

SKRIPSI

**ANALISA KEBUTUHAN DEBIT AIR DI GEDUNG C RSUD KOTA
BUKITTINGGI**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat*



Oleh

MELA RIZKI ANGRAINI

171000221201015

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT
2021**

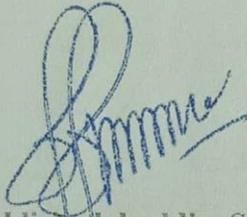
HALAMAN PENGESAHAN

ANALISA KEBUTUHAN DEBIT AIR DI GEDUNG C RSUD KOTA
BUKITTINGGI

Oleh

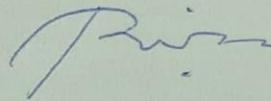
MELA RIZKI ANGRAINI
171000221201015

Dosen Pembimbing I,



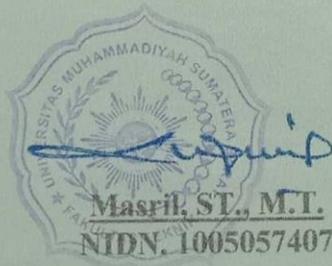
Muchlisin alahuddin, ST., M.T.
NIDN. 1009058002

Dosen Pembimbing II,



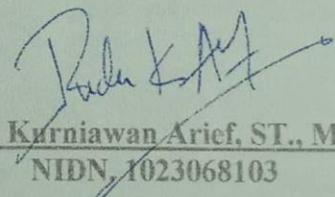
Riza Muharni, S.T., M.T.
NIDN. 1001127804

Dekan Fakultas Teknik
UM Sumatera Barat,



Masril, ST., M.T.
NIDN. 1005057407

Ketua Program Studi Teknik Mesin
UM Sumatera Barat,



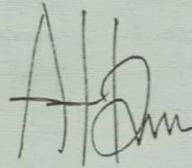
Rudi Karniawan Arief, ST., M.T.
NIDN. 1023068103

LEMBAR PERSETUJUAN TIM PENGUJI

Skripsi ini telah dipertahankan dan disempurnakan berdasarkan masukan dan koreksi Tim Penguji pada ujian tertutup tanggal 31 Agustus 2021 di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

Bukittinggi, 10 September 2021

Mahasiswa,

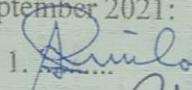


Mela Rizki Angraini

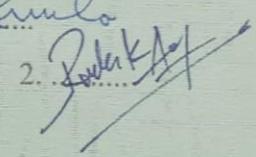
171000221201015

Disetujui Tim Penguji Skripsi tanggal 10 September 2021:

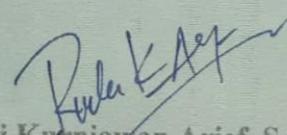
1. Armila, S.T., M.T

1. 

2. Rudi Kurniawan Arief, S.T., M.T

2. 

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Mesin


Rudi Kurniawan Arief, S.T., M.T.
NIDN. 1023068103

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Mela Rizki Angraini
Tempat dan tanggal lahir : Jakarta, 07 Mei 1999
NIM : 171000221201015
Judul Skripsi : Analisa Kebutuhan Debit Air Di Gedung C
RSUD Kota Bukittinggi

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan Skripsi ini berdasarkan hasil penelitian. Pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan yang tercantum sebagai bagian dari Skripsi ini. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di UM Sumatera Barat.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Bukittinggi, 10 September 2021
Mahasiswi,



Mela Rizki Angraini
171000221201015

ABSTRAK

Judul skripsi ini adalah “analisa kebutuhan debit air di gedung C RSUD Kota Bukittinggi”. Skripsi ini di susun oleh Mela Rizki Angraini, NPM 171000221201015, Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat. Penelitian ini dilakukan di Rumah Sakit Umum Daerah Kota Bukittinggi yang memiliki 6 lantai, penelitian ini berfungsi untuk mempermudah para kontraktor dalam menentukan jenis pompa standar yang cocok dan agar tidak terjadi kekurangan air atau tekor pada reservoir atas. Rumah Sakit Umum Daerah Kota Bukittinggi beroperasi selama 24 jam dengan kapasitas hunian maksimal sebanyak 400 orang dalam sehari sengan Htot adalah 18,429 m sehingga membutuhkan debit air sebanyak 0,08333 m³/min dan dari hasil perhitungan di dapatkan kebutuhan reservoir bawah adalah 150.000 liter dan reservoir atas 5.000 dengan memakai 2 buah tangki reservoir bawah dengan kapasitas 1 tangki yaitu 1500 liter dan 1 buah tangki reservoir atas dengan kapasitas 3.500 liter dalam frekuensi 50 Hz dengan diameter hisap 40 mm dan diameter buang adalah 32 mm sehingga di dapat jenis pompa yaitu grundfos CM 10-3 dengan kapasitas 192 (1m) memiliki daya 1.5 watt serta daya hisap pompa adalah 4 meter dan daya dorong 24 meter. Dalam mendistribusikan air dari reservoir atas ke setiap kamar dengan memanfaatkan ketinggian potensial air tanpa menambah pompa suplay.

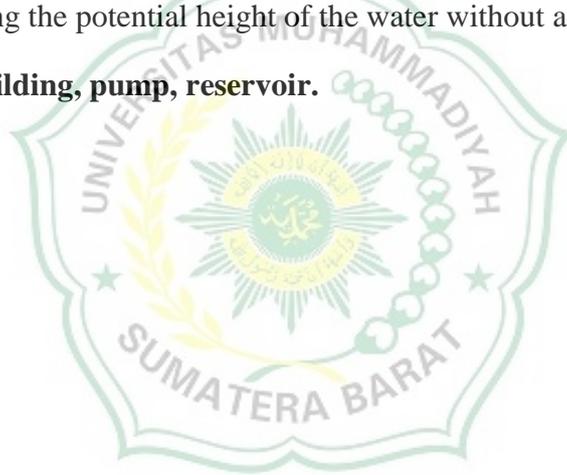
Kata kunci: Gedung, pompa, reservoir



ABSTRACT

The title of this thesis is "analysis of water discharge requirement for building C of the bukittinggi general hospital". This thesis was compiled by Mela Rizki Angraini, NPM 171000221201015, Mechanical Engineering Study Program, Faculty of Engineering, Muhammadiyah University of West Sumatra. This research was conducted at the Bukittinggi City General Hospital which has 6 floors, this research serves to make it easier for contractors to determine the type of standard pump that is suitable and so that there is no shortage of water or overdrawn in the upper reservoir. The Bukittinggi City General Hospital operates 24 hours with a maximum occupancy capacity of 400 people a day with H_{tot} of 18,429 m² so it requires a water discharge of 0.08333 m³/min and from the calculation results, it is found that the lower reservoir needs are 150,000 liters and the upper reservoir 5,000 by using 2 lower reservoir tanks with a capacity of 1 tank, namely 1500 liters and 1 upper reservoir tank with a capacity of 3,500 liters in a frequency of 50 Hz with a suction diameter of 40 mm and an exhaust diameter of 32 mm so that the pump type is grundfos CM 10- 3 with a capacity of 192 (1m) has a power of 1.5 watts and the suction power of the pump is 4 meters and the thrust is 24 meters. In distributing water from the upper reservoir to each room by utilizing the potential height of the water without adding a supply pump.

Keywords: Building, pump, reservoir.



KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala berkat yang telah di berikan-Nya, sehingga skripsi ini dapat di selesaikan. Skripsi ini merupakan salah satu kewajiban yang harus di selesaikan untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin di Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat (UM Sumatera Barat).

Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, dan doa dari berbagai pihak, Skripsi ini tidak akan dapat di selesaikan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses pengerjaan skripsi ini, yaitu kepada:

1. Orang tua, kakak, dan adik serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan moril, doa, dan kasih sayang.
2. Bapak Masril, S.T.,M.T, selaku Dekan Fakultas UM Sumatera Barat;
3. Bapak Hariyadi,S.KOM.,M.KOM, selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat;
4. Bapak Rudi Kurniawan Arief,S.T.,M.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin;
5. Bapak Muchlisinalahuddin,S.T.,M.T, selaku Dosen Pembimbing Akademik dan Dosen Pembimbing I skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis;
6. Ibu Riza Muharni,S.T.,M.T, selaku Dosen Pembimbing II skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis;
7. Ibu Armila,S.T.,M.T,selaku Penguji I yang telah banyak memberikan bimbingan dan masukan kepada penulis;
8. Bapak Rudi Kurniawan Arief,S.T.,M.T, selaku Penguji II skripsi yang telah memberikan bimbingan dan masukan kepada penulis;
9. Bapak/Ibu Tenaga Kependidikan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat;
10. Semua pihak yang namanya tidak dapat di sebutkan satu per satu.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa mungkin masih terdapat banyak kekurangan dalam skripsi ini. Oleh karena itu, saran dari pembaca akan sangat

bermanfaat bagi penulis. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya, khususnya mahasiswa teknik mesin.

Bukittinggi, 10 September 2021

Mela Rizki Angraini
171000221201015



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	halaman
HALAMAN PENGESAHAN	
HALAMAN PERSETUJUAN TIM PENGUJI	
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	
ABSTRAK	
KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR NOTASI.....	vii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Maksud dan Tujuan	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II	4
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Debit Air.....	4
2.2 Bak Penampung.....	4
2.3 Sistem Pemipaan	5
2.4 Komponen Sistem Pemipaan.....	6
2.5 Pemasangan Katup	8
2.6 Pompa.....	9

2.7	Head.....	17
2.8	Kebutuhan Air Bersih Pada Rumah Sakit	23
2.9	Sifat Aliran Fluida Pada Pipa	23
BAB III.....		25
METODOLOGI PERANCANGAN.....		25
3.1	Lokasi Penelitian	25
3.2	Bagan Alir Perencanaan	26
3.3	Data Penelitian	27
3.3.1	Penelitian Kepustakaan (<i>Library Research</i>).....	27
BAB IV		29
PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN.....		29
4.1	Perhitungan Kapasitas Dan Debit Aliran Air	29
4.2	Perhitungan Reservoir	30
4.3	Perencanaan Dan Perhitungan Diameter Pipa Air	31
BAB V.....		40
KESIMPULAN DAN SARAN		40
5.1	kesimpulan.....	40
5.2	Saran	40
DAFTAR PUSTAKA		41

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Koefisien kerugian bagian pipa dengan pengecilan penampang secara tiba-tiba (Tahara H., Sularso,2000).....	19
Tabel 2. 2 Koefisien kerugian pada orifis dalam pipa (Sularso.2000).....	20
Tabel 2. 3 Koefisien kerugian dari berbagai katup (Sularso,2000).....	20
Tabel 2. 4 Nilai $1/2$ dari berbagai ukuran pipa dengan kerugian tekanan aliran yang sama (Babbitt, H.E., 1960)	21
Tabel 2. 5 Nilai kekerasan dinding untuk berbagai pipa komersial	22
Tabel 4. 1 Standar kebutuhan air menurut kelas rumah sakit dan jenis rawat	29
Tabel 4. 2 Diagram pemilihan pompa standart (Buku sularso pompa & kompresor)	37



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Reservoir	5
Gambar 2. 2. Contoh sistem distribusi ke bawah (Noerbambang,1991)	Err
or! Bookmark not defined.	
Gambar 2. 3. Contoh sistem distribusi atas (Noerbambang,1991)	Err
or! Bookmark not defined.	
Gambar 2.4. <i>Elbow</i>	8
Gambar 2.5. Cross.....	8
Gambar 2.6. <i>Recuder</i>	8
Gambar 2.7. Klarifikasi pompa.....	10
Gambar 2.8. Pompa Sentrifugal.....	11
Gambar 2.9. Pompa aksial.....	12
Gambar 2.10. Poma injector.....	13
Gambar 2.11. Pompa <i>reciprocating</i>	13
Gambar 2.12. <i>Metering pump</i>	14
Gambar 2.13. Prinsip <i>gear pump</i>	15
Gambar 2.14. Prinsip <i>screw pump</i>	15
Gambar 2.15 Prinsip <i>rotary vane pump</i>	15
Gambar 2. 16 <i>Head</i> pompa	17
Gambar 2. 17 Berbagai bentuk ujung masuk pipa (Sularso, 2000)	18
Gambar 2. 18 Koefisien kerugian mulut lonceng atau corong pada pipa isap (Sularso, 2000)	19
Gambar 2. 19 Koefisien kerugian pada pengecilan mendadak (Sularso, 2000) .	19
Gambar 2. 22 Bentuk aliran dalam pipa.....	24
Gambar 3. 1 Lokasi penelitian	25
Gambar 3. 2 Diagram alir perencanaan.....	26
Gambar 3. 3 Rangkaian pemipaan	28

DAFTAR NOTASI

I	Arus Listrik	C / s
γ	Berat Jenis	N / m^3
R_e	Bilangan Reynold	μ / L
P	Daya	Watt
Q	Debit Air	m^3 / s
d	Diameter dalam pipa	m
H	Head Pompa	m
$\sum TT$	Jumlah tempat tidur	$m^3 / hari$
$\sum (pw, ip, kj)$	Jumlah penghuni jumlah pegawai, Jumlah pasien dan jumlah pengunjung	$m^3 / hari$
Q_p	Jumlah pemakaian air berdasarkan pegawai pengunjung	liter/hari/orang
Q_{pu}	Kebutuhan air pertempat liter	$m^3 / hari$
Q_d	kebutuhan air sehari	$m^3 / hari$
v_1	Kecepatan 1	m / s
hf	Kerugian head gesekan	m
h_1, h_2, h_3	Ketinggian manometer	m
L	Panjang Pipa	m
Q_p	pemakaian air sehari penghuni (pegawai, pasien, pengunjung)	liter/hari/orang
g	Percepatan Gravitasi	$9,8m / s^2$
ρ	Rapat Massa	kg / m^3
P_1	Tekanan 1	N / m^2
μ	Viskositas Dinamik	Ns / m^2
V	Volume	m^3
t	Waktu	s

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan salah satu kebutuhan utama dalam kehidupan sehari-hari. Manusia, binatang dan tumbuhan memerlukan air untuk kelangsungan hidupnya. Air dapat pula digunakan sebagai pelarut, pembersih dan keperluan lain seperti rumah tangga, industri maupun pemanfaatan energi. Dalam pembangunan suatu gedung tak lepas juga dari peranan akan kebutuhan air bersih, Sampai saat ini untuk penyediaan air bersih pada bangunan bertingkat masih di hadapkan pada beberapa permasalahan yang cukup kompleks dan belum dapat diatasi sepenuhnya. Salah satu masalah yang masih dihadapi sampai saat ini yakni debit air yang tidak merata mengalir pada setiap lantai bangunan dan pemilihan jenis pompa dan pipa yang kurang tepat.

Salah satu contoh permasalahan diatas masih terjadi di gedung C Rumah Sakit Umum Kota Bukittinggi yang terletak di Jalan By Pass, Kubu Gulai Bancah, Kec. Mandiangin Koto Selayan, Kota Bukittinggi, Sumatera Barat. Dimana debit air yang tidak mencukupi untuk kebutuhan aktifitas rumah sakit terutama di gedung C sehingga membuat pasien komplean pada pihak rumah sakit.

Pemilihan sebuah pompa dan pipa yang tepat dalam pendistribusian air pada gedung 6 lantai tidak pernah ada sebuah data atau analisa yang pasti hanya ilmu pengalaman,tidak ada perhitungan spesifikasi yang cocok, ukuran pipa yang bagus dan juga rugi aliran dalam proses pengaliran air ke gedung paling atas, maka perlu suatu perhitungan yang tepat untuk mengatasi masalah ini dengan menentukan debit air yang tepat, ukuran bak penampung yang sesuai, dan jenis pompa yang cocok, maka dari itu penulis berinisiatif membuat sebuah standar dalam menentukan pompa dan pipa yang tepat agar tekanan air pada setiap lantai gedung sama. Maka dari itu penulis mengambil judul tugas akhir: “ ANALISIS KEBUTUHAN DEBIT AIR DI GEDUNG C RSUD KOTA BUKITTINGGI”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang di kemukakan di atas, rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan kebutuhan air bersih di gedung C RSUD kota Bukittinggi?
2. Menentukan jenis pompa yang cocok di gunakan di gedung C RSUD Kota Bukittinggi?
3. Memastikan apakah bak penampung sudah mencukupi untuk kebutuhan air bersih di di RSUD Kota Bukittinggi?

1.3 Batasan Masalah

Penulisan ini membahas tentang kebutuhan debit air bersih dan perencanaan untuk menentukan jenis pompa air yang sesuai dan akan digunakan untuk gedung C dengan 6 lantai.

1.4 Maksud dan Tujuan

1.4.1 Maksud

Maksud penulis memilih judul tugas akhir ini adalah untuk memudahkan para kontraktor dalam merencanakan jenis pompa untuk pengoperasian/mensuplai air dari lantai dasar sampai ke lantai paling atas sampai mensuplai ke semua kamar-kamar atau bak mandi yang ada dalam gedung dengan debit dan tekanan yang dibutuhkan untuk gedung C RSUD Kota Bukittinggi maka dilakukan perhitungan debit air, bak penampung, ukuran pipa dan jenis pompa yang digunakan agar tidak terjadi kekurangan air di gedung C RSUD

1.4.2 Tujuan

Adapun tujuan dari pengajuan tugas akhir ini adalah penulis sebagai calon sarjana teknik mesin mampu/dapat:

1. Menentukan kebutuhan Debit air bersih yang diperlukan untuk gedung C RSUD Kota Bukittinggi.
2. Menentukan jenis pompa yang di gunakan untuk gedung C RSUD Kota Bukittinggi.
3. Memastikan bak penampung yang digunakan sudah mencukupi kebutuhan air bersih di RSUD Kota Bukittinggi.

1.5 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah dalam pemahaman mengenai isi laporan tugas akhir, maka laporan ini disusun dengan sistematika sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini akan di jelaskan hal-hal yang menjadi latar belakang penulisan, maksud dan tujuan penulisan, batasan masalah serta sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Pada bab ini akan di bahas tentang dasar teori air, pemipaan, jenis jenis pompa serta sambungan-sambungan pipa.

BAB III METODOLOGI PERENCANAAN

Pada bab ini akan di bahas tentang diagram alir perencanaan ,alat dan bahan, proses pengerjaan.

BAB IV DATA DAN ANALISA

Pada bab ini berisikan data dan analisa keuntungan dalam penggunaan pompa dan pipa yang tepat.

BAB V PENUTUP

Bab ini merupakan bab penutup yang berisikan kesimpulan dari apa yang telah di bahas lebih lanjut dalam penulisan tugas akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Debit Air

Debit air adalah kecepatan aliran zat cair melewati jarak penampang per satuan waktu. Debit air menggunakan satuan volume per waktu atau liter/detik, m³/detik, liter/jam, m³/jam, dan berbagai satuan lainnya.

Satuan debit sering digunakan dalam pengawasan daya tampung (kapasitas) air di sungai atau bendungan supaya air yang ada dapat dikontrol.

a. Rumus Debit Air

$$Q = \frac{V}{t} \quad \dots(2.1)$$

Berdasarkan rumus diatas, maka rumus volume dan waktu jika diketahui debitnya adalah:

$$\text{Volume: } V = D \times t \quad \dots(2.2)$$

$$t = \frac{V}{D} \quad \dots(2.3)$$

b. Konversi Satuan Debit Air

Ada berbagai satuan yang bisa digunakan dalam rumus debit air, karena tergantung satuan dalam volume dan waktu yang digunakan.

2.2 Bak Penampung

Yang dimaksud dengan *reservoir* disini adalah tempat penampungan air bersih, pada sistem penyediaan air bersih. Umumnya Ireservoir ini diperlukan pada suatu sistem penyediaan air bersih yang melayani suatu kota.

Untuk menentukan ukuran bak penampung sesuai kebutuhan maka menggunakan rumus:

$$V_a = \text{debitair} \times 1 \text{ jam} \quad \dots(2.4)$$



Gambar 2.1. Reservoir.

2.3 Sistem Pemipaan

Pada dasarnya ada dua sistem pipa penyediaan air dalam gedung, yaitu sistem pengaliran ke atas dan sistem pengaliran ke bawah. Dalam sistem pengaliran ke atas, pipa utama dipasang dari tangki atas ke bawah sampai langit-langit lantai terbawah dari gedung, kemudian mendatar dan bercabang-cabang tegak ke atas untuk melayani lantai-lantai di atasnya. Dalam sistem pengaliran ke bawah, pipa utama dari tangki atas dipasang mendatar dalam langit-langit lantai teratas dari gedung, dan dari pipa mendatar ini dibuat cabang-cabang tegak ke bawah untuk melayani untuk melayani lantai-lantai di bawahnya (Noerbambang, Morimura, 1991).



Gambar 2.3. Contoh sistem distribusi atas (Noerbambang, 1991)

Gambar 2.2. Contoh sistem distribusi ke bawah (Noerbambang, 1991)

Diantara kedua sistem tersebut di atas, agak sulit untuk dinyatakan sistem mana yang terbaik. Masing-masing sistem mempunyai kelebihan dan kekurangannya. Pemilihan lebih banyak ditentukan oleh ciri khas konstruksi atau penggunaan gedung, dan oleh selera atau preferensi perancangannya. Suatu sistem dimana digunakan pipa hantar dari pompa bawah ke tangki atas terpisah dari pipa

air utama melayani lantai-lantai gedung dinamakan sistem dua pipa atau sistem ganda kalau kedua fungsi tersebut di atas dilayani oleh satu pipa maka dinamakan sistem satu pipa atau sistem tunggal. Dalam sistem pipa ganda tekanan air pada peralatan plambing tidak banyak berubah karena hanya terpengaruh oleh tinggi rendahnya muka air dalam tangki atas. Sedangkan dalam sistem pipa tunggal, tekanan air pada peralatan plambing akan bertambah pada waktu pompa bekerja mengisi tangki. Dalam sistem ini ukuran pipa ditentukan berdasarkan pengaliran air dari tangki atas ke peralatan plambing dan bukan didasarkan pada waktu pengisian tangki dengan pompa (Noerbambang dan Morimura, 1991).

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam perancangan sistem pipa:

- a. Sistem manapun yang dipilih, pipa harus dirancang dan dipasang sedemikian rupa sehingga udara maupun air kalau perlu dapat dibuang atau dikeluarkan dengan mudah.
- b. Pipa mendatar pada sistem pengaliran ke atas sebaiknya dibuat agak miring ke atas (searah aliran), sedangkan pada sistem pengaliran ke bawah dibuat agak miring ke bawah.
- c. Perpipa yang tidak merata, melengkung ke atas atau melengkung ke bawah harus dihindarkan. Kalau akibat suatu hal tidak dapat dihindarkan (misalnya ada perombakan gedung) hendaknya dipasang katup pelepas udara.
- d. Harus dihindarkan membalikan arah aliran. Misalnya, pipa cabang tegak akan melayani daerah di atas pipa utama mendatar, tetapi penyambungannya diarahkan ke bawah lebih dahulu.

2.4 Komponen Sistem Pemipaan

Komponen dalam meliputi pipa, *flange*, *fitting*, pembautan, *gasket*, *valve*, dan bagian-bagian dari komponen pemipaan lainnya. Ini juga termasuk gantungan pipa dan *support* dan item lainnya yang diperlukan untuk mencegah tekanan dan tegangan berlebih dari komponen-komponen yang bertekanan. Berikut komponen sistem pemipaan:

- a. Pipa

Pipa yaitu didefinisikan sebagai lingkaran panjang dari, logam, metal, kayu dan seterusnya, yang berfungsi untuk mengalirkan fluida

(air, gas, minyak dan cairan lain) dari suatu tempat ke tempat lain sesuai dengan kebutuhan yang dikehendaki.

b. *Nominal Pipe Size (NPS)*

Nominal Pipe Size (NPS) adalah penanda ukuran pipa berdimensi. Hal ini menunjukkan standar ukuran pipa bila diikuti dengan jumlah penunjukan ukuran tertentu tanpa simbol inch. Diameter Nominal (DN) juga merupakan penanda ukuran pipa berdimensi dalam satuan metric.

c. *Flange*

Flange adalah sebuah mekanisme, yang menyambungkan antar element pemipaan. Fungsinya *flange*, agar element tersebut lebih mudah di bongkar pasang tanpa mengurangi kegunaan untuk mengalirkan fluida pada *pressure* yang tinggi.

d. *Valve*

Katup atau *valve*, adalah sebuah alat untuk mengatur aliran suatu fluida dengan menutup, membuka atau menghambat laju aliran fluida, contoh katup adalah keran air.

e. *Fitting*

Fitting adalah salah satu komponen pemipaan yang memiliki fungsi untuk merubah, menyebarkan, membesar atau mengecilkan aliran. *Fitting* merupakan salah satu pemain utama dalam pemipaan. *Fitting* bukanlah Nama untuk individu, melainkan Nama yang digunakan untuk pengelompokan. Adapun Jenis *Fitting* antara lain: *Elbow*, *Cross* (Silang), *Reducer*, *Tee*, *Cap* (Penutup), *Elbowlet*.

1) *Elbow*

Elbow adalah jenis sambungan pipa yang digunakan untuk menghubungkan dua buah pipa yang membelok. Berdasarkan sudutnya, *elbow* terbagi menjadi dua, yaitu *elbow* 90° dan *elbow* 45°. Untuk jenis penyambungannya, ada dua macam *elbow*, yaitu *elbow drat* (*elbow drat* luar/*elbow drat* dalam) dan *elbow* biasa



Gambar 2.4.Elbow

2) *Cross*

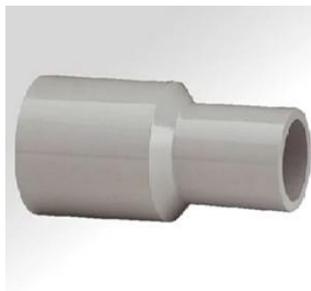
Cross merupakan sambungan pipa yang memiliki 4 arah jalur. Fungsinya untuk membagi satu jalur pipa menjadi 3 arah dengan diameter pipa yang sama. Yaitu ke kiri, ke kanan, dan lurus kedepan. Dengan menggunakan *cross* ini, maka air akan mengalir ke tiga arah yang berbeda dengan kapasitas yang sama.



Gambar 2.5.Cross

3) *Reducer*

Reducer ini hampir sama dengan *socket*. Yang membedakannya yaitu *reducer* ini digunakan untuk menyambung pipa yang memiliki diameter berbeda. Bisa mengecilkan atau membesarkan diameter pipa yang akan disambung. Berdasarkan fungsinya, *reducer* terbagi menjadi dua, yaitu *reducer elbow* (siku-siku) dan *reducer socket* (lurus).



Gambar 2.6.Reducer

2.5 Pemasangan Katup

katup merupakan peralatan yang digunakan untuk menutup aliran balik mencegah aliran balik atau mengontrol aliran pada unit penyediaan air bersih.

Jenis-jenis katup yang dipakai antara lain:

- a. Katup sorong (*gate valve*), yaitu katup yang digunakan untuk pengaturan aliran baik dengan membuka atau menutup katup sesuai dengan kebutuhan.
- b. Katup bola (*Globe valve*), digunakan untuk membuka atau menutup aliran seluruhnya
- c. *Cluck valve*, digunakan untuk mencegah aliran balik atau untuk aliran satu arah (Noerbambang dan Morimura, 1991).

Dari pipa utama (tegak ataupun mendatar) biasanya dibuat pipa-pipa cabang yang melayani tiap lantai pada gedung bertingkat. Pada pipa-pipa cabang ini, sedekat mungkin dengan pipa utamanya, hendaknya dipasang katup-katup pemisah agar kalau diperlukan perawatan atau perbaikan pada cabang pipa tersebut, maka tidak perlu instalasi seluruh gedung dimatikan. Katup tersebut biasanya dipasang pada kedua ujungnya dengan *flens* pipa pipa dan bukan dari jenis dengan sambungan ulir.

2.6 Pompa

Pompa adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan suatu cairan dari suatu tempat ke tempat lain dengan cara mengalirkan fluida. Kenaikan tekanan cairan tersebut dibutuhkan untuk mengatasi hambatan-hambatan selama pengaliran.

2.6.1 Jenis-Jenis Pompa Air.

Ada empat jenis pompa air yang digunakan untuk rumah tangga yaitu :

1. Pompa air sumur dangkal
2. Pompa air sumur dalam, terdiri dari ; pompa air semi jet & pompa air jet
3. Pompa celup, dan
4. Pompa *Booster*.

Sebelum memilih jenis pompa air yang tepat untuk kebutuhan Anda, terlebih dahulu kita bahas lebih detail mengenai empat[1] air tersebut, antara lain:

1. Pompa air sumur dangkal.

Adalah pompa air yang digunakan untuk penggunaan ringan, karakteristik utama dari pompa air sumur dangkal adalah pada daya hisapnya (*Suction head*) yang hanya maksimal kedalaman 9 meter saja.

2. Pompa air sumur dalam.

Pompa air sumur dalam digunakan untuk menghisap air dengan kedalaman lebih dari 9 meter, karakteristik utama dari pompa air sumur dalam adalah adanya *Jet Injector* yang berfungsi untuk menguatkan daya pancar dari air yang dihisap. Pompa air sumur dalam terdiri dari pompa air semi jet (*semi jet pump*) dan pompa air jet (*jet pump*).

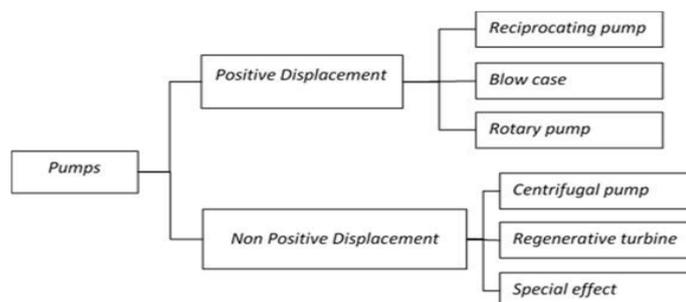
3. Pompa celup,

Pompa celup, sesuai dengan namanya adalah pompa air yang bekerja dengan cara dicelupkan ke dalam air, karakteristik dari pompa celup adalah daya pancar air maksimal yang dapat dihasilkan dari pompa celup berkisar 5 meter (Menyesuaikan dari tipe pompa celup yang digunakan).

4. Pompa *Booster*.

Berbeda dengan jenis pompa lainnya yang dipasang di dekat sumber air, pompa booster dipasang di tengah instalasi pipa air. Hal ini karena pompa booster adalah pompa air penunjang yang hanya berfungsi untuk menguatkan pancaran / aliran air pada pipa saluran air yang terdapat pada rumah / bangunan.

2.6.2 Klasifikasi Pompa



Gambar 2.7. Klarifikasi pompa

Secara umum pompa dibagi menjadi dua kelompok besar, yaitu *dynamic pump* dan *positive displacement pump*. Dua kelompok besar ini masih terbagi kedalam beberapa macam lagi, diantaranya:

a. Pompa *Dynamic*

Dynamic pump atau pompa dinamik terbagi menjadi beberapa macam yaitu [2], pompa aksial, dan pompa spesial-efek (*special-effect pump*). Pompa-pompa ini beroperasi dengan menghasilkan kecepatan fluida tinggi dan mengkonversi kecepatan menjadi tekanan melalui perubahan penampang aliran fluida. Jenis pompa ini biasanya juga memiliki efisiensi yang lebih rendah daripada tipe *positive displacement pump*, tetapi memiliki biaya yang lebih rendah untuk perawatannya. Pompa dinamik juga bisa beroperasi pada kecepatan yang tinggi dan debit aliran yang juga tinggi.

1) Pompa Sentrifugal



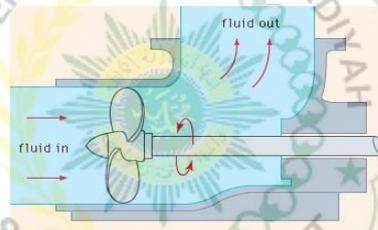
Gambar 2.8.Pompa Sentrifugal

Sebuah pompa sentrifugal tersusun atas sebuah impeler dan saluran inlet di tengah-tengahnya. Dengan desain ini maka pada saat impeler berputar, fluida mengalir menuju *casing* di sekitar impeler sebagai akibat dari gaya sentrifugal. *Casing* ini berfungsi untuk menurunkan kecepatan aliran fluida sementara kecepatan putar impeler tetap tinggi. Kecepatan fluida dikonversikan menjadi tekanan oleh *casing* sehingga fluida dapat menuju titik outletnya. Beberapa keuntungan dari penggunaan pompa sentrifugal yakni aliran yang halus (*smooth*) di dalam pompa dan tekanan yang seragam pada *discharge* pompa, biaya rendah, serta dapat bekerja pada kecepatan yang tinggi sehingga pada aplikasi selanjutnya dapat

dikoneksikan langsung dengan turbin uap dan motor elektrik. Penggunaan pompa sentrifugal di dunia mencapai angka 80% karena penggunaannya yang cocok untuk mengatasi jumlah fluida yang besar daripada pompa *positive-displacement*.

2) Pompa Aksial

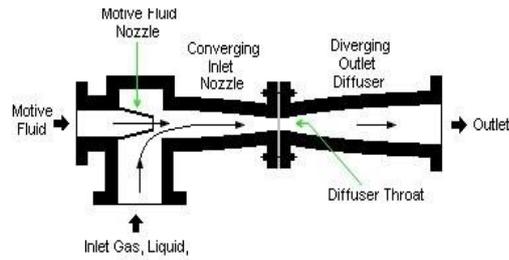
Pompa aksial juga disebut dengan pompa propeler. Pompa ini menghasilkan sebagian besar tekanan dari propeler dan gaya *lifting* dari sudu terhadap fluida. Pompa ini banyak digunakan di sistem drainase dan irigasi. Pompa aksial vertikal *single-stage* lebih umum digunakan, akan tetapi kadang pompa aksial *two-stage* (dua stage) lebih ekonomis penerapannya. Pompa aksial horisontal digunakan untuk debit aliran fluida yang besar dengan tekanan yang kecil dan biasanya melibatkan efek sifon dalam alirannya.



Gambar 2.9. Pompa aksial

3) *Special-Effect Pump*

Pompa jenis ini digunakan pada industri dengan kondisi tertentu. Yang termasuk ke dalam pompa jenis ini yaitu *jet (eductor)*, *gas lift*, *hydraulic ram*, dan *electromagnetic*. Pompa *jet-eductor (injector)* adalah sebuah alat yang menggunakan efek venturi dari nozzle konvergen-divergen untuk mengkonversi energi tekanan dari fluida bergerak menjadi energi gerak sehingga menciptakan area bertekanan rendah, dan dapat menghisap fluida di sisi *suction*.



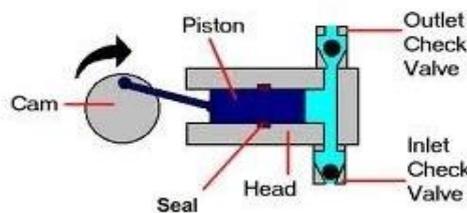
Gambar 2.10.Poma injector

b. Pompa *Positive Displacement*

displacement pump adalah *pompa reciprocating* dan *rotary*. Pompa *positi displacement* bekerja dengan cara memberikan gaya tertentu pada volume fluida tetap dari sisi inlet menuju titik outlet pompa. Kelebihan dari penggunaan pompa jenis ini adalah dapat menghasilkan *power density* (gaya per satuan berat) yang lebih besar. Dan juga memberikan perpindahan fluida yang tetap atau stabil di setiap putarannya.

1) Pompa *Reciprocating*

Pada pompa jenis ini, sejumlah volume fluida masuk ke dalam silinder melalui valve inlet pada saat langkah masuk dan selanjutnya dipompa keluar dibawah tekanan positif melalui valve outlet pada langkah maju. Fluida yang keluar dari pompa *reciprocating*, berdenyut dan hanya bisa berubah apabila kecepatan pompanya berubah. Ini karena volume sisi inlet yang konstan. Pompa jenis ini banyak digunakan untuk memompa endapan dan lumpur.

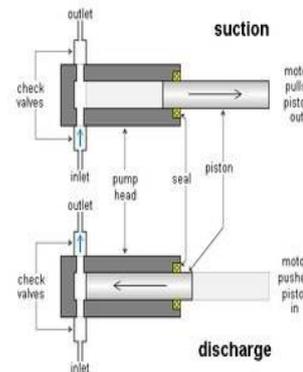


Gambar 2.11.Pompa *reciprocating*

2) *Metering Pump*

termasuk ke dalam jenis pompa *reciprocating*, adalah pompa yang digunakan untuk memompa fluida dengan debit yang dapat diubah-ubah sesuai kebutuhan.

Pompa ini biasanya digunakan untuk memompa bahan aditif yang dimasukkan ke dalam suatu aliran fluida tertentu.



Gambar 2.12. Metering pump

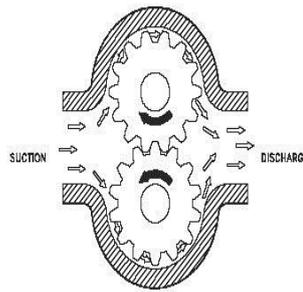
3) Rotary Pump

Adalah pompa yang menggerakkan fluida dengan menggunakan prinsip rotasi. Vakum terbentuk oleh rotasi dari pompa dan selanjutnya menghisap fluida masuk. Keuntungan dari tipe ini adalah efisiensi yang tinggi karena secara natural ia mengeluarkan udara dari pipa alirannya, dan mengurangi kebutuhan pengguna untuk mengeluarkan udara tersebut secara manual.

Bukan berarti pompa jenis ini tanpa kelemahan, karena sifat alaminya maka *clearance* antara sudu putar dan sudu pengikutnya harus sekecil mungkin, dan mengharuskan pompa berputar pada kecepatan yang rendah dan stabil. Apabila pompa bekerja pada kecepatan yang terlalu tinggi, maka fluida kerjanya justru dapat menyebabkan erosi pada sudu-sudu pompa.

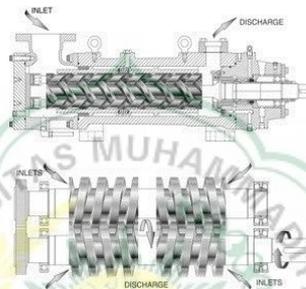
Pompa rotari dapat diklasifikasikan kembali menjadi beberapa tipe yaitu:

- a) *Gear pumps* – sebuah pompa rotari yang simpel dimana fluida ditekan dengan menggunakan dua roda gigi.



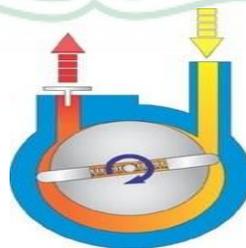
Gambar 2.13.Prinsip *gear pump*

- b) *Screw pumps* – pompa ini menggunakan dua ulir yang bertemu dan berputar untuk menghasilkan aliran fluida sesuai dengan yang diinginkan.



Gambar 2.14.Prinsip *screw pump*

- c) *Rotary Vane Pump* – memiliki prinsip yang sama dengan [3] scroll, yang menggunakan rotor silindrik yang berputar secara harmonis menghasilkan tekanan fluida tertentu.



Gambar 2.15.Prinsip *rotary vane pump*

2.6.3 Dasar Perhitungan Pompa

Dasar perhitungan yang digunakan untuk menganalisis data yang didapat adalah dengan menggunakan persamaan dibawah ini yaitu:

a. Daya

Daya adalah kerja yang dilakukan per satuan waktu. Satuan daya adalah HP atau watt.

1) Daya Hidrolik

Dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$P_{pompa} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \quad \dots(7)$$

2) Daya Listrik

$$P_{listrik} = V \cdot I \quad \dots(8)$$

a) Tekanan

Tekanan yang diperoleh dari alat ukur manometer air raksa, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$p_1 + \gamma_{air} \times h_1 - \gamma_{raksa} \times h_2 - \gamma_{air} \times h_3 = p_2 \quad \dots(9)$$
$$p_1 - p_2 = \gamma_{air} \times (h_3 - h_1) + \gamma_{raksa} \times h_2$$

b) Efisiensi Pompa

$$\pi = \frac{P_{pompa}}{P_{listrik}} \times 100\% \quad \dots(10)$$

2.6.4 Hukum Kesebangunan Pompa

Hukum ini dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik unjuk kerja pompa, bila dioperasikan dengan kondisi yang berbeda, seperti jika salah satu kecepatan atau diameter pompa dirubah. Hukum tersebut adalah :

$$\frac{Q_1}{\omega_1 D_1^3} = \frac{Q_2}{\omega_2 D_1^3} \quad \dots(11)$$

$$\frac{h_2}{\omega_1^3 D_1^2} = \frac{h_2}{\omega_2^3 D_2^2} \quad \dots(12)$$

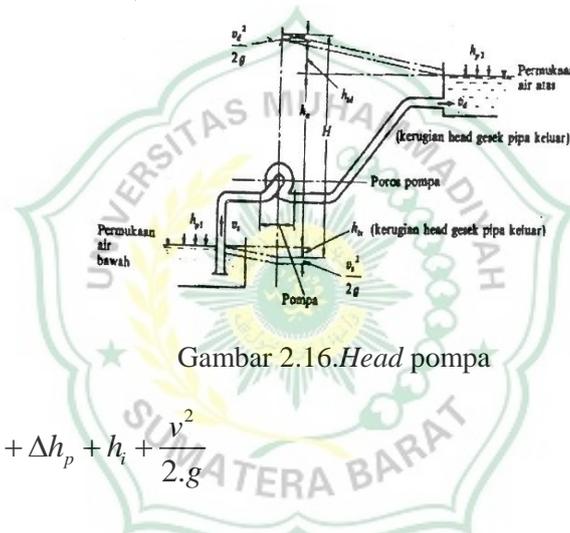
$$\frac{h_2}{\omega_1^2 D_1^2} = \frac{h_2}{\omega_2^2 D_2^2} \quad \dots(13)$$

$$\frac{\rho_1}{\omega_1^3 D_1^5} = \frac{\rho_2}{\omega_2^3 D_2^5} \quad \dots(14)$$

2.7 Head

2.7.1 Head Total Pompa

Head total pompa yang harus disediakan untuk mengalirkan jumlah air seperti direncanakan, dapat ditentukan dari kondisi instalasi yang akan dilayani oleh pompa seperti (Gambar 2.10), *head* total pompa dapat dirumuskan sebagai berikut (Tahara H., Sularso, 2000)



Gambar 2.16. Head pompa

$$H = h_a + \Delta h_p + h_i + \frac{v^2}{2.g} \quad \dots(15)$$

2.7.1 Kerugian Head dalam jalur Pipa

Dalam aliran melalui jalur pipa, kerugian juga akan terjadi apabila ukuran pipa, bentuk penampang, atau arah aliran berubah. Kerugian head di tempat-tempat transisi yang demikian itu dapat dinyatakan secara umum dengan rumus

$$h_f = f \frac{v^2}{2g} \quad \dots(16)$$

Cara menentukan harga f untuk berbagai bentuk transisi pipa akan diperinci seperti dibawah ini:

1. Ujung masuk pipa

Jika “ v ” menyatakan kecepatan aliran setelah masuk pipa, maka harga koefisien kerugian f dari rumus 2.18 untuk berbagai bentuk ujung masuk pipa seperti diperlihatkan pada gambar 2.9 menurut Weisbach adalah sebagai berikut :

1) $f = 0,5$

2) $f = 0,25$

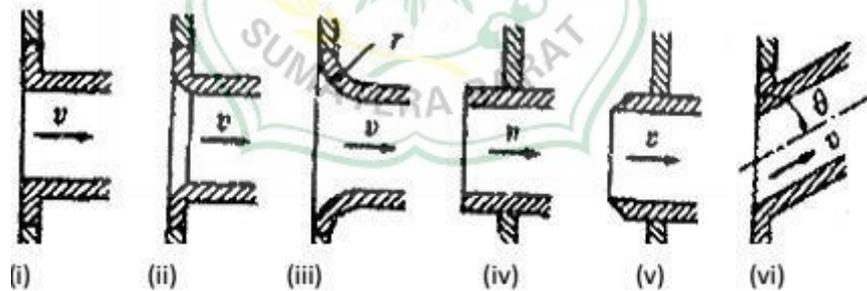
3) $f = 0,06$ (untuk r kecil) sampai $0,005$ (untuk r besar).

4) $f = 0,56$

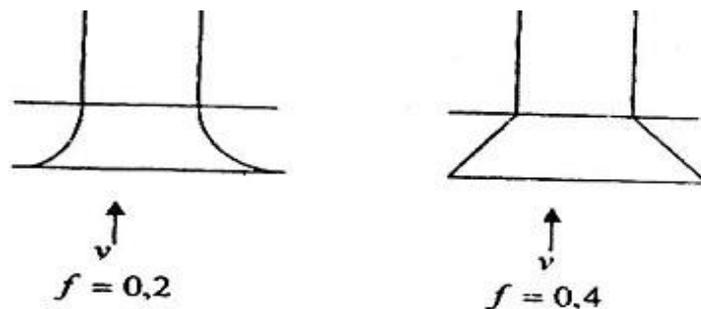
5) $f = 3,0$ (untuk sudut tajam) sampai $1,3$ (untuk sudut 45°)

6) $f = + 0,3 \cos \theta + 0,2 \cos^2 \theta$

Dimana adalah koefisien bentuk dari ujung masuk dengan mengambil harga (i) sampai (v) sesuai dengan bentuk yang akan dipakai. Bila ujung pipa hisap memakai mulut lonceng yang tercelup dari permukaan air maka harga f adalah seperti yang diperlihatkan dalam gambar 2.10:



Gambar 2. 17.Berbagai bentuk ujung masuk pipa (Sularso, 2000)



Gambar 2. 18.Koefisien kerugian mulut lonceng atau corong pada pipa isap (Sularso, 2000)

2. Kerugian Pada Belokan Pipa (Tahara H., Sularso, 2000).

Untuk belokan lengkung sering dipakai rumus *Fuller* dimana dari Persamaan 2.2 dinyatakan sebagai berikut:

$$f = \left[0,13 + 1,847 \times \frac{D^{2,5}}{2R} \right] \times \left(\frac{\theta}{90} \right)^{0,5} \quad \dots(15)$$

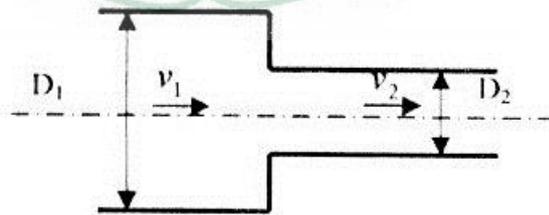
3. Kerugian head untuk pengecilan mendadak dapat dinyatakan dengan rumus:

$$h_f = f \times \frac{v_2^2}{2.g} \quad \dots(16)$$

Untuk nilai *f* dapat dilihat pada tabel 2.54.

Tabel 2. 1.Koefisien kerugian bagian pipa dengan pengecilan penampung secara tib-tiba (Tahara H., Sularso,2000)

D_1/D_2	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
F	0,50	0,48	0,45	0,41	0,36	0,29	0,21	0,13	0,07	0,01	0



Gambar 2.19.Koefisien kerugian pada pengecilan mendadak (Sularso, 2000)

4. Rugi *Orifis* Dalam Pipa (Tahara H., Sularso, 2000). Kerugian *head* untuk *orifis* diberikan menurut rumus:

$$h_f = f \cdot \frac{v_2^2}{2.g}$$

Tabel 2. 2.Koefisien kerugian pada orifis dalampipa (Sularso.2000)

D1/D2	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
F	∞	226	17,5	7,8	3,75	1,80	0,80	0,13	0,29	0,06	0

5. Rugi Diujung Keluar Pipa (Tahara H., Sularso, 2000). Rumus yang digunakan yaitu:

$$h_f = f \cdot \frac{v_2^2}{2 \cdot g} \quad \dots(17)$$

Dengan $f = 1,0$ dan v adalah kecepatan rata-rata dipipa keluar.

6. Rugi Head Dikatup Kerugian head dikatup dapat ditulis sebagai berikut:

$$\frac{v^2}{2 \cdot g} h_v = f_v \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad \dots(18)$$

Tabel 2. 3.Koefisien kerugian dari berbagai katup (Sularso,2000)

Diameter (mm)	100	150	200	250	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1350	1500	1650	1800	2000	
Jenis Katup																			
Katup Sorong	0,14	0,12	0,10	0,09	0,07														~0
Katup Kupu-kupu	0,6-0,16 (Bervariasai Menurut kontruksi dan diameternya)																		
Katup Putar	0,9-0,026 (Bervariasai Menurut diameternya)																		
Katup cegah jenis tayun		1,2	1,15	1,1	1,0	0,98	0,96	0,94	0,92	0,9	0,88								
Katup cegah tutup cepat jenis tekanan		1,2	1,15	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4								
Katup cegah jenis angkat bebas	1,44	1,39	1,34	1,3	1,2														
Katup cegah tutup cepat jenis pegas	7,3	6,6	5,9	5,3	4,6														
Katup kepak	-	-	-	-	-														0,9-0,5 (Bervariasai Menurut diameternya)
Katup isap dengan saringan	1,97	1,91	1,84	1,78	1,72														

Tabel 2. 4.Nilai 1/2 dari berbagai ukuran pipa dengan kerugian tekanan aliran yang sama (Babbitt, H.E., 1960)

Size of pipe (inch)	½	5/8	¾	1	1¼	1½	2	2½	3	4	6	8	10
Number of ½ Inch.Pipes with same capacity	1	1,7	2,9	6,2	10,9	17,4	37,8	65,5	110,5	189	527	1.200	2.090

7. Mayor losses

Mayor losses adalah rugi aliran yang ada di dalam pipa lurus, walaupun pipa lurus akan selalu ada kerugian dalam pipa tersebut, bisa jadi di akibatkan oleh beberapa hal seperti gesekan antara fluida, gesekan dinding pipa, pemampatan pada ukuran pipa serta tekanan fluida oleh pompa. Berdasarkan rumus darcy dalam menghitung kerugian gesek antara dinding pipa dengan aliran fluida tanpa ada perubahan luas penampang pembesaran atau pengecilan diameter pipa maka rumus untuk mencari head losses atau kerugian tinggi tekan dapat di tulis sebagai berikut:

$$hf = \frac{10,67xQ^{1,85}}{C^{1,85}xd^{4,87}} xL \quad \dots(19)$$

Dalam pipa pasti akan ada pengurangan tekanan aliran dalam pipa, baik karena masalah dalam pompa yang sudah berkurang performanya maupun dengan kapasitas air yang ada dalam reservoir bawah yang kurang yang mengakibatkan tubolensi dalam pipa sehingga berpengaruh akan keceptana aliran dalam pipa. Maka dari itu berdasarkan persamaan dari hazen-williams untuk menghitung kehilangan tekanan pada pipa kita menggunakan rumus :

$$hf = \frac{10,67xQ^{1,85}}{C^{1,85}xd^{4,87}} xL \quad \dots(20)$$

Rumus perhitungan di atas hanya berlaku untuk aliran dalam pipa lurus dan tidak berlaku untuk aliran pipa yang memiliki fitting semisalnya ada fitting maka bealih ke pada rumus minor losses seperti pada rumus (20)

2.7.2 Kerugian Head (Head Losses)

a. Kerugian head Mayor

Aliran fluida yang melalui pipa akan selalu mengalami kerugian head. Hal ini disebabkan oleh gesekan yang terjadi antara fluida dengan dinding pipa atau perubahan kecepatan yang dialami oleh aliran fluida (kerugian kecil).

Kerugian head akibat gesekan dapat dihitung dengan menggunakan salah satu dari dua rumus berikut, yaitu :

1. Persamaan *Darcy – Weisbach*

Rumus persamaan *Darcy - Weisbach*

$$hf = f \frac{Lv^2}{d2g} \quad \dots(21)$$

Tabel 2. 5.Nilai kekerasan dinding untuk berbagai pipa komersial

Bahan	Kekasaran	
	F t	M
<i>Riveted Steel</i>	0,003 – 0,03	0,0009 – 0,009
<i>Concrete</i>	0,001 – 0,01	0,0003 – 0,003
<i>Wood Stave</i>	0,0006 – 0,003	0,0002 – 0,009
<i>Cast Iron</i>	0,00085	0,00026
<i>Galvanized Iron</i>	0,0005	0,00015
<i>Asphalted Cast Iron</i>	0,0004	0,0001
<i>Commercial Steel or Wrought Iron</i>	0,00015	0,000046
<i>Drawn Brass or Copper Tubing</i>	0,000005	0,0000015
<i>Glass and Plastic</i>	“smooth”	“smooth”

2. Persamaan *Hazen Williams*

Rumus ini pada umumnya dipakai untuk menghitung kerugian head dalam pipa yang relatif sangat panjang seperti jalur pipa penyalur air minum. Bentuk umum persamaan Hazen – Williams yaitu :

$$hf = \frac{10,666Q^{1,85}}{C^{1,85}d^{4,85}} L \quad \dots(22)$$

b. Kerugian *Head Minor*

Selain kerugian yang disebabkan oleh gesekan, pada suatu jalur pipa juga terjadi kerugian karena kelengkapan pipa seperti belokan, siku, sambungan, katup dan sebagainya yang disebut dengan kerugian kecil (*minor losses*). Besarnya kerugian minor akibat adanya kelengkapan pipa menurut dirumuskan sebagai berikut :

$$h_e = K \frac{v^2}{2g} \quad \dots(23)$$

Untuk pipa yang panjang ($L/d \gg 1000$), minor losses dapat diabaikan tanpa kesalahan yang cukup berarti tetapi menjadi penting pada pipa yang pendek.

2.8 Kebutuhan Air Bersih Pada Rumah Sakit

Dari hasil survei diperoleh jumlah tempat tidur Rumah Sakit Umum Daerah Kota Bukittinggi ini adalah 100 tempat tidur.

2.9 Sifat Aliran Fluida Pada Pipa

a. Aliran Laminer

Aliran fluida jenis ini ialah jenis aliran fluida pada pipa lurus tanpa ada pembelokan pipa yang mengakibatkan aliran tersebut menjadi tabrakan pada dinding pipa belok atau tanpa mengalami perputaran air, maka gerakan alirannya akan konstan baik besarnya maupun arahnya pada sembarang titik. Aliran laminer dapat diketahui dari perhitungan Reynold Number.,

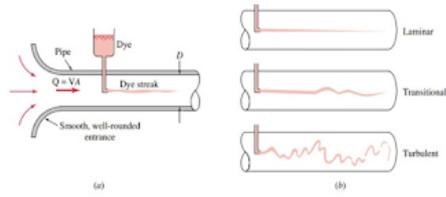
$$R_e = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \quad \dots(27)$$

b. Aliran Turbulen

Aliran ini terjadi apabila kecepatan fluida tinggi, aliran tidak lagi steady namun bervariasi baik besar maupun arahnya pada sembarang titik. Aliran akan bersifat turbulen jika hasil perhitungan Reynold Number (Re) diatas 4000 ($Re > 4000$, aliran turbulen).

c. Aliran transisi

aliran transisi adalah aliran antara aliran laminar dan turbulen atau aliran peralihan antara aliran laminar menuju turbulen, bisa di katakan ialah aliran yang lurus agak bergelombang namun tidak bertabrakan.



Gambar 2. 20. Bentuk aliran dalam pipa

Pada $R_e < 2300$ aliran bersifat laminar

Pada $R_e > 4000$ aliran bersifat turbulen

Pada $R_e = 2300 - 4000$ terdapat daerah transisi



BAB III METODOLOGI PERANCANGAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Rumah Sakit Umum Daerah Kota Bukittinggi yang beralamat Jalan By Pass, Kubu Gulai Bancah, Kecamatan Mandiangin Koto Selayan, Kota Bukittinggi, Sumatera Barat. Penelitian ini dilakukan selama 2 minggu kerja. Adapun lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1.Lokasi penelitian

3.2 Bagan Alir Perencanaan

Proses perencanaan sendiri terdiri dari serangkaian kegiatan yang berurutan seperti yang di gambarkan dalam diagram alir berikut:



Gambar 3.2. Diagram alir perencanaan

3.3 Data Penelitian

Teknik yang dilakukan untuk melakukan penelitian ini adalah:

3.3.1 Penelitian Kepustakaan (*Library Research*)

Mempelajari berbagai buku, memilih jurnal dan menggunakan permenkes yang akan menjadi referensi khususnya dalam sistem pemipaan dan analisa pemilihan pompa, baik yang ada dalam perusahaan maupun mata kuliah sehingga diperoleh teori-teori pendukung yang digunakan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

3.3.2 Penelitian Lapangan (*Field Research*)

Kegiatan ini dimaksudkan untuk mengetahui kondisi sebenarnya perencanaan instalasi serta peralatan yang akan digunakan. Dengan didampingi pembimbing lapangan, diharapkan ada komunikasi dua arah yang dapat memberikan gambaran secara jelas dan terperinci dalam memperoleh data-data yang diperlukan untuk melakukan analisa perhitungan.

a. Mengumpulkan data bangunan

Mengumpulkan data bangunan dimulai dari menetapkan denah lokasi perencanaan gedung, menggambarkan denah rangkaian pemipaan gedung C dan memastikan data penghuni gedung C.

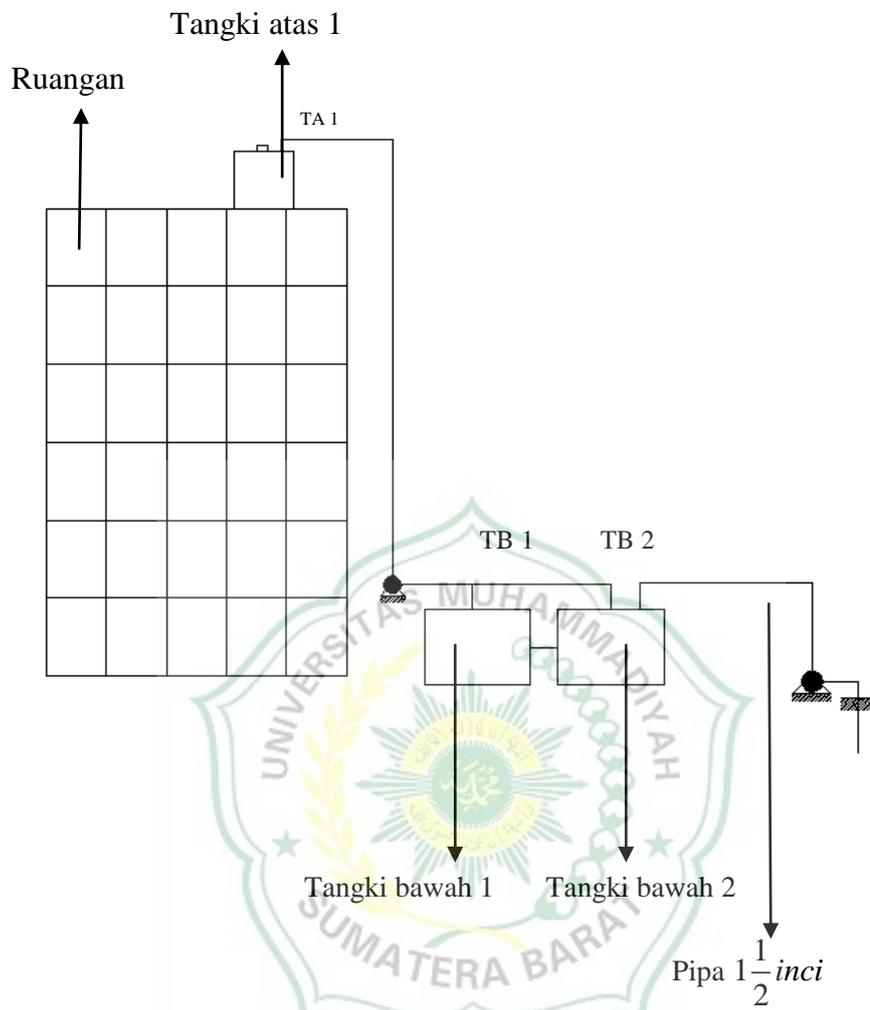
b. Menentukan perhitungan

Untuk memulainya penelitian ini maka dimulai dari perhitungan jumlah penghuni gedung C dan menghitung kebutuhan air bersih

c. Membuktikan perhitungan dengan kenyataan dilapangan

Membuktikan perhitunga reservoir yang di hitung dengan reservoir yang sudah terpasang sudah cocok dan mencocokkan pemilihan pompa yang tepat sesuai kebutuhan.

Lay out Rangkaian Pemipaan



Gambar 3.3. Rangkaian pemipaan

BAB IV PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Kapasitas Dan Debit Aliran Air

Dalam proses estimasi debit air dan jenis pompa untuk gedung berlantai 6 dengan kita mengambil sampel atau patokan pada gedung C RSUD Kota Bukittinggi namun untuk data banyaknya penghuni rumah sakit tersebut, kita tidak bisa memastikan dengan akurat karena semua tergantung pada banyaknya pengunjung dan pasien yang ada pada kota bukittinggi yang sakit maka dari itu kita berpatokan mengambil sampel jika gedung C RSUD Kota Bukittinggi tersebut penuh. Maka cara perhitungan total kapasitas aliran dapat di hitung dengan tabel 4.1

Tabel 4.1. Standar kebutuhan air menurut kelas rumah sakit dan jenis rawat

No	Kelas Rumah Sakit/Jenis Rawat	SBM	Satuan	Keterangan
1	Semua Kelas	5 – 7,5	L/TT/Hari	Kuantitas air minum
2	A – B	400 – 450	L/TT/Hari	Kuantitas air untuk keperluan higiene dan sanitasi
3	C – D	200 – 300	L/TT/Hari	Kuantitas air untuk keperluan higiene dan sanitasi
4	Rawat Jalan	5	L/TT/Hari	Termasuk dalam SBM volume air sesuai kelas RS

Dalam mencari debit untuk perhitungan kebutuhan air yang akan di input yaitu jumlah tempat tidur, jumlah penghuni dan jumlah tenaga kesehatan di RSUD Kota Bukittinggi, perhitungan yaitu:

a. Perhitungan Penghuni Gedung

Penghuni gedung menyatakan banyaknya jumlah pasien, penunggu dan karyawan yang menempati gedung. Tabel 1 menunjukkan jumlah penghuni gedung C RSUD Kota Bukittinggi.

Tabel 3.1.Jumlah penghuni gedung C RSUD Kota Bukittinggi

Penghuni	Jumlah
Tempat Tidur	100 orang
Penunggu	100 orang
Karyawan	200 orang
Total	400 orang

b. Debit air

$$Q = \frac{\text{Jumlah.penghuni(orang)} \times \text{Rumah.sakit} \frac{\text{liter}}{\text{hari}}}{24} \times 1,5$$

$$Q = \frac{400(\text{orang}) \times 200 \left(\frac{\text{liter}}{\text{tempat.tidur / hari}} \right)}{24} \times 1,5$$

$$Q = 5.000 \text{ liter / jam}$$

$$Q = 0,0013889 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q = 1,3889 \text{ liter / jam}$$

Kebutuhan debit air gedung C sebesar 5.000 liter/jam atau 0,0013889 m³/s .

4.2 Perhitungan Reservoir

Reservoir atau yang biasa di sebut tangki penampungan terbagi atas dua, yaitu tangki reservoir atas sama tangki reservoir bawah untuk tangki reservoir bawah untuk memenuhi kebutuhan air dalam satu hari maka di perlukan factor *safety* 1.25 sehingga di dapat:

a. Volume reservoir bawah

$$V_b = Q \times 24 \text{ jam} \times \text{faktor safety}$$

Maka di ketahui:

$$Q = 0,0013889 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$\text{faktor safety} = 1,25$$

$$\text{Waktu} = 24 \text{ jam} = 3600 \text{ s}$$

$$V_b = Q \times \frac{m^3}{\text{sec}} \times 3600 \text{ sec} \times 24 \times 1,25$$

Jawab: $V_b = 0,0013889 \frac{m^3}{\text{sec}} \times 3600 \text{ sec} \times 24 \times 1,25$

$$V_b = 150 m^3$$

$$V_b = 150.000 \text{ ltr}$$

Sehingga kapasitas reservoir bawah adalah $150 m^3$ untuk memenuhi kebutuhan air bersih pada Rumah Sakit.

b. Reservoir atas

Pada reservoir atas kita menghitung volume per jam, karena reservoir atas tidak di perbolehkan kosong

$$V_a = Q \times \frac{m^3}{\text{sec}} \times 3600 \text{ sec}$$

$$V_a = 0,0013889 \frac{m^3}{\text{sec}} \times 3600 \text{ sec}$$

$$V_a = 5,005 m^3$$

$$V_a = 5.005 \text{ ltr}$$

Maka di butuhkan reservoir atas dengan kapasitas 5000 liter agar tidak terjadinya kekurangan, maka di sarankan untuk menambahkan 1 buah tangki cadangan, sehingga dibutuhkan 2 tangki reservoir.

4.3 Perencanaan Dan Perhitungan Diameter Pipa Air

Dalam perencanaan dan perhitungan diameter pipa air untuk system pemipaan Rumah Sakit ini maka banyak hal-hal yang wajib kita pertimbangkan, mulai dari diameter pipa dari pompa, kecepatan aliran, mayor dan minor loss pipa masuk maupun pipa buang sehingga di dapatlah spesifikasi pompa yang cocok untuk Rumah Sakit ini

a. Diameter pipa

Diameter pipa dalam sistem pemompaan itu sangat penting, karena akan berpengaruh pada kecepatan aliran pompa dan juga nanti akan berpengaruh pada

debit air untuk mengisi reservoir atas, dalam perencanaan ini kita mengasumsikan kecepatan aliran alam pipa yaitu $V = 1 \text{ m/s}$ sehingga di dapatkan diameter pipa:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0,0013889 / s}{3,14 \times 1 \text{ m/s}}}$$

$$D = 0,042$$

$$D = 0,042 \times 39,37$$

$$D = 1,65 \text{ inch}$$

$$D = 1,6 \text{ inch}$$

Diameter pipa yang sudah terpasang di gedung C RSUD yaitu diameter 1 1/2 incikarena keadaan yang tidak memungkinkan untuk mengganti diameter pipa jadi tetap digunakan diameter pipa 1 1/2 inci .

b. Kecepatan Aliran Dalam Pipa

Setelah mendapatkan hasil diameter pipa yaitu 1 1/2 maka kita wajib menyesuaikan pipa tersebut dengan DN (Diameter nominal) dengan ukuran nominal pipa (NPS) = 40 maka di dapatkan inside diameter (ID) = 40,9 mm = 0,0409 m (standart pipe schedule 40 ASTM A53) maka kecepatan aliran dalam pipa sebenarnya adalah:

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

$$V = \frac{4 \times 0,0013889}{\pi \times 0.0409^2}$$

$$V = 1,057 \frac{m}{sec}$$

c. Perhitungan Head Loss Pipa Hisap

dalam menentukan *head loss* pipa hisap ada beberapa tahapan yang harus kita cari dalam perhitungannya.

1. Koefisien gesek

Rumus mencari koefisien gesek

$$f = 0,020 + \frac{0,0005}{ID}$$

$$f = 0,020 + \frac{0,0005}{0,0409}$$

$$f = 0,0322$$

2. Gesekan pada pipa ($\phi 11 / 2 \text{ inci}$)

$$H_i = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

$$H_i = 0,0322 \times \frac{4}{0,0409} \cdot \frac{1,057^2}{2 \times 9,8}$$

$$H_i = 0,1795$$

3. Gate valve

$$H_f = f \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

$$H_f = 0,19 \times \frac{1,057^2}{2 \times 9,8}$$

$$H_f = 0,01083$$

4. Katup hisap dengan saringan

$$H_f = f \frac{(V)^2}{2 \cdot g}$$

$$H_f = 2,04 \times \frac{(1,057)^2}{2 \times 9,8}$$

$$H_f = 0,1162$$

5. Belokan pipa elbow 90°

$$H_f = f \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

$$H_f = 0,15 \times \frac{(1,057)^2}{2 \times 9,8}$$

$$H_f = 0,00855$$

Jadi total head loss pipa hisap adalah 0,31508

d. Perhitungan Head Loss Pipa Buang

1. Gate valve

$$H_f = f \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

$$H_f = 0,19x \frac{1,057^2}{2x9,8}$$

$$H_f = 0,01083$$

2. Gesekan pada pipa ($\phi 11/2$ inci)

$$H_i = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

$$H_i = 0,0322x \frac{32}{0,0409} \cdot \frac{1,057^2}{2x9,8}$$

$$H_i = 1,4360$$

3. Gesekan pada pipa ($\phi 3$ inci)

$$H_i = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

$$H_i = 0,0322x \frac{1}{0,0409} \cdot \frac{1,057^2}{2x9,8}$$

$$H_i = 0,044877$$

4. Pembesaran pipa ($\phi 11/2 - 3$ inci)

$$H_f = f \frac{(V_1 - V_2)^2}{2 \cdot g}$$

$$H_f = 1x \frac{(1,3317 - 0,02321)^2}{2x9,8}$$

$$H_f = 0,3494$$

6. Pengecilan pipa

$$H_f = f \frac{(V_1)^2}{2 \cdot g}$$

$$H_f = 0,29 \frac{(1,057)^2}{2 \cdot 9,8}$$

$$H_f = 0,15876$$

7. Belokan pipa elbow 90°

$$H_f = f \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

$$H_f = 0,15 \times \frac{(1,057)^2}{2 \times 9,8}$$

$$H_f = 0,08212$$

8. Pencabangan tee (1-2)

$$H_{f_{1-2}} = f_1 \frac{V_1^2}{2 \cdot g}$$

$$H_{f_{1-2}} = 1,29 \times \frac{1,057^2}{2 \times 9,8}$$

$$H_{f_{1-2}} = 0,0706$$

9. Pencabangan tee (1-3)

$$H_{f_{1-2}} = f_1 \frac{V_1^2}{2 \cdot g}$$

$$H_{f_{1-2}} = 1,29 \times \frac{1,057^2}{2 \times 9,8}$$

$$H_{f_{1-2}} = 0,0706$$

10. Check valve

$$H_f = f \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

$$H_f = 2,5 \times \frac{1,057^2}{2 \times 9,8}$$

$$H_f = 0,01368$$



Maka total perhitungan head loss pipa buang adalah 0,22368 jadi untuk mencari head loss (HI) adalah head loss pipa hisap di tambahkan head loss pipa buang sehingga hasilnya adalah : 0,538

e. Perhitungan Dan Pemilihan Pompa

- a. Head statis total (suction head)

$$h_a = h_d + h_s$$

$$h_a = 22 + (-4)$$

$$h_a = 18$$

- b. Head loss

$$H_{tot} = h_a + \Delta h_p + h_i + \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$H_{tot} = 18 + 0 + 0,37257 + \frac{1,057^2}{2 \times 9,8}$$

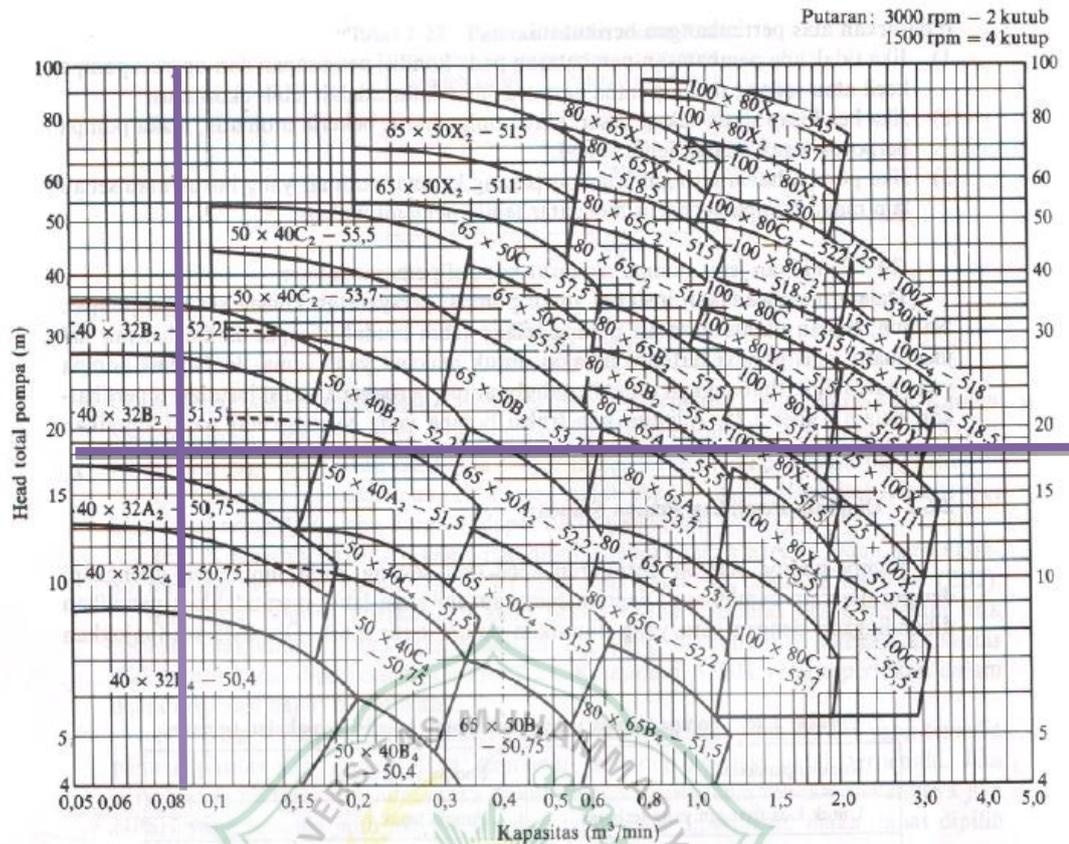
$$H_{tot} = 18,429$$

- c. Pemilihan pompa

Dari hasil perhitungan maka kita dapatkan

$$\text{Debit air } Q = 0,0013889 \text{ m}^3 / \text{s} = \mathbf{0,08333 \text{ m}^3 / \text{min}}$$

$$H_{tot} = 18,429 \text{ m}$$



Tabel 4. 2 Diagram pemilihan pompa standart (Buku sularso pompa & kompresor)

Setelah di dapatkan debit air serta head total maka kita bisa mengambil patokan Berdasarkan diagram pemilihan pompa standart dan kita dapatkan spesifikasi pompa adalah **40 x 32 B₂ - 5 1,5**, arti dari kode tersebut adalah :

40 = diameter pipa hisap (40 mm)

32 = diameter pipa buang (32 mm)

B = Type gedung

Jumlah katup = 2 , (katupnya 2 dan 3000rpm)

5 frekuensi = (50 Hz)

Daya motor = 1.5 kw = (2,01153 hp)

Dari diagram pemilihan pompa standart maka di dapat spesifikasi pompa adalah **40 x 32 B₂ - 5 1,5** dengan jenis pompa yaitu pompa sentrifugal:

Tabel 4.3.Perbandingan Pompa

Merk	40 x 32 B ₂ - 5 1,5 Pompa Yang Disarankan	40 x 32 B ₂ - 5 0,75 Pompa Yang Terpasang
	: Grundfos CM 10-3	Ebara
Kapasitas	: 192 (ltr/m)	100(ltr/m)
Diameter pipa hisap	: 40 mm	40 mm
Diameter buang	: 32 mm	32 mm
Jumlah katub	: 2 (katupnya 2 dan 3000 rpm)	2 (katupnya 2 dan 3000 rpm)
Frekuensi	: 50 Hz	50 Hz
Daya motor	: 1.5 kw (2,01153 hp)	0,75 kw (1,0058 HP)
Inlet	: 1 1/2 inch	1 1/2 inch
Outlet	: 1 1/2 inch	1 1/2 inch
Jenis pompa	: pompa sentrifugal	pompa sentrifugal

Jumlah pompa yang terpasang pada system total ada 2 unit (1 pompa utama dan satu pompa cadangan)

Pompa air dengan merek grundfos CM 10-3 adalah mesin pompa dorong boster dengan kapasitas besar, dan pompa ini sangat cocok dengan gedung ini karena head total pada gedung ini adalah 18,429 m maka dalam syaratnya spesifikasi pompanya wajib di tambah headnya, maka yang cocok adalah pompa grundfos CM 10-3 ini dengan head total 28 meter dengan daya 1,5 kw.

Keunggulan pompa grundfos CM 10-3 adalah:

1. Prinsip kerjanya sederhana
2. Kontruksinya kuat.
3. Aliran zat cair tdak terputus-putus karena memiliki laju dan jumlah putaran tinggi.
4. Perawatan tidak terlalu sulit asalkan lokasi peletakan pompanya tidak salah dengan daerah tidak terlalu lembab dan tidak terlalu panas.

4.4 Pemilihan Pompa

Berdasarkan hasil perhitungan pompa untuk gedung berlantai 6 pada Rumah Sakit Umum Daerah Kota Bukittinggi maka pemilihan pompa dapat dilakukan dengan pertimbangan sebagai berikut:

- a) Untuk memenuhi kebutuhan air pada RSUD Kota Bukittinggi untuk 24 jam operasi yang berisi 400 orang, debit air yang dibutuhkan adalah $0,08333 \text{ m}^3/\text{min}$
- b) Kebutuhan reservoir bawah adalah 150.000 liter dan reservoir atas 5.000 liter, sedangkan reservoir atas yang tersedia 1 unit dengan ukuran 3.500 ltr dan reservoir bawah ada 2 unit dengan total 300.000 ltr.

Tabel 4.4.Kebutuhan Reservoir

	Ukuran kebutuhan	Ukuran terpasang	Jumlah
Reservoir Atas	150.000 liter	150.000	2 (terpenuhi)
Reservoir bawah	5.000 liter	3.5000 liter	1 (belum terpenuhi)

- c) Spesifikasi pompa yang sesuai untuk gedung C Rumah Sakit Umum Daerah Kota Bukittinggi adalah $40 \times 32 B_2 - 5 1,5$ grundfos



Gambar4.1.Pompa Grundfos

- d) Head total hasil perhitungan sebesar 18,429 m.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari estimasi jenis pompa untuk gedung berlantai 6 pada Rumah Sakit Umum Daerah Kota Bukittinggi maka dapat di simpulkan sebagai berikut:

- a) Debit air yang dibutuhkan RSUD Kota Bukittinggi adalah $0,08333 \text{ m}^3/\text{min}$
- b) Kebutuhan reservoir bawah adalah 150.000 liter dan reservoir atas 5.000 liter
- c) Spesifikasi pompa yang sesuai untuk gedung C Rumah Sakit Umum Daerah Kota Bukittinggi adalah $40 \times 32 B_2 - 5 1,5$ grundfos CM 10-3
- d) Head total hasil perhitungan sebesar 18,429 m. Sedangkan pompa yang terpasang berjumlah 2 unit. Sehingga pompa yang digunakan (masih belum bisa memenuhi kebutuhan pada sistem dengan baik).

5.2 Saran

Berdasarkan hasil dari perhitungan sistem dan pompa yang sudah tersedia, penulis memberikan saran bahwa:

- a) Untuk menghindari kekurangan air di RSUD Kota Bukittinggi pompa yang sudah sesuai dengan perhitungan maka dapat menggunakan pompa $40 \times 32 - 5 1,5$
- b) Dalam pemilihan pompa air bersih, harus memperhitungkan Debit air yang dibutuhkan, perencanaan sistem pemipaan, kerugian yang terjadi pada setiap komponen, sehingga dapat mengetahui head total pompa yang di butuhkan.
- c) Dengan hasil laporan tugas akhir ini, diharapkan bisa menjadikan referensi untuk memilih pompa air bersih untuk gedung berlantai 6.

DAFTAR PUSTAKA

- Anis, S., & Karnowo. (2008). Dasar Pompa. In *Buku Ajar*.
- Candra, R. (2018). Perancangan Pompa Sentrifugal Dan Diameter Luar Impeller Untuk Kebutuhan Air Kapasitas 60 Lpm Di Gedung F Dan D Universitas Muhammadiyah tangeran. *Jurnal Teknik*.
- Muliawan, A., & Yani, A. (2018). Analisa Head Mayor Dan Minor Pompa Chiller Dengan Buka-an Katup Instalasi Pompa Tunggal. *Jst (Jurnal Sains Terapan)*.
- Tukiman, Santoso, P., & Satmoko, A. (2013). Perhitungan Dan Pemilihan Pompa Pada Instalasi Pengolahan Air Bebas Mineral Iradiator Mamma Kapasitas 200 Kci. *Prpn - Batan*.
- Ubaedilah, U. (2017). Analisa Kebutuhan Jenis Dan Spesifikasi Pompa Untuk Suplai Air Bersih Di Gedung Kantin Berlantai 3 Pt Astra Daihatsu Motor. *Jurnal Teknik Mesin*.
- Waspodo, W. (2017). Analisa Head Loss Sistem Jaringan Pipa Pada Sambungan Pipa Kombinasi Diameter Berbeda. *Suara Teknik: Jurnal Ilmiah*.

