangan-buangan serta kehilangan-kehilangan yang terjadi. Yang juga harus diperhatikan adalah letak reservoir ini harus sedekat mungkin ke pusat pemakaian. Permukaan air reservoir harus cukup tinggi dan bertekanan cukup sehingga aliran air bisa sampai ke sistem yang dilayani. Kapasitas reservoir ditentukan berdasarkan ciri-ciri daerah yang dilayani.

Reservoir di tempat yang tinggi sangat baik digunakan untuk memantapkan tekanan.



Gambar 2.16 Reservoir yang Terletak Salah

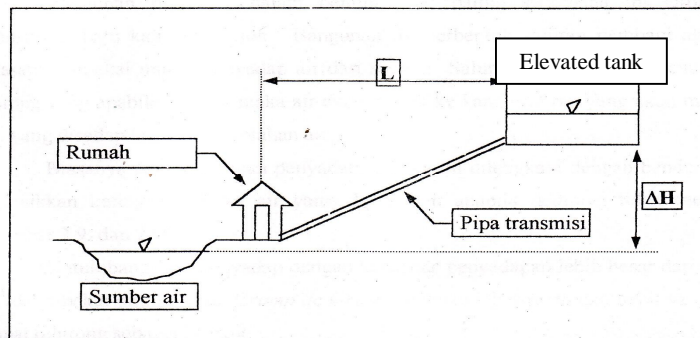


Gambar 2.17 Reservoir yang Baik Letaknya

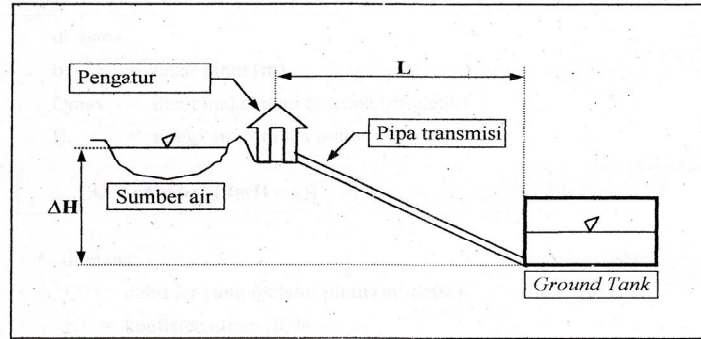
2.11.3. Sistem Transmisi

Air dari bak pengumpul disalurkan ke reservoir melalui pipa transmisi. Ada beberapa cara penyaluran air melalui pipa transmisi menuju reservoir yang ada dalam kota, antara lain :

- Sistem transmisi dari sumber ke reservoir dengan sistem gravitasi
- Sistem transmisi dari sumber ke reservoir dengan sistem pompa



Gambar 2.18 Transmisi dari Sumber Air ke Reservoir Menggunakan Sistem Pompa



Gambar 2.19 Transmisi dari Sumber Air ke Reservoir Menggunakan Sistem Gravitasi

Keterangan :

ΔH : beda tinggi antara sumber air terhadap reservoir

L : jarak antara sumber air terhadap reservoir

2.11.4. Bangunan Penyadap

Untuk sumber air yang kualitas airnya kurang memenuhi syarat diperlukan adanya sistem pengolahan air bersih sebelum siap dikonsumsi

Sistem transmisi pengolahan air bersih ini dimulai dari sumber penyediaan air yang diambil dengan bantuan penyadap untuk diteruskan ke bangunan pengolahan air selanjutnya

- ❖ Bangunan penyadap terbuka
Bangunan penyadap dalam bentuk yang paling sederhana ini terbuat dari konstruksi batu kali atau beton. Bangunan ini berbentuk saluran pembagi aliran dan biasanya dipakai untuk menyadap air pada sungai. Saluran ini dilengkapi dengan pintu sorong yang apabila dibuka, maka air akan masuk ke saluran yang akan membawa air yang disadap ke unit pengolahan air.
- ❖ Bangunan penyadap sandar
Bangunan penyadap sandar adalah bangunan penyadap yang bagian pengaturnya terdiri dari terowongan miring yang berlubang- lubang dan bersandar pada tebing sungai. Untuk itu dibutuhkan pondasi batuan atau pondasi yang terdiri dari lapisan yang cukup kokoh, agar dapat dihindari

kemungkinan keruntuhan pada konstruksi sandaran. Untuk menghindari kelongsoran pada konstruksi tersebut maka pembuatan penyangga dapat dilakukan pada tiap jarak 5 sampai 10 meter. Selain itu sudut kemiringan pondasi sandaran tidak lebih dari 60° .

2.11.5. Pompa

Jenis-jenis pompa yang biasa digunakan adalah Pompa Sentrifugal, Pompa Bolak-Balik, Pompa Hidro Otomatik, Pompa Putaran dan Pompa Hisap Udara.

2.12. Tinjauan Struktur

Tinjauan struktur dilaksanakan berkaitan dengan bangunan pendukung pengambilan air sumber dan sistem transmisi air bersih. Struktur harus didisain dengan mutu baik dan biaya efisien serta mampu beroperasi dalam sistem penyediaan air bersih. Ada dua hal yang perlu diperhatikan sehubungan dengan kestabilan struktur

2.12.1. Kestabilan Struktur

Struktur didisain untuk mampu menahan beban berat sendiri dan beban luar dengan perubahan-perubahan tidak melebihi batas-batas ijin.

Sebagai dasar asumsi beban yang bekerja dalam struktur sistem penyediaan air bersih digunakan pedoman :

- Peraturan Muatan Indonesia 1983 (PMI-NI-1983)
- Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung 1987
- Peraturan Beton Bertulang Indonesia SKSNI T-15-1991-03

2.12.2. Kestabilan Tanah Pendukung

A Tegangan Kontak

Beban yang bekerja pada struktur akhirnya akan diteruskan ke tanah di bawahnya melalui pondasi. Beban ini mengakibatkan adanya tegangan-tegangan di dalam tanah yang disebut sebagai tegangan kontak yang besarnya dihitung dengan rumus:

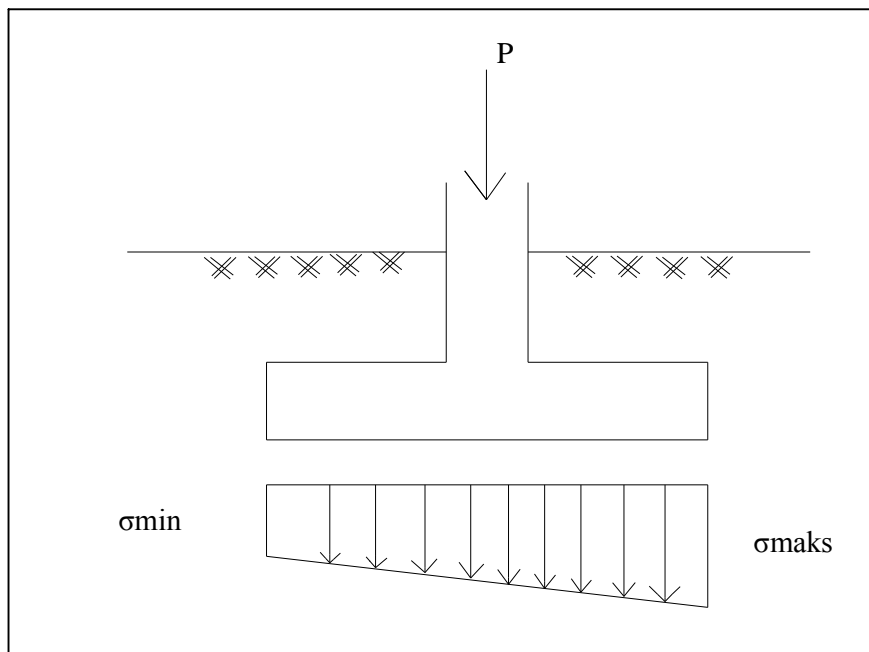
$$\sigma_K = \frac{P}{A} \pm \frac{M_y}{W_y} \pm \frac{M_x}{W_x}$$

Dimana:

- σ_K : tegangan kontak (ton/m²)
- P : beban aksial (ton)
- A : luas penampang pondasi (m²)
- M_x : momen sejajar sumbu x (ton meter)
- M_y : momen sejajar sumbu y (ton meter)
- W_x : momem tahanan sejajar sumbu x, dimana

$$W_x = \frac{I_y}{x}$$

$$W_y = \frac{I_x}{y}$$



Gambar 2.20 Tegangan Kontak

B Daya Dukung Tanah

1. Daya Dukung Tanah Pondasi Dangkal

Daya dukung tanah digunakan rumus Terzaghi sbb:

$$Q_{ult} = 1,3 c N_c + \gamma D N_q + 0,4 B N_\gamma$$

Dimana:

- Qult : daya dukung tanah (ton/m²)
C : kohesi tanah (ton/m²)
 γ : berat isi tanah (ton/m³)
B : lebar alas pondasi (m)
D : kedalaman pondasi (m)
N_q, N_c, N _{γ} : faktor kapasitas dukung (Bearing Capacity Factor)

Daya dukung tanah (Qult) tersebut diatas berlaku untuk jenis pondasi dangkal atau pondasi tapak berbentuk bujur sangkar (square footing)

Tabel 2.11 Faktor Kapasitas Dukung Tanah

N _c	N _q	N _{γ}	ϕ	N _c '	N _q '	N _{γ} '
5.7	1.0	0	0	5.7	1.0	0
7.3	1.6	0.5	5.0	6.7	1.4	0.2
9.6	2.7	1.2	10	8.0	1.9	0.5
12.9	4.4	2.5	15	9.7	2.7	0.9
17.7	7.4	5.0	20	11.8	3.9	1.7
25.1	12.7	9.7	25	14.8	5.6	3.2
37.2	22.5	19.7	30	19.0	8.3	5.7
57.8	41.4	42.4	35	23.7	12.6	10.1
95.7	81.3	100.4	40	34.4	20.5	18.8

Sumber : Terzaghi

2. Daya Dukung Tanah Pondasi Tiang

Untuk pondasi tiang daya dukung batas tanah dirumuskan sbb:

$$R_{ult} = qdA + U\sum(I_i \cdot f_i)$$

Dimana:

Rult : daya dukung batas tanah (ton)

Qd : daya dukung terpusat (ton)

A : luas ujung tiang (m²)

U : panjang keliling tiang (m)

li : tebal lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang

fi : besar gaya geser maksimum dari lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang (ton/m²)

3. Angka Keamanan

Perbandingan antara daya dukung tanah dan tegangan kontak harus lebih besar daripada apa yang disebut angka keamanan. Angka keamanan ditentukan tergantung pada variabel beban yang bekerja dan jenis tanah pendukung. Besarnya berkisar antar 2 sampai dengan 4.

$$\frac{\text{Daya Dukung Tanah}}{\text{Tegangan Kontak}} \leq SF$$

2.13. Global Positioning System (GPS)

2.13.1. Definisi Global Positioning System (GPS)

Global Positioning System (GPS) adalah suatu sistem navigasi yang memanfaatkan satelit. Penerima GPS memperoleh sinyal dari beberapa satelit yang mengorbit bumi. Satelit yang mengitari bumi pada orbit pendek ini terdiri dari 24 susunan satelit, dengan 21 satelit aktif dan 3 buah satelit sebagai cadangan. Dengan susunan orbit tertentu, maka satelit GPS bisa diterima diseluruh permukaan bumi dengan penampakan antara 4 sampai 8 buah satelit. GPS dapat memberikan informasi posisi dan waktu dengan ketelitian sangat tinggi.



Gambar 2.21 Alat GPS

Beberapa Manfaat Aplikasi Teknologi GPS:

- **Militer**

GPS digunakan untuk keperluan perang, seperti menuntun arah bom, atau mengetahui posisi pasukan berada. Dengan cara ini maka kita bisa mengetahui mana teman mana lawan untuk menghindari salah target, ataupun menentukan pergerakan pasukan.

- **Navigasi**

GPS banyak juga digunakan sebagai alat navigasi seperti kompas. Beberapa jenis kendaraan telah dilengkapi dengan GPS untuk alat bantu navigasi, dengan menambahkan peta, maka bisa digunakan untuk memandu pengendara, sehingga pengendara bisa mengetahui jalur mana yang sebaiknya dipilih untuk mencapai tujuan yang diinginkan.

- **Sistem Informasi Geografis**

Untuk keperluan Sistem Informasi Geografis, GPS sering juga diikutsertakan dalam pembuatan peta, seperti mengukur jarak perbatasan, ataupun sebagai referensi pengukuran.

- **Pelacak Kendaraan**

Kegunaan lain GPS adalah sebagai Pelacak kendaraan dengan bantuan GPS pemilik kendaraan/pengelola armada bisa mengetahui ada dimana saja kendaraannya/asset Bergeraknya berada saat ini.

- **Pemantau Gempa**

Bahkan saat ini, GPS dengan ketelitian tinggi biasa digunakan untuk memantau pergerakan tanah, yang ordernya hanya mm dalam setahun. Pemantauan pergerakan tanah berguna untuk memperkirakan terjadinya gempa, baik pergerakan vulkanik ataupun tektonik.

2.13.2. Cara Kerja GPS

Untuk mengetahui posisi dari GPS, diperlukan minimal 3 satelit. Pengukuran posisi GPS didasarkan oleh sistem pengukuran matematika yang disebut dengan Trilaterasi. Yaitu pengukuran suatu titik dengan bantuan 3 titik acu. Misalnya anda berada di suatu kota A (disini kota kita anggap sebagai titik), tetapi anda tidak mengetahui dimana anda berada. Untuk mengetahui keberadaan anda, anda bertanya kepada seseorang, dan orang tersebut menjawab bahwa anda 2 km dari kota B. Jawaban ini tidak memuaskan anda karena anda tidak tahu apakah anda di sebelah selatan, utara, barat, atau timur kota B. Kemudian anda bertanya kepada orang ke-2 dan mendapat jawaban bahwa anda berada 5 km dari kota C. Dengan jawaban ini anda sudah dapat membayangkan dimana posisi anda, hanya ada kemungkinan 2 titik berbeda yang berpotongan antara lingkaran dengan radius kota A dengan kota B dan lingkaran dengan radius kota A dengan kota C. Untuk lebih memperjelas lagi anda memerlukan orang ke-3, misalnya anda berada di 1 km dari kota D. Dengan demikian anda mendapatkan perpotongan antara lingkaran dengan radius jarak kota A ke kota B, lingkaran antara kota A dan kota C, dan lingkaran antara kota A dan kota D. Dalam GPS kota A adalah alat penerima GPS, kota B, C, dan D adalah Satelit. Beberapa fungsi dari GPS adalah :

1. Untuk melakukan navigasi terhadap kapal laut dan pesawat terbang.
2. Untuk menentukan jarak-jarak tertentu
3. Untuk melakukan suatu penemuan di bidang geografi
4. dll

2.14. Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem Informasi Berbasis Pemetaan dan Geografi adalah sebuah alat bantu manajemen berupa informasi berbantuan komputer yang berkait erat dengan

sistem pemetaan dan analisis terhadap segala sesuatu serta peristiwa-peristiwa yang terjadi di permukaan bumi (Anonym, 2008). Sistem Informasi menggunakan peta untuk melakukan analisis dan menampilkan hasilnya (Burrough, 1986; Belward dan Valenzuela, 1990). Suatu sistem proyeksi peta sangat diperlukan pada penyusunan peta yang menggambarkan titik-titik di bumi sehingga ditorsinya kecil (Prihandito, 1989; Sukoco dan Halim, 1995).

GPS adalah singkatan dari "Global Positioning System" yang merupakan sistem untuk menentukan posisi secara global dengan bantuan satelit. Sistem ini dikembangkan oleh Departemen Pertahanan Amerika guna kepentingan survei dan pemetaan (Winardi, 2005).

Teknologi SIG adalah suatu teknologi yang mengintegrasikan operasi pengolahan data berbasis basis data yang biasa digunakan saat ini, seperti pengambilan data berdasarkan kebutuhan, serta analisis statistik dengan menggunakan visualisasi yang khas serta berbagai keuntungan yang mampu ditawarkan melalui analisis geografis melalui gambar-gambar petanya, sehingga sistemnya mempunyai komponen berikut (PPIC, 2008);

- Lokasi geografiknya
- Analisis data secara visual
- Mempunyai sistem yang saling terkait antara perangkat lunak, perangkat keras dan Data
- Sumber Daya manusia yang mengoperasikannya.

Inovasi model data base dari sistem perpipaan dapat berisi atribut data sistem perpipaan dan informasi geografi. Database sistem perpipaan berisi data akurat yang mempresentasikan setiap bagian dari pipa termasuk pelengkap seperti katup, sambungan, jembatan serta pompa dan lainnya. Informasi ini akan memudahkan proses perencanaan (Planning), mempelajari sejarahnya, dan analisis hidrolika jika diperlukan (PPIC, 2008).

Dari sistem data yang terpusat, berbagai pengguna dapat mengamati, menganalisa serta memperbaiki data dan menyusun laporan tanpa melakukan duplikasi set data (Jun et al., 2002).

Kemampuan tersebut membuat sistem informasi SIG berbeda dengan sistem informasi pada umumnya dan membuatnya berharga bagi perusahaan milik masyarakat atau perseorangan untuk memberikan penjelasan tentang suatu peristiwa, membuat peramalan kejadian, dan perencanaan strategi lainnya.

SIG memungkinkan untuk membuat tampilan peta serta menggunakannya untuk keperluan presentasi dengan menunjuk dan meng-klik-nya. SIG memungkinkan juga untuk menggambarkan dan menganalisa informasi dengan cara png baru, mengungkap semua keterkaitan yang selama ini tersembunyi, pola, dan kecenderungannya.

Para pelaku bisnis yang bergerak di bidang pemasaran, periklanan, real estate, dan ritel saat ini sudah menggunakan SIG untuk melakukan analisa pasar, mengoptimalkan kampanye periklanan melalui media masa, analisis terhadap bidang-bidang tanah, dan membuat model atas pola pengeluaran. SIG akan merubah banyak hal yang berkait erat dengan pekerjaan, apa pun bisnisnya

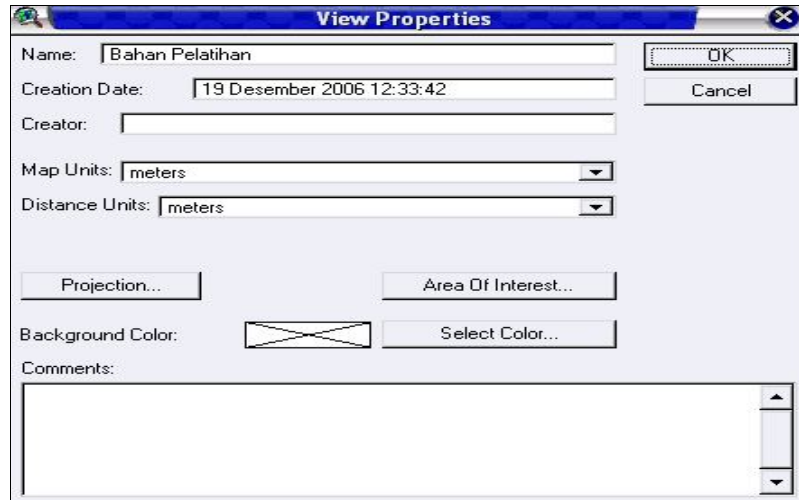
Banyak organisasi yang sudah mengimplementasi SIG menemukan kenyataan, bahwa keuntungan utama yang mereka dapatkan adalah peningkatan kinerja manajemen terhadap organisasi maupun pengelolaan sumberdayanya. Hal itu terjadi karena SIG memiliki kemampuan untuk menghubungkan berbagai perangkat data secara bersamaan berdasarkan geografis, memfasilitasi informasi-informasi yang terjadi antar bagian. Sebagai salah satu pengguna istimewa SIG, Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) perlu tahu berapa nilai nyata dari sistim pipa yang dimiliki dan apakah pemeliharaan serta pengoperasian yang diperlukan untuk memperpanjang umur sistim perpipaan (PPIC, 2008).

SIG bukan sebuah sistem yang mampu membuat keputusan secara otomatis. SIG hanya sebuah sarana untuk pengambilan data, menganalisanya, dari kumpulan data berbasis pemetaan untuk mendukung proses pengambilan keputusan.

Sejumlah terapan SIG untuk aktivitas bisnis pemasaran, pemilihan lokasi, pengelolaan aset, analisis resiko, pengaturan hantaran, pelayanan pelanggan, serta analisa demografi serta pemetaan. SIG akan membantu untuk berbagai jenis aktivitas bisnis dan industri, termasuk; Bank dan Finansial, Produk Konsumsi,

Kesehatan dan Asuransi, Real Estate/Facility Acquisition/Map, Layanan Basis Data dan Biro Perjalanan/Wisata (Anonym, 2008).

Konversi x,y dari AutoCad dengan satuan UTM ke SIG yaitu dengan mengatur properties View. Propertis view dapat diatur melalui menu View → **Properties**. Kotak dialog berikut akan muncul

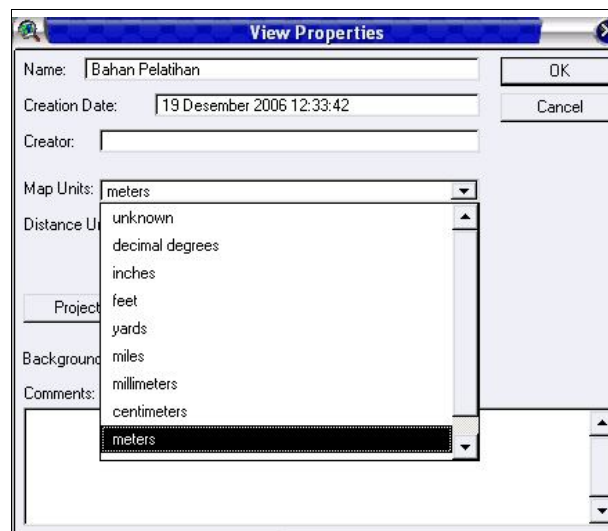


Gambar 2.22 Kotak Dialog View Properties

Beberapa komponen properti view yang perlu diatur adalah :

- *Name*, nama *view* secara otomatis diisi dengan *view1*, *View2* dan seterusnya. Sebaiknya nama *view* diganti sesuai dengan data yang tersimpan pada *view* tersebut. Pada contoh ini, nama *view* akan diganti dengan ‘ Bahan pelatihan’.
- *Creation Date* . biasanya diisi oleh software arcview secara otomatis dengan hari, tanggal, dan jam. Isian ini biarkan saja sesuai dengan nilai *default*-nya.
- *Creator*. Diisi dengan pembuat *view* tersebut, pada contoh ini akan diisi dengan nama peserta (*user*).
- *Map Units*. Standarnya map unit atau satuan peta isi dengan *unknown*. Apabila tidak diubah, skala peta tidak akan ditampilkan. Akan tetapi, jika kita salah memilih satuan peta pada daftar yang telah disediakan, skala


peta akan ditampilkan dengan nilai yang salah. Pemilihan satuan peta disesuaikan dengan proyeksi peta yang akan digunakan pada view. Biasanya mengacu pada proyeksi peta original pada saat digitalis peta. Contoh-contoh yang digunakan pada latihan ini menggunakan proyeksi UTM (*Universal Transverse Mercator*). Perlu dicatat bahwa dalam satu view hendaknya menggunakan sistem proyeksi peta yang sama. Jika tidak, tampilan peta dan hasil analisisnya menjadi kurang tepat. Pilihan *map unit* yang disediakan adalah sebagai berikut.



Gambar 2.23 Daftar Pilihan Map Unit

(untuk proyeksi UTM satuan peta yang digunakan adalah 'meter' dan pada contoh ini kita akan menggunakan satuan peta meter. (untuk proyeksi lintang bujur atau *derajat decimal degree*) dipakai satuan peta '*Decimal Degrees*'. Derajat desimal adalah koordinat lintang bujur yang dinyatakan dalam decimal. Nilai derajat negative decimal untuk bujur barat dan lintang selatan. Rumus yang digunakan untuk mengkonversi dari proyeksi lintang bujur ke derajat desimal adalah sebagai berikut.

$$\text{Derajat desimal} = \text{derajat} + (\text{menit}/60) + (\text{detik}/3600)$$

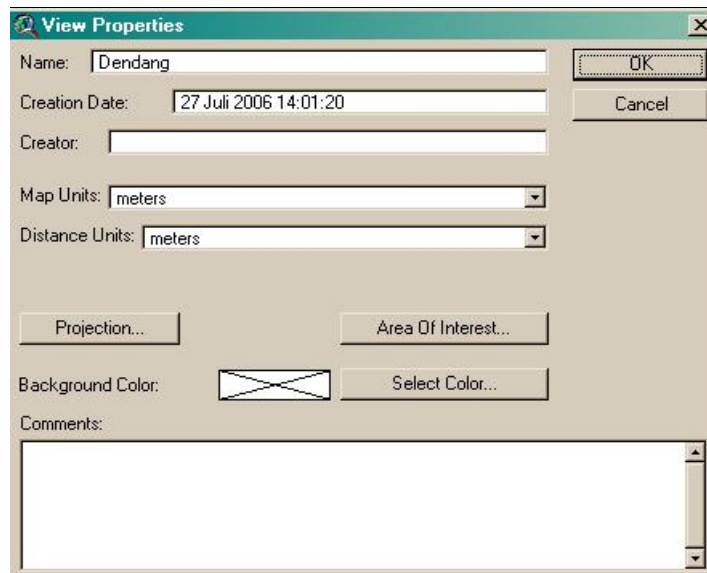
- *Distance units*. Satuan jarak biasanya digunakan pada perhitungan jarak antar satu titik dengan titik yang lain melalui *toolbar measure* () pada contoh ini digunakan kilometer.
- *Projection*. Apabila kita membuat *theme* baru dan tidak menggunakan proyeksi dari *theme* yang sudah ada, maka kita harus menentukan proyeksi yang akan digunakan. Akan tetapi, jika kita membuat peta baru berdasarkan proyeksi *theme* yang telah ada. Kita tidak perlu mengatur proyeksi.

Apabila view yang kita atur propertinya telah terdapat *theme* didalamnya, *projection* dapat digunakan mengubah atau konversi proyeksi yang sedang aktif ke proyeksi yang lain. Akan tetapi perlu dicatat bahwa arcview pada versi ini hanya menyediakan konversi dari *derajat decimal* ke proyeksi yang lain. Apabila proyeksi pada *theme* yang sedang aktif selain *derajat decimal* disarankan untuk tidak mengubah proyeksi peta, karena hasilnya akan kurang tepat.

Jika kita ingin melakukan konversi proyeksi peta dari yang satu ke yang lainnya, digunakan *arcview projection utility* pada *extention Arcview*. Caranya pada window view pilih menu File → *extentions*. Pada daftar *extention* yang tampil, aktifkan modul *Projection Untility Wizard*. Satu menu *ArcView Projection untility* akan ditambahkan pada menu file. Aktifkan menu tersebut dan ikuti petunjuk yang diberikan. pada contoh ini, kita tidak mengadakan perubahan apa-apa terhadap proyeksi.

- *Area of interest*. *Area of interest* (AOI) perlu ditentukan apabila daerah yang akan dianalisis lebih kecil dari *theme* pada view tersebut. Apabila tidak, pilihan ini tidak perlu digunakan.
- *Background colour*. Warna standar latar belakang adalah putih. Apabila kita menginginkan lain, kita dapat mengubahnya dengan meng-klik tombol *select colour* yang ada disamping kanan. Pada contoh Kita tidak mengadakan perubahan terhadap *background colour*.

- *Command.* Catatan yang perlu ditambahkan tentang View ini. Tampilan view yang telah diatur seperti gambar berikut.



Gambar 2.24 Kotak Dialog View Properties yang Telah Diatur

Tip :

Penggunaan sistem koordinat UTM akan lebih memudahkan perhitungan parameter grafis seperti luas, keliling dan panjang karena satuan yang dipakai adalah meter. Sementara sistem koordinat *decimal degree* menggunakan satuan derajat.

2.15. EPANET

EPANET adalah program komputer yang secara luas melakukan periode simulasi dari hidrolika dan kualitas air dalam jaringan pipa bertekanan. Jaringan tersebut terdiri dari pipa, titik (persimpangan pipa), pompa, katup, dan tangki penyimpanan atau reservoir. EPANET menjalankan aliran air dalam tiap pipa, tekanan dari tiap titik, ketinggian air dari tiap tangki dan konsentrasi suatu zat sepanjang jaringan selama beberapa waktu periode simulasi. Dalam penambahan

konsentrasi zat, umur air dan jaringan tambahan dapat juga disimulasikan. Keistimewaan dari EPANET adalah pendekatan koordinat untuk memodelkan jaringan air dan kualitas air. Program dapat menghitung penyelesaian secara bersama untuk dua kondisi bersamaan.

Langkah – langkah untuk menjalankan program EPANET adalah :

1. Membuat jaringan sistem distribusi atau mengimport file jaringan (dalam bentuk text file). Maksudnya adalah dalam tampilan windows EPANET dapat dibuat skema jaringan pendistribusian yang dikehendaki maupun dapat dilakukan dengan mengambil jaringan yang sudah ada (tersimpan dalam format/program lain) misalnya Computer Aided Drawing (CAD) atau Sistem Informasi Geografi (SIG).
2. Mengedit sifat objek atau komponen fisik yang terlihat dalam sistem distribusi. Salah satu contoh komponen fisik dalam sistem distribusi antara lain :

- Pipa merupakan penghubung yang membawa air dari satu titik ke titik lainnya dalam jaringan distribusi. Format inputnya antara lain :

- ID adalah label penanda junctions yang pada program dibatasi hingga 15 bilangan atau karakter serta tidak diperbolehkan memiliki identitas yang sama antar pipa satu dengan lainnya.
- Ujung awal yaitu ID dimana pipa berawal
- Ujung akhir yaitu ID dimana pipa berakhir
- Deskripsi diisi keterangan tambahan yang diperlukan
- Tag adalah keterangan tambahan dipakai untuk menandai node sebagai kategori tertentu, misalnya sebagai kawasan tekanan tertentu.
- Panjang adalah panjang aktual pipa (satuan panjang)
- Diameter adalah ukuran diameter pipa (satuan panjang)
- Angka kekasaran adalah koefisien kekasaran dari pipa
- Koefisien kehilangan yaitu koefisien kehilangan (minor loss) pada bend, fitting

- Keadaan awal menentukan apakah pipa pada kondisi terbuka, tertutup, atau terdiri dari check valve
 - Bulk Coefficient yaitu koefisien reaksi bulk pada pipa
 - Wall Coefficient yaitu koefisien reaksi dinding pada pipa
3. Pengaturan dan pengoperasian sistem lebih ditekankan sebagai editing pada komponen yang tidak nampak dalam sistem (non – visual components) terdiri atas :
- Curve editor ditujukan untuk mengatur bagaiman link (pompa) maupun node bekerja sesuai dengan standar atau keadaan yang dikehendaki. Curve editor diantaranya hubungan tinggi tekan dengan debit (pump curve), biaya atas penggunaan energi/hubungan efisiensi dengan debit (efficiency curve), hubungan volume dengan kedalaman air (volume curve) dan hubungan kehilangan energi dengan debit (headloss curve)
 - Patern editor ditujukan untuk mengatur pola distribusi air bila dilakukan simulasi berjangka (extended period simulation) sesuai dengan waktu yang dikehendaki.
 - Controls editor merupakan pengaturan yang dilakukan terhadap node dan links pada saat simulasi terjadi, apakah dikehendaki tertutup, terbuka maupun keadaan lainnya.
 - Demand editor ditujukan untuk pengaturan kebutuhan sekaligus dilakukan penggolongan kebutuhan tersebut berdasarkan kategori yang ditetapkan saat simulasi berjalan.
 - Source quality editor merupakan pengaturan dengan memasukan komponen water quality ketika simulasi berjalan. Editor ini dapat diabaikan bilamana ditujukan hanya untuk simulasi hidrolis.
4. Memilih analisis yang diinginkan untuk menjalankan simulasi, diperlukan untuk kesesuaian dengan penggunaan formula, sistem satuan serta karakteristik lain yang dikehendaki, apakah menggunakan formula Hazen – Williams, Darcy – Weisbach atau Chezy – Manning.
5. Menjalankan program (running) dilakukan setelah proses input terjadi.

6. Mengetahui hasil keluaran, tahapan akhir ini dapat diketahui bila proses analisis yang berlangsung berjalan dengan baik (running was succesfull). Adapun hasil keluaran tersebut dapat ditampilkan dalam tabel dan grafik.