

**ANALISIS SISTEM PLUMBING PADA GEDUNG
APARTEMEN 5 LANTAI PT. XYZ DI JAKARTA**

Skripsi

**Untuk memenuhi sebagai persyaratan mencapai derajat Sarjana S1
pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa**



Disusun Oleh :

I Wayan Bima Anggara

3331180056

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
CILEGON – BANTEN
2025**

**ANALISIS SISTEM PLUMBING PADA GEDUNG
APARTEMEN 5 LANTAI PT. XYZ DI JAKARTA**

TUGAS AKHIR

**Untuk memenuhi sebagai persyaratan mencapai derajat Sarjana S1
pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa**



Disusun Oleh :

I Wayan Bima Anggara

3331180056

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
CILEGON – BANTEN
2025**

TUGAS AKHIR

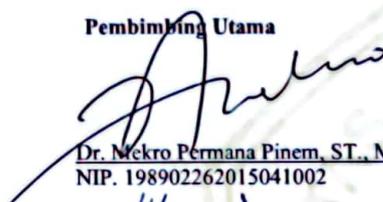
ANALISIS SISTEM PLUMBING PADA GEDUNG APARTEMEN 5 LANTAI PT. XYZ DI JAKARTA

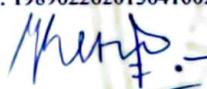
Dipersiapkan dan disusun Oleh :

I Wayan Bima Anggara
3331180056

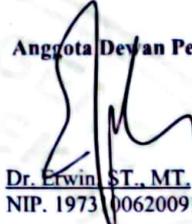
telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal, 06 Januari 2025

Pembimbing Utama

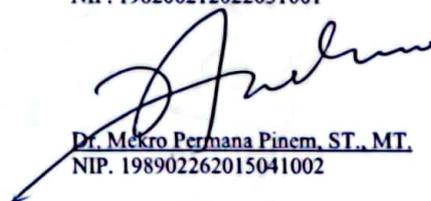

Dr. Mekro Permana Pinem, ST., MT.
NIP. 198902262015041002


Dr. Ir. Ni Ketut Caturwati, MT.
NIP. 196706022001122001

Anggota Dewan Penguji


Dr. Erwin, ST., MT.
NIP. 19730062009121001


Dedy Triawan Suprayogi, ST., M. Eng., Ph. D.
NIP. 198206212022031001


Dr. Mekro Permana Pinem, ST., MT.
NIP. 198902262015041002


Dr. Ir. Ni Ketut Caturwati, MT.
NIP. 196706022001122001

Tugas Akhir ini sudah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik



Tanggal, 11 April 2025
Ketua Jurusan Teknik Mesin UNTIRTA


Ir. Dhumas Satria, ST., M.Eng
NIP. 198305102012121006

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini.

Nama : I Wayan Bima Anggara

NIM : 3331180056

Judul : ANALISIS SISTEM PLUMBING PADA GEDUNG APARTEMEN
LANTAI PT. XYZ DI JAKARTA

Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa,

MENYATAKAN

Bahwa skripsi ini hasil karya sendiri dan tidak ada duplikat dengan karya orang lain, kecuali untuk yang telah disebutkan sumbernya.

Cilegon, 07 Januari 2025



I Wayan Bima Anggara
NPM. 3331180056

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Ida Sang Hyang Widhi Wasa karena atas rahmat dan anugrah-Nya penulis dapat menyusun Tugas Akhir yang berjudul ANALISIS SISTEM PLUMBING PADA GEDUNG APARTEMEN 5 LANTAI PT. XYZ DI JAKARTA. Proposal Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan akademis jenjang Strata Satu (S1) pada mata kuliah Tugas Akhir di Program Studi S1 Teknik Mesin, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Penulis menyadari dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis berharap ada sedikit masukan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk menyempurnakan Tugas Akhir ini.

Dengan selesainya penyusunan Tugas Akhir ini penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Dhimas Satria, S.T., M.Eng selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
2. Bapak Dr.Eng. Ir. Agung Sudrajad, S.T., M.Eng selaku dosen pembimbing akademik Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
3. Bapak Dr. Mekro Permana Pinem, S.T., M.T selaku dosen pembimbing 1 tugas akhir yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama penyusunan tugas akhir.
4. Ibu Dr. Ir. Ni Ketut Caturwati, M.T selaku dosen pembimbing 2 tugas akhir yang sudah banyak membantu dan membimbing penulis selama pelaksanaan tugas akhir.
5. Seluruh Dosen dan Staff Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa yang telah memberikan ilmu kepada penulis selama di bangku perkuliahan.
6. Ibu Ni Made Sumawati dan Bapak I Made Subaga selaku orang tua yang telah senantiasa memberikan dukungan moral dan material kepada penulis.
7. Teman-teman kontrakan yang telah memberikan dukungan dan arahan kepada penulis.

Penulis berharap laporan ini dapat bermanfaat dan dapat dipergunakan dengan sebaik-baiknya dan semoga pengetahuan ini berguna bagi kita semua khususnya dalam dunia ilmu pengetahuan, *engineering*, perusahaan serta pembaca pada umumnya.

Cilegon, 21 Mei 2024

Penulis

ABSTRAK

ANALISIS SISTEM PLUMBING PADA GEDUNG APARTEMEN 5 LANTAI PT. XYZ DI JAKARTA

Disusun Oleh :

I Wayan Bima Anggara

3331180056

Air yang ditampung dalam GWT (ground water tank) atau tanki yang berada dibawah tanah bersumber dari PAM yang sesuai dengan Peraturan Gubernur Daerah Khusus Ibukota Jakarta Nomor 93 Tahun 2021 yang melarang penggunaan air tanah untuk bangunan komersialisasi. Setelah air ditampung di dalam GTW, air bersih dipompa menuju rooftank. Setelah air ditampung dalam rooftank baru air bersih bisa didistribusikan untuk kehidupan sehari-hari. Untuk Sistem Air bersih, kapasitas GWT untuk memenuhi kebutuhan air bersih yang diperlukan sebesar 37,5 m³ lalu air bersih dialirkan menggunakan delivery pump menuju RWT yang berkapasitas 20 m³. Total head losses yang dihasilkan sebesar 27,89 m yang menghasilkan tekanan 2,74 bar. Berdasarkan spesifikasi pompa didapatkan kapasitas aliran delivery pump adalah 200 l/min. Daya dorong pompa yang diperoleh 932,97 watt. Daya listrik pompa yang dipakai sesuai spesifikasi sebesar 5500 watt. Maka diperoleh efisiensi pompa sebesar 17 %. Untuk sistem air kotor, kapasitas biocell atau tank pembuangan sebesar 30 m³. Pipa untuk roof drain berdiameter 100 mm dengan kemiringan 1% yang mengaliri air hujan menuju bak penampungan air hujan sebesar 54 m³. Sumur resapan sesuai Pergub DKI Jakarta no. 20 tahun 2013 tentang sumur resapan sebesar 2 m³.

Kata kunci : Efisiensi, Peraturan Gubernur, Sistem air bersih.

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE PLUMBING SYSTEM IN A 5-FLOOR APARTMENT BUILDING OF PT. XYZ IN JAKARTA

Written By :

I Wayan Bima Anggara

3331180056

The water stored in the GWT (ground water tank) or the tank located underground is sourced from PAM in accordance with the Governor's Regulation of the Special Capital Region of Jakarta Number 93 of 2021, which prohibits the use of groundwater for commercial buildings. After the water is stored in the GTW, clean water is pumped to the rooftank. After the water is stored in the rooftank, clean water can be distributed for daily use. For the Clean Water System, the GWT capacity to meet the required clean water needs is 37.5 m^3 , then the clean water is channeled using a delivery pump to the RWT with a capacity of 20 m^3 . Total head losses produced amount to 27.89 m, resulting in a pressure of 2.74 bar. Based on the pump specifications, the delivery pump flow capacity is obtained as 200 l/min. The pump's discharge pressure obtained is 932.97 watts. The electrical power of the pump used according to specifications is 5500 watts. Thus, the pump efficiency is obtained at 17%. For the wastewater system, the capacity of the biocell or disposal tank is 30 m^3 . The pipe for the roof drain has a diameter of 100 mm with a 1% slope, directing rainwater to a rainwater storage tank with a capacity of 54 m^3 . Infiltration wells according to DKI Jakarta Governor Regulation No. 20 of 2013 on infiltration wells with a capacity of 2 m^3 .

Keyword : Clean Water System, Efficiency, Governor's Regulation

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Sistem Plambing di Apartemen	4
2.2 Sistem Air Bersih	5
2.3 Sistem Air kotor	7
2.3.1 Air Hujan	8
2.3.2 Sumur Resapan	9
2.4 Pipa	9
2.4.1 Jenis Jenis Pipa	9
2.4.2 Diagram Moody	10
2.4.3 <i>Head Losses</i>	13
2.5 Pompa	14
BAB III. TINJAUAN PUSTAKA	
3.1 Diagram Alir Penelitian	17
3.2 Lokasi Penelitian	18
3.3 Prosedur penelitian	19

3.4 Standar yang digunakan.....	19
---------------------------------	----

BAB IV. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Neraca Air.....	21
4.2 Air Bersih	22
4.2.1 Friction Factor	24
4.2.2 Pipa Air Bersih	25
4.2.3 Pompa.....	30
4.3 Air Kotor	32
4.3.1 Kapasitas tank air kotor (biocell)	33
4.3.2 Bak Penampung Air Hujan.....	33

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	35
5.2 Saran	35

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Pipa dan pompa air bersih	4
2.2 <i>Roof Water Tank</i>	5
2.3 Sistem <i>Hydrant</i>	7
2.4 Filter untuk air hujan	8
2.5 <i>Moody Diagram</i>	11
2.6 Delivery Pump	14
3.1 Diagram Alir	18
3.2 Lokasi Penelitian	19
4.1 Diagram air bersih	21
4.2 Diagram Air Kotor	21
4.3 Grafik Kebutuhan air bersih	23
4.4 Diagram moody	25
4.5 Skema Pipa Air Bersih	26
4.6 Diagram pipa air hujan	34

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 <i>Population Equivalen</i>	6
2.2 Volume Sumur Resapan.....	9
2.3 Kekasaran dinding pipa berdasarkan jenis material.....	11
2.4 Viskositas Dinamik air.....	12
2.5 <i>Minor loss coefficients (Elbow)</i>	13
2.6 <i>Minor loss coefficients (Gate valve)</i>	14
4.1 Rumus Perhitungan dan Standar yang dipakai	22
4.2 Kebutuhan Liter per menit dari penghuni	23
4.3 Friction factor.....	24
4.4 Major head loss pipa 1	26
4.5 Major head loss pipa 2	27
4.6 Major head loss pipa 3	27
4.7 Major head loss pipa 4	27
4.8 Major head loss pipa 5	27
4.9 Major head loss pipa 6	28
4.10 Major head loss pipa 7	28
4.11 Major head loss pipa 8	28
4.12 Koefisien pipa	29
4.13 <i>Fluid Velocity Minor Losses</i>	29
4.14 <i>Minor Losses</i>	29
4.15 Total Head Losses	30
4.16 Spesifikasi Pompa	31
4.17 Tekanan yang dihasilkan.....	31
4.18 Power Pompa	32
4.19 Kapasitas tank air kotor.....	33
4.20 Curah hujan Kecamatan Cempaka Putih.....	34

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Setiap pembangunan sebuah gedung atau apartement harus mengikuti peraturan yang berlaku. Dikarenakan apartement ini berlokasi di wilayah Jakarta Pusat, pembangunan apartement ini harus mengacu kepada Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta nomor 122 tahun 2005 yang mengatur tentang pengolahan air bersih dan air limbah di Jakarta. Dalam peraturan ini seperti pada Bab 2 Pasal 3 yang berbunyi “ Tujuan pengelolaan air limbah domestik adalah untuk mencegah dan menanggulangi pencemaran tanah dan air tanah akibat pembuangan air limbah domestik yang tidak memenuhi Baku Mutu Air Limbah”. Dalam peraturan ini juga diatur tentang besaran *population equivalen*. Untuk ukuran apartement, besaran *population equivalen* (PE) pemakaian air bersih itu 250 liter/penghuni/hari dan untuk debit air limbah itu 200 liter/penghuni/hari.

Pasokan dan distribusi air merupakan kriteria desain yang penting dalam bangunan konstruksi. Menurut tata letak peralatan sanitasi dan kondisi pengoperasiannya jaringan harus dibangun seperti jaringan yang memenuhi titik-titik di mana aliran dan tekanan berada, untuk kenyamanan yang dibutuhkan dalam penggunaannya. Sumber air yang terdapat di apartement ini ada 2, yaitu melalui PAM dan air hujan. Untuk PAM itu ditampung di dalam GWT (*Ground Water Tank*) lalu di alirkan ke *rooftank* dengan pompa sentrifugal kecepatan tinggi. Setelah air berada di *rooftank* baru air bisa di alirkan untuk kebutuhan kehidupan sehari – hari seperti mandi, mencuci piring, dan lain – lain. Untuk air hujan itu biasanya digunakan sebagai air pemadam kebakaran (*hydrant*).

Demi terciptanya lingkungan yang nyaman dan sehat, tentu sistem plumbing di apartemen ini harus mengikuti peraturan dan ketentuan yang ada. Sehingga diharapkan mampu untuk memenuhi kebutuhan dan menjamin keamanan bagi para penghuni apartemen ini.

1.2 Rumusan Masalah

Berikut merupakan rumusan masalah yang terdapat dalam penelitian ini yang sesuai dengan latar belakang di atas.

1. Bagaimana sistem air bersih pada gedung apartemen?
2. Bagaimana sistem air kotor pada gedung apartemen?

1.3 Batasan Masalah

Dalam perencanaan sistem plumbing di apartement dengan menggunakan metode perhitungan yang sesuai dengan peraturan yang berlaku, maka diperoleh hasil yang sesuai dengan perencanaan dan kebutuhan, maka dibuat batasan masalah sebagai berikut.

1. Menentukan kebutuhan air bersih, air kotor, dan air pemadam kebakaran sesuai dengan Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta nomor 122 tahun 2005.
2. Menghitung *Head Losses* menggunakan persamaan Darcy-Weisbach.
3. Menghitung efisiensi *delivery pump* sesuai dengan spesifikasi yang digunakan apartement.

1.4 Tujuan Penelitian

Berikut merupakan tujuan dari penelitian tentang sistem plumbing di apartement.

1. Menentukan kapasitas GWT dan RWT yang dibutuhkan oleh bangunan apartement secara efektif dan efisien.
2. Menghitung head losses menggunakan persamaan Darcy-Weisbach.
3. Menghitung jumlah waktu dan daya yang dibutuhkan *delivery pump* sesuai dengan spesifikasi yang digunakan di bangunan apartement.
4. Menentukan kapasitas volume Biocell atau tank pembuangan.
5. Mengetahui pemanfaatan air hujan sebagai cadangan air bersih.

1.5 Manfaat Penelitian

Berikut merupakan manfaat penelitian yang di harapkan dari penulisan penelitian ini.

1. Menambah wawasan mengenai sistem plumbing dan peraturan undang undang yang mengatur khususnya di daerah DKI Jakarta.
2. Mengetahui cara menghitung head losses menggunakan persamaan Darcy-Weisbach.
3. Mengetahui cara menghitung jumlah waktu dan daya yang dibutuhkan delivery pump sesuai dengan spesifikasi yang digunakan di bangunan apartement.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Plumbing di Apartemen

Suatu sistem untuk membantu distribusi air bersih merupakan definisi dari sistem plumbing yang sangat penting untuk kehidupan sehari-hari. Pada bangunan apartemen, dibutuhkan suatu sistem dimana bisa mendistribusi air bersih agar kebutuhan air bersih di apartemen itu di penuhi untuk kegiatan seperti mandi, mencuci piring, buang air, dan kegiatan-kegiatan yang memerlukan air bersih. Untuk distribusi air bersih dan pembuangan air kotor, sistem plumbing adalah bagian penting dari infrastruktur bangunan (Andi Saidah, Fain Faleri Bohang, 2024). Dengan terpenuhinya kebutuhan air bersih yang efisien dan terkontrol nya sistem pembuangan maka terciptanya lingkungan yang lebih sehat dan bersih.



Gambar 2.1 Pipa dan pompa air bersih

Sistem plumbing juga berfungsi sebagai penyedia cadangan air untuk proteksi kebakaran (Hydrant). Bukan hanya sistem air bersih dan air kotor, sistem proteksi kebakaran ini juga tidak kalah penting. Dalam NFPA (*National Fire Protection Association*) mengatur volume cadangan air

berdasarkan waktu yang dibutuhkan pompa (sekitar 30-60 menit). Sistem plumbing harus bisa menghitung jumlah cadangan air yang cukup dan efisien sehingga air bersih dan proteksi kebakaran ini dapat tercukupi dengan baik.

Air hujan juga dapat dimanfaatkan sebagai cadangan air bersih. Tentunya melewati proses beberapa kali penyaringan. Pemanfaatan air hujan sebagai cadangan air bersih juga juga berfungsi untuk menghindari genangan yang muncul akibat air hujan.

2.2 Sistem Air Bersih

Menurut Herdiyana, dkk. (2019) Perencanaan instalasi penyediaan air murni dilakukan dengan menggunakan metode berdasarkan SNI 03-7065 Tahun 2005 tentang tata cara perencanaan sistem sanitasi untuk menghitung kebutuhan air murni. Sistem penyimpanan air murni yang direncanakan akan berupa sistem tangki atap yang akan mendistribusikan air yang disimpan di tangki bawah ke tangki atas.



Gambar 2.2 *Roof Water Tank*

Air yang ditampung dalam GWT (*ground water tank*) atau tanki yang berada dibawah tanah bersumber dari PAM yang sesuai dengan Peraturan Gubernur Daerah Khusus Ibukota Jakarta Nomor 93 Tahun 2021 yang melarang penggunaan air tanah untuk bangunan komersialisasi. Setelah air ditampung di dalam GTW, air bersih dipompa menuju *rooftank*. Setelah air ditampung dalam *rooftank* baru air bersih bisa didistribusikan untuk kehidupan sehari-hari. Dalam menghitung kapasitas GWT dan RWT

diperlukan perhitungan yang tepat agar kebutuhan air bersih terpenuhi. Berikut erupakan persamaan untuk menghitung volume dari *ground water tank*.

$$GWT = VAB + VH \dots \dots \dots (2.1)$$

Dari persamaan diatas dimana untuk mencari volume dari *ground water tank* perlu diketahui dulu VAB (volume air bersih) dan VH (Volume Hydrant) setelah diketahui, penjumlahan dari VAB dan VH merupakan kapasitas GWT yang diperlukan apartement ini. Berikut persamaan untuk mencari volume air bersih.

$$VAB = (\text{Total air bersih} + \text{Safety factor}) + \text{Total air bersih} \dots \dots \dots (2.2)$$

Total air bersih yang diperlukan bisa dihitung melalui perkalian dari kapasitas apartement dan kebutuhan air bersih sesuai *population equivalen* pada tabel 2.1. Total air bersih lalu dikalikan dengan *safety factor* sebesar 20% (Noerbambang, 2005) yang berfungsi sebagai kebutuhan air bersih tambahan apabila terjadi kebocoran.

Tabel 2.1 *Population Equivalen*

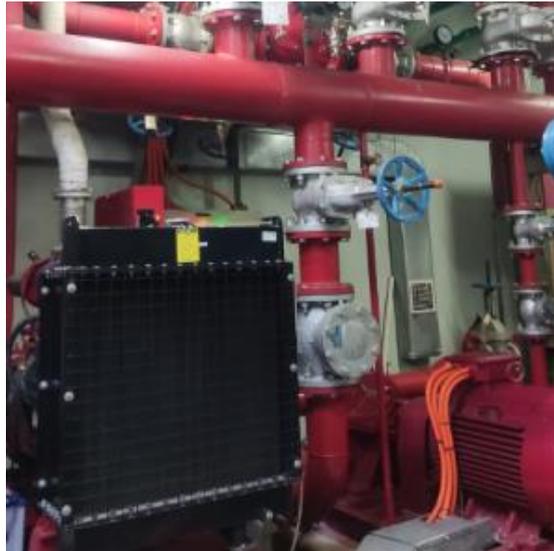
(Sumber : Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta nomor 122 tahun 2005)

No	Peruntukan Bangunan	Pemakaian air bersih	Debit Air limbah	Satuan	PE
1	Rumah Mewah	250	200	L/Penghuni/Hari	1,67
2	Rumah Biasa	150	120	L/Penghuni/Hari	1,00
3	Apartemen	250	200	L/Penghuni/Hari	1,67
4	Asrama	120	96	L/Penghuni/Hari	0,80
5	SD	40	32	L/Siswa/Hari	0,27
6	SMP	50	40	L/Siswa/Hari	0,33
7	SMA	80	64	L/Siswa/Hari	0,53
8	Perguruan Tinggi	80	64	L/mahasiswa/Hari	0,53

Menghitung volume hydrant juga sangat penting bagi keamanan dan keselamatan penghuni apartemen melalui persamaan berikut.

$$VH = \text{Kapasitas Pompa} \times \text{waktu estimasi} \dots\dots\dots(2.3)$$

VH merupakan Volume Hydrant dengan 30-45 menit sebagai waktu pompa untuk memadamkan api. GPM Pompa yang dipakai 1000 GPM yang sesuai dengan SNI 03-1745-2000 (tidak lebih dari 1250 USGPM).



Gambar 2.3 Sistem Hydrant

Menghitung volume RWT (*Roof Water Tank*) juga perlu dikarenakan RWT merupakan pusat utama sebagai reservoir yang berperan besar dalam pendistribusian air bersih. Alasan utama adanya *roof water tank* dikarenakan sebagai sumber air bersih yang tidak perlu adanya pompa untuk mendistribusikan air bersih ketika listrik sedang padam. Berikut merupakan persamaan untuk menghitung volume *roof water tank*,

$$RWT = \frac{V_{AB}}{2} + \text{safety factor} \dots\dots\dots(2.4)$$

Debit air bersih (VAB) merupakan hasil dari persamaan 2.2 diatas yang dibagi 2 karena dilakukanya 2 kali pompa melakukan pengisian rooftank pada pagi dan sore ditambah safety factor sebagai pembulat.

2.3 Sistem Air Kotor

Drainase berasal dari kata drainasi yang artinya mengalirkan, mengeringkan, atau membuang air. Drainase adalah suatu sistem yang

dirancang untuk mengatasi masalah kelebihan air yang tidak diinginkan yang mengalir di atas atau di bawah permukaan bumi. Di wilayah pemukiman, saluran drainase berfungsi sebagai sarana sanitasi untuk mencegah air menggenang yang mengganggu kenyamanan dan kesehatan lingkungan, dan juga untuk mencegah banjir. Kegagalan saluran drainase ini sering kali menjadi penyebab banjir di wilayah pemukiman.

Dalam Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta nomor 122 tahun 2005 yang mengatur tentang air limbah, debit limbah untuk bangunan apartement itu sebesar 200 liter/penghuni/hari. Sebelum dibuang ke tempat pembuangan akhir, air kotor dan limbah harus diproses terlebih dahulu. Perencanaan pengelolaan yang baik diperlukan untuk pengolahan yang efektif agar tidak mencemari air permukaan, merusak hewan dan tumbuhan yang hidup di dalam air, mengkontaminasi sumber air minum, dan menimbulkan bau yang tidak sedap.

2.3.1 Air Hujan

Dalam upaya untuk menambah cadangan air bersih, penggunaan air hujan juga bisa sebagai solusinya. Air hujan yang ditampung harus melalui proses filterisasi atau penyaringan agar air hujan menjadi air bersih yang bisa digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Selain pemanfaatan sebagai cadangan air bersih, penggunaan air hujan memiliki banyak manfaat yaitu sebagai perlindungan saluran limbah, mengurangi air menggenang, mencegah banjir, dan menjaga cadangan air tanah.



Gambar 2.4 Filter untuk air hujan

2.3.2 Sumur Resapan

Sumur resapan merupakan suatu ruang atau penampungan yang berfungsi meresapkan air hujan ke dalam tanah. Pada Peraturan Gubernur DKI Jakarta no.20 Tahun 2013 tentang Sumur Resapan tepatnya pada Bab 2 pasal 2 dijelaskan tujuan membuatnya sumur resapan dengan maksud menampung, menyimpan, dan menambah cadangan air tanah serta mengurangi limpasan air ke saluran pembuangan.

Tabel 2.2 Volume Sumur Resapan

(Sumber; Lampiran Peraturan Gubernur DKI Jakarta no.20 th 2013)

No	Luas Penampang Bangunan	Volume (m ³)
1	50	2
2	51-99	4
3	100-149	6
4	150-199	8
5	200-299	12
6	300-399	16
7	400-499	20
8	500-599	24

2.4 Pipa

Aliran fluida adalah cabang ilmu mekanika fluida yang sangat penting untuk desain sistem perpipaan. Alat transportasi fluida yang banyak digunakan di industri adalah pipa. Dalam sistem perpipaan, gesekan fluida melalui pipa, penyempitan (kontraksi), dan pembesaran (ekspansi) dapat menyebabkan kehilangan energi pada fluida yang mengalir melalui pipa.

2.4.1 Jenis-jenis Pipa

Ada banyak sekali jenis-jenis pipa berdasarkan materialnya. Jenis pipa didasari dengan fungsi sebagai alat distribusi fluida dalam lingkungan industri maupun perumahan. Berikut merupakan jenis-jenis pipa yang digunakan secara umum berdasarkan materialnya.

1. Pipa Galvanis

Pipa galvanis terkenal karena mampu menahan tekanan dari luar. Terbuat dari besi yang dicelupkan ke cairan galvanis tertentu untuk membuatnya tahan korosi.

2. Pipa PVC

Pipa Polyvinyl Chloride (PVC) ini biasanya digunakan pada sistem perpipaan di bangunan rumah untuk mengalirkan air dari saluran udara hingga saluran pembuangan limbah. Oleh karena itu, pipa PVC disebut sebagai pipa multifungsi.

3. Pipa Logam

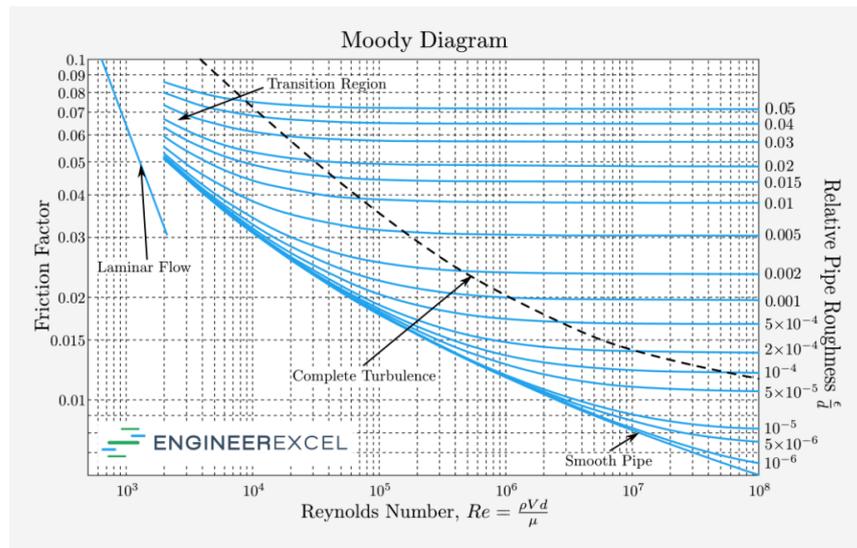
Pipa logam atau besi adalah jenis pipa yang sering digunakan saat membangun rumah atau bangunan lainnya. Pipa jenis ini biasanya digunakan untuk mengalirkan aliran yang panas, sehingga tidak mudah meleleh. Pipa besi juga lebih baik karena lebih tahan lama daripada pipa plastik.

4. Pipa Tembaga

Pipa tembaga memiliki sifat tidak reaktif yang membuatnya lebih tahan terhadap korosi. Dengan demikian, jika dibandingkan dengan jenis pipa lainnya, pipa tembaga memiliki kualitas yang lebih baik. Salah satu sifat pipa tembaga adalah tahan panas dan api, dan ketika terbakar, pipa tidak akan mengeluarkan gas beracun.

2.4.2 Diagram Moody

Untuk menghitung faktor gesekan untuk aliran fluida melalui pipa bisa dihitung menggunakan Diagram Moody. Diagram ini menunjukkan faktor gesekan sebagai fungsi dari bilangan Reynold dan rasio antara kekasaran pipa internal dan diameternya, atau kekasaran relatif.



Gambar 2.5 Moody Diagram

(Sumber : engineerexcel.com)

Untuk membaca Moody Chart, pertama-tama hitung kekasaran relatif pipa dengan rumus ϵ/D . ϵ adalah tinggi kekasaran dinding internal pipa yang ditampilkan dalam tabel berikut.

Tabel 2.3 Kekasaran dinding pipa berdasarkan jenis material

(Sumber ; engineerexcel.com)

No	Material	ϵ (mm)
1	Concrete, coarse	0.25
2	Concrete, new smooth	0.025
3	Drawn tubing	0.0025
4	Glass	0.002
5	Iron, cast	0.15
6	Plastic (PVC, ABS)	0.002
7	Steel, mortar lined	0.1
8	Steel, rusted	0.5

Setelah mengetahui kekasaran relatif pipa, langkah selanjutnya yaitu dengan menghitung Reynold number yang dapat dihitung melalui dengan persamaan berikut.

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

- ρ = Densitas air (Kg/m³)
- v = Kecepatan Aliran (m/s)
- D = Diameter pipa (m)
- μ = Viskositas dinamik air

Viskositas dinamik air sangat tergantung pada suhu dan jenis fluida yang dapat terdapat tabel berikut.

Tabel 2.4 Viskositas Dinamik air
(Sumber : Yunus Cengel, Fluid Dynamic)

Fluid	Jenis	Viskositas Dinamik μ, kg/m.s
Water	0°C	0.0018
	20°C	0.0010
	100°C (liquid)	0.00028
	100°C (vapor)	0.000012
Engine Oil	SAE 10W	0.10
	SAE 10W30	0.17
	SAE 30	0.29
	SAE 50	0.86
Glycerin	-20°C	134.0
	0°C	10.5
	20°C	1.52
	40°C	0.31

2.4.3 Head Losses

Setiap instalasi pipa air bertekanan pasti mengalami *head losses*. Penurunan tekanan pada fluida yang mengalir di dalam pipa dikenal sebagai *head loss*. *Head losses* terdiri dari *major losses* dan *minor head losses*. *Major head losses* terjadi karena gesekan fluida dengan dinding pipa yang memanjang, sedangkan *minor head losses* terjadi karena sambungan pipa. (Asih Priyati, 2019)

1. Major head loss

$$\Delta P_{\text{major}} = f \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana :

- f = Friction factor (m)
- L = Panjang pipa (m)
- D = Diameter pipa (m)
- g = Gravitasi 9,81 m/s²
- v = Kecepatan Aliran (m/s)

2. Minor head losses

$$\Delta P_{\text{minor}} = k \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana :

- K = koefisien fitting
- v = Kecepatan Aliran (m/s)
- g = Gravitasi (9,8 m/s²)

Tabel 2.5 *Minor loss coefficients (Elbow)*

(Sumber ; engineerexcel.com)

Pipe Size (In.)	90 Elbow	45 Elbow
1	1.5	0.34
1 – 1/4	1.3	0.33
1 – 1/2	1.2	0.32

2	1	0.31
2 – 1/2	0.85	0.30
3	0.80	0.29

Tabel 2.6 *Minor loss coefficients (Gate valve)*

(Sumber ; engineerexcel.com)

<i>Pipe Size (In.)</i>	<i>Gate valve (open)</i>	<i>Globe valve (open)</i>
1	0.24	9
1 – 1/4	0.22	8.5
1 – 1/2	0.19	8
2	0.17	7
2 – 1/2	0.16	6.5
3	0.14	6

2.5 Pompa

Pompa adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan suatu cairan dari suatu tempat ke tempat lain dengan cara menaikkan tekanan cairan tersebut. Kenaikan tekanan cairan ini digunakan untuk mengatasi masalah pengaliran. Hambatan pengaliran dapat berupa hambatan gesek, perbedaan tekanan, atau perbedaan ketinggian.



Gambar 2.6 *Delivery Pump*

Pada dasarnya, energi mekanik dari motor diubah menjadi energi aliran cairan oleh pompa. Fluida akan menghasilkan tekanan yang lebih tinggi untuk mengatasi tahanan saluran. (Mohammad Afrizal Rofiq, 2021).

Banyak sekali jenis-jenis pompa salah satunya adalah pompa sentrifugal. Pompa sentrifugal adalah mesin kinetis yang menggunakan gaya sentrifugal untuk mengubah energi mekanik menjadi energi fluida. Pompa sentrifugal terdiri dari impeller yang berputar di dalam *casing*. Dalam gerak melingkar, sebuah objek cenderung terlempar keluar dari pusat lingkaran. Memutar cairan dalam arah melingkar dapat menambah energi. Gaya sentrifugal adalah gaya yang membawa sebuah objek keluar dalam gerak melingkar. Pompa sentrifugal ini memiliki banyak komponen yang berbeda, masing-masing dengan fungsi dan fungsinya sendiri. Namun, beberapa komponen disebut sebagai komponen utama pompa sentrifugal. Berdasarkan fungsinya, pompa yang digunakan sistem plumbing sangat banyak. Berikut merupakan jenis pompa berdasarkan fungsi dalam sistem plumbing.

1. *Delivery Pump*

Pompa ini biasanya terletak di dekat GWT (*Ground Water Tank*) yang berfungsi sebagai pengantar air yang ada di GWT menuju RWT (*Roof Water Tank*). Sesuai dengan fungsinya, pompa ini dibutuhkan untuk distribusi air bersih setiap harinya.

2. *Booster Pump*

Booster Pump biasanya dipasang di atas tanah dan bekerja dengan mendorong air untuk meningkatkan tekanan air dalam sistem perpipaan. Pompa ini berfungsi sebagai pengatur tekanan, agar tekanan air bersih yang dibutuhkan kehidupan sehari-hari tidak merusak komponen seperti kran air, shower, mesin cuci, dan lainnya.

3. Pompa Sumpit

Pompa sumpit, juga dikenal sebagai pompa air celup, adalah pompa sentrifugal yang berfungsi untuk menguras air dari sumber seperti sumur, kolam, banjir, atau sistem pengairan.

Daya dorong pompa merupakan tenaga pompa yang dilakukan per satuan waktu. Mengetahui nilai daya dorong pompa bertujuan untuk

mengetahui efisiensi dari pompa tersebut. Untuk mencari daya dorong pompa, dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut.

1. Daya dorong pompa

$$P_{pompa} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana :

ρ = Massa Jenis Air (kg/m^3)

g = Percepatan Gravitasi (m/s^2)

Q = Debit aliran (m^3/s)

H = Head Pompa (m)

2. Daya Listrik

$$P_{listrik} = V \cdot I \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana :

V = Tegangan listrik (v)

I = Arus listrik (A)

Faktor yang dipergunkan dalam menghitung energi kinetik yang hilang dalam bentuk kerugian atau kehilangan adalah efisiensi pompa. (Iman Syahrizal,2019)

3. Efisiensi Pompa

$$\eta = \frac{P_{pompa}}{P_{listrik}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.10)$$

Dimana :

P_{pompa} = Daya dorong pompa (Watt)

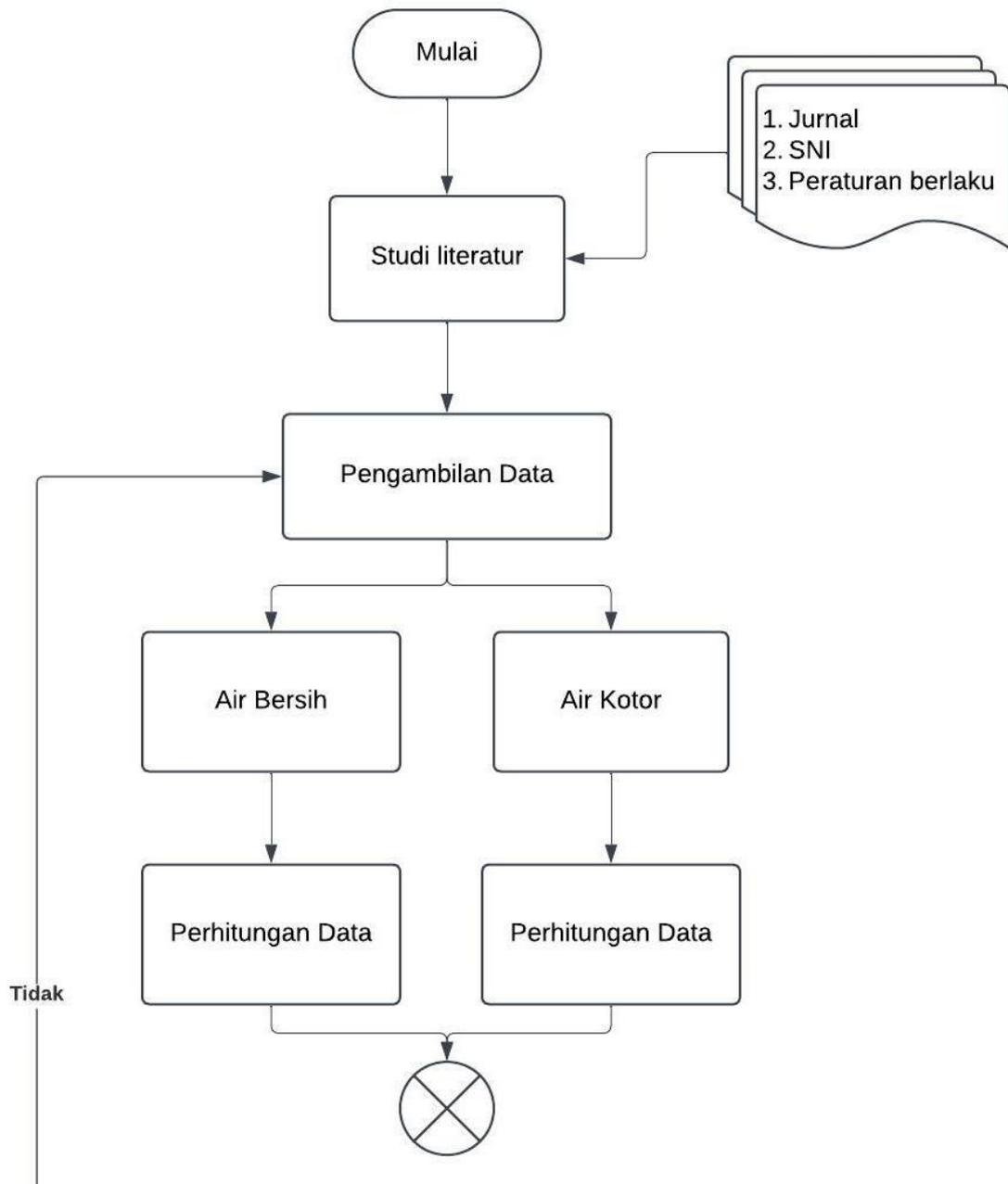
$P_{listrik}$ = Daya listrik (Watt)

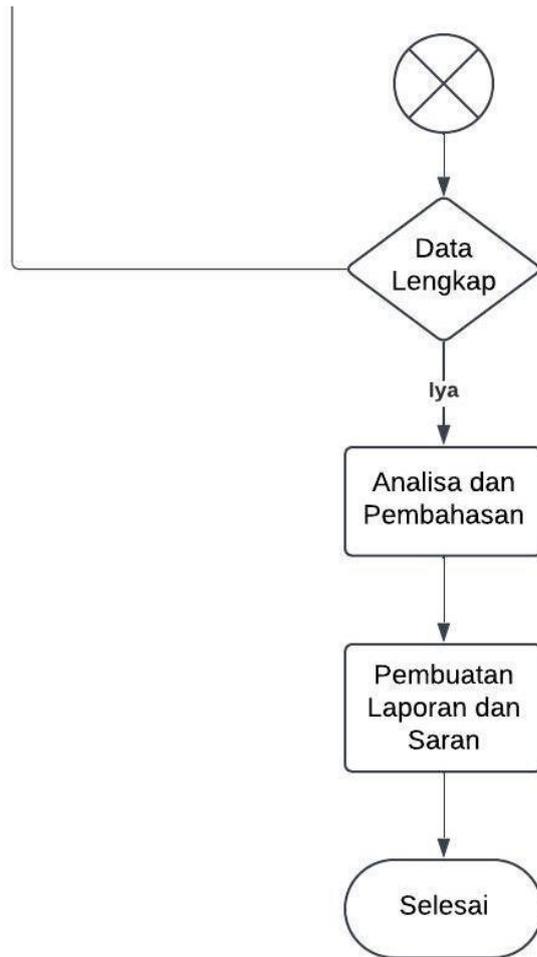
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Berikut merupakan diagram alir untuk penelitian ini.

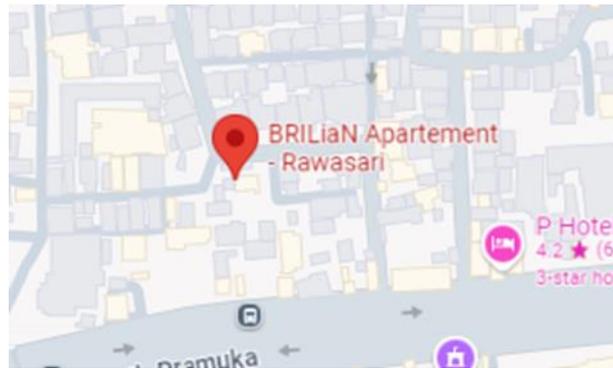




Gambar 3.1 Diagram Alir

3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak di Rawasari, Cempaka Putih, RT.9/RW.5, Jakarta Pusat, Jakarta 10570. Dikarenakan lokasi penelitian berada di daerah Jakarta, maka pembangunan sistem plumbing harus mengacu kepada Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta nomor 122 tahun 2005 yang mengatur tentang pengolahan air bersih dan air limbah di Jakarta.



Gambar 3.2 Lokasi Penelitian

3.3 Prosedur Penelitian

Tahapan demi tahapan wajib dikerjakan secara teliti demi mendapatkan hasil penelitian yang maksimal. Berikut merupakan prosedur yang dilakukan saat dilakukannya penelitian ini.

1. Mengidentifikasi dan menganalisa suatu bangunan apartemen sesuai dengan studi literatur berupa jurnal, peraturan pemerintah, diagram air bersih dan air kotor, serta mengidentifikasi suatu sistem proteksi kebakaran dari gedung apartemen.
2. Mengidentifikasi GWT, RWT, fitting pada pipa (*elbow, gate valve, stainer*), jalur pipa air bersih dan air kotor.
3. Menganalisa sistem plumbing dengan mengetahui nilai Head Losses pada pipa, daya kapasitas delivery pump, dan efisiensi pompa.
4. Menghitung kapasitas biocell sebagai bak penampungan air kotor.
5. Mengidentifikasi pemanfaatan air hujan sebagai cadangan air bersih.
6. Membuat kesimpulan tentang sistem plumbing yang didasarkan dengan standar-standar yang berlaku.

3.4 Standar yang Dipakai

Berikut merupakan standar yang digunakan dalam penelitian ini dipakai sebagai acuan. Dalam sistem plumbing, standar yang digunakan adalah sebagai berikut.

1. Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta nomor 122 tahun 2005. Tentang Pengolahan Air Limbah Domestik di Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta. Pada lampiran II.

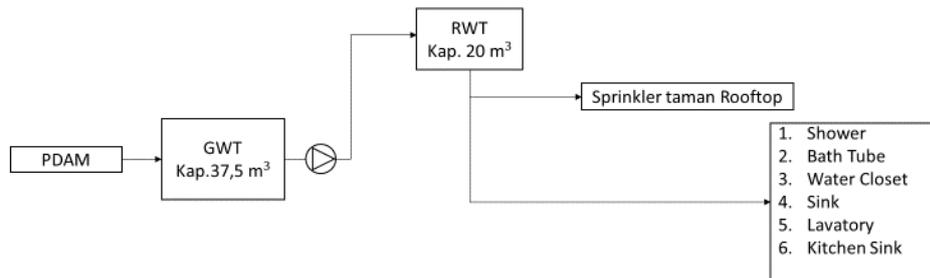
2. Peraturan Gubernur Daerah Khusus Ibukota Jakarta Nomor 93 Tahun 2021 Menenai Zona Bebas Air Tanah, Bab II *Pasal 2* dan Bab III *Pasal 8*.
3. Peraturan Gubernur DKI Jakarta no.20 Tahun 2013 tentang Sumur Resapan. Bab 2 pasal 2 dan lampiran.
4. NFPA (*National Fire Protection Association*).
5. SNI 03-1745-2000 tentang tata cara perencanaan dan pemasangan pipa tegak untuk mencegah kebakaran pada bangunan. Pada 7.9.1.1 (Setiap pipa tegak tidak lebih dari 1250 GPM).

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

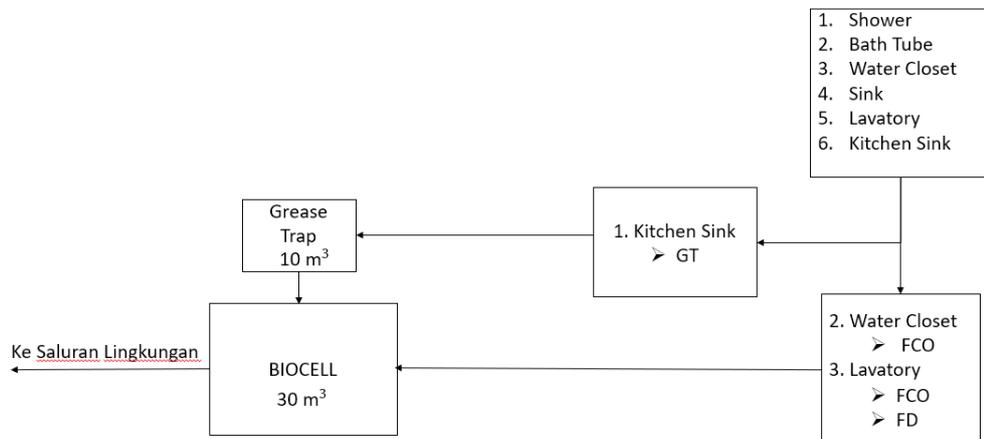
4.1 Diagram alur air bersih dan air kotor

Berikut merupakan gambar diagram air bersih pada apartemen XYZ.



Gambar 4.1 Diagram air bersih

Dari gambar 4.1 merupakan diagram air bersih pada apartement XYZ yang membutuhkan kapasitas $37,5 \text{ m}^3$ air bersih di dalam GWT. Lalu air bersih di alirkan menggunakan *Delivery pump* menuju RWT yang berkapasitas 20 m^3 . Air untuk sprinkler taman yang berada di rooftop ini berasal dari RWT, selain itu air bersih juga digunakan untuk kehidupan sehari-hari seperti mandi, buang air, mencuci pakaian, mencuci piring, dan lain-lain.



Gambar 4.2 Diagram Air Kotor

Pada gambar 4.2 khusus untuk *Kitchen sink*, di dalam pipa pembuangannya terdapat grease trap yang berfungsi sebagai penyaring lemak-lemak yang akan berpotensi menyumbat pipa. Grease trap ini memiliki kapasitas 10 m³. Semua air kotor di alirkan menuju tank *Biocell* berkapasitas 30 m³ yang berfungsi sebagai pengelola air kotor agar menjadi air yang ramah lingkungan.

4.2 Air Bersih

Apartemen ini berada di daerah Jakarta dengan kapasitas 50 unit. Untuk membuat sistem perencanaan air bersih harus mengacu kepada Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta nomor 122 tahun 2005 khusus nya pada lampiran 2 yang mengatur tentang maksimal *population equivalen* (PE) pada apartement sebesar 250 liter/penghuni/hari.

Tabel 4.1 Rumus Perhitungan dan Standar yang dipakai

Perhitungan	Rumus	Standar
Volume Air bersih	$VAB =$ Jumlah penghuni x 250 + safety factor	Peraturan Gubernur Provinsi Jakarta nomor 122 tahun 2005
Hydrant	$VH = GPM$ Pompa x 45 Min	SNI 03-1745-2000
GWT	$GWT = VAB + VH$	Peraturan Gubernur Provinsi Jakarta nomor 122 tahun 2005
RWT	$RWT = C1 \times Qh$	Peraturan Gubernur Provinsi Jakarta nomor 122 tahun 2005

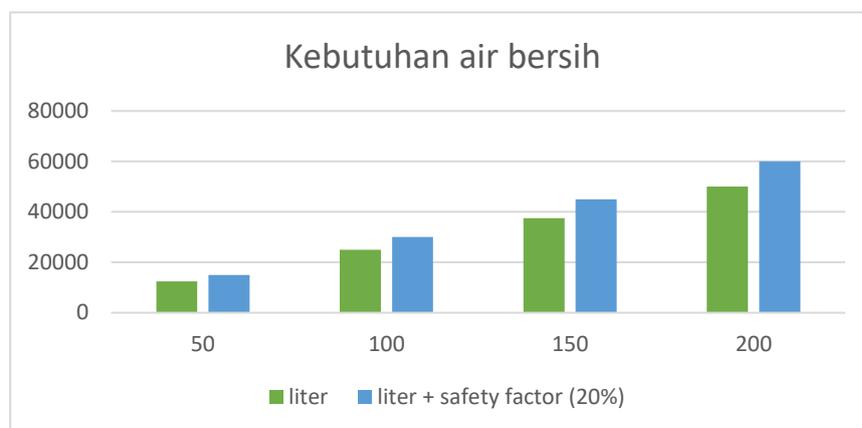
1. Berikut merupakan perhitungan kebutuhan air bersih di apartemen ini.

Untuk perhitungan kebutuhan air bersih sesuai dengan Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta nomor 122 tahun 2005 maka perhitungan kebutuhan air bersih dihitung 250 liter/orang/hari untuk berkapasitas 200 orang,

dihitung melalui rata rata penghuni dikali dengan 250 liter. Perhitungan kebutuhan air bersih sebagai berikut.

Tabel 4.2 Kebutuhan air bersih dari rata-rata penghuni

Jumlah penghuni	liter	safety factor (20%)	Satuan
50	12500	15000	liter
100	25000	30000	liter
150	37500	45000	liter
200	50000	60000	liter
Rata rata = 125	31250	37500	liter



Gambar 4.3 Grafik Kebutuhan air bersih

Dari grafik tabel 4.2 mendapatkan nilai rata-rata untuk kebutuhan air bersih untuk apartemen berkapasitas 200 orang yaitu 37500 liter untuk satu harinya atau 37,5 m³.

2. Perhitungan kapasitas Hydrant tank

Bersarkan waktu rata-rata dari 30-45 menit yang dibutuhkan pompa hydrant untuk memadamkan api sekitar 37,5 min dengan kapasitas pompa 1000 USGPM atau 3785 liter/min. Jadi kapasitas Hydrant tank yang dibutuhkan adalah 141937 liter atau sekitar 142 m³. Jadi berdasarkan 37,5 m³ kebutuhan air bersih dan 142 m³ volume air hydrant, volume GWT yang dibutuhkan untuk bangunan ini sebesar 142 + 37,5 = 179,5 m³ atau dibulatkan menjadi 180 m³.

3. RWT (*Roof Water Tank*)

Untuk menghitung volume RWT (*Roof Water Tank*) diperlukan data-data seperti volume air bersih dalam GWT (*Ground Water Tank*) yaitu 37,5 m³ dan jangka waktu pemakaian air bersih untuk apartemen (10 jam) untuk 5 jam pagi dan 5 jam sore. Setelah data diperoleh, berikut untuk perhitungan kapasitas RWT.

Diketahui :

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air bersih untuk 125 orang} &= 37500 \text{ liter/hari} \\ &= 37,5 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Air bersih diisi 2 kali pengisian, yang berarti

$$\begin{aligned} \text{RWT} &= \frac{\text{Kebutuhan air bersih}}{2} + \text{safety factor} \\ &= \frac{37,5}{2} + \text{safety factor} \\ &= 18,75 \text{ m}^3 + \text{safety factor} \\ &= 20 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Jadi kapasitas RWT untuk memenuhi kebutuhan air bersih pada apartemen ini sebesar 20 m³.

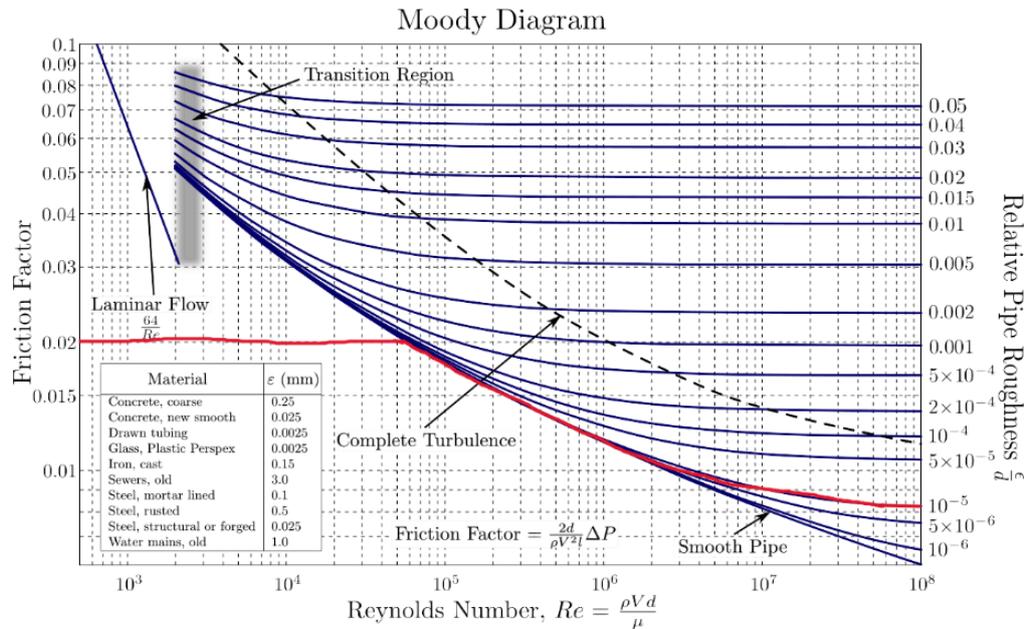
4.2.1 Friction Factor

Sebelum menghitung nilai headlosses, perlu diketahui nilai friction factor dahulu. Nilai friction factor didapat dengan mencari nilai relative pipe roughness dan bilangan Reynold. Berikut merupakan perhitungan *friction factor* untuk pipa jenis PPR berdiameter 75 mm yang dicari menggunakan diagram moody.

Tabel 4.3 Friction factor

Parameter	Symbols		Inputs	Unit
Pipe Roughness (PPR)	ϵ	=	0,002	mm
Diameter pipa 2	d	=	65	mm
Relatif pipe Roughness		=	3,85E-05	mm
Debit air	Q	=	0,0034	m ³ /s
Luas Penampang	A	=	0,003	m
Kecepatan aliran	V	=	1,025	m/s
Densitas air	ρ	=	997	kg/m ³
Viskositas air	μ	=	0,001	kg/m.s
Bilangan Reynold	Re	=	77677	reynold
Friction factor	f	=	0,018	

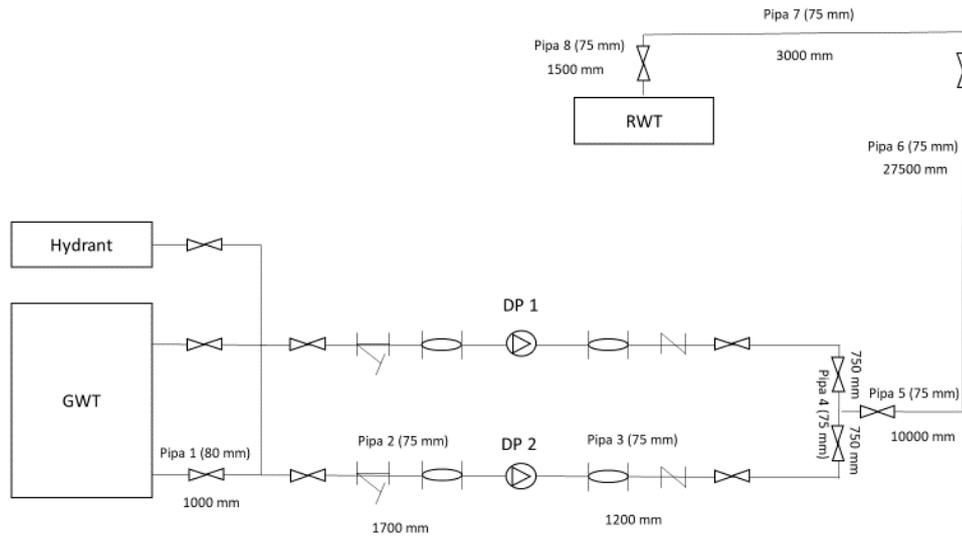
Berdasarkan tabel 4.3, nilai *relatif pipe roughness* sebesar $3,85 \times 10^{-5}$ mm dan nilai bilangan Reynold yang di dapatkan sebesar 77677. Bersumber dari diagram moody untuk nilai bilangan Reynold sebesar 10^5 tipe aliran adala *turbulence flow*. Jadi *friction factor* untuk pipa berdiameter 80 mm sebesar 0,018.



Gambar 4.4 Diagram moody

4.2.2 Pipa Air Bersih

Pada apartemen ini khususnya untuk air bersih itu memiliki spesifikasi dengan bahan PPR PN 10 (untuk pipa air bersih). Pipa Polypropylene Random (PPR) merupakan produk pipa termoplastik yang memiliki ketahanan terhadap air bersuhu dan tekanan tinggi seperti PPR PN 10 itu berarti *pressure nominal* (PN) maksimal 10 bar dan PPR PN 20 memiliki *pressure nominal* (PN) 20 bar. Untuk mencari Head Loss terdapat 2 jenis yaitu *major head loss* dan *minor head loss*.



Gambar 4.5 Skema Pipa Air Bersih

- Major head loss

$$P_{\text{major}} = f \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

Dimana :

f = Friction factor (m)

L = Panjang pipa (m)

D = Diameter pipa (m)

g = Gravitasi (m/s^2)

v = Kecepatan Aliran (m/s)

Berikut merupakan perhitungan major head losses yang dihitung dari data-data pipa 1 sampai pipa 7

Tabel 4.4 Major head loss pipa 1

Parameter	Symbols	Inputs	Unit
Friction Factor	f	= 0,018	
Panjang pipa	l	= 1	m
Diameter pipa	d	= 0,065	m
Gravitasi	g	= 9,78	m/s^2
Kecepatan aliran	V	= 0,68	m/s

Berdasarkan data dari tabel 4.4 major head loss untuk pipa 1 adalah 0,006 m.

Tabel 4.5 Major head loss pipa 2

Parameter	Symbols	Inputs	Unit
Friction Factor	f	= 0,018	
Panjang pipa	l	= 1,7	m
Diameter pipa	d	= 0,065	m
Gravitasi	g	= 9,78	m/s ²
Kecepatan aliran	V	= 1,025	m/s

Berdasarkan data dari tabel 4.5 major head loss untuk pipa 2 adalah 0,025 m.

Tabel 4.6 Major head loss pipa 3

Parameter	Symbols	Inputs	Unit
Friction Factor	f	= 0,018	
Panjang pipa	l	= 1,2	m
Diameter pipa	d	= 0,065	m
Gravitasi	g	= 9,78	m/s ²
Kecepatan aliran	V	= 1,025	m/s

Berdasarkan data dari tabel 4.6 major head loss untuk pipa 3 adalah 0,018 m.

Tabel 4.7 Major head loss pipa 4

Parameter	Symbols	Inputs	Unit
Friction Factor	f	= 0,018	
Panjang pipa	l	= 0,75	m
Diameter pipa	d	= 0,065	m
Gravitasi	g	= 9,78	m/s ²
Kecepatan aliran	V	= 1,025	m/s

Berdasarkan data dari tabel 4.7 major head loss untuk pipa 4 adalah 0,011 m.

Tabel 4.8 Major head loss pipa 5

Parameter	Symbols	Inputs	Unit
Friction Factor	f	= 0,018	
Panjang pipa	l	= 10	m
Diameter pipa	d	= 0,065	m
Gravitasi	g	= 9,78	m/s ²
Kecepatan aliran	V	= 0,770	m/s

Berdasarkan data dari tabel 4.8 major head loss untuk pipa 5 adalah 0,149 m.

Tabel 4.9 Major head loss pipa 6

Parameter	Symbols	Inputs	Unit
Friction Factor	f	= 0,018	
Panjang pipa	l	= 27,5	m
Diameter pipa	d	= 0,065	m
Gravitasi	g	= 9,78	m/s ²
Kecepatan aliran	V	= 1,025	m/s

Berdasarkan data dari tabel 4.9 major head loss untuk pipa 6 adalah 0,409 m.

Tabel 4.10 Major head loss pipa 7

Parameter	Symbols	Inputs	Unit
Friction Factor	f	= 0,018	
Panjang pipa	l	= 3	m
Diameter pipa	d	= 0,065	m
Gravitasi	g	= 9,78	m/s ²
Kecepatan aliran	V	= 1,025	m/s

Berdasarkan data dari tabel 4.10 major head loss untuk pipa 7 adalah 0,045 m.

Tabel 4.11 Major head loss pipa 8

Parameter	Symbols	Inputs	Unit
Friction Factor	f	= 0,018	
Panjang pipa	l	= 1,5	m
Diameter pipa	d	= 0,065	m
Gravitasi	g	= 9,78	m/s ²
Kecepatan aliran	V	= 1,025	m/s

Berdasarkan data dari tabel 4.11 major head loss untuk pipa 8 adalah 0,02 m. Dengan menggunakan persamaan diatas, didapatkan hasil dari p major pipa 1 sampai 8 sebagai berikut.

- P_{major} Pipa 1 = 0,006 m
- P_{major} Pipa 2 = 0,025 m
- P_{major} Pipa 3 = 0,018 m
- P_{major} Pipa 4 = 0,011 m

- Pmajor Pipa 5 = 0,149 m
- Pmajor Pipa 6 = 0,409 m
- Pmajor Pipa 7 = 0,045 m
- Pmajor Pipa 8 = 0,020 m

Jadi didapatkan nilai dari ΔP_{major} sebesar 0,69 m

- Minor head loss

Berikut merupakan tabel untuk menentukan nilai Total K

Tabel 4.12 Koefisien pipa

Fitting	Jumlah	K	Total
Elbow 90	8	0,35	2,8
Gate Valve	7	0,27	1,89
Strainer	1	1	1
Check valve	1	2,6	2,6
Flexible connect	2	0,04	0,08
			8,37

Tabel 4.13 Fluid Velocity Minor Losses

1. Fluid Velocity				
Debit air	Q	=	0,0034	m ³ /s
Luas Penampang	A	=	0,0033	m
Fluid Velocity	V	=	1,025	m/s

Tabel 4.14 Minor Losses

2. Minor Losses				
Koefisien	k	=	8,37	
Fluid Velocity	v ²	=	1,051	m/s
Gravitasi	g	=	9,78	m/s ²

$$\Delta P_{\text{minor}} = k \frac{v^2}{2g}$$

Dimana :

K = koefisien fitting

v = Kecepatan Aliran (m/s)

g = Gravitasi (9,8 m/s²)

$$\begin{aligned}\Delta P_{\text{minor}} &= 8,37 \frac{1,025^2}{2 \times 9,8} \\ &= 0,45 \text{ m}\end{aligned}$$

- Static head loss

Pengaruh perbedaan elevasi atau ketinggian itu disebut dengan static head loss. Berikut perhitungan static head loss pada bangunan apartement.

$$\begin{aligned}\text{Static head loss} &= \text{Panjang pipa naik} - \text{Panjang pipa turun} \\ &= 28250 \text{ mm} - 1500 \text{ mm} \\ &= 26750 \text{ mm} \\ &= 26,7 \text{ m}\end{aligned}$$

Jadi Static headloss pipa pada apartemen ini adalah 26,7 m.

- Total head

Berdasarkan perhitungan *Major Head Losses*, *Minor head losses*, dan *Static head losses* yang dijumlah menjadi *total head* sebagai berikut.

Tabel 4.15 Total Head Losses

Total Head losses				
Major Head Losses	Δp_{major}	=	0,69	m
Minor Head Losses	Δp_{Minor}	=	0,45	m
Static head losses	S.head	=	26,75	m
Total head		=	27,89	m

$$\begin{aligned}\text{Total Head loss} &= 0,69 \text{ m} + 0,45 \text{ m} + 26,7 \text{ m} \\ &= 27,89 \text{ meter}\end{aligned}$$

4.2.3 Pompa

Pompa merupakan komponen penting dalam hal distribusi air bersih yang dibutuhkan setiap bangunan. Berikut merupakan spesifikasi pompa yang digunakan dalam apartemen ini.

Tabel 4.16 Spesifikasi Pompa

	JENIS POMPA			
JENIS	<i>Delivery Pump</i>	<i>Booster Pump</i>	Pompa Penguras	Sumpit
TIPE	Multi Stag Centrifugal	Centrifugal End Suction	Centrifugal End Suction	Submersible Pararel Alternatif
KAP. ALIRAN	200 L/min	2 x 200/min	600 L/min	200 L/min
T.HEAD	40 m	10 m	25 m	20 m
DAYA	5,5 kW	1,5 kW	5,5 kW	3,7 kW
PUTARAN	2950 RPM	2830 RPM	2930 RPM	2900 RPM
MERK	Ebara-Indobara	Ebara-Indobara	Ebara-Indobara	Ebara-Indobara
UNIT	2 unit (1 Run, 1 Stand by)	2 Unit	1 Unit	1 Unit

Berdasarkan spesifikasi pompa pada tabel 4.16 didapatkan kapasitas aliran *delivery pump* adalah 200 l/min atau 0,0034 m³/s . Berdasarkan Total head losses, berikut merupakan tekanan pompa, daya pompa, dan efisiensi pompa.

Tabel 4.17 Tekanan yang dihasilkan

Tekanan yang dihasilkan				
Masa jenis air	ρ	=	997	Kg/m ³
Gravitasi	g	=	9,87	m/s ²
Head losses	h	=	27,89	m
Tekanan	P	=	274403	Pa
		=	2,74	Bar

$$\begin{aligned}
 \text{Tekanan} &= \rho gh \\
 &= 997 \text{ kg/m}^3 \times 9,87 \text{ m/s}^2 \times 27,89 \text{ m} \\
 &= 274403 \text{ Pa} \\
 &= 2,74 \text{ bar}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.18 Power Pompa

Power pompa				
Massa jenis	ρ	=	997	Kg/m ³
Gravitasi	g	=	9,87	m/s ²
Head losses	h	=	27,89	m
Debit aliran	Q	=	0,0034	m ³ /s
P pompa =	p	=	932,97	watt

$$\text{Power pompa} = \rho \times g \times h \times q$$

Dimana

ρ = Massa jenis (Kg/m³)

g = Gravitasi (m/s)

h = total head losses (m)

q = debit aliran (m³/s)

$$\begin{aligned}\text{Power pompa} &= 997 \times 9,87 \times 27,89 \times 0,0034 \\ &= 932,97 \text{ watt}\end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, diperoleh power pompa sebesar 932,97 watt. Daya listrik pompa yang dipakai sesuai spesifikasi sebesar 5500 watt. Maka sesuai dengan persamaan 2.18 diperoleh sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{efisiensi pompa} &= \frac{\text{Power Pompa}}{\text{Daya pompa}} \times 100 \% \\ &= \frac{932,97}{5500} \times 100\% \\ &= 17 \%\end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, diperoleh efisiensi *delivery pump* yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan air bersih sebesar 17 %.

4.3 Air Kotor

Berdasarkan Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta nomor 122 tahun 2005, dalam satu hari kebutuhan air bersih maksimal 250 liter/hari/orang. Oleh karena itu dalam 1 hari dihasilkan sekitar 200 liter/hari/orang air kotor. Sistem pengolahan air kotor ini juga penting dalam sistem plumbing, pengolahan air limbah ini bertujuan agar distribusi

air kotor bisa dikelola menjadi air yang ramah lingkungan dengan sistem STP (*Sewage Treatment Plant*).

4.3.1 Kapasitas tank air kotor (*biocell*)

Kapasitas tank air kotor salah satu bagian penting dalam sistem plumbing. Pentingnya pengolahan air kotor dapat membantu lingkungan yang lebih sehat dan nyaman. Berikut merupakan perhitungan kapasitas tank air kotor berdasarkan Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta nomor 122 tahun 2005 yang mengatur penggunaan air kotor dalam bangunan apartement yaitu 200 liter/orang/hari.

Tabel 4.19 Kapasitas tank air kotor

Jumlah penghuni	Air kotor (Liter)	Safety factor (20%)	Satuan
50	10000	12000	Liter
100	20000	24000	Liter
150	30000	36000	Liter
200	40000	48000	Liter
Rata rata = 125	25000	30000	Liter

Berdasarkan tabel 4.15 untuk sehari air kotor yang dihasilkan rata-rata 30000 liter atau sekitar 30 m³.

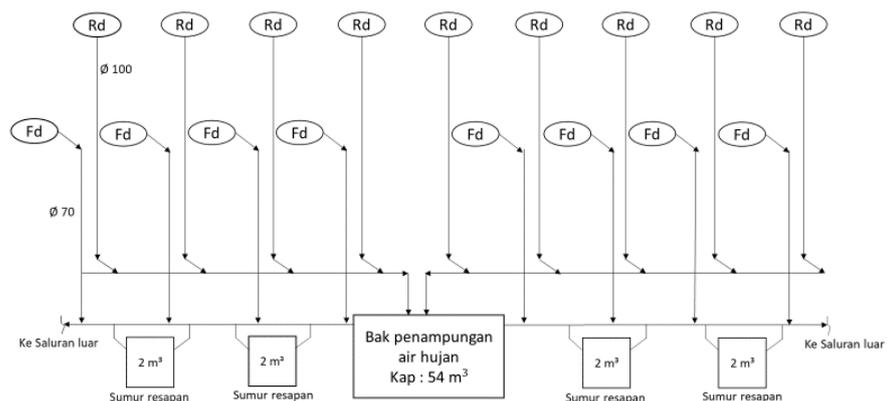
4.3.2 Bak Penampung Air Hujan

Pemanfaatan air hujan sebagai cadangan air bersih sangat banyak keuntungannya. Volume bak penampungan air hujan pada apartemen ini sebesar 54 m². Berikut merupakan rata rata curah hujan yang turun dari 2018-2021 menurut Badan Pusat Statistik DKI Jakarta.

Tabel 4.20 Curah hujan Kecamatan Cempaka Putih

Bulan.	Curah Hujan Kecamatan Cempaka Putih (mm)			
	2021	2020	2019	2018
Januari	332,8	618	383,9	215,1
Pebruari	604,4	1043,2	270,1	431,2
Maret	244,1	220,7	327,3	188,6
April	213,9	182,8	194,6	159,1
Mei	203,6	50,4	47,8	16,7
Juni	79,1	21,1	23,1	12,6
Juli	35,8	12,1	-	14,5
Agustus	79,7	101	-	33
September	113,4	151,9	1	62
Oktober	182,1	208,3	1	133,8
November	134,1	87,3	50,1	140,9
Desember	171,6	134,7	263,8	52,3
Rata-Rata	199,55	235,96	156,27	121,65

Dari tabel diatas, di dapat data rata-rata curah hujan dari tahun 2018 sampai 2021 sebesar 178,36 mm untuk daerah cempaka putih. Berikut merupakan diagram untuk pipa air hujan.



Gambar 4.6 Diagram pipa air hujan

Pada gambar diatas diketahui pipa untuk roof drain berdiameter 100 mm dengan kemiringan 1% yang mengaliri air hujan menuju bak penampungan air hujan sebesar 54 m.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berikut merupakan kesimpulan dari penelitian sistem plumbing pada gedung apartement XYZ berkapasitas 200 orang.

1. Untuk Sistem Air bersih, kapasitas GWT untuk memenuhi kebutuhan air bersih yang diperlukan sebesar 37,5 m³ lalu air bersih dialirkan menggunakan *delivery pump* yang memiliki kapasitas aliran sebesar 200 l/min menuju RWT yang berkapasitas 20 m³. Total head losses yang dihasilkan pada pipa air bersih gedung apartement ini sebesar 0,69 m. Sedangkan total minor losses yang dihasilkan pipa air bersih berdasarkan fitting nya sebesar 0,45 m dan total static head losses adalah 26,75 m. Jadi, total head losses yang dihasilkan sebesar 27,89 m yang menghasilkan tekanan 2,74 bar. Berdasarkan spesifikasi pompa didapatkan kapasitas aliran *delivery pump* adalah 200 l/min. Daya dorong pompa yang diperoleh 932,97 watt. Daya listrik pompa yang dipakai sesuai spesifikasi sebesar 5500 watt. Maka diperoleh efisiensi pompa sebesar 17 %.
2. Untuk sistem air kotor, kapasitas biocell atau tank pembuangan sebesar 30000 liter atau sekitar 30 m³. Pipa untuk roof drain berdiameter 100 mm dengan kemiringan 1% yang mengaliri air hujan menuju bak penampungan air hujan sebesar 54 m³. Sumur resapan sesuai Pergub DKI Jakarta no. 20 tahun 2013 tentang sumur resapan sebesar 2 m³.

5.2 Saran

Adapun saran-saran dari penulis untuk penelitian berikutnya yaitu banyak yang bisa dikembangkan lagi terutama bagian sistem air kotor dengan sistem zero run off atau meminimalisir air buangan ke saluran kota sehingga terciptanya lingkungan yang bersih dan sehat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Saidah, A., & Bohang, F. F. (2024). PERANCANGAN SISTEM PLUMBING GEDUNG SEKOLAH X DI TAGULANDANG SULAWESI UTARA. *Scientica: Jurnal Ilmiah Sains Dan Teknologi*, 2(12), 347–352
- [2] Herdiyana, Priyadi Wirasakti Sudarsono, Lina Apriyanti (2019). Perencanaan Sistem Instalasi Plambing Air Bersih Apartemen Royal Paradise Bandung. *Jurnal Institut Teknologi Nasional*, No 1, Vol 7.
- [3] Peraturan Gubernur Daerah Khusus Ibukota Jakarta Nomor 93 Tahun 2021 Menenai Zona Bebas Air Tanah, Bab II *Pasal 2* dan Bab III *Pasal 8*.
- [4] Muhd Shabri M Gani, Anindito Nur Prabowo, Lina Apriyanti S (2021) Perencanaan Sistem Plambing Air Bersih Gedung Dinas Lingkungan Hidup Propinsi Jawa Barat. *Reka lingkungan*. No 2, Vol 2.
- [5] Noerbambang, Soufyan Moh dan Morimura, Takeo. (1984). Perancangan Dan Pemeliharaan Sistem Plambing. Jakarta: PRADNYA PARAMITA
- [6] Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta nomor 122 tahun 2005. Tentang Pengolahan Air Limbah Domestik di Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta. Pada lampiran II.
- [7] Peraturan Gubernur DKI Jakarta no.20 Tahun 2013 tentang Sumur Resapan. Bab 2 pasal 2 dan lampiran.
- [8] SNI 03-1745-2000 tentang tata cara perencanaan dan pemasangan pipa tegak untuk mencegah kebakaran pada bangunan. Pada 7.9.1.1 (Setiap pipa tegak tidak lebih dari 1250 GPM)
- [9] Yunus A. Cengel & John M. Cimbala (2014). FLUID MECHANICS: FUNDAMENTALS AND APPLICATIONS, THIRD EDITION. New York: McGraw-Hill.
- [10] Priyati, A., Abdullah, S. H., & Hafiz, K. (2019). ANALISIS HEAD LOSSES AKIBAT BELOKAN PIPA 90° (SAMBUNGAN VERTIKAL) DENGAN

PEMASANGAN TUBE BUNDLE. Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan Biosistem, 7(1), 95–104.

- [11] Syahrizal Iman, Perdana Daud (2019). Kajian eksperimen instalasi pompa seri dan paralel terhadap. TURBO Vol 8 No. 2.

LAMPIRAN

1. Perhitungan kapasitas GWT dan Hydrant

Parameter	Symbols	Inputs	Unit
Jumlah penghuni (max)		= 200	people
Liter/day/person		= 250	liter/day/person
safety factor		= 20	%

Tabel 1. Kebutuhan rata-rata penghuni (l/day)

Jumlah penghuni	l/day	safety factor	Unit
50	12500	15000	l/day
100	25000	30000	l/day
150	37500	45000	l/day
200	50000	60000	l/day
Rata rata	31250	37500	l/day

2. hydrant

Parameter	Symbols	Inputs	Unit
Kapasitas pompa kebakaran	Q	= 1000	G/min
Waktu estimasi pemadaman	t	= 30-45	min

$$1 \text{ gpm} = 3,785 \text{ l/min}$$

$$1000 \text{ gpm} = 3785 \text{ l/min}$$

Tabel 2. Liter yang dibutuhkan berdasarkan waktu pemadaman

Waktu (min)	liter
30	113550
35	132475
40	151400
45	170325
Rata-Rata	141937,5

3. Kapasitas GWT = Kebutuhan Hydrant + Kebutuhan air bersih

$$37500 + 142000$$

$$179500 \text{ liter}$$

$$180 \text{ m}^3$$

2. Perhitungan kapasitas RWT

Parameter	Symbols		Inputs	Unit
Kapasitas air bersih	AB	=	37,5	m ³
Waktu pengisian tank		=	2	
Roof Water Tank	RWT	=	20	m ³ /h

3. Perhitungan Friction Factor

Parameter	Symbols		Inputs	Unit
Pipe Roughness (PPR)	ϵ	=	0,0025	mm
Diameter pipa 2	d	=	65	mm
Relatif pipe Roughness		=	3,85E-05	mm
Debit air	Q	=	0,0034	m ³ /s
Luas Penampang	A	=	0,003	m
Kecepatan aliran	V	=	1,025	m/s
Densitas air	ρ	=	997	kg/m ³
Viskositas air	μ	=	0,001	kg/m.s
Bilangan reynold	Re	=	77677	reynold
Friction factor	f	=	0,018	

4. Perhitungan Major Losses

Parameter	Symbols		Inputs	Unit
Friction Factor	f	=	0,018	
Panjang pipa	l	=	1	m
Diameter pipa	d	=	0,065	m
Gravitasi	g	=	9,78	m/s ²
Kecepatan aliran	V	=	0,68	m/s

$$\begin{aligned}
 \text{Major Losses} & \quad \text{pipa 1} & = & \quad 0,018 & \quad 1 & \quad 0,457990563 \\
 & & & & & \quad \underline{\quad 0,065 \quad 2 \quad 9,78} \\
 & & & & & \quad 0,02341 \\
 & & = & \quad 0,018 & \quad 15,3846 & \quad 5 \\
 & & = & \quad 0,006 & &
 \end{aligned}$$

Parameter	Symbols	Inputs	Unit
Friction Factor	f	= 0,018	
Panjang pipa	l	= 1,7	m
Diameter pipa	d	= 0,065	m
Gravitasi	g	= 9,78	m/s ²
Kecepatan aliran	V	= 1,025	m/s
Major Losses	pipa 2	= 0,018	1,7
			0,065
		= 0,018	26,1538
		= 0,025	m
			1,050908958
			2 9,78
			0,053727

Parameter	Symbols	Inputs	Unit
Friction Factor	f	= 0,018	
Panjang pipa	l	= 1,2	m
Diameter pipa	d	= 0,065	m
Gravitasi	g	= 9,78	m/s ²
Kecepatan aliran	V	= 1,025	m/s
Major Losses	pipa 3	= 0,018	1,2
			0,065
		= 0,018	18,4615
		= 0,018	m
			1,050908958
			2 9,78
			0,053727

Parameter	Symbols	Inputs	Unit
Friction Factor	f	= 0,018	
Panjang pipa	l	= 0,75	m
Diameter pipa	d	= 0,065	m
Gravitasi	g	= 9,78	m/s ²
Kecepatan aliran	V	= 1,025	m/s
Major Losses	pipa 4	= 0,018	0,75
			0,065
		= 0,018	11,5385
		= 0,011	m
			1,050908958
			2 9,78
			0,053727

Parameter	Symbols	Inputs	Unit
Friction Factor	f	= 0,018	
Panjang pipa	l	= 10	m
Diameter pipa	d	= 0,065	m
Gravitasi	g	= 9,78	m/s ²
Kecepatan aliran	V	= 1,025	m/s
Major Losses	pipa 5	= 0,018	10
			0,065
			1,050908958
			2 9,78

$$= 0,018 \quad 153,846 \quad 0,053727$$

$$= 0,149 \quad \text{m}$$

Parameter	Symbols	Inputs	Unit
Friction Factor	f	= 0,018	
Panjang pipa	l	= 27,5	m
Diameter pipa	d	= 0,065	m
Gravitasi	g	= 9,78	m/s ²
Kecepatan aliran	V	= 1,025	m/s
Major Losses	pipa 6	= 0,018	27,5
			0,065
		= 0,018	423,077
		= 0,409	m
			1,050908958
			2 9,78

Parameter	Symbols	Inputs	Unit
Friction Factor	f	= 0,018	
Panjang pipa	l	= 3	m
Diameter pipa	d	= 0,065	m
Gravitasi	g	= 9,78	m/s ²
Kecepatan aliran	V	= 1,025	m/s
Major Losses	pipa 7	= 0,018	3
			0,065
		= 0,018	46,1538
		= 0,045	m
			1,050908958
			2 9,78

Parameter	Symbols	Inputs	Unit
Friction Factor	f	= 0,018	
Panjang pipa	l	= 1,5	m
Diameter pipa	d	= 0,065	m
Gravitasi	g	= 9,78	m/s ²
Kecepatan aliran	V	= 1,025	m/s
Major Losses	pipa 8	= 0,018	1,5
			0,065
		= 0,018	23,0769
		= 0,02	m
			1,050908958
			2 9,78

JADI $\Delta p_{\text{major}} = 0,69 \text{ m}$

5. Perhitungan Minor Losses

Fitting	Standart	Jumlah	K	Total
Elbow	Yunus Cengel	8	0,35	2,8
Gate Valve	Yunus Cengel	7	0,27	1,89
Strainer	Yunus Cengel	1	1	1
Check Valve	Yunus Cengel	1	2,6	2,6
Flexibel Conect	Yunus Cengel	2	0,04	0,08
				8,37

1. Fluid Velocity

Debit air	Q	=	0,0034	m ³ /s
Luas Penampang	A	=	0,0033	m
Fluid Velocity	V	=	1,025	m/s

2. Minor Losses

Koefisien	k	=	8,37	
Fluid Velocity	v ²	=	1,051	m/s
Gravitasi	g	=	9,78	m/s ²

$$\text{Minor losses} = 8,37 \times \frac{1,051}{19,56}$$

$$\text{Minor losses} = 8,37 \times 0,054$$

$$\text{Minor losses} = 0,45 \text{ m}$$

6. Total Head Losses

1. Total Head losses				
Major Head Losses	Δp_{major}	=	0,69	m
Minor Head Losses	Δp_{Minor}	=	0,45	m
Static head losses	S.head	=	26,75	m
Total head		=	27,89	m

7. Efisiensi Pompa

2. Tekanan diperlukan pompa				
Masa jenis air	ρ	=	997	Kg/m ³
Gravitasi	g	=	9,87	m/s ²
Head losses	h	=	27,89	m
Tekanan	P	=	274403	Pa

		=	2,74	Bar
--	--	---	------	-----

3. Power pompa				
Massa jenis	ρ	=	997	Kg/m ³
Gravitasi	g	=	9,87	m/s ²
Head losses	h	=	27,89	m
Debit aliran	Q	=	0,0034	m ³ /s
P pompa =	p	=	932,97	watt

Daya = 5500 W

Efisiensi pompa = $\frac{932,97}{5500} \times 100\%$

$0,169630957 \times 100\%$

17%

8. Tank Biocell

Parameter	Symbols		Inputs	Unit
Jumlah penghuni (max)		=	200	people
Liter/day/person		=	200	liter/day/person
safety factor		=	20	%

Jumlah penghuni	Air Kotor (liter)	Safety (20%)
50	10000	12000
100	20000	24000
150	30000	36000
200	40000	48000
125	25000	30000

Jadi kapasitas tank biocell sebesar 30 m³.