

MESIN-MESIN FLUIDA
ANALISA TINGGI TOWER PADA SISTEM
DISTRIBUSI AIR PADA SUATU PERUMAHAN
DALAM SISTEM PEMIPAAN NET WORK
(STUDI LITERATUR)

TUGAS AKHIR

*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Ujian Sarjana*



Oleh :

JOJOR TUAHMAN SIAHAAN

NIM : 00 813 0037



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
M E D A N
2007

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 29/8/23

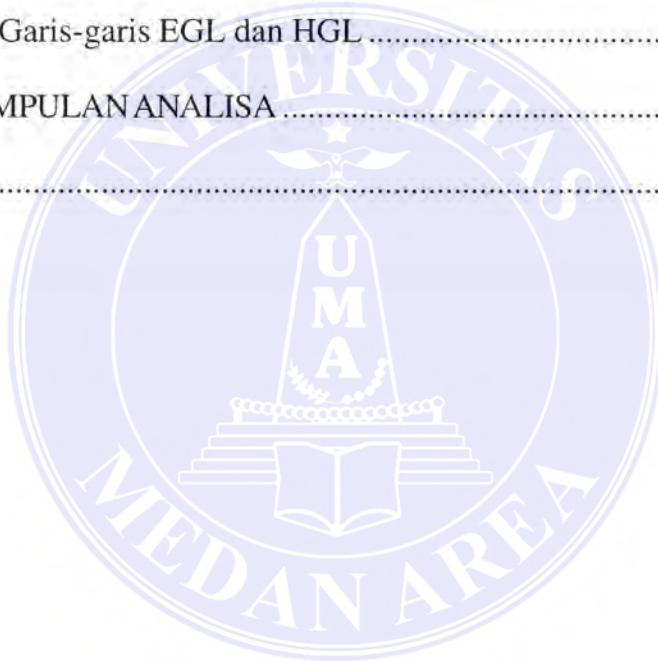
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
 2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
 3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
- Access From (repository.uma.ac.id)29/8/23

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR SIMBOL	v
DAFTAR TABEL	viii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Pandangan Umum	2
1.2. Kriteria Air Minum Sehat	8
1.3. Perumusan Masalah	8
1.4. Tujuan Penelitian	8
1.5. Ruang Lingkup Penelitian	9
1.6. Metode Penelitian	9
BAB II. KERANGKA TEORITIS	10
2.1. Kebutuhan Air	11
2.2. Aliran Fluida	12
2.3. Persamaan Kontinuitas Aliran	13
2.4. Energi Aliran dari Cairan	15
2.5. Hukum Bernouilly	19
2.6. Pompa	20
BAB III. ANALISA TOWER AIR	26
3.1. Penyediaan Air	26
3.2. Transit	26

3.3.	Dapat Memberikan Tekanan Air pada Konsumen	27
3.4.	Pipa Distribusi	29
3.4.1.	Rangkaian Seri	29
3.4.2.	Rangkaian Paralel	29
3.4.3.	Rangkaian Berantai (Pipa Net-Work)	30
3.5.	Head Loses dari aliran	31
3.5.1.	Head Loses Karena Gesekan	32
3.5.2.	Head Loses Karena Pembesaran Tiba-tiba	35
3.5.3.	Head Loses Disebabkan Pengecilan Tiba-tiba	38
3.5.4.	Head Loses Karena Hambatan Dalam Pipa	40
3.5.5.	Head Loses Saat Aliran Memasuki Pipa	41
3.5.6.	Head Loses Saat Aliran Meninggalkan Pipa	42
3.5.7.	Head Loses Disebabkan Belokan	42
3.6.	Hambatan Yang Mengakibatkan Head Loses	42
3.7.	Jenis-jenis Pipa Yang Digunakan	43
3.8.	Kesimpulan Analisa Tinggi Tower Air	44
BAB IV.	PERHITUNGAN PADA TOWER AIR	46
4.1.	Kebutuhan Air Pada Perumahan	46
4.1.1.	Pemakaian Air	47
4.1.2.	Kapasitas Bak Menara	49
4.2.	Kapasitas Pompa	49
4.3.	Ukuran Bak Menara	50

4.5. Ukuran-ukuran Pipa Distribusi	52
4.6. Harga Faktor Koreksi	55
4.6.1. Kapasitas Tower	55
4.6.2. Harga Proposional	56
4.7. Penyesuaian Diameter Pipa Dengan Ukuran Standard..	61
4.8. Head Loses Total	64
4.9. Tinggi Tower atau Menara Air	69
4.10. Garis-garis EGL dan HGL	70
BAB V. KESIMPULAN ANALISA	72
LITERATUR	73



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. PANDANGAN UMUM

Air memiliki peranan yang sangat penting bagi kehidupan manusia, hewan serta tumbuh-tumbuhan, Manusia dalam memenuhi kebutuhan akan air bersih, terutama untuk kebutuhan air minum, mandi, mencuci dan lain-lain cukup mengambil dari sumber-sumber yang ada.

Dengan semakin majunya taraf hidup masyarakat, maka kebutuhan akan air bersih semakin meningkat. Pada beberapa abad yang lalu penggunaan air bersih hanya terbatas untuk air minum saja. Tetapi pada saat ini, air bersih sudah digunakan untuk keperluan industri dan kepentingan umum lainnya.

Bertitik tolak dari semakin meningkatnya kebutuhan air bersih maka untuk menjamin air bersih yang telah memenuhi syarat kesehatan, maka di kota-kota dibutuhkan perusahaan yang mengelola air minum. Untuk memperoleh air bersih yang telah memenuhi syarat kesehatan maka air harus diolah terlebih dahulu. Pengolahan air baku diarahkan untuk mengubah air baku menjadi air bersih yang berguna untuk memenuhi kebutuhan manusia dan untuk keperluan lainnya.

Jenis pengolahan akan tergantung pada kualitas air baku yang akan diolah, dengan kata lain tergantung dari sumber air baku.

Jenis pengolahan akan tergantung pada kualitas air baku yang akan diolah, dengan kata lain tergantung dari sumber air baku.

Air baku dapat berupa :

- air hujan
- air tanah
- air permukaan

Akan tetapi yang paling banyak digunakan adalah :

- air tanah yang diambil dari sumur bor
- air permukaan yang diambil dari danau dan saluran irigasi

Yang paling penting dalam pengolahan air baku adalah :

- Menghilangkan organisme
- Menghilangkan zat-zat yang beracun
- Menghilangkan zat-zat yang menyebabkan kekeruhan
- Zat besi dan mangan menyebabkan rasa pahit dan noda pada pakaian yang dicuci
- CO₂ berlebih dapat merusak beton dan logam
- Gas-gas menyebabkan rasa bau

1.2. KRITERIA AIR MINUM SEHAT

Komposisi zat-zat yang terdapat pada air minum yang sehat pada dasarnya

Calcium 15,03

distandarkan pada standar Amerika (USP HS 1962) dan memenuhi standat kesehatan yang ditetapkan WHO dan standar kualitas air minum di Indonesia. Komposisi kandungan air minum yang sehat tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.1. berikut ini.

Dan bila kita lihat syarat-syarat kualitas air minum di Indonesia, maka komposisi yang dikandung air minum yang sehat harus memenuhi syarat fisik, yakni tidak berwarna, tidak berasa, tidak berbau dan harus jernih. Syarat kimianya yakni tidak boleh mengandung racun. Sedangkan syarat bakteriologi dimana air minum tidak boleh mengandung bakteri-bakteri golongan coli.

Tabel 1.1. Komposisi Kandungan Air Minum

Komposisi	Air Minum (mg/l)	Standar US (mg/l)
Potassium	6,53	
Magnesium	7,34	
Sodium	8,16	
Iron	0,04	max 0,3
Sulfat	1,60	max 250
Clorine	7,04	max 250
Iodium	0,30	
Flouride	0,13	max 1,7
Zinc.	0,051	
pH	7,10	

Sumber : Data dari Laboratorium Air Minum P.T.T.S.

melebihi batas-batas yang ditentukan yaitu 1 coli per 100 ml air. Untuk lebih jelas, syarat-syarat kualitas air minum yang berlaku di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.2. pada halaman berikut ini.

Tabel 1.2. Syarat-syarat Kualitas Air Minum

Komposisi	Kadar yang Diisyaratkan	Kadar yang Tidak Boleh Dilampaui
Keasaman (pH)	7,0 - 8,5	6,5 - 9,5
Bahan Padat	tidak boleh melebihi 50 ml/l	tidak > 1500 ml/l
Warna	tidak boleh lebih 1 kesat	tidak > 50 kesat
Rasa	tidak mengganggu	
Bau	tidak berbau	

Sumber : Buku Sistem Plumbing

Dari segi teknis pengolahan, air dapat dilaksanakan dengan tiga tingkatan yaitu :

a. Pengolahan fisik

Proses ini dilaksanakan untuk menghilangkan zat-zat padat yang terbawa oleh air, seperti pasir dan lumpur.

b. Pengolahan kimia

Proses perubahan kimia, seperti tawas yang berguna dalam pembentukan flok dan kapur yang berguna dalam proses pelunakan air.

c. Pengolahan bakteriologis

Pengolahan bakteriologis dimaksudkan untuk membunuh bakteri-bakteri yang terdapat dalam air, yaitu dengan jalan menyuntikkan zat-zat seperti kaporit dan gas chlor.

Untuk mendapatkan syarat air minum yang diinginkan, ada unit-unit pengolahan air minum yang umum digunakan yaitu antara lain :

1. Bak pengendap (sedimentasi)

Bak pengendap berfungsi untuk mengendapkan lumpur dan partikel-partikel padat yang terbawa bersama air. Selanjutnya endapan tersebut dibuang melalui pintu pembuangan dan air dialirkan ke bak koagulasi.

2. Bak koagulasi (Clearator)

Bak koagulasi merupakan tempat pembunuhan bahan kimia yang digunakan untuk dapat mengendap pada bak sedimentasi. Zat yang digunakan untuk mengikat partikel-partikel tersebut adalah tawas. Air dari bak koagulasi dialirkan ke saringan.

3. Saringan (filter)

Air dari bak koagulasi diteruskan ke saringan yang berfungsi memisahkan partikel-partikel yang tidak dapat diikat pada Clearator saringan tersebut dari lapisan material penyaring yang terdiri dari pasir yang disokong oleh batu dari bawah.

4. Bak Chlorisasi

Air dari filter akan dialirkan ke bak chlorisasi dan pada bak inilah disuntikkan kapur ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) dan kaporit (CaCO_2). Kaporit berfungsi untuk membunuh bakteri yang terkandung dalam air, sedangkan kapur untuk menetralkan pH air.

Di bawah ini adalah Tabel Standard Kualitas Air Minum yang diizinkan di Indonesia :

Tabel 1.3. Standard Kualitas Air Minum di Indonesia

No.	Unsur	Satuan	Standar Indonesia ¹⁾			Uraian
			Minimum yang diperoleh	Maksimum yang dianjurkan	Maksimum yang diperbolehkan	
I.	Fisika :					Sumber ; 1) Peraturan Menteri Kesehatan RI 01/BIRHUKMAS 1/1975
1.	Temperatur	°C	-	-	= udara	
2.	Warna	Pt-Co	-	5	50	
3.	Bau	-	-	-	tidak bau	
4.	Rasa	-	-	-	netral	
5.	Kekeruhan	Silika	-	5	25	
II.	Kimia :					
1.	Nitrogen (sbg amoniak)	mg/l	-	-	0	
2.	Nitrogen (sbg NO ₂)	mg/l	-	-	0	
3.	Nitrogen (sbg NO ₃)	mg/l	-	-	20	
4.	Ion klorida	mg/l	-	200	600	
5.	Zat organik (sbg KMnO ₄)	mg/l	-	-	10	
6.	Ion sianida	mg/l	-	-	0,05	
7.	Air raksa	mg/l	-	-	0,001	
8.	Fosfor organik	mg/l	-	-	-	
9.	Tembaga	mg/l	-	0,05	1,5	
10.	Besi	mg/l	-	0,1	1	
11.	Mangan	mg/l	-	0,05	0,5	
12.	Seng	mg/l	-	1	15	
13.	Timah hitam	mg/l	-	-	0,1	
14.	Kromium valensi-6	mg/l	-	-	0,05	
15.	Arsenik	mg/l	-	-	0,05	
16.	Fluorida	mg/l	1	-	2	
17.	Zat padat sisa peng-uapan	mg/l	-	500	1500	
18.	Phenolik	mg/l	-	0,001	0,002	
19.	Anionik aktif (sbg CaCO ₃)	mg/l	-	-	-	
20.	Kadmium	mg/l	-	-	0,01	
21.	Selenium	mg/l	-	-	0,01	
22.	Magnesium	mg/l	-	30	150	
23.	Ion belerang (sbg SO ₄)	mg/l	-	200	400	
24.	Sulfida (sbg H ₂ S)	mg/l	-	-	0	
25.	Karbon agresif (sbg CO ₂)	mg/l	-	-	0	
26.	Kalsium (sbg Ca)	mg/l	-	75	200	
27.	Oksigen (larut)	mg/l	-	-	-	
28.	Berilium	mg/l	-	-	-	
29.	Molibdenum	mg/l	-	-	-	
30.	Poli-akriloamida	mg/l	-	-	-	

Sumber : Peraturan Menteri Kesehatan RI 01/BIRHUKMAS 1/1975

1.3. PERUMUSAN MASALAH

Untuk membangun suatu Perumahan yang besar maka timbul berbagai masalah, salah satu masalah yang penting adalah penyediaan air bersih dan untuk penyediaan air bersih dibangunlah Tower atau Menara Air. Sesuai dengan fungsinya Tower sebagai penyimpanan air dan tower harus juga dapat memberikan tekanan air pada konsumen yang terjauh dengan kata lain mempunyai Heat Potensial yang cukup tinggi sehingga tower dapat berfungsi seperti yang diinginkan.

1.4. TUJUAN PENELITIAN

1.4.1. TUJUAN TEKNIS

Secara teknik penelitian ini bertujuan untuk menganalisa tinggi tower system distribusi air, pada suatu perumahan adalah untuk mengetahui faktor-faktor apa yang perlu diperhatikan dalam perhitungan tinggi tower tersebut, sehingga tower dapat berfungsi seperti yang diharapkan.

1.4.2. TUJUAN AKADEMIS

Secara akademis tujuan penelitian ini bertujuan untuk memenuhi kewajiban bagi setiap mahasiswa yang akan menyelesaikan program sarjana (S1) di jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kemampuan mahasiswa dalam mengaplikasikan ilmu pengetahuan yang diperoleh selama mengikuti perkuliahan selain itu juga bertujuan untuk menambah wawasan pengetahuan pada disiplin ilmu yang menjadi profesi.

1.5. RUANG LINGKUP PENELITIAN

Pada penelitian tinggi tower yang diteliti pada suatu perumahan mengingat luasnya jangkauan pembahasan permasalahan, penulis menganggap perlu membatasi permasalahan yang akan dibahas.

Pembahasan meliputi :

- Penelitian tinggi tower sebagai penyimpan air
- System pemipaan
- Kapasitas pompa untuk mengisi ke bak tower.

1.6. METODE PENELITIAN

Metode yang dilakukan dalam penelitian berupa survey ke PT. Perumahan Cendana Asri Lau Pondom Tanjung Morawa, serta ditambah dengan study literature/referensi dengan memaparkan teori dasar dan rumus-rumus yang berkaitan dengan perhitungan praktis yang merupakan metode yang baik untuk mendapatkan perencanaan yang diinginkan.

BAB II

KERANGKA TEORITIS

2.1. KEBUTUHAN AIR

Semua makhluk hidup membutuhkan air, terutama manusia. Selain untuk minum dan mandi air juga dipergunakan untuk mencuci, memasak menyiram dan lain-lain.

Untuk menentukan jumlah kebutuhan air per-orang dapat diperoleh pada tabel di bawah ini :

No.	Jenis gedung	Pemakaian air rata-rata sehari (Liter/hari)	Jangka waktu pemakaian air rata-rata sehari (jam)	Perbandingan luas lantai efektif/total (%)	Keterangan
1.	Perumahan mewah	250	8-10	42-45	Setiap penghuni
2.	Rumah biasa	160-250	8-10	50-53	Setiap penghuni
3.	Apartement	200-250	8-10	45-50	Mewah 250 liter Menengah 180 liter Bujangan 120 liter
4.	Asrama	120	8		Bujangan
5.	Rumah Sakit	Mewah > 1000 Menengah 500-1000 Umum 350-500	8-10	45-48	(setiap tempat tidur pasien) Pasien luar : 8 liter Staf/pegawai : 120 liter Keluarga pasien : 160 liter
6.	Sekolah dasar	40	5	58-60	Guru ; 100 liter
7.	SLTP	50	6	58-60	Guru ; 100 liter
8.	SLTA dan lebih tinggi	80	6		Guru/dosen : 100 liter
9.	Rumah-toko	100-200	8		Penghuninya : 160 liter

10.	Gedung kantor	100	8	60-70	Setiap pegawai
11.	Toserba (toko serba ada, departemen store)	3	7	55-60	Pemakaian air hanya untuk kakus, belum termasuk untuk bagian restorannya.
12.	Pabrik/industri	Buruh pria : 60 Wanita : 100	8		Per- orang, setiap giliran (kalau kerja lebih dari 8 jam sehari)
13.	Stasiun/terminal tiba	3	15		Setiap penumpang (yang maupun berangkat)
14.	Restoran	30	5		Untuk penghuni : 160 liter
15.	Restoran umum	15	7		Untuk penghuni : 160 liter; pelayan : 100 liter 70% dari jumlah tamu perlu 15 liter/orang untuk kakus, cuci tangan dsb.
16.	Gedung Pertunjukan	30	5	53-55	Kalau digunakan siang dan malam, pemakaian air dihitung per penonton
17.	Gedung bioskop	10	3		-----idem-----
18.	Toko pengecer	40	6		Pedagang besar : 30 ltr/tamu, 150 liter/Staf atau 5 liter per hari setiap m ² luas lantai.
19.	Hotel/penginapan	250-300	10		Untuk setiap tamu, untuk Staf 120-150 liter; penginapan 200 liter.
20.	Gedung peribadatan	10	2		Didasarkan jumlah jemaah per hari.
21.	Perpustakaan	25	6		Untuk setiap pembaca yang tinggal
22.	Bar	30	6		Setiap tamu
23.	Perkumpulan sosial	30			Setiap tamu
24.	Kelab malam	120-350			Setiap tempat duduk
25.	Gedung perkumpulan	150-200			Setiap tamu
26.	Laboratorium	100-200	8		Setia staf

Tabel 2.1. Pemakaian air rata-rata per orang per hari.

Sumber : Penyediaan Air Bersih, Bina Aksara

2.2. ALIRAN FLUIDA

Bila fluida mengalir sepanjang laluan pipa, fluida tersebut terdiri dari sejumlah partikel kecil bersama-sama membuat aliran stream partikel-partikel mengalir dengan bermacam-macam arah aliran, dengan kata lain aliran fluida berfariasi bentuk.

Berikut ini beberapa aliran yang perlu diketahui :

1. Aliran steady atau aliran unsteady

Jika setiap penampang laluan, kapasiti aliran tetap konstan.

2. Aliran uniform dan aliran non uniform

Bila besar dan arah kecepatan tidak berubah dari satu titik ke titik yang lain.

Aliran harus uniform pada bagian yang dalam kemiringan, penampang kecepatan tetap konstan.

Aliran non uniform, bila kecepatan pada bagian, yang dalam kemiringan, penampang, tidak sama pada seluruh penampang laluan.

3. Aliran laminar dan aliran turbulen

Dalam aliran laminar, bila fluida mengalir melalui sebuah pipa akan cenderung bertahan disebabkan viskositas atau gesekan.

Dalam aliran turbulen, aliran partikel-partikel fluida bergerak dalam segala arah atau saling memotong satu sama lain.

Garis-garis aliran dari partikel fluida tergantung pada jenis fluida dan bentuk laluan. Beberapa garis-garis aliran yang penting dibatasi sebagai berikut :

1. Garis-garis laluan

Bila fluida bergerak, garis laluan partikel tunggal pindah berperiode.

2. Garis-garis stram

Garis berbentuk tangensial setiap titik pada garis imajinasi dalam aliran fluida memberikan arah gesekan pada titik tersebut.

3. Garis-garis pontensial

Garis-garis ini digabung ke titik kecepatan pontensial yang sama disebut garis-garis potensial.

2.3. PERSAMAAN KONTINUITAS ALIRAN

Bila fluida mengalir melalui suatu laluan saluran atau pipa dengan kapasitas aliran setiap detik melalui setiap penampang yang sama dikatakan tidak ada pertukaran kapasitas, maka secara umum dapat ditulis dengan rumus :

$$Q = A \cdot V \text{ (m}^3\text{/det)}$$

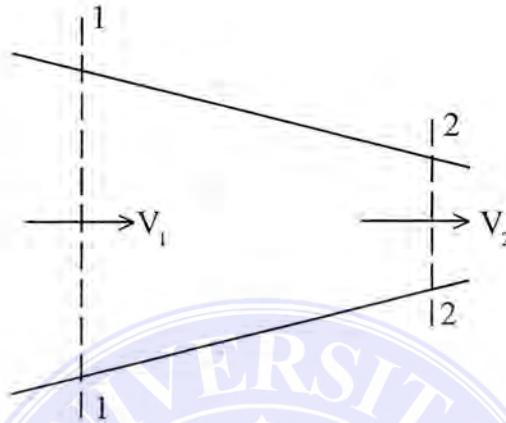
dimana :

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

$$A = \text{Luas penampang (m}^2\text{)}$$

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

Persamaan kontinuitas dari suatu aliran melalui saluran pipa, berat aliran setiap melalui penampang persatuan waktu harus sama pada seluruh penampang.



Gambar Aliran Pada Pipa Konis

dimana :

$$A_1 = \text{luas penampang 1 - 1}$$

$$A_2 = \text{luas penampang 2 - 2}$$

$$V_1 = \text{kecepatan aliran 1 - 1}$$

$$V_2 = \text{kecepatan aliran 2 - 2}$$

$$W = \text{berat aliran/detik}$$

maka :

$$W = \gamma_1 \cdot A_1 \cdot V_1 = \gamma_2 \cdot A_2 \cdot V_2$$

Dimana, γ_1 dan γ_2 pada penampang 1 - 1 dan 2 - 2.

Dalam hal ini fluida aliran adalah sama, dengan berat jenis sama, maka persamaan kontinuitas dari suatu aliran dapat ditulis :

$$Q = A \cdot V \text{ (konstan)}$$

$$Q = A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2$$

$$V_1 = \frac{Q}{A_1} \text{ m/det} , \quad V_2 = \frac{Q}{A_2} \text{ m/det}$$

2.4. ENERGI ALIRAN DARI CAIRAN

Energi adalah kapasitas melakukan kerja dalam hidrolis, kita hanya menyinggung tiga bentuk energi dalam aliran yaitu :

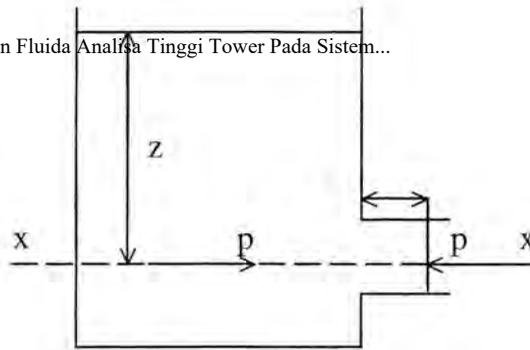
1. Energi potensial atau energi statik
2. Energi kinetik
3. Energi tekanan

Semua energi dalam hidrolis umumnya dinyatakan dalam tinggi. Sehingga energi di atas dinyatakan sebagai head potensial, head kinetik dan head tekanan.

1. Head potensial

Adalah suatu partikel cairan yang dihitung dari suatu posisi garis dasar. Garis dasar adalah suatu garis yang dipilih dengan level nol.

Bila tekanan dalam sebuah bak dengan garis dasar x - x adalah p, tinggi cairan z meter, maka kerja yang dilakukan melawan tekanan p.



Gambar Head Potensial Z

Dimana : A = luas penampang pipa kecil (m^2)

V = kecepatan air (m/det)

P = Tekanan pada penampang

Kerja yang dilakukan perdetik mendorong air melalui pipa

= gaya dikali jarak perpindahan perdetik

= $P \cdot A \cdot V$

dimana : $A \cdot V$ = volume air didorong melalui pipa

= Q

maka kerja yang dilakukan :

= $P \cdot Q$

= $\gamma \cdot z \cdot Q$

dimana : $\gamma \cdot Q$ = W

W = berat air yang didorong (kg/det)

Kerja yang dilakukan = $w \cdot z$ (kg m)

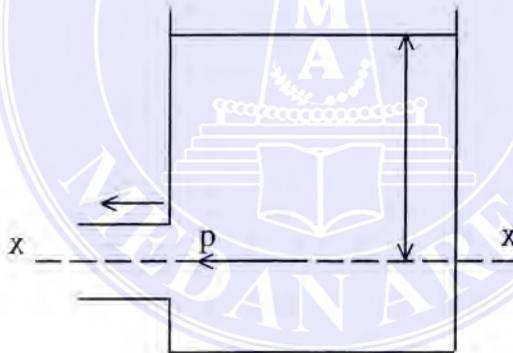
Jika berat air perdetik adalah 1 kg, maka energi potensial adalah :

$$\begin{aligned} &= 1 \cdot z \text{ kg m/kg} \\ &= z \text{ meter} \\ &= \text{head potensial} \end{aligned}$$

2. Head kinetik

Energi kinetik dari aliran fluida adalah yang disebabkan perpindahan atau kecepatan fluida tersebut.

Bila air keluar dari suatu tangki dengan ketinggian konstan H dan kecepatan air keluar V, secara alamiah melawan energi kinetik karena kehilangan head potensial.



Gambar Head Kinetik V

maka :

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{w}{g} \cdot v^2 = W \cdot H$$

atau :

$$\begin{aligned} H &= \frac{v^2}{2 \cdot g} \\ &= \text{Head kinetik dalam meter} \end{aligned}$$

atau :

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

3. Head tekanan

Energi tekanan dari partikel cairan adalah karena keberadaan tekanan atau tekanan partikel zat cair tergantung pada kedalaman yang diukur dari permukaan zat cair itu sendiri.

Maka head tekanan adalah :

$$\begin{aligned} P &= \gamma \cdot H \\ H &= \frac{P}{\gamma} \\ &= \text{Head tekanan dalam meter} \end{aligned}$$

Maka head total dari suatu partikel zat cair dalam aliran adalah penjumlahan tinggi statik head kecepatan dan head tekanan, atau :

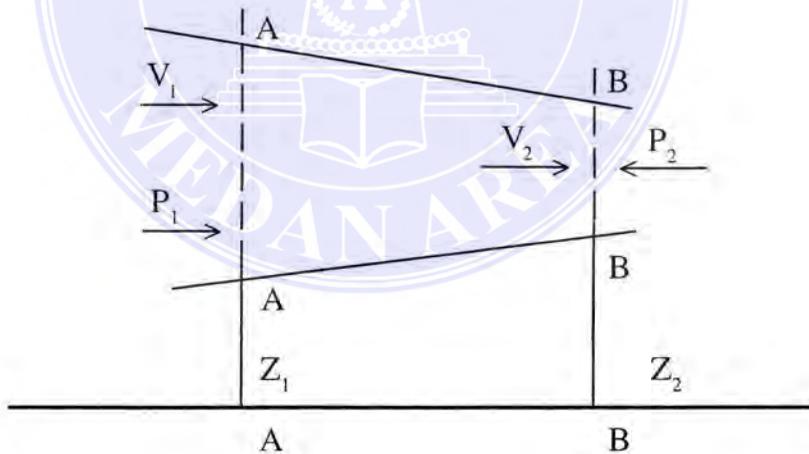
$$\text{Head total} = z + \frac{v^2}{2 \cdot g} + \frac{P}{\gamma}$$

2.5. HUKUM BERNOULLY

Hukum Bernoulli dinyatakan, untuk setiap massa cairan kompressibel, secara kontiniu berhubungan antara partikel keseluruhan, head total dari sistim adalah sama dengan mengabaikan losses maka :

$$\begin{aligned}
 \text{Head total} &= \text{head potensial} + \text{head tekanan} + \text{head kinetik} \\
 &= z + \frac{P}{\gamma} + \frac{v^2}{2 \cdot g} \\
 &= \text{konstan}
 \end{aligned}$$

Seperti pada gambar di bawah ini adalah aliran dalam sebuah pipa dimana pada titik A, tekanan dan kecepatan aliran masing-masing P_1 dan V_1 ketinggian z_1 . Pada titik B, tekanan dan kecepatan P_2 dan V_2 dengan ketinggian z_2 maka persamaan bernoulli.



Gambar Perbedaan energi potensial antara 2 titik

maka dari gambar :

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g}$$

atau :

$$Z_1 + Z_2 + \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \cdot g} = 0$$

dimana :

$$Z_1 - Z_2 = \text{selisih head potensial titik A dan B (m)}$$

$$P_2 - P_1 = \text{selisih head tekanan titik A dan B}$$

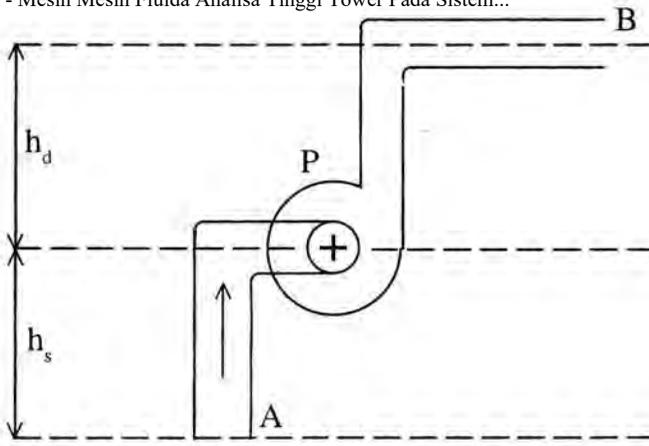
$$v_2^2 - v_1^2 = \text{selisih head kecepatan titik A dan B}$$

2.6. POMPA

Sesuai dengan fungsinya, pompa adalah suatu pesawat yang dapat merubah energi mekanik menjadi energi fluida. Dari fungsi ini, pompa dapat memindahkan air dari suatu tempat ke tempat lain atau dari tempat rendah ke tempat yang tinggi.

2.6.1. Manometrik Head

Pompa sentrifugal mempunyai tinggi isap statik (Head Suction Statik) dan tinggi tekan statik (Head Discharge Statik), seperti pada gambar di bawah ini :



dimana :

h_s = tinggi isap

h_d = tinggi tekan

v_s = kecepatan aliran pada pipa isap

v_d = kecepatan pada pipa tekan

h_{fs} = head loses karena gesekan pada pipa isap

h_{fd} = head loses karena gesekan pada pipa tekan

A = titik pada sisi masuk impeller

B = titik pada sisi keluar impeller

maka :

1. Tinggi statik

Tinggi statik adalah jarak vertikal dari permukaan air sampai sumbu horizontal pipa tekan atau :

$$H_s = h_s + h_d$$

dimana :

$$H_s = \text{tinggi statik}$$

$$h_s = \text{tinggi isap}$$

$$h_d = \text{tinggi tekan}$$

2. Tinggi isap

Dengan mempertimbangkan adanya kerugian pada pipa isap, maka tinggi isap :

$$H_s = h_s + h_{fs} + \frac{v_s^2}{2 \cdot g}$$

dimana :

$$h_{fs} = \text{head loses karena gesekan pada pipa isap}$$

3. Tinggi tekan

Tinggi tekan dari pipa adalah :

$$h_d = h_d + h_{fd} + \frac{v_d^2}{2 \cdot g}$$

dimana :

$$h_{fd} = \text{head loses karena gesekan pada pipa tekan}$$

2.6.2. Head Manometrik (HM)

Head aktual merupakan kerja pompa, yang besarnya sama dengan tinggi statik ditambah semua kerugian dalam pipa.

maka :

$$H_m = h_s + h_{fs} + \frac{v_s^2}{2 \cdot g} + h_d + h_{fd} + \frac{v_d^2}{2 \cdot g}$$

atau :

$$H_m = (h_s + h_d) + (h_{fs} + h_{fd}) + \frac{v_d^2}{2 \cdot g}$$

dimana : $\frac{v_s^2}{2 \cdot g}$ diabaikan

sehingga :

$$H_m = H_s + h_f + \frac{v_d^2}{2 \cdot g}$$

h_f adalah kehilangan yang disebabkan gesekan sepanjang pipa.

Setelah head manometrik dikembangkan, maka perbedaan head

tekanan antara sisi keluar B dan sisi masuk A pada rumah pompa,

$$\begin{aligned} \text{maka : } H_m &= H_B + H_A \\ &= \left(\frac{P_B}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2 \cdot g} \right) + \left(\frac{P_A}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2 \cdot g} + Z_A \right) \end{aligned}$$

2.6.3. Kerugian (Loses) Yang Terdapat Pada Pompa

Kerugian yang terdapat pada sentrifugal dapat digolongkan sebagai berikut :

a. Kerugian hidrolis

Ada dua type kerugian hidrolis yang terjadi pada pompa, yaitu :

- Kerugian dalam pompa disebut loses Eddy seperti kebocoran pada sisi masuk, sisi keluar impeller pada difuser dan gesekan impeller.
- Kerugian yang terdapat pada pipa isap dan pada pipa tekan, dalam hal ini, $H_m = \text{head statik} + \text{gesekan}$ dan kerugian lainnya pada pipa isap dan tekan.

$$\begin{aligned} \text{Head yang dihasilkan impeller} &= \frac{V \cdot w_1 \cdot u_1}{g} \\ &= H_m + \text{loses dalam pompa} \end{aligned}$$

b. Kerugian mekanis

Kerugian ini disebabkan gesekan terutama pada bantalan dan pada glands. Energi yang dihasilkan/diberikan motor listrik ke impeller = energi yang dihasilkan impeller + kerugian mekanis.

Dibawah ini diterangkan beberapa pengertian kerugian :

1. Daya poros - kerugian mekanis = daya impeller
2. Daya impeller - kerugian hidrolis dalam pompa = $W \cdot H \cdot P$
3. $W \cdot H \cdot P$ - kerugian pipa isap dan pipa tekan = daya listrik.

2.6.4. Efisiensi Pompa

Berikut ini beberapa efisiensi pompa yang penting dan umum digunakan untuk menunjukkan performans pompa sentrifugal :

1. Efisiensi manometrik :

$$\begin{aligned} \eta_{\text{man}} &= \frac{Hm}{\frac{V \cdot w_1 \cdot u_1}{g}} \\ &= \frac{Hm}{Hm + \text{loses hidrolik dalam pompa}} \\ &= \frac{W \cdot Hm}{5} \\ &= \frac{V \cdot Vw_1 \cdot u_1}{g \cdot 75} \\ &= \frac{W \cdot H \cdot P}{\text{Daya Im peller}} \end{aligned}$$

2. Efisiensi mekanik :

$$\begin{aligned} \eta_{\text{man}} &= \frac{\text{Energi Im peller}}{\text{Energi yang diberi ke poros}} \\ &= \frac{Vw_1 \cdot u_1}{\frac{Vw_1 \cdot u_1}{g} + \text{loses mekanik}} \\ &= \frac{\text{Daya Im peller}}{\text{Daya poros motor}} \end{aligned}$$

3. Efisiensi total :

$$\begin{aligned} \eta_{\text{man}} &= \frac{\text{Head manometrik}}{\text{Energi yang diberikan ke poros / kg air}} \\ &= \frac{W \cdot Hm}{75} \\ &= \frac{\text{Daya poros}}{\text{Daya poros}} \end{aligned}$$

BAB III

ANALISA TOWER AIR

Tower atau menara air secara umum adalah tempat penyimpanan air, tetapi secara khusus adalah distribusi air yang mengandalkan ketinggian (head potensial), maka tower berfungsi sebagai :

1. Penyediaan air pada waktu pompa tidak bekerja
2. Sebagai transit
3. Dapat memberikan tekanan air pada konsumen.

3.1. PENYEDIAAN AIR

Untuk menghindari biaya yang mahal, pada distribusi air digunakan tower, dimana kapasitas bak menara dirancang sedemikian rupa, agar dapat memenuhi air pada konsumen dalam kebutuhan ekstra pada saat pompa tidak bekerja. Pemakaian ekstra adalah, pemakaian air pada waktu buang air kecil dan besar air sembahyang dan lain-lain.

3.2. TRANSIT

Jumlah air yang masuk ke tangki sama dengan jumlah air yang keluar dari tangki, dengan pengertian tangki tower dianggap penuh.

$$\begin{aligned} Q + Q_1 &= Q + Q_2 \\ Q_1 &= Q_2 \end{aligned}$$

dimana :

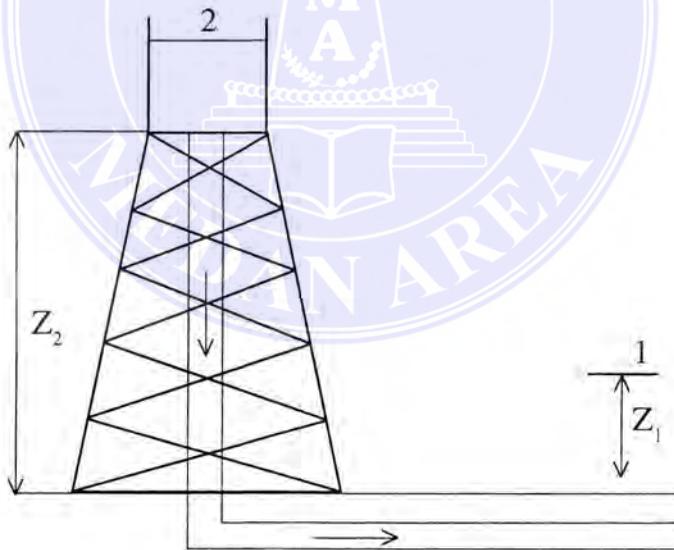
Q = kapasitas bak menara (m^3)

Q_1 = kapasitas air masuk ke bak menara (m^3/det)

Q_2 = kapasitas air keluar bak menara (m^3/det)

3.3. DAPAT MEMBERIKAN TEKANAN AIR PADA KONSUMEN

Sesuai dengan fungsinya tower atau menara air harus dapat memberikan tekanan yang dirancang pada konsumen yang terjauh. Untuk itu, agar tekanan dapat sampai pada konsumen yang terjauh, maka tower harus mempunyai head potensial yang cukup tinggi. Pada gambar di bawah ini dapat kita lihat head potensial dengan menggunakan hukum Bernoulli.



Gambar Tower air

Pada titik 1 adalah tekanan yang diterima konsumen dengan head potensial z_1 . Pada titik 2 adalah dasar tangki dengan head potensial z_2 . Maka head potensial tangki dapat ditentukan dengan rumus Bernoulli. Akan tetapi pada rumus Bernoulli mengabaikan kerugian pada pipa, sedang pada perhitungan tinggi tangki harus dimasukkan kerugian dalam pipa, maka :

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} + z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 - h_1$$

dimana : z = head potensial tangki air (m)

$$\frac{P_2 - P_1}{\gamma} = \text{selisih head tekanan antara titik 2 dan titik 1.}$$

$$= 0$$

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} = \text{selisih head kecepatan antara titik 2 dan titik 1}$$

harga $v_1 = cd \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$, sedang harga

$$v_1 = \frac{Q}{A}$$

karena selisih kecepatan antara titik 1-2

h_1 = kerugian total sepanjang pipa distribusi (m)

$$\text{maka : } z_2 = \frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g} + z_1 + h_1$$

3.4. PIPA DISTRIBUSI

Pipa distribusi adalah rangkaian pipa yang digunakan untuk mengalirkan air dari tower sampai ke konsumen. Pipa-pipa ini dirangkai sedemikian rupa sesuai dengan letak dan kondisi yang menggunakan air tersebut. Pada rangkaian distribusi air ada tiga macam :

1. Rangkaian seri
2. Rangkaian paralel
3. Rangkaian berantai (pipa net-work).

3.4.1. Rangkaian seri

Rangkaian seri biasanya digunakan untuk pemakaian jumlah air yang relatif kecil. Dimana para pemakai (konsumen) terletak dalam garis memanjang dengan letak lurus atau melingkar.



Gambar Rangkaian Seri

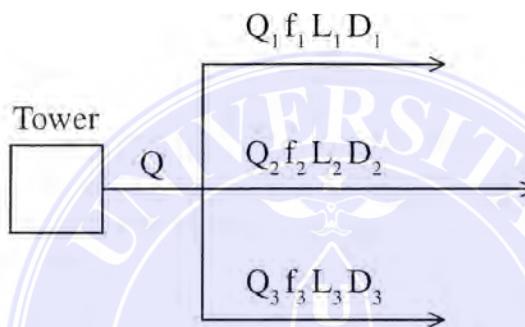
3.4.2. Rangkaian Paralel

Rangkaian pipa paralel banyak digunakan pada distribusi air. Sistem ini lebih baik digunakan karena dapat mengikuti perkembangan pemakai baru, walaupun tidak termasuk dalam perencanaan semula.

Akan tetapi untuk menghitung kerugian pipa sistim ini jauh lebih sulit dibandingkan sistim rangkaian seri. Maka untuk perhitungan kerugian pipa terutama disebabkan aliran, maka dibuat pendekatan dengan equivalen pipa.

Equivalen pipa adalah penggabungan seluruh pipa yang berdiameter sama.

Sedang untuk kerugian lainnya dilakukan dengan cara penjumlahan.



Gambar Rangkaian Paralel

3.4.3. Rangkaian Beruntai (Pipa Network)

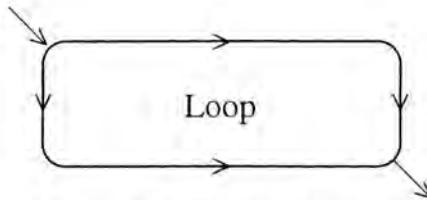
Sejumlah pipa dapat disambung membentuk persegi empat. Susunan seperti ini biasanya digunakan untuk distribusi dalam kota.

Masalah yang utama pada sistim ini adalah menentukan jumlah aliran dalam jaringan pipa yang berada diameter maka dibutuhkan :

1. Kondisi aliran pada pipa dianggap selalu penuh
2. Seluruh sirkuit pipa harus seimbang

Kondisi aliran sebagai berikut :

- Total aliran memasuki persimpangan harus sama dengan total aliran meninggalkan persimpangan.
- Pada setiap persimpangan, head loses yang disebabkan aliran sama dengan head loses kebalikannya.



Gambar Rangkaian Berantai

3.5. HEAD LOSES DARI ALIRAN

Bila cairan mengalir sepanjang pipa lurus dengan dinding laluan yang benar-benar halus, cairan tidak akan mendapat gesekan kecuali disebabkan tahanan kekentalan (viskositas) cairan itu sendiri.

Tetapi ini adalah kondisi ideal yang tidak mungkin terjadi dalam prakteknya karena kekasaran bagian sisi laluan. Head loses yang demikian dikenal sebagai head loses karena gesekan. Untuk lebih jelasnya, macam-macam loses yang dijumpai pada aliran pipa adalah :

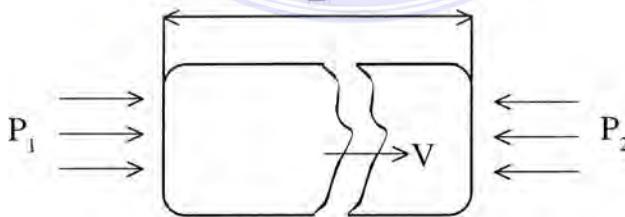
1. Head loses karena gesekan
2. Head loses karena pembesaran tiba-tiba
3. Head loses karena pengecilan tiba-tiba

4. Head loses karena hambatan dalam pipa
5. Head loses karena aliran memasuki pipa
6. Head loses karena saat aliran keluar pipa
7. Head loses karena belokan

3.5.1. Head Losses Karena Gesekan

Sebuah pipa horizontal dengan luas penampang yang sama, mengalir cairan dengan kecepatan konstan.

- Dimana :
- A = luas penampang pipa
 - D = diameter pipa
 - L = panjang pipa
 - V = kecepatan aliran
 - P_1 = tekanan pada penampang 1-1
 - P_2 = tekanan pada penampang 2-2



Gambar Head Losses Karena Gesekan

Kehilangan head tekanan antara penampang 1-1 dan 2-2 akan disebabkan tahanan gesekan.

H_f = kehilangan head disebabkan gesekan antara penampang 1-1 dan 2-2

$$H_f = \frac{P_1}{\gamma} - \frac{P_2}{\gamma} \dots\dots\dots (a)$$

dan gaya dalam arah aliran, kita peroleh :

$$P_2 \cdot A = P_1 \cdot A - \text{tahanan gesekan}$$

atau :

$$\begin{aligned} \text{tahanan gesekan} &= P_1 \cdot A - P_2 \cdot A \\ &= (P_1 - P_2) A \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{akan tetapi tahanan gesekan} &= f' \cdot x \cdot \text{luas} \cdot xv^n \\ &= f' \cdot x \cdot P \cdot L \cdot xv^n \end{aligned}$$

dimana :

$$\begin{aligned} P &= \text{bagian pipa yang basah} = \pi \cdot D \\ (P_1 - P_2) \cdot A &= f' \cdot P \cdot L \cdot v^n \end{aligned}$$

Bila luas kiri dan kanan dibagi dengan berat jenis cairan maka :

$$\frac{P_2 - P_1}{\gamma} = f' \frac{P.L.v^n}{A.\gamma}$$

dari persamaan (a), maka :

$$\frac{P_2 - P_1}{\gamma} = h_f$$

$$h_f = \frac{f'}{\gamma} \cdot \frac{P}{A} \cdot L \cdot V^n$$

A/P adalah perbandingan luas penampang aliran A terhadap bagian pipa yang basah diketahui sebagai kedalaman hidrolik atau jari-jari hidrolik yang diberi simbol 'm'. Maka untuk pipa mengalir penuh :

$$m = \frac{P}{A} = \frac{\pi}{4} \frac{D}{\pi \cdot D} D$$

$$h_f = \frac{f'}{\gamma} \cdot \frac{4}{A} \cdot L \cdot V^n$$

sedang, dengan n = 2 dan $\frac{f'}{\gamma} = \frac{f}{2g}$

$$h_f = \frac{4 \cdot f_1 \cdot L \cdot v^2}{2 \cdot g \cdot D} \dots\dots\dots (1)$$

Bila, 4 . f = f₁, maka kita peroleh :

$$h_f = \frac{f_1 \cdot L \cdot V^2}{2 \cdot g \cdot D} \dots\dots\dots (2)$$

Dari persamaan di atas yaitu bersamaan Dorcy - Weisbach, faktor gesekan, f₁ = 4 . f . Persamaan ini berasal tanpa referensi ke type fluida dalam pipa dan berlaku untuk aliran linear dan turbulen. Faktor gesekan f dan f₁ juga dikenal

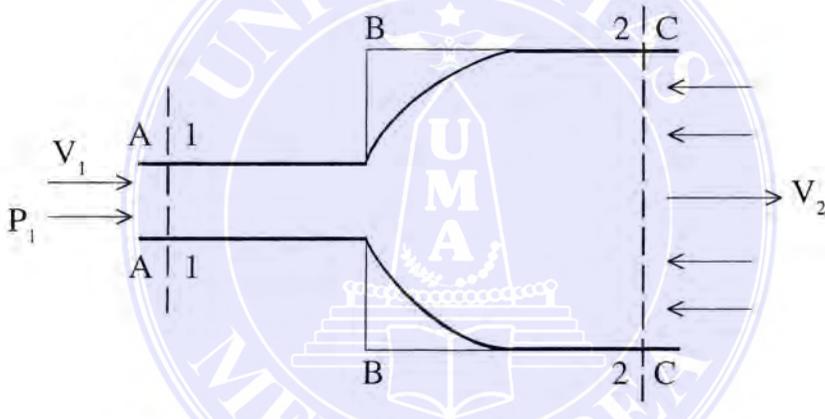
sebagai koefisien gesekan Darcy. Yang akan kita bicarakan selanjutnya adalah faktor gesekan, fungsi angka roynold, dengan variasi temperatur air, kecepatan dan ketidak sempurnaan permukaan pipa.

Darcy memberi harga f :

1. Untuk pipa baru $f = 0,005 \left(1 + \frac{1}{12 \cdot D} \right)$

2. Untuk pipa lama $f = 0,01 \left(1 + \frac{1}{12 \cdot D} \right)$

3.5.2. Head Loses Karena Pembesaran Tiba-tiba



Gambar Head Loses Karena Pembesaran Tiba-tiba

Dari gambar diatas sebuah pipa yang dialiri cairan, pipa tersebut membesar tiba-tiba pada B-B. Cairan mengalir melalui pmbesaran, sehingga terjadi pembentukan eddies pada sudut pipa tersebut. Eddies ini menyebabkan kerugian head dimana :

- a_1 = luas penampang pada pipa 1-1
- P_1 = tekanan cairan pada pipa 1-1
- v_1 = kecepatan aliran pada pipa penampang 1-1
- a_2 = luas penampang pada pipa 2-2
- P_2 = tekanan cairan pada penampang 2-2
- v_2 = kecepatan aliran pada penampang 2-2
- P_0 = tekanan eddies pada luas penampang a_1 dan a_2
- h_e = head loses disebabkan pembesaran tiba-tiba

Melalui eksperimen telah diperoleh bahwa P_0 hampir sama dengan P_1 dan pertukaran kecepatan terjadi pada penampang B-B secara cepat dengan percepatan tidak terjadi sama sekali. Mempertimbangkan kapasitas cairan antara penampang 1-1 dan 2-2 kita peroleh, gaya efektif yang bekerja pada kapasitas cairan adalah :

$$\begin{aligned}
 &= P_2 \cdot a_2 - P_1 \cdot a_1 - P_0 (a_2 - a_1) \\
 &= P_2 \cdot a_2 - P_1 \cdot a_1 \quad ? (P_2 - P_1) \\
 &= (P_2 - P_1) a_2 \quad \dots\dots\dots (a)
 \end{aligned}$$

dan pertukaran momentum dari kapasitas aliran :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{W}{g} v_1 - \frac{W}{g} v_2 \\
 &= \frac{\gamma \cdot a_1 \cdot v_1}{g} v_1 - \frac{\gamma \cdot a_2 \cdot v_2}{g} v_2
 \end{aligned}$$

bila $a_1 \cdot v_1 = a_2 \cdot v_2$

maka permukaan momentum rata-rata :

$$= \frac{\gamma \cdot a_1 \cdot v_1}{g} v_1 - \frac{\gamma \cdot a_2 \cdot v_2}{g} v_2$$

$$= \gamma \cdot a_2 \cdot \left(\frac{v_2 \cdot v_1}{g} - \frac{v_2^2}{g} \right) \dots\dots\dots (b)$$

Dengan menggunakan persamaan momentum :

Gaya efektif = pertukaran momentum rata-rata

atau :

$$a_2 (P_2 - P_1) = \gamma \cdot a_2 \cdot \left(\frac{v_2 \cdot v_1}{g} - \frac{v_2^2}{g} \right)$$

atau :

$$\frac{P_2}{\gamma} - \frac{P_1}{\gamma} = \frac{v_2 \cdot v_1}{g} - \frac{v_2^2}{g} \dots\dots\dots (c)$$

Dengan memenuhi hukum bernouilly persamaan pada penampang 1-1

dan 2-2 kita peroleh :

$$\frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2 \cdot g} + h_e \quad ? \quad z_1 = z_2$$

$$h_e = \frac{\gamma \cdot a_1 \cdot v_1}{g} - \left(\frac{\gamma \cdot a_2 \cdot v_2}{g} \right) \dots\dots\dots (d)$$

Dari persamaan (c) dan (d) diperoleh :

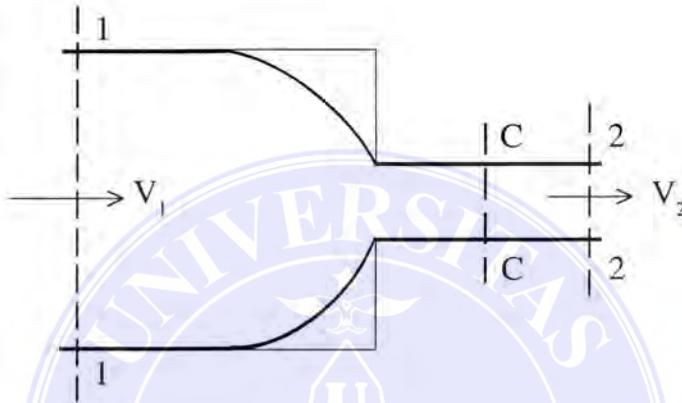
$$h_e = \frac{v_1^2 \cdot v_1^2}{2 \cdot g} - \left(\frac{v_2 \cdot v_1}{g} - \frac{v_2^2}{g} \right)$$

$$= \frac{v_1^2 \cdot v_1^2}{2 \cdot g} - \left(\frac{v_2 \cdot v_1}{g} - \frac{v_2^2}{g} \right)$$

$$= \frac{v_1^2 \cdot 2 \cdot v_2 \cdot v_1 + v_2^2}{2 \cdot g}$$

$$h_e = \frac{(v_1 + v_2)^2}{2 \cdot g}$$

3.5.3. Head Loses Disebabkan Pengecilan Tiba-tiba



Gambar Head Loses Karena Pengecilan Tiba-tiba

Head Loses karena pengecilan tiba-tiba adalah kebalikan atau berlawanan dengan pembesaran tiba-tiba :

- a_1 = luas penampang pada pipa 1-1
- a_c = tekanan cairan pancuran pada c-c
- v_1 = kecepatan aliran pada penampang 1-1
- a_2 = luas penampang pipa pada 2-2
- v_2 = kecepatan aliran pada penampang 2-2
- v_c = kecepatan aliran air pada c-c

Dari gambar diatas, jelas bahwa luas penampang pipa berubah tiba-tiba dari a_1 ke a_2 . Cairan bila mengalir ke panampang yang sempit akan terjadi pengecilan aliran seperti pada penampang c-c, dan mengembang pada penampang 2-2. Pada perhitungan ekspansi ini, head loses akan terjadi antara c-c dan 2-2.

$$h_e = \frac{(v_1 + v_2)^2}{2 \cdot g} \dots\dots\dots (a)$$

bila, $a_2 v_2 = a_1 v_1$

atau : $a_2 v_2 = C_c \cdot a_2 v_e \dots\dots\dots (b)$

dimana : $C_c = C_o$ efisiensi contraction.

Dari penampang (b) :

$$V_c = \frac{V_2}{C_c}$$

Kemudian :

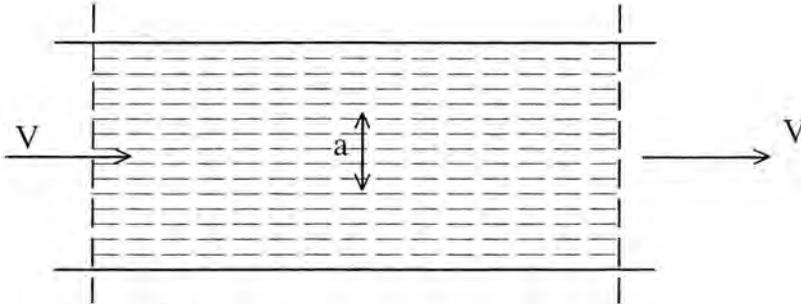
$$\begin{aligned} h_e &= \frac{\left(\frac{V_2}{C_c} - V_2\right)^2}{2 \cdot g} \\ &= V_2^2 \frac{\left(\frac{1}{C_c} - 1\right)^2}{2 \cdot g} \\ &= \left(\frac{1}{C_c} - 1\right)^2 \frac{V_2^2}{2 \cdot g} \end{aligned}$$

Dengan mengambil C_c untuk penampang bulat = 0,6

$$\begin{aligned} h_c &= \left(\frac{1}{0,60} - 1\right)^2 \cdot \frac{V_2^2}{2 \cdot g} \\ &= 0,375 \frac{V_2^2}{2 \cdot g} \end{aligned}$$

3.5.4. Head Loses Karena Hambatan Dalam Pipa

Head Loses karena hambatan dalam pipa seperti gambar di bawah ini :



Gambar Head Loses Karena Hambatan Dalam Pipa

dimana :

A = luas penampang pipa

a = luas penampang hambatan

Cairan akan mengalir dalam garis-garis stream karena hambatan dan pancaran akan membentuk vena contracta pada penampang c-c, dimana :

v_c = kecepatan aliran pada vena contracta

V = kecepatan aliran pada penampang bebas 1-1 dan 2-2 dari pipa.

Pembesaran antara penampang c-c dan 2-2, head loses disebabkan pembesaran :

$$\text{Head loses} = \frac{(v_c + v)^2}{2 \cdot g} \dots\dots\dots (c)$$

Jika Cc pada penampang c-c, kemudian luas penampang untuk aliran pada c-c = Cc (A - a).

Dengan menggunakan hukum kontinuitas, akan diperoleh :

$$Q = v_c \cdot C_c (A - a) = V \cdot A$$

$$v_c = \frac{V \cdot A}{C_c (A - a)}$$

Substitusikan harga v_c ke persamaan (a), maka diperoleh :

$$\begin{aligned} \text{Head loses} &= \frac{1}{2 \cdot g} \left(\frac{V \cdot A}{C_c (A - a)} v \right)^2 \\ &= \frac{v^2}{2 \cdot g} \left(\frac{A}{C_c (A - a)} v \right)^2 \end{aligned}$$

dianggap : $C_c = 0,60$

Head loses disebabkan hambatan adalah :

$$H_o = \frac{V^2}{2 \cdot g} \left(\frac{A}{0,6 (A - a)} v \right)^2$$

3.5.5. Head Loses Saat Aliran Memasuki Pipa

Bila suatu cairan mengalir dari sebuah tangki ke pipa, akan merupakan pengecilan tiba-tiba. Head loses ini disebabkan memasuki pengecilan akan memberikan :

$$\text{Head loses} = 0,5 \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

dimana :

$$V = \text{kecepatan aliran dalam pipa}$$

Pada pipa yang jaraknya panjang head loses seperti ini diabaikan.

3.5.6. Head Loses Saat Aliran Meninggalkan Pipa

Ketika aliran keluar dari pipa, mempunyai energi kinetik yang disebabkan gerakan, yang akan menimbulkan kerugian, yaitu :

$$\text{Head loses} = \frac{V^2}{2.g}$$

V = kecepatan aliran dalam pipa.

3.5.7. Head Loses Disebabkan Belokan

Aliran yang melalui belokan akan terjadi head loses yang disebabkan pembesaran tiba-tiba, sehingga terjadi vena contracta, maka :

$$\text{Head loses} = k \frac{V^2}{2.g}$$

3.6. HAMBATAN-HAMBATAN YANG MENAKIBATKAN HEAD LOSES

Bila kita perhatikan jaringan-jaringan distribusi yang begitu kompleks maka hambatan-hambatan yang menimbulkan head loses, dari seluruh jenis hambatan, hambatan dari aliran seperti diterangkan pada bagian terdahulu. Hambatan-hambatan yang kita dapatkan adalah :

1. Head loses karena gesekan
2. Head loses karena pengecilan tiba-tiba
3. Head loses saat aliran memasuki pipa
4. Head loses saat aliran keluar pipa.

3.7. JENIS-JENIS PIPA YANG DIGUNAKAN

Sesuai dengan diagram A-2 (lit. 9 hal, 79) jenis-jenis pipa yang digunakan dalam rancangan ini adalah sebagai berikut :

Tabel. Jenis-jenis Pipa :

Jenis pipa atau lapisan (baru)	Harga dalam mm	
	Daerah	Harga rancangan
Kuningan	0,0015	0,0015
Tembaga	0,0015	0,0015
Beton	0,30 - 3,00	1,2
Besi tuang - tanpa lapisan		
Besi tuang - tecelup aspal	0,61 - 0,183	0,12
Besi tuang - berlapis semen	0,0024	0,0024
Besi tuang - berlapis bitumen	0,0024	0,0024
Besi tuang - diputar sentrifugal	0,003	0,003
Besi disepuh	0,061 - 0,24	0,150
Besi kasar (wrought)	0,030 - 0,0910,061	
Baja Dilas & Kommersial	0,030 - 0,090,0611	
Baja Dikeling	0,91 - 9,1	1,83
Transite	0,0024	0,0024
Lembaran Kayu	0,18 - 0,91	0,61

3.8. KESIMPULAN ANALISA TINGGI TOWER AIR

Persoalan pada pipa beruntai, adalah rumit menyelesaikan secara matematika. Maka metode yang digunakan secara umum adalah dengan metode pendekatan, metode ini diketahui adalah metode Hardy Cross dengan cara sebagai berikut :

1. Kapasitas aliran melalui setiap pipa adalah dianggap yang memenuhi hukum kontinuitas pada setiap simpang.
2. Head loses yang disebabkan gesekan untuk setiap pipa dapat dihitung dengan memisalkan kapasitas aliran head loses yang disebabkan aliran searah jarum jam, bila ditambahkan dengan aliran yang berlawanan dengan jarum jam harus hasilnya sama dengan nol.
3. Harga distribusi pemisalan, harus dikoreksi dengan :

Q_a = kapasitas aliran yang dimisalkan

Q = kapasitas aliran yang sebenarnya

Q = harga koreksi yang akan ditambah atau dikurangi ke salah satu kapasitas aliran yang dimisalkan.

Jika head loses total dalam arah jarum jam diperoleh lebih besar dari pada head loses dalam arah berlawanan. Kemudian Q akan dikurangkan dari aliran yang searah jarum jam dan ditambah ke aliran yang berlawanan dengan arah jarum jam. Pada sebuah pipa umum terdapat dua persimpangan, koreksi dari kedua persimpangan harus dilakukan.

Di bawah ini head loses untuk pipa adalah sebagai berikut :

$$h_f = K \cdot Q^n$$

dimana : $Q = Q_a + Q$, diperoleh :

$$h_f = K (Q_a + Q)^n$$

dan untuk semua persimpangan :

$$\begin{aligned} \Sigma h_f &= \Sigma K \cdot Q^n \\ &= \Sigma K (Q_a + Q)^n \end{aligned}$$

Untuk teori binominal dipakai tanda kurung.

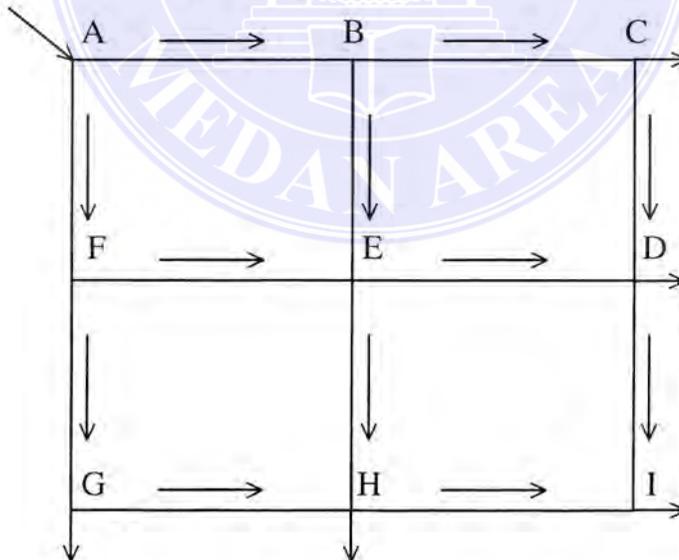
$$\Sigma h_f = \Sigma K [Q_a + n \cdot Q_a^{n-1} \cdot Q + \dots]$$

Harga ΔQ adalah sangat kecil dibandingkan dengan Q_a , dan untuk kedua ekspansi ditiadakan. Tetapi persimpangan tetap setimbang.

$$\Sigma h_f = Q$$

atau : $\Sigma K [Q_a + n \cdot Q_a^{n-1} \cdot Q] = Q$

$$\text{maka : } \Delta Q = - \frac{K \cdot Q_a^n}{K \cdot n \cdot Q_a^{n-1}}$$



Gambar Bentuk Pipa Berantai Yang Diambil

BAB V

KESIMPULAN ANALISA

1. Syarat untuk air bersih sangat perlu ditarafkan pada air minum, untuk menjaga kesehatan masyarakat seperti pada tabel standard kualitas air minum di Indonesia.
2. Pemakaian hukum kontinuitas sangat berperan dalam menyelesaikan tulisan ini, terutama dalam menghitung kapasitas aliran, kecepatan aliran dan diameter pipa.
3. Pengertian head potensial, head kecepatan dan head tekanan sangat dituntut dalam menganalisa tinggi tower, karena bila tidak mengetahui secara jelas dapat menghadapi masalah.
4. Pengertian hukum Bernoulli dalam perencanaan harus sangat jelas. Karena hukum Bernoulli selain menentukan perbedaan head potensial antara dua titik, dapat digunakan untuk memberikan head potensial (Z_1) dengan merencanakan head potensial pada titik (Z_2) perencanaan tower air atau menara air.
5. Penguasaan jenis-jenis kerugian sangat perlu dalam perencanaan tower air atau menara air.
6. Garis-garis hidrolik dan garis-garis energi perlu diketahui, karena garis-garis ini menunjukkan kepada kita dengan jelas penurunan head sepanjang pipa, akibat kerugian aliran (loses) tersebut.

LITERATUR

1. Viktor L. Streeter, E. Benyamin Wylie, Mekanika Fluida, 1979, Edisi Delapan jilid 1.
2. Sularso, Tamara, Haruo, Pompa dan Kompresor, 1991, Penerbit Pradnya Paramita.
3. Pump Selector for Industry, Mc Graw, Edition 1982.
4. E.H. Hofkes, Small Community Water Supples, John Willey and Sons, New York, 1965, Brisbon Toronto, Singapore.
5. Sofyan Morimura, Rancangan dan Sistim Plambing 1984, Penerbit P.T. Pradya Paramita, Jakarta.
6. Totok Sutirno C, Ir. Eny Susiastuty, Teknologi Penyediaan Air Bersih, 1986, Penerbit Bina Aksara.
7. JMK. Dake, Endang P, Tachyan dan Y.P. Pangaribuan, Hidrolika Teknik, 1986, Edisi Kedua, Erlangga.
8. T.R. Bangan, B.P. Makker, S.C. Sharman, 1953, Hydrolika Fluid Mechanics and Hydrolic Mechines, Kang Printers Through Tree Star Composing Agency Braham Pari, Delhi.
9. 429 Solved Probkems Fluids - Mechanis, Gulman.