

**SKRIPSI**

**PERENCANAAN JARINGAN DISTRIBUSI AIR BERSIH DI  
KELURAHAN CAMBAYA KOTA MAKASSAR DENGAN  
MENGUNAKAN PROGRAM WATERCAD**



**Disusun dan Diajukan oleh :**

**NURSAIDAH**

**A. HESTY MUSYARAFAH**

**105 81 11055 17**

**105 81 11173 17**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**2024**



# UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

## PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN

### FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3



Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website: [www.unismuh.ac.id](http://www.unismuh.ac.id), Website: <https://teknik.unismuh.makassar.ac.id>, e\_mail: [unismuh@gmail.com](mailto:unismuh@gmail.com)

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

### PENGESAHAN

Skripsi atas nama **Nursaidah** dengan nomor induk Mahasiswa **105 81 11055 17** dan **A. Hesty Musyarafah** dengan nomor induk Mahasiswa **105 81 11173 17**, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0007/SK-Y/22202/091004/2024, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Kamis tanggal 27 Juli 2024.

Panitia Ujian :

Makassar, 21 Muharram 1446 H  
27 Jul 2024 M

#### 1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Prof. Dr. Eng. Muhammad Isran Ramli, ST., MT

#### 2. Penguji

a. Ketua : Dr. Ir. Hj. Sukmasari Antaria, M.Si

b. Sekretaris : Indriyanti, ST., MT

#### 3. Anggota

1. Dr. Ir. Andi Makbul Syamsuri, ST., MT., IPM

2. Muh. Amir Zainuddin, ST., MT., IPM

3. Fausiah Latif, ST., MT

Mengetahui :

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. Hj. Sukmasari Antaria, M.Si

Indriyanti, ST., MT



Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, ST., MT., IPM

NBM : 795 108



**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**GEDUNG MENARA IQRA LT. 3**



Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website: [www.unismuh.ac.id](http://www.unismuh.ac.id), Website: <https://teknik.unismuh.makassar.ac.id>, e\_mail: [unismuh@gmail.com](mailto:unismuh@gmail.com)

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat Skripsi guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **PERENCANAAN JARINGAN DISTRIBUSI AIR BERSIH DI KELURAHAN CAMBAYA KOTA MAKASSAR DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM WATERCAD**

Nama : 1. NURSAIDAH  
2. A. HESTY MUSYARFAH

Stambuk : 1. 105 81 11055 17  
2. 105 81 11173 17

Makassar, 02 September 2024

Telah Diperiksa dan Disetujui  
Oleh Dosen Pembimbing;

Dosen Pembimbing I

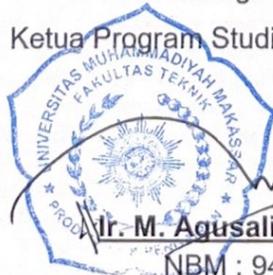
Dosen Pembimbing II

Dr. Ir. SUKMASARI ANTARIA, M.Si

INDRIYANTI, ST., MT

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Pengairan



Ir. M. Agusalin, ST., MT

NBM : 947 993

# Perencanaan Jaringan Distribusi Air Bersih Di Kelurahan Cambaya Kota Makassar Dengan Menggunakan Program Watercad

## Planning Of Clean Water Distribution Network in Cambaya Village Makassar City Using the Watercad Program

Sukmasari Antaria<sup>1)</sup>, Indriyanti<sup>2)</sup>, Kasmawati<sup>3)</sup>, Nursaidah<sup>4)</sup>, A. Hesty Musyarafah<sup>5)</sup>

\*Corresponding author: E-mail: andihestymusyarafah@gmail.com

1) Prodi Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia

2) Prodi Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia

3) Prodi Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia

4) Prodi Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia

5) Prodi Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia

### Abstrak

Air merupakan sumber daya alam yang sangat penting bagi umat manusia. Kecamatan Cambaya di Kota Makassar mempunyai luas 16.68 kilometer persegi, namun persediaan air bersihnya terbatas. Dengan tingkat cakupan yang hanya 29% dari 1.672 orang dari 5.733 penduduk, maka timbul kebutuhan akan air bersih dan perlu direncanakan sistem jaringan penyediaan air minum yang optimal di Kecamatan Cambaya Kota Makassar. Rencana jaringan distribusi ini didukung oleh perangkat lunak WaterCad. Perangkat lunak ini menggunakan potensi energi untuk mengetahui seberapa jauh air dapat mengalir dari sumbernya melalui jaringan distribusi. Sumber airnya adalah mata air dengan debit aliran 1,5 L/s. Jaringan distribusi air yang direncanakan merupakan sistem cabang aliran gravitasi yang mampu memenuhi kebutuhan air bersih pada tahun 2027. Kebutuhan air bersih dihitung berdasarkan proyeksi jumlah penduduk dengan menggunakan analisis aritmatika. Berdasarkan hasil perhitungan, kebutuhan air bersih pada tahun 2027 mencapai 0,400 L/s untuk jumlah penduduk 417 jiwa. Selanjutnya jaringan distribusi air minum di Kecamatan Cambaya Kota Makassar dirancang menggunakan WATERCAD. Dari hasil analisis WATERCAD diketahui bahwa jaringan pipa ini memenuhi persyaratan tekanan minimum berdasarkan standar pipa transmisi dan distribusi air berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18 tahun 2007, tekanan atmosfer lebih dari 10 meter dan kurang dari 75 meter. Kecepatan aliran dalam pipa sesuai dengan kebutuhan. Artinya kecepatan aliran di dalam pipa adalah 0,3 – 0,6 m/s.

*Kata Sandi : Pipa, Air, AirCad*

Water is a very important natural resource for mankind. Cambaya District in Makassar City has an area of 16.68 square kilometers, but its clean water supply is limited. With a coverage rate of only 29% of 1.672 people out of 5.733 residents, there is a need for clean water and it is necessary to plan an optimal drinking water supply network system in Cambaya District, Makassar City. This distribution network plan is supported by WaterCad software. This software uses energy potential to determine how far water can flow from its source through the distribution network. The water source is a spring with a flow rate of 1.5 L/s. The planned water distribution network is a gravity flow branch system that is able to meet clean water needs in 2027. Clean water needs are calculated based on population projections using arithmetic analysis. Based on the calculation results, the need for clean water in 2027 reaches 0.400 L/s for a population of 417 people. Furthermore, the drinking water distribution network in Cambaya District, Makassar City is designed using WATERCAD. From the results of the WATERCAD analysis, it is known that this pipe network meets the minimum pressure requirements based on the standards for water transmission and distribution pipes based on the Regulation of the Minister of Public Works No. 18 of 2007, atmospheric pressure is more than 10 meters and less than 75 meters. The flow rate in the pipe is according to needs. This means that the flow rate in the pipe is 0.3 - 0.6 m/s.

*Keyword: Pipe, Water, WaterCad*

## KATA PENGANTAR



Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena rahmat dan hidayah-Nya sehingga dapat menyusun proposal tugas akhir ini, dan dapat kami selesaikan dengan baik.

Proposal tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan akademik yang harus ditempuh dalam rangka menyelesaikan program studi pada Jurusan Sipil Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun Judul tugas akhir kami “ **PERENCANAAN JARINGAN DISTRIBUSI AIR BERSI DI KELURAHAN CAMBAYA KOTA MAKASSAR, DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM WATERCAD** ” . Penulis menyadari sepenuhnya bahwa didalam penulisan proposal tugas akhir ini masih terdapat kekurangan – kekurangan ,hal ini disebabkan karena penulis sebagai manusia biasa tidak lepas dari perhitungan – perhitungan . Oleh karena itu, penulis menerima dengan sangat ikhlas dengan senang hati segala koreksi serta perbaikan guna penyempurnaan tulisan ini agar kelak dapat bermanfaat.

Proposal tugas akhir ini dapat terwujud berkat adanya bantuan , arahan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala ketulusan dan kerendahan hati, kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi- tingginya kepada :

1. Ayahanda dan Ibunda tercinta yang senantiasa memberikan limpahan kasih sayang, doa serta pengorbanan kepada penulis.
2. Ibu Dr. Hj. Nurnawaty, ST.,MT.,IPM sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Bapak M. Agusalim, ST., MT sebagai Ketua Program Studi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.  
Ibu Kasmawati, ST., MT sebagai sekretaris prodi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar .
4. Ibu Dr. Ir. Hj. Sukmasari Antari, M. Si, selaku Pembimbing I dan Ibu Indriyani, ST., MT selaku Pembimbing II,yang banyak meluangkan waktu dalam membimbing kami .
5. Bapak dan Ibu dosen serta para staf pegawai di Fakultas Teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani penulis selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
6. Ayah dan Ibunda yang tercinta, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar- besarnya atas segala limphanhan kasih sayang, do'a serta pengorbannya terutama dalam bentuk materi untuk menyelesaikan kuliah kami dan rekan-rekan mahasiswaFakultas Teknik.

Semoga semua pihak tersebut di atas mendapat pahala yang berlipat ganda disisi Allah SWT dan proposal tugas akhir yang sederhana ini dapat bermanfaat bagi penulis , rekan-rekan, masyarakat serta bangsa dan Negara. Aamiin. ***“Billahi Fii SabillHaq fastabiqul Khaerat”***.

Makassar ,.....2024

Nursaidah / A.Hesty Musyarafah

## DAFTAR ISI

<b>SAMPUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTA .....</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>iii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	2
C. Tujuan Penelitian .....	2
D. Manfaat Penelitian .....	3
E. Batasan Penelitian .....	4
F. Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1. Pertumbuhan Jumlah Penduduk .....	5
2.1.1 Metode Eksponensial .....	5
2.1.2 Metode Aritmatik .....	6

2.1.3	Metode Geometrik .....	6
2.2.	Uji Kesesuaian Metode Proyeksi .....	7
2.2.1.	Standar Deviasi .....	7
2.2.2	Potensi Air Baku .....	7
2.3.	Kebutuhan Air Bersih .....	7
2.3.1.	Fluktuasi Kebutuhan Air Bersih .....	8
2.3.2.	Kebutuhan Domestik .....	9
2.4.	Hidrolika Aliran pada Jaringan Pipa .....	9
2.4.3.	Kehilangan Tinggi Tekan (Head Loss) .....	10
2.4.3.1.	Kehilangan Tinggi Tekan Mayor (Mayor Losses) .....	10
2.4.3.2.	Kehilangan Tinggi Tekan Minor (Minor Losses) .....	11
2.5.	Elemen-Elemen pada Jaringan Distribusi Air Bersih .....	12
2.5.1.	Pipa .....	12
2.5.1.1.	Jenis Pipa .....	12
2.5.1.2.	Sarana Penunjang .....	16
2.6.	Simulasi Aliran pada Sistem Jaringan Distribusi .....	16
2.6.1.	Analisa Kondisi Permanen .....	16
2.6.2.	Analisa Kondisi Tidak Permanen.....	16

2.7. Analisa Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih dengan Aplikasi sofware .....	17
2.7.1. Deskripsi Program WaterCAD .....	17
2.7.2. Tahapan-tahapan dalam Penggunaan WaterCAD .....	18
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>25</b>
3.1.1. Lokasi Studi .....	25
3.1.2. Pengumpulan Data .....	26
3.1.2.1.Data Ketersediaan Air di Sumber .....	26
3.1.2.2.Data Penduduk .....	26
3.1.2.3.Topografi .....	26
3.1.3. Sistem Pengolahan Data .....	27
3.1.4. Perlakuan Simulasi Program WaterCAD .....	27
<b>BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>34</b>
4.1. Proyeksi Penduduk .....	34
4.1.1. Proyeksi Penduduk Metode Geometrik .....	36
4.1.2. Proyeksi Penduduk Metode Aritmatik .....	37
4.1.3. Proyeksi Penduduk Metode Eksponensial .....	38
4.1.4. Uji Kesesuaian Metode Proyeksi .....	39

4.1.4.1. Standar Deviasi .....	40
4.1.4.2. Koefisien Korelasi .....	41
4.1.4.3. Kesimpulan .....	43
4.2. Proyeksi Kebutuhan Air Bersih .....	43
4.4.2. Kondisi Aliran Pipa Distribusi .....	45
4.4.3. Kondisi Titik Simpul .....	52
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>57</b>
5.1. Kesimpulan .....	57
5.2. Saran .....	58
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>59</b>



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Air bersih merupakan sumber air minum yang penting untuk manusia, mengingat pentingnya arti air bersih maka perlu diusahakan penyediaan air bersih secara memadai, baik secara kualitas maupun kuantitasnya, sehingga aman untuk dikonsumsi oleh manusia.

Besarnya pertumbuhan manusia pada suatu daerah akan berdampak terhadap besarnya kebutuhan air bersih. Perkembangan manusia tidak akan hanya berada pada daerah yang dekat dengan sumber air saja, tetapi semakin lama semakin meluas dan jauh dari sumber air. Sehingga untuk itu diperlukan adanya usaha-usaha pemenuhan kebutuhan air, dengan cara penambahan kapasitas produksi air bersih.

Salah satu usaha adalah dengan peningkatan pelayanan sistem jaringan distribusi yang baik dan mampu untuk melayani kebutuhan air bersih bagi penduduk yang tinggal di daerah tersebut. Usaha pemenuhan tersebut sangat erat kaitanya dengan pemilihan sumber air, Perencanaan sebuah jaringan distribusi air bersih dihitung dengan mempertimbangkan berbagai macam aspek, diantaranya ditinjau dari segi penggunaan bahan, dan teknis pelaksanaan. Perencanaan tersebut dibuat secara utuh dan membentuk suatu sistem jaringan distribusi air bersih yang terpadu.

Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) terutama pada wilayah Kelurahan Cambaya Kota Makassar dalam operasionalnya terus melakukan pengembangan- pengembangan untuk memperluas jangkauan sasaran layanan dan peningkatan pelayanan terhadap pengguna air / konsumen sebagai perwujudan dari kedua misinya, yaitu misi pelayanan sosial dan misi untuk memperoleh keuntungan (profit).

Pengembangan sistem penyediaan air bersih di Kelurahan Cambaya terutama pada wilayah Kota Makassar, selain mengutamakan peningkatan terhadap prasarana, kualitas, kuantitas air bersih juga memperhatikan kualitas lingkungan sekitar, baik terhadap sektor kesehatan, sektor ekonomi, dan sektor lainnya.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka kami akan melakukan suatu penelitian untuk menyelesaikan masalah tersebut diperlukan suatu jaringan distribusi air bersih. Adapun penelitian yang akan dilakukan disini yaitu ***“PERENCANAAN JARINGAN DISTRIBUSI AIR BERSIH DI KELURAHAN CAMBAYA KOTA MAKASSAR DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM WATERCAD”***

## **B. Rumusan Masalah**

Adapun permasalahan dalam penelitian ini berdasarkan latar belakang di atas adalah :

1. Berapakah debit air bersih yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan air bersih di Kelurahan Cambaya Kota Makassar ?

2. Bagaimanakah hasil perencanaan jaringan distribusi air bersih di Kelurahan Cambaya Kota Makassar dengan paket program WaterCAD ?
3. Lokasih penelitian yang terjadi di Kelurahan Cambaya Kota Makassar pada RW 5 ?

### **C. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah di atas tujuan dapat di ambil dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui debit air bersih yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan air bersih di Kelurahan Cambaya Kota Makassar.
2. Mengetahui hasil perencanaan sistem jaringan distribusi air bersih di Kelurahan Cambaya Kota Makassar dengan program WaterCAD.

### **D. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang dapat diambil dari hasil penelitian “ Perencanaan Jaringan Distribusi Air Bersih Di Kelurahan Cambaya Kota Makassar Dengan Menggunakan Program WaterCAD ” adalah :

1. Menambah ilmu tentang perencanaan sistem jaringan distribusi pipa air bersih.
2. Menambah pengetahuan mengenai program WaterCAD dalam menganalisa jaringan distribusi pipa air bersih.

### **E. Batasan Penelitian**

Dalam memberikan penjelasan dari permasalahan guna memudahkan dalam menganalisa, maka terdapat batasan masalah yang diberikan pada penulisan tugas akhir ini mengenai Perencanaan Jaringan Distribusi Air Bersih Di

Kelurahan Cambaya Kota Makassar Dengan Menggunakan Program WaterCAD ,  
terdiri dari :

1. Sistem perencanaan distribusi air bersih yang direncanakan berlokasi di Kelurahan Cambaya Kota Makassar.
2. Menggunakan bantuan program WaterCAD dalam simulasi pendistribusian air bersih.

#### **F. Sistematika Penulisan**

Susunan dari beberapa sistematika dalam proposal ini dapat diuraikan sebagai berikut :

**Bab I PENDAHULUAN :** Dalam bab ini, membahas tentang latar belakang masalah penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian , manfaat penelitian, serta batasan masalah penelitian dan sistematika penulisan.

**Bab II KAJIAN PUSTAKA :** Dalam bab ini, memberikan teori dan gambaran atau menguraikan literature yang berhubungan dengan permasalahan atau pembahasan. Dan menguraikan tentang teori yang berkaitan dengan penelitian agar dapat memberikan gambaran dan menganalisa masalah.

**Bab III METODE PENELITIAN:** Dalam bab ini, menguraikan lingkup penelitian. Metode penelitian yang terdiri atas waktu, dan tempat penelitian, alat dan bahan, tahapan atau prosedur penelitian, dan bagan alur penelitian.

**DAFTAR PUSTAKA,** menjabarkan acuan serta sumber tulisan pada penelitian.

**BAB II**  
**TINJAUAN PUSTAKA**

**2.1. Pertumbuhan Jumlah Penduduk**

Proyeksi jumlah penduduk digunakan sebagai dasar untuk menghitung tingkat kebutuhan air bersih pada tahun yang ditentukan. Proyeksi jumlah penduduk di tahun yang ditentukan dapat dilakukan dengan beberapa metode yaitu :

1. Metode Eksponensial
2. Metode Aritmatik
3. Metode Geometrik

**2.1.1. Metode Eksponensial**

Proyeksi jumlah penduduk berdasarkan metode eksponensial dapat menggunakan persamaan berikut (Muliakusumah, 2000, p.115) :

$$P_n = P_0 \times e^{r \cdot n} \dots\dots\dots (2-1)$$

Dimana :

- $P_n$  = Jumlah penduduk pada akhir tahun ke-n (jiwa)
- $P_0$  = Jumlah penduduk pada tahun ke 0 (jiwa)
- $r$  = Angka pertambahan penduduk (%)
- $e$  = Bilangan logaritma natural (2,7182818)
- $n$  = Periode tahun yang ditinjau

### 2.1.2. Metode Aritmatik

Metode aritmatik merupakan metode proyeksi paling sederhana dibandingkan metode yang lain. Yang dirumuskan sebagai berikut (Muliakusumah, 2000, p.115) :

$$P_n = P_o (1+r)^n \dots\dots\dots (2-2)$$

Dimana :

$P_n$  = Jumlah penduduk pada akhir tahun ke-n (jiwa)

$P_o$  = Jumlah penduduk pada tahun yang ditinjau (jiwa)

$r$  = Angka pertambahan penduduk per tahun (%)

$n$  = Jumlah tahun proyeksi (tahun)

### 2.1.3. Metode Geometrik

Di Kelurahan Cambaya terdapat beberapa fasilitas umum meliputi tempat ibadah (masjid atau musholla), pendidikan, kesehatan, perdagangan, dan ruang bermain anak. Metode Geometrik merupakan metode yang mana jumlah penduduk akan bertambah secara geometrik menggunakan dasar perhitungan bunga majemuk, laju pertumbuhan penduduk dianggap sama untuk setiap tahun. Metode ini mempunyai rumus sebagai berikut:

$$P_n = P_o (1+r)^n \dots\dots\dots (2-3)$$

Dimana :

$P_n$  = Jumlah penduduk pada akhir tahun ke-n (jiwa)

$P_o$  = Jumlah penduduk pada tahun yang ditinjau (jiwa)

$r$  = Angka pertambahan penduduk (%)

$n$  = Jumlah tahun proyeksi (tahun)

## 2.2. Uji Kesesuaian Metode Proyeksi

Dalam menentukan metode yang paling tepat yang digunakan dalam perencanaan, diperlukan perhitungan koefisien korelasi dan standar deviasi. Koefisien korelasi dan standar deviasi diperoleh dari hasil perhitungan data kependudukan dengan metode yang telah diproyeksikan.

### 2.2.1. Standar Deviasi

Standar deviasi diartikan sebagai nilai atau standar yang menunjukkan besar jarak sebaran nilai rata-rata. Jadi semakin besar nilai standar deviasi, maka data menjadi kurang akurat. Berikut merupakan rumusan dari perhitungan standar deviasi (Soewarno, 1995, p.75).

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2-4)$$

Dimana :

S = standar deviasi

Xi = nilai varian (penduduk proyeksi)

$\bar{X}$  = nilai rata-rata

n = banyaknya data

## 2.3 Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan air bersih adalah jumlah air yang digunakan untuk keperluan pokok manusia dalam sehari-hari. Perencanaan jaringan pipa untuk distribusi air bersih harus sangat memperhatikan kondisi di daerah dan kondisi penduduk. Dengan memperhatikan hal tersebut dapat dilakukan perencanaan yang bisa mencukupi kebutuhan air sehari-hari di daerah tersebut dengan mempertimbangkan factor kehilangan air.

### **2.3.1. Fluktuasi Kebutuhan Air Bersih**

Pemakaian air bersih yang digunakan masyarakat pada sistem jaringan air bersih tidak selalu konstan tetapi terjadi fluktuasi atau terjadi perbedaan yang tidak pasti seperti tiap jam atau tiap hari. Fluktuasi terjadi karena pemakaian air bersih tergantung pada aktivitas masyarakat.

Besarnya pemakaian air oleh masyarakat pada suatu sistem jaringan distribusi air bersih tidaklah berlangsung konstan, namun terjadi fluktuasi antara waktu yang satu dengan waktu yang lain. Dengan memasukkan faktor kehilangan air kedalam kebutuhan dasar, maka selanjutnya disebut sebagai fluktuasi kebutuhan air. Oleh karena itu, diperlukan adanya kriteria tingkat kebutuhan yang digunakan dalam upaya pemenuhan kebutuhan per satu harinya. Berikut ini adalah beberapa kriteria tingkat kebutuhan air masyarakat:

1. Kebutuhan air rata-rata, yaitu penjumlahan kebutuhan total (domestik) ditambah dengan kehilangan air yang ada.
2. Kebutuhan harian maksimum, yaitu kebutuhan air terbesar dan kebutuhan rata-rata harian dalam satu minggu
3. Kebutuhan air pada jam puncak, yaitu pemakaian air tertinggi pada jam-jam tertentu selama periode satu hari

Kebutuhan harian maksimum dan jam puncak diperlukan dalam perhitungan besarnya kebutuhan air bersih, karena hal ini menyangkut kebutuhan pada hari-hari tertentu dan pada jam puncak pelayanan. Sehingga penting mempertimbangkan nilai koefisien untuk keperluan tersebut.

### 2.3.2. Kebutuhan Domestik

Kebutuhan Domestik adalah kebutuhan air bersih yang digunakan untuk keperluan rumah tangga sehari-hari dan untuk keperluan umum. Penggunaan air bersih di rumah tangga sangatlah bermacam-macam yaitu untuk keperluan mencuci, memasak, mandi, dan lain-lain. Untuk memperkirakan jumlah kebutuhan air domestik dihitung berdasarkan jumlah penduduk, tingkat pertumbuhan penduduk dan kebutuhan air perkapita. Kebutuhan air perkapita dipengaruhi oleh aktivitas fisik dan kebiasaan atau tingkat kesejahteraan, oleh karena itu kebutuhan air domestik di daerah perkotaan dan di daerah pedesaan akan sangat berbeda. Di daerah perkotaan cenderung memanfaatkan air secara berlebih dibandingkan di daerah pedesaan.

Tabel 2.2. Kebutuhan Domestik pada Air Bersih

Kategori Kota	Keterangan	Jumlah Penduduk	Kebutuhan air (lt/org/hr)
I	Kota Metropolitan	Diatas 1 juta	190
II	Kota Besar	500.000 – 1 juta	170
III	Kota Sedang	100.000 – 500.000	150
IV	Kota Kecil	20.000 – 100.000	130
V	Desa	10.000 -20.000	100
VI	Desa Kecil	3000 – 10.000	60

Sumber: DPUD Jendral Cipta Karya Direktorat Air Bersih

### 2.4. Hidraulika Aliran pada Jaringan Pipa

daerah pedesaan. Air di dalam pipa selalu mengalir dari tempat yang memiliki tinggi energi lebih besar menuju tempat yang memiliki tinggi energi lebih kecil. Aliran tersebut memiliki tiga macam energi yang bekerja di dalamnya, yaitu (Priyantoro, 1991, p.5)

1. Energi kinetik, yaitu energi yang ada pada partikel massa air sehubungan dengan kecepatannya.
2. Energi tekanan, yaitu energi yang ada pada partikel massa air sehubungan dengan tekanannya.
3. Energi ketinggian, yaitu energi yang ada pada partikel massa air sehubungan dengan ketinggiannya terhadap garis referensi (Datum line).

#### **2.4.3. Kehilangan Tinggi Tekan (Head Loss)**

Pada perencanaan jaringan pipa tidak mungkin dapat dihindari adanya kehilangan tinggi tekan selama air mengalir melalui pipa tersebut. Kehilangan tinggi tekan dalam pipa dibagi menjadi dua yaitu kehilangan tinggi tekan mayor (major losses) dan kehilangan tinggi tekan minor (minor losses).

##### **2.4.3.1. Kehilangan Tinggi Tekan Mayor (Major Losses)**

tinggi tekan minor (minor losses). Kehilangan energi mayor disebabkan oleh gesekan atau friksi dengan pipa. Kehilangan energi oleh gesekan disebabkan karena air yang mempunyai kekentalan dan dinding pipa tidak licin sempurna. Pada dinding yang mendekati licin sempurna, masih pula terjadi kehilangan energi walaupun sangat kecil. Jika dinding licin sempurna, maka tidak ada kehilangan energi yaitu saat diameter kekasaran nol.

Ada beberapa faktor teori dan formula untuk menghitung kehilangan tinggi tekan mayor ini dengan menggunakan Hazen-Williams, Darcy-Weisbach, Manning, Chezy. Namun dalam studi ini menggunakan Hazen-Williams, yaitu dengan formula sebagai berikut (Priyantoro, 1991, p.21)

$$Q_i = 0,85 C_{hw} \cdot A_i \cdot R_i^{0,63} \cdot S_f^{0,54} \dots\dots\dots (2-11)$$

$$V_i = 0,85 C_{hw} \cdot R_i^{0,63} \cdot S_f^{0,54} \dots\dots\dots (2-12)$$

Dengan:

$Q_i$  = debit aliran pada pipa (m<sup>3</sup>/det)

$V_i$  = kecepatan dalam aliran pipa (m/det)

$C_{hw}$  = koefisien kekasaran Hazen-Williams

$A_i$  = luas penampang pada pipa (m<sup>2</sup>)

$R_i$  = jari-jari hidrolis pada pipa (m)

$$R = \frac{1}{4} = \frac{\frac{1}{4} \pi D^2}{\pi D}$$

$S_f$  = kemiringan garis hidrolis (EGL)

$$R = \frac{D}{4}$$

$$S_f = hf/L$$

Persamaan kehilangan tinggi tekan mayor menurut Hazen-Williams yaitu:

$$H_f = k \cdot Q^{1,85} \dots\dots\dots (2-13)$$

Dengan:

$H_f$  = kehilangan tinggi tekan mayor (m)

$K$  = koefisien karakteristik pipa

$Q$  = debit pada aliran pipa (m<sup>3</sup>/det)

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

Kehilangan energi diakibatkan oleh adanya belokan pada pipa sehingga terjadi turbulensi. Demikian pula jika ada penyempitan pembesaran pipa secara

tiba-tiba, kehilangan energi juga akan terjadi jika air harus melalui (Triatmadja, 2013, p.68).

Berikut ini adalah rumus kehilangan tinggi tekan minor:

$$h_{lm} = K \frac{V^4}{2g} \dots\dots\dots (2-15)$$

Dengan:

$h_{Lm}$  = kehilangan tinggi tekan minor (m)

$V$  = kecepatan aliran dalam pipa (m/det)

$g$  = percepatan gravitasi (m/det<sup>2</sup>)

$k$  = koefisien kehilangan tinggi tekan minor

Dalam kehilangan tinggi tekan minor terdapat beberapa perubahan penampang yang terjadi seperti perbesaran penampang, pengecilan penampang maupun belokan pada pipa.

## **2.5. Elemen-Elemen pada Jaringan Distribusi Air Bersih**

### **2.5.1. Pipa**

Pada suatu sistem jaringan distribusi air bersih, pipa merupakan komponen yang utama. Pipa ini berfungsi sebagai sarana untuk mengalirkan air dan sumber air ke tandon maupun langsung ke konsumen. Pipa tersebut memiliki penampang lingkaran dan mempunyai diameter bermacam-macam. Pipa sendiri di bedakan menjadi dua istilah, piping dan pipeline. Piping di gunakan untuk istilah pipa yang mengalirkan dari satu tempat ke tempat lain dalam jarak yang berdekatan, sedangkan pipa yang digunakan berukuran relatif kecil. Sedangkan pipeline istilah tersebut digunakan untuk mengalirkan air dari satu fasilitas ke fasilitas yang lain, dan biasanya ukurannya sangat besar.

### 2.5.1.1. Jenis Pipa

yang lain, dan biasanya ukurannya sangat besar. Pipa yang umumnya dipakai untuk merencanakan jaringan distribusi air bersih sangatlah bermacam-macam, seperti berikut ini :

- Besi Tuang (cast iron)

Pipa ini biasanya dicelupkan dalam senyawa bitumen untuk perlindungan terhadap karat. Panjang biasa dari suatu pipa adalah 4m dan 6m. Tekanan maksimum pipa sebesar 2500 kN/cm<sup>2</sup> (350 psi) dan umur pipa jika pada keadaan normal dapat mencapai 100 tahun (Linsley, 1986, p.297).

Keuntungan dari pipa besi tuang antara lain :

- Pipa cukup murah
- Pipa mudah disambung
- Pipa tahan karat

Kerugian dari pipa besi tuang antara lain :

- Pipa berat sehingga biaya pengangkutan mahal
- Pipa keras sehingga mudah pecah
- Dibutuhkan tenaga ahli dalam penyambungan pipa



Gambar 2.8 Pipa besi tua(cast iron) Sumber : Karwan, 2013

- Besi galvanis (galvanized iron)

Pipa galvanis adalah pipa yang terbuat dari pipa baja yang dilapisi seng. Umur pipa galvanis dalam keadaan normal bisa mencapai 40 tahun, Pipa berlapis seng digunakan secara luas untuk jaringan pelayanan yang kecil di dalam sistem distribusi air bersih (Linsley, 1986, p.297).

Keuntungan dari pipa galvanis antara lain :

- Harga murah dan banyak tersedia di pasaran
- Ringan sehingga mudah diangkut
- Pipa mudah disambung

Kekurangan dari pipa galvanis antara lain :

- Pipa galvanis mudah berkarat



Gambar 2.9 Pipa Galvanis Sumber: Karwan, 2013

- Plastik (PVC)

Pipa ini dikenal dengan sebutan PVC ( Poly Vinyl Chloride) dan di pasaran pipa jenis PVC sangat mudah didapatkan dengan berbagai ukuran. Umumnya distribusi air bersih kebanyakan menggunakan pipa PVC karena memiliki banyak keuntungan. Pipa PVC mempunyai panjang 4m – 6m dengan ukuran diameter

pipa mulai 16 mm hingga 350 mm. umur pipa PVC dapat mencapai 75 tahun jika tidak mengalami kerusakan (Linsley, 1986, p.301).

Keuntungan dari pipa PVC antara lain :

- Harga murah dan banyak tersedia di pasaran
- Ringan sehingga mudah diangkat
- Mudah dalam pemasangan dan penyambungan
- Pipa tahan karat
- Tahan terhadap zat kimia
- Elastisitasnya tinggi

Kekurangan dari pipa PVC antara lain :

- Pipa PVC mempunyai koefisien muai yang tinggi sehingga tidak tahan terhadap panas
- Mudah bocor dan pecah karena terbuat dari plastik
- Pipa yang sudah dibentuk susah untuk diubah kembali



Gambar 2.10 Pipa PVC Sumber: Karwan, 2013

### **2.5.1.2. Sarana Penunjang**

Pipa yang digunakan dalam distribusi air bersih air harus mempunyai alat bantu agar berfungsi secara optimal, seperti :

1. Sambungan antar pipa
2. Katup (valve)
3. Meter Air

### **2.6. Simulasi Aliran pada Sistem Jaringan Distribusi**

Dalam kajian ini hanya dibahas analisa tekanan dan aliran di sistem jaringan distribusi pada kondisi tidak permanen.

#### **2.6.1. Analisa Kondisi Permanen**

Analisa pada kondisi permanen akan mengevaluasi kondisi aliran tekanan dan kapasitas dari komponen distribusi air bersih termasuk sistem jaringan pipa, penampungan dan sistem pompa. Simulasi ini dilakukan pada saat kondisi kritis pada harian maksimum, jam puncak, kebutuhan puncak dan pengisian tampungan sehingga memberikan suatu informasi dari kondisi jaringan pada waktu yang diberikan.

#### **2.6.2. Analisa Kondisi Tidak Permanen**

Analisa pada kondisi tidak permanen akan mengevaluasi kondisi aliran, tekanan dan kapasitas dari komponen sistem distribusi air bersih termasuk sistem jaringan perpipaan. Penampungan dan sistem pompa pada rangkaian permintaan serial dengan permintaan sistem berubah-ubah. Dalam simulasi ini terdapat beberapa parameter yang digunakan seperti : karakteristik tandon, kontrol operasi, pompa, durasi, nilai tahap waktu, rasio dan faktor beban. Beberapa kriteria dan

asumsi yang digunakan yaitu : Simulasi didasarkan pada perhitungan fluktuasi beban titik simpul sebagai akibat corak perubahan permintaan yang dilakukan pada kondisi normal dimana variasi kebutuhan titik simpul disebabkan oleh fluktuasi kebutuhan pelanggan tiap jam dengan durasi 24 jam.

### **2.7.1. Deskripsi Program WaterCad Edition**

Program WaterCAD merupakan produksi dari Bentley dengan jumlah pipa yang mampu dianalisis yaitu lebih dari 250 buah pipa sesuai pemesanan spesifikasi program WaterCAD pada Bentley. Program ini memiliki tampilan interface yang memudahkan pengguna untuk menyelesaikan lingkup perencanaan dan pengoptimalisasian sistem jaringan distribusi air bersih, seperti :

- Menganalisis sistem jaringan pipa distribusi air pada satu kondisi waktu (kondisi permanen).
- Menganalisis tahapan-tahapan atau periodisasi simulasi pada sistem jaringan terhadap adanya kebutuhan air yang berfluktuatif menurut waktu (kondisi tidak permanen).
- Menganalisis skenario perbandingan atau alternatif jaringan pada kondisi yang berlainan pada satu file kerja.
- Menganalisis kondisi jaringan pada saat kondisi ekstrim untuk keperluan pemadan kebakaran atau *hydrant (fire flow analysis)*.
- Menganalisis kualitas air pada sistem jaringan distribusi air bersih.
- Menghitung konstruksi biaya dari sistem jaringan pipa distribusi air bersih yang dibuat.

- WaterCad merupakan suatu software atau perangkat lunak komputer yang dapat digunakan untuk membuat model dan proses simulasi untuk menganalisis perilaku hidrolis suatu sistem jaringan perpipaan.

- Kelebihan WaterCAD

- Mendukung GIS database connection (Sistem Informasi Geografis) pada program ArcView, ArcCad, MapInfo dan AutoCad yang memudahkan untuk penggabungan model hidrolis WaterCad dengan database utama pada program tersebut.
- Mendukung program Microsoft Office, Microsoft Excel dan Microsoft Access untuk sharing data pada file WaterCad.
- Mendukung program Epanet versi Windows dan Kypipe untuk mengubah file jaringan pipa program tersebut ke dalam bentuk file WaterCad.
- Dapat menganalisis skenario perbandingan atau alternatif jaringan pada kondisi yang berlainan pada satu file kerja.
- Dapat menganalisis kondisi jaringan pada saat kondisi ekstrim atau sudah kurang layak pakai untuk keperluan pemadam kebakaran atau hydrant (fire flow analysis) dan perbaikan secara menyeluruh.

- Kekurangan WaterCAD

Kebutuhan air menurut WaterCAD dibagi menjadi dua, yaitu : kebutuhan tetap (fixed demand) dan kebutuhan berubah (variable demand). Data fixed demand atau yang disebut pula baseline flow kurang akurat bila digunakan untuk perancangan kebutuhan air baku. Selain itu, peta layout jaringan pipa

juga tidak bisa langsung digunakan di WaterCAD tetapi menggunakan aplikasi AutoCAD sebagai acuan gambar skema jaringan pipa. WaterCAD juga tergolong sebagai software baru, belum banyak diketahui dalam fungsinya untuk menganalisis perbedaan kecepatan aliran dan mayor loss pada masing-masing pipa.

- EPANET adalah program komputer yang dapat menampilkan simulasi hidrolis dan kualitas udara pada jaringan pipa bertekanan. Jaringan tersebut terdiri dari pipa simulasi atas pada persimpangan jalan, pipa, pompa, katup, tangki penampungan atau waduk.

- Kelebihan Epanet

Keunggulan dari penggunaan software Epanet untuk analisa jaringan distribusi jaringan diperoleh dengan menggunakan metode linear, dan kehilangan tekanan akibat gesekan dihitung dengan menggunakan rumus.

- Memiliki kemampuan dalam mempertimbangkan minor losses.
- Kemampuan analisa yang tidak terbatas pada penempatan jaringan.
- Dapat menduplikasi tuntutan yang bervariasi dari waktu ke waktu.
- Dapat menangani pola permintaan yang berbeda untuk setiap node.

- Kekurangan Epanet

Model hidrolis standar yang berbasis Epanet memiliki keterbatasan dalam pengosokan dan pengisian pipa air secara bergantian karena yang mengakibatkan tekanan rendah dan pipa kosong.

- Adapun Faktor perkembangannya aplikasih Watercad

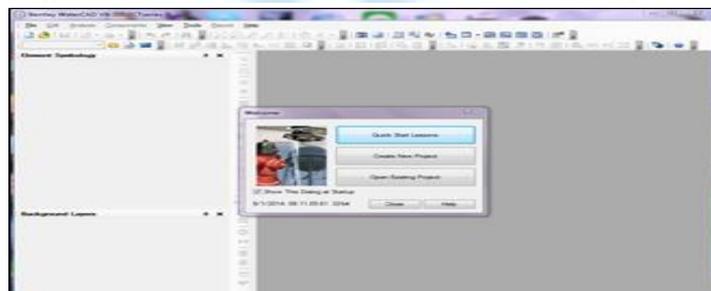
Adanya perbaikan jaringan perpipaan air bersih di kawasan industri dapat dilakukan koordinasi antara pihak-pihak yang terkait sehingga permasalahan dari permintaan debit hingga perajinan dapat diatasi bersama dan tiap-tiap pihak yang mendistribusikan air bersih ke layanan tanpa terkendala.

Dalam penelitian jaringan perpipaan air bersih di kawasan industri menggunakan aplikasi software WaterCAD masih banyak kemungkinan yang dapat dikembangkan atau dilanjutkan lagi, mengingat di dalam penelitian ini hanya sebatas melakukan analisis ulang.

### 2.7.2. Tahapan-tahapan dalam Penggunaan Program WaterCAD

#### a. Welcome Dialog

Pada setiap pembukaan awal program WaterCAD, akan diperlihatkan sebuah dialog box yang disebut Welcome Dialog. Kotak tersebut memuat Quick Start Lesson, Create New Project, Open Existing Project serta Open from Project Wise seperti terlihat pada gambar dibawah. Melalui Welcome Dialog in pengguna dapat langsung mengakses ke bagian lain untuk menjalankan program ini.



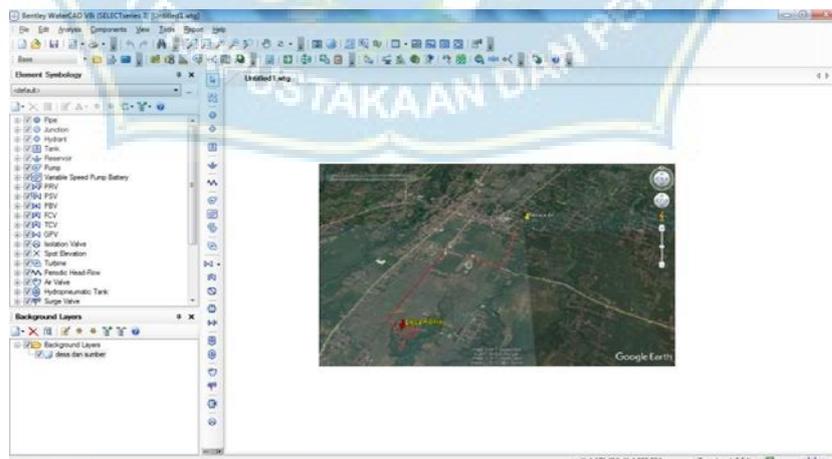
Gambar 2.24 Tampilan Welcome Dialog pada WaterCAD  
sumber : Bentley WaterCAD

Quick Start Lesson, digunakan untuk mempelajari program dengan melihat contoh jaringan yang telah disediakan. WaterCAD akan menuntun kita memahami cara menggunakan program ini. Untuk membuka Quick Start Lesson dilakukan dengan cara klik 2 kali kotak Quick Start Lesson dan Create New Project digunakan untuk membuat lembar kerja baru.

#### b. Pembuatan Lembar Kerja

Pembuatan lembar kerja baru atau Create New Project pada program WaterCAD ini dapat dilakukan dengan cara klik 2 kali Create New Project pada Welcome Dialog. Setelah masuk ke dalam lembar kerja baru tampilkan Background Layers dengan cara mengklik Background Layers - New - File dan pilih file DXF.

Setelah file dxf terpilih masuk dalam DXF. Properties dan unit diganti dalam m (meter). Setelah itu klik Ok dan Zoom Extents. Setelah Background Layers muncul dalam tampilan maka perencanaan atau penggambaran jaringan bisa dilakukan.



Gambar 2.25 Tampilan Background Layers pada WaterCAD

sumber : Bentley Program WaterCAD

Setelah penggambaran jaringan dilakukan adalah pengisian data-data teknis dan pemodelan komponen-komponen sistem jaringan pipa distribusi air bersih yang akan dipakai dalam penggambaran yang memudahkan untuk pengecekan. Komponen tersebut terdiri dari reservoir, pipa, titik simpul, dan lain-lain.

**c. Pemodelan Komponen-komponen Sistem Jaringan Pipa Distribusi Air Bersih.**

Dalam WaterCAD, komponen-komponen sistem jaringan distribusi air bersih seperti titik reservoir, pipa, titik simpul, tersebut dimodelkan sedemikian rupa sehingga mendekati kinerja komponen tersebut di lapangan. Untuk keperluan pemodelan, WaterCAD telah memberikan penamaan setiap komponen tersebut secara otomatis yang dapat diganti sesuai dengan keperluan agar memudahkan dalam pengerjaan, pengamatan, penggantian ataupun pencarian suatu komponen tertentu. Agar dapat memodelkan setiap komponen sistem jaringan pipa distribusi air bersih dengan benar, perancang harus mengathui cara memodelkan komponen tersebut dalam WaterCAD. Adapun jenis-jenis pemodelan komponen sistem jaringan pipa distribusi air bersih dalam WaterCAD adalah sebagai berikut :

1. Pemodelan titik-titik simpul (junction)

Titik simpul merupakan suatu simbol yang mewakili atau komponen yang bersinggungan langsung dengan konsumen dalam hal pemberian air bersih. Ada dua tipe aliran pada titik simpul ini, yaitu berupa kebutuhan air dan berupa aliran masuk (inflow). Jenis aliran yang berupa kebutuhan air bersih digunakan bila pada simpul tersebut ada pengambilan air, sedangkan aliran masuk digunakan bila pada

titik simpul tersebut ada tambahan debit yang masuk. Data yang dibutuhkan sebagai masukan bagi titik simpul antara lain elevasi titik simpul dan data kebutuhan air bersih pada titik simpul tersebut.



Gambar 2.26 Tampilan Pengisian Data Teknis Junction pada watercad

sumber : *Bentley WaterCAD*

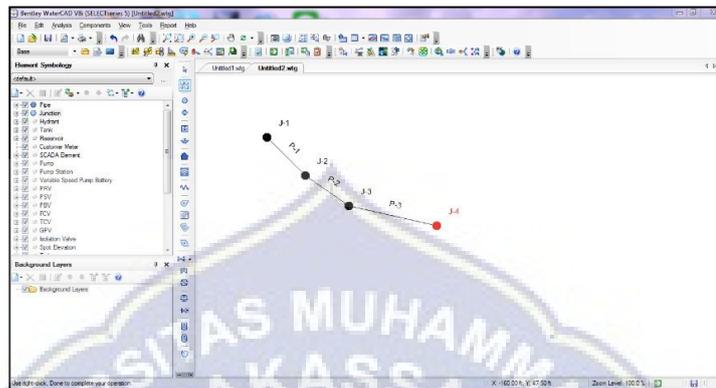
## 2. Pemodelan kebutuhan air bersih

Kebutuhan air bersih pada tiap-tiap titik simpul dapat berbeda-beda yang bergantung dari luas cakupan layanan dan jumlah konsumen pada titik simpul tersebut. Kebutuhan air menurut WaterCAD dibagi menjadi dua yaitu kebutuhan tetap (*fixed demand*) dan kebutuhan berubah (*variable demand*). Kebutuhan tetap adalah kebutuhan air rerata tiap harinya sedangkan kebutuhan berubah atau berfluktuatif adalah kebutuhan air yang berubah setiap jamnya sesuai dengan pemakaian air.

## 3. Pemodelan Pipa

Pipa adalah suatu komponen yang menghubungkan katup (*valve*), titik simpul. Untuk memodelkan pipa, memerlukan beberapa data teknis seperti bahan, diamete, panjang pipa, kekasaran dan status pipa (*buka-tutup*). Jenis bahan pipa oleh WaterCAD telah disediakan sehingga dapat dipilih secara langsung sesuai

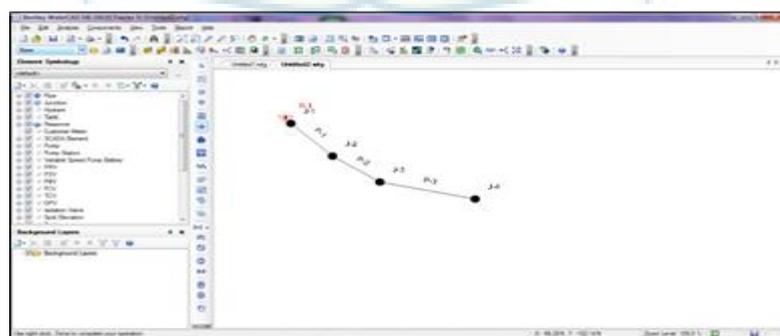
dengan jenis bahan pipa yang digunakan di lapangan. Apabila diatur secara skalatis, maka ukuran panjang pipa secara otomatis berubah sesuai dengan perbandingan skala ukuran yang dipakai. Sedangkan dalam pengaturan skematis, panjang pipa dapat diatur tanpa memperhatikan panjang pipa di layar komputer.



Gambar 2.27 Tampilan Pengisian Data Teknis Pipa pada WaterCAD  
sumber : Bentley WaterCAD

#### 4. Pemodelan

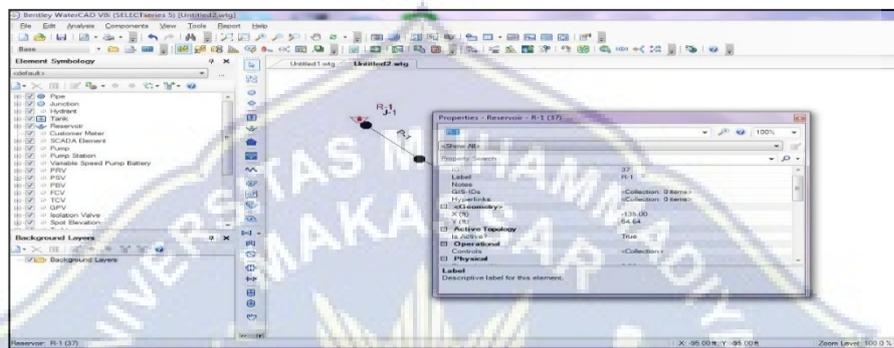
Untuk pemodelan tandin diperlukan beberapa data yaitu ukuran bentuk dan elevasi. Data elevasi yang dibutuhkan oleh meliputi tiga macam elevasi yaitu elevasi maksimum, elevasi minimum dan elevasi awal kerja dimana elevasi awal kerja harus berada pada kisaran elevasi minimum dan elevasi maksimum.



Gambar 2.28 Tampilan Pengisian Data Teknis pada WaterCAD  
sumber : Bentley WaterCAD

## 5. Pemodelan mata air

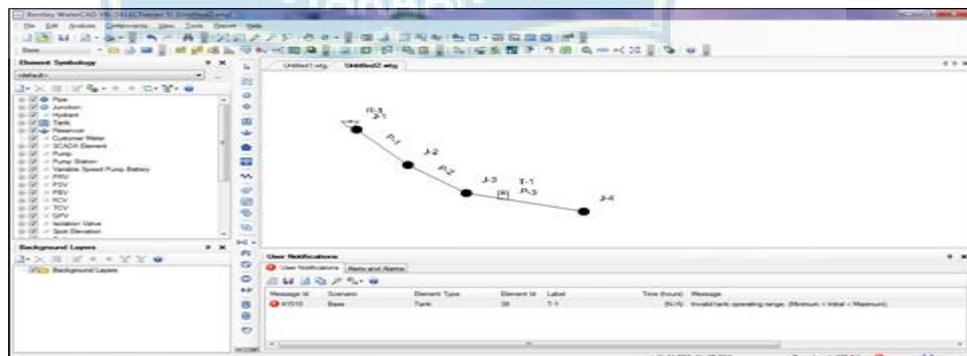
Pada program WaterCAD, reservoir digunakan sebagai model dari suatu sumber air seperti danau dan sungai. Di sini reservoir dimodelkan sebagai sumber air yang tidak bisa habis atau elevasi air selalu berada pada elevasi konstan pada saat berapapun kebutuhan airnya. Data yang dibutuhkan untuk memodelkan sebuah mata air adalah kapasitas debit dan elevasi mata air tersebut.



Gambar 2.29 Tampilan Pengisian Data Teknis *Reservoir* pada *WaterCAD*  
sumber : *Bentley WaterCAD*

## d. Perhitungan dan Analisis Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih

Setelah jaringan tergambar dan semua komponen tertata sesuai dengan yang diinginkan, maka untuk menganalisis sistem jaringan tersebut dilakukanlah *running (calculate)*.



Gambar 2.30 Tampilan Hasil *Running (Calculate)* pada *WaterCAD*  
sumber : *Bentley WaterCAD*

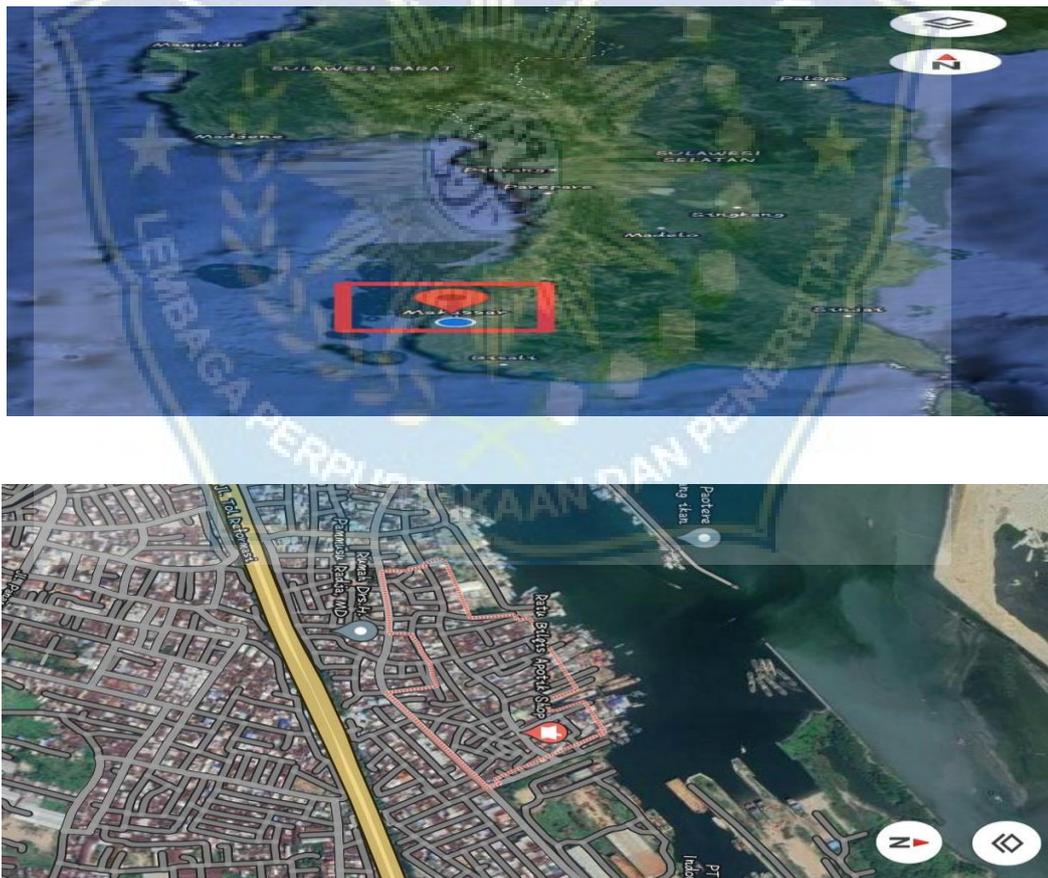


## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1. Lokasi Studi

Kelurahan Cambaya merupakan salah satu kelurahan yang ada di Kota Makassar, secara administratif terletak di Kecamatan Ujung Tanah (Gambar 2.1). Dengan luas wilayah sebesar  $\pm 0,20$  km. Secara geografis Kelurahan Cambaya terletak di  $5^{\circ}06'39.1''$  LS dan  $119^{\circ}25'35.8''$  BT.



Gambar 3.2. Lokasi Studi Cambaya Kota Makassar

## **3.2. Pengumpulan Data**

### **3.2.1. Data Ketersediaan Air di Sumber**

Data ini kemampuan diperlukan untuk mengetahui suatu sumber air dalam menyediakan total kapasitas kebutuhan air bersih yang direncanakan. Sumber air terdiri dari 2 sumber mata air yang berdekatan dengan potensi debit untuk sumber pertama sebesar 100 lt/detik dan sumber kedua sebesar 50 lt/detik. Air yang berasal dari kedua tersebut kemudian menyatu sumber dan masuk kedalam sungai.

### **3.2.2. Data Penduduk**

Data ini sangat diperlukan dalam proses perhitungan jumlah penduduk yang akan terlayani kebutuhan air bersihnya dan tingkat pelayanan yang harus dipenuhi. Pertumbuhan penduduk dari tahun ke tahun biasanya selalu mengikuti pola-pola tertentu, sehingga nantinya akan membantu memproyeksikan jumlah penduduk supaya hasil perhitungan dapat mendekati jumlah yang sebenarnya dari daerah yang dikaji.

### **3.2.3. Topografi**

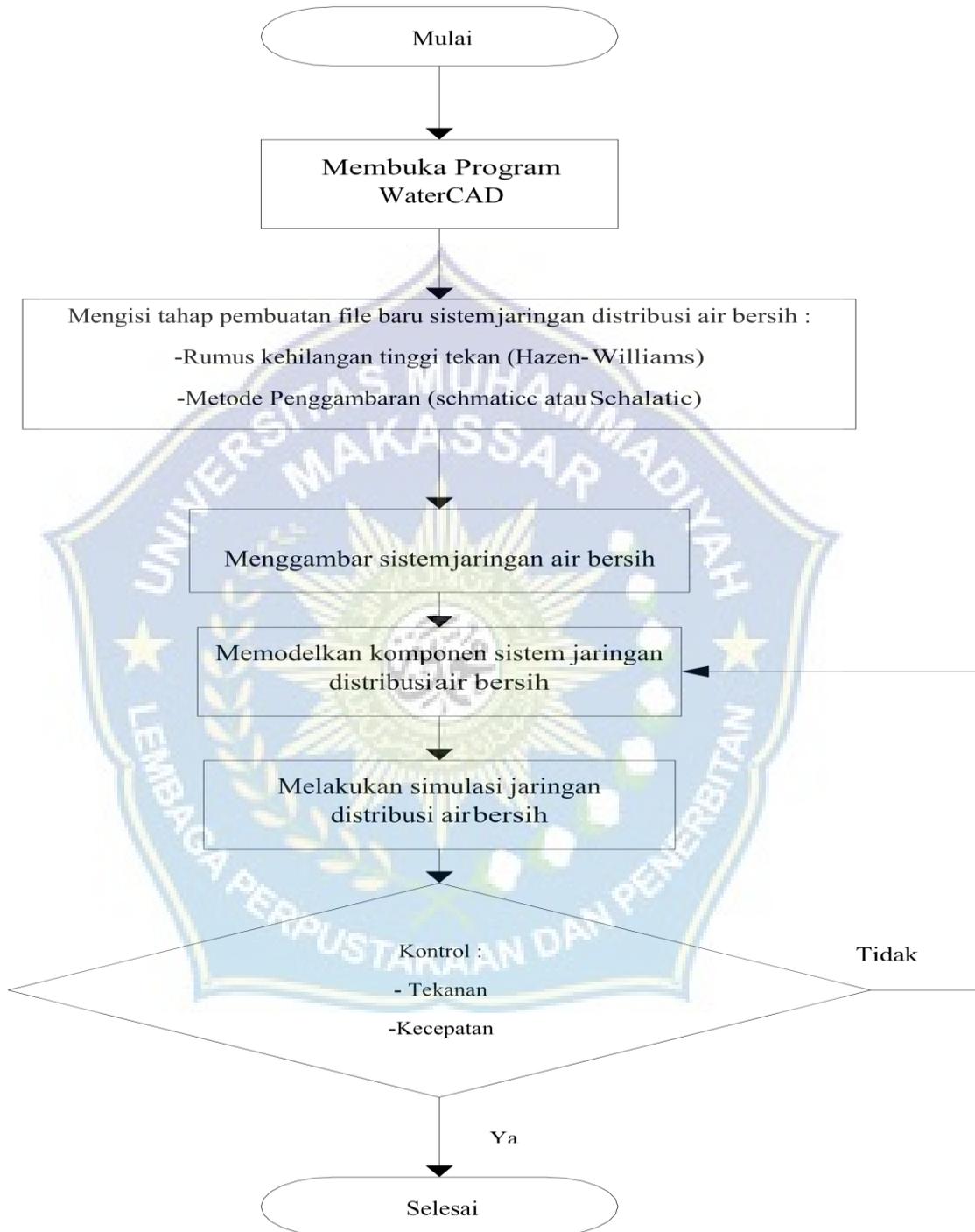
Data Topografi dapat digunakan untuk mengetahui daerah yang akan dilayani pada kajian ini. Untuk mengetahui elevasi dari sumber mata air, tandon dan daerah layanan dalam pelaksanaannya. Dari elevasi tersebut dapat diketahui sistem pengaliran air bersug yang akan digunakan pada perencanaan distribusi air bersih.

### 3.3. Sistem Pengolahan Data

Untuk mencapai tujuan yang diinginkan maka diperlukan langkah pengerjaan secara sistematis. Adapun langkah-langkah tersebut adalah sebagai berikut :

1. Pengumpulan data teknis yang digunakan dalam analisa jaringan air bersih.
  - Elevasi dan debit sumber mata air
  - Peta daerah layanan
  - Jumlah penduduk
2. Perhitungan proyeksi penduduk sampai tahun dengan metode Geometrik, Aritmatika dan Eksponensial.
3. Uji kesesuaian metode proyeksi penduduk dengan membandingkan antara standar deviasi dengan koefisien korelasi.
4. Analisa kebutuhan air bersih dan kemampuan pelayanan sumber.
5. Analisa area terlayani.
6. Melakukan simulasi dengan bantuan program WaterCAD.
  - Menentukan rumus kehilangan tinggi tekan (Hazen-Williams, Darcy Weisbach dan manning).
  - Memodelkan sistem jaringan distribusi air bersih, titik simpul, jenis pipa dan dll
7. Menghitung rencana anggaran biaya pembangunan.
8. Menghitung analisa ekonomi dan menentukan harga air pada jaringan air bersih.

## A. Flowchart Penelitian

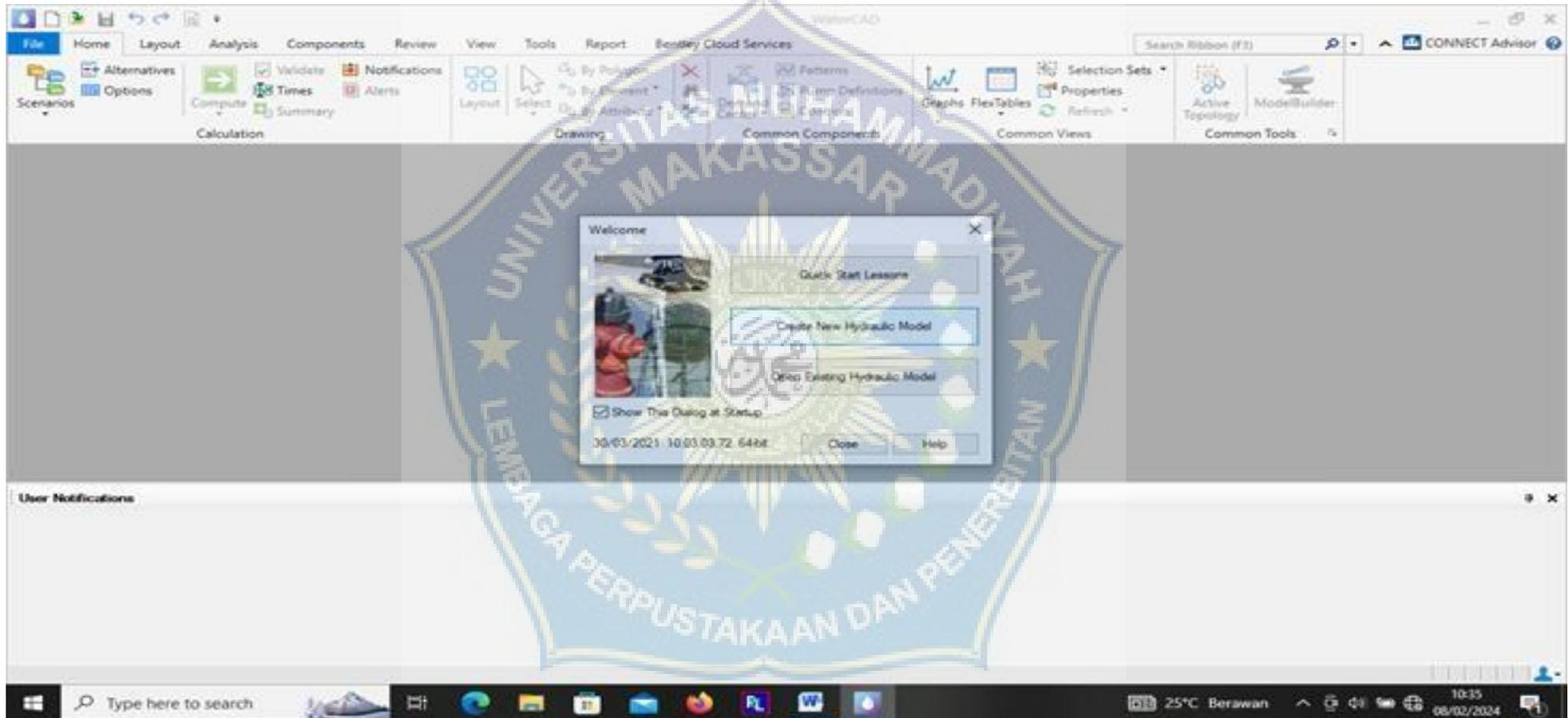


**Gambar 1** FlowChart penelitian.

### 3.4. Perlakuan Simulasi Program WaterCAD

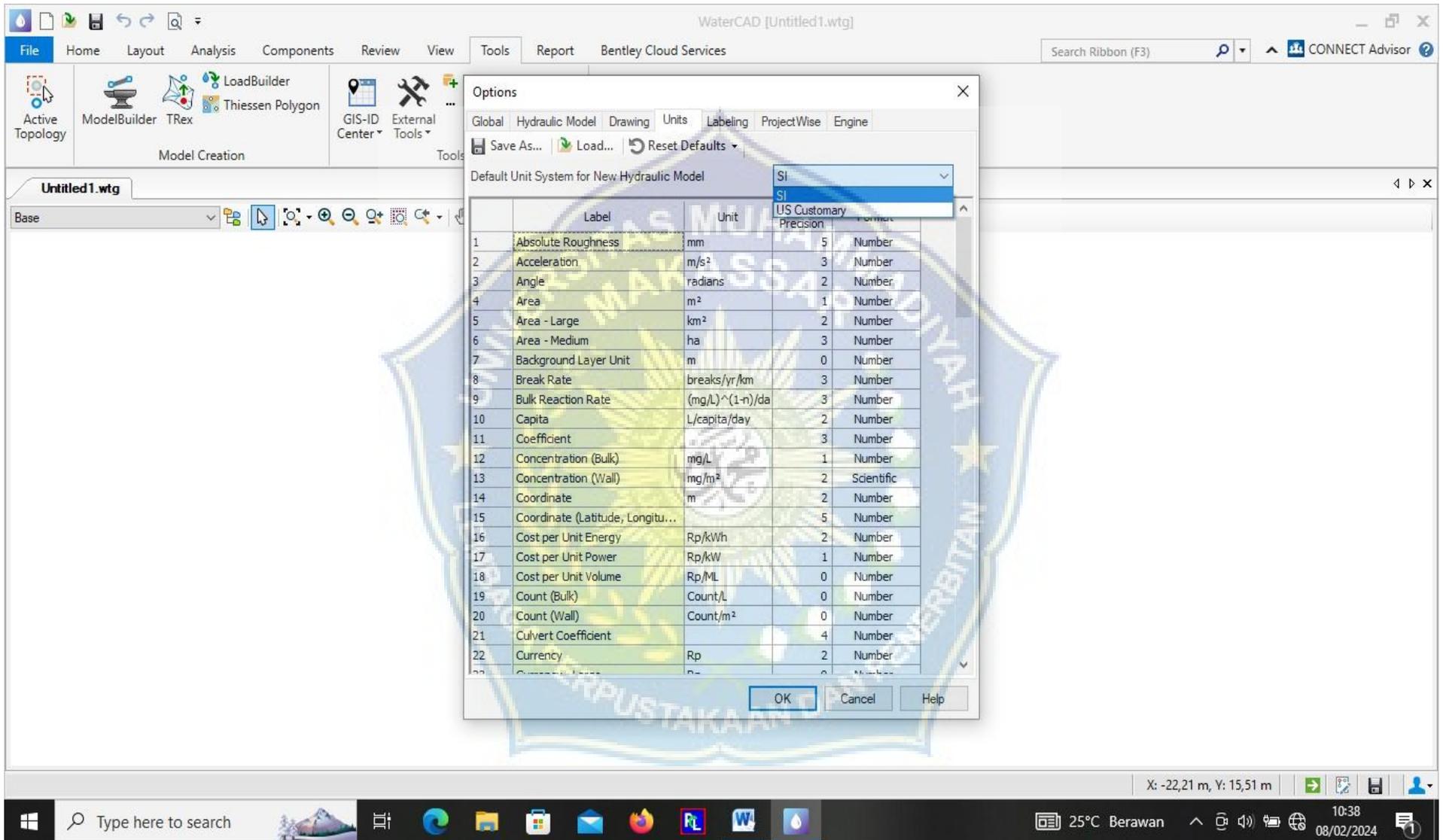
Analisa sistem jaringan pipa pada Kelurahan Cambaya Kota Makassar ini dilakukan berdasarkan data-data yang telah terkumpul. Untuk melakukan simulasi sistem jaringan pipa pada WaterCAD diperlukan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Pembukaan dan penamaan file baru sistem jaringan pipa dalam format WaterCAD ( Ctrl+N).

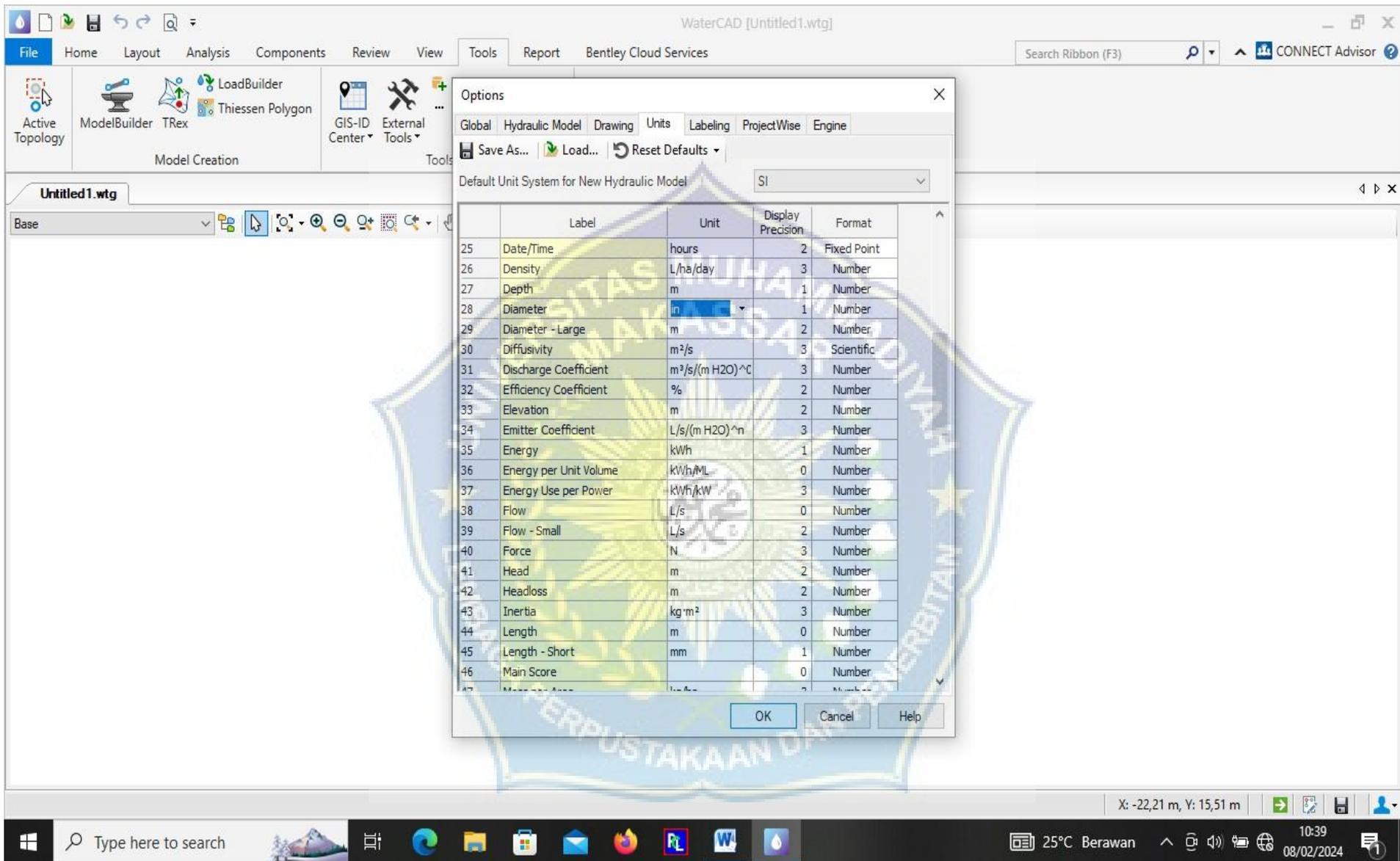


Gambar 3.3 Tampilan New Project

2. setelah Proseses New Project , ubah satuan Menjadi Si dan Diameter menjaadi In Dengan Klik Tools, lalu pilih Units.

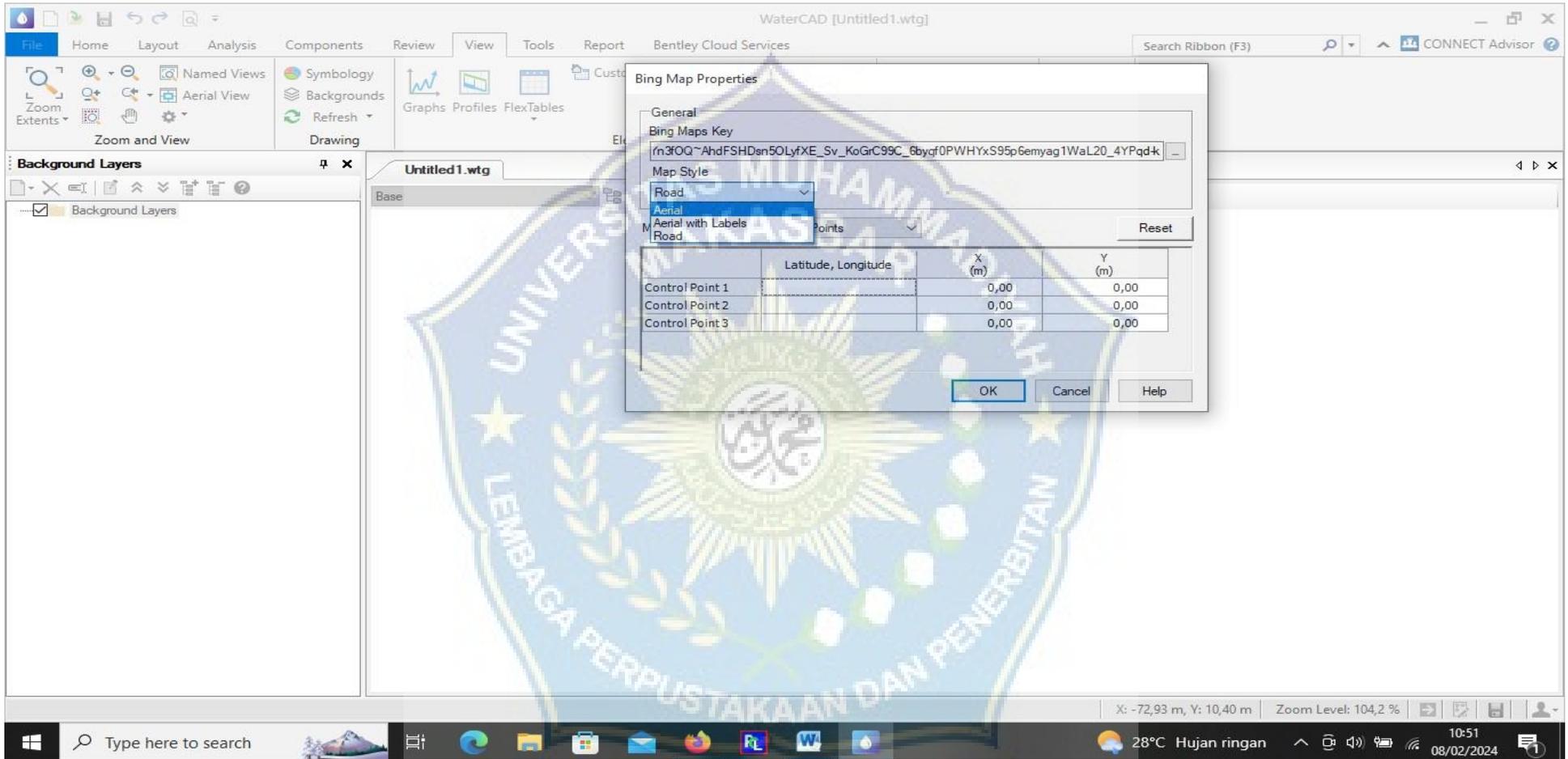


Gambar 3.4 Tampilan satuan SI

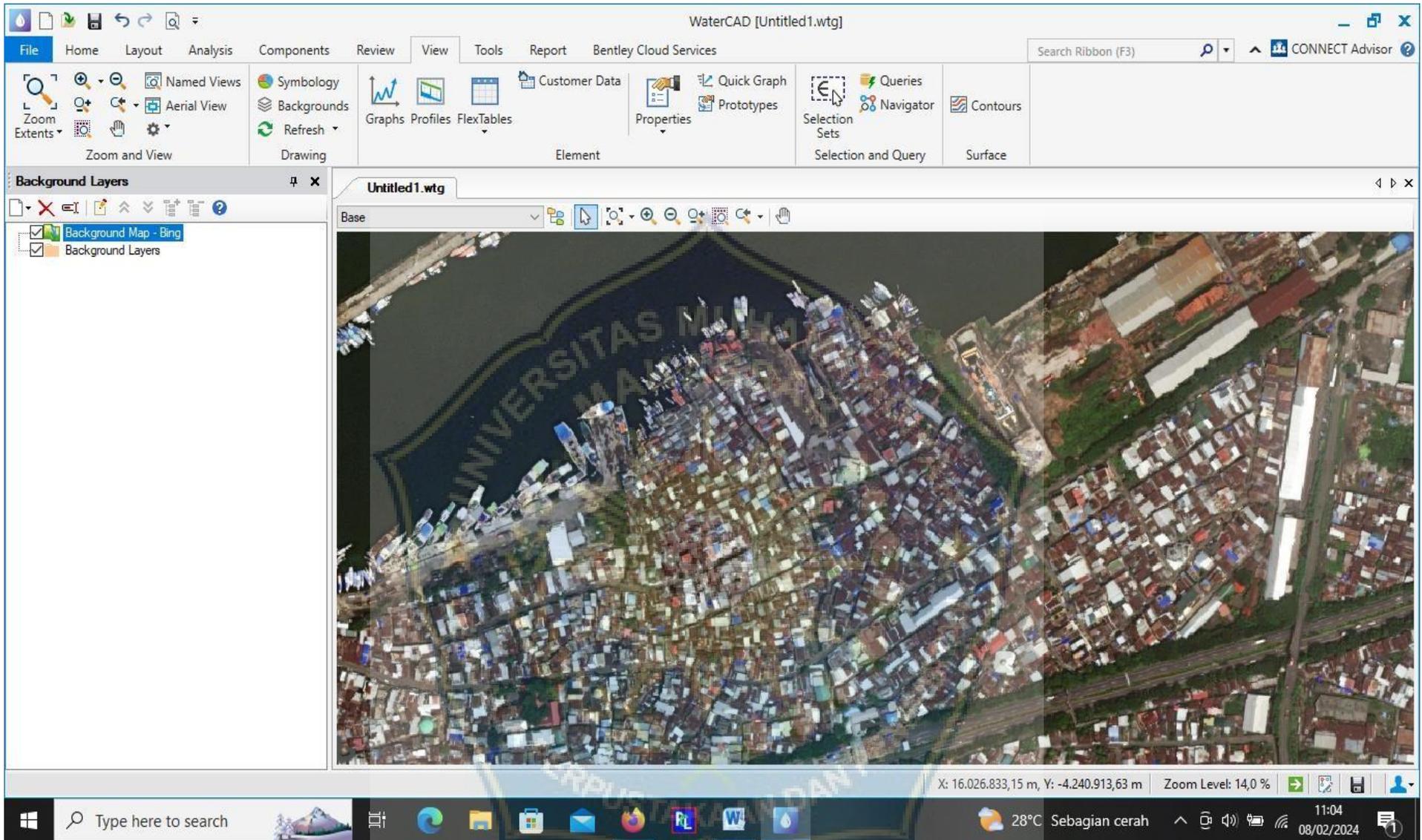


Gambar 3.5 Tampilan satuan Diameter Menjadi In

3. Proses selanjutnya menambahkan background untuk membuat sketsa dengan klik View kemudian pilih background pilih new kemudian bing unit , pilih titik tiga pilih user defiden bing key kemudian masukan key bing yang didapat dari blog bing maps portal ,pilih map style kemudian arial lalu ok.

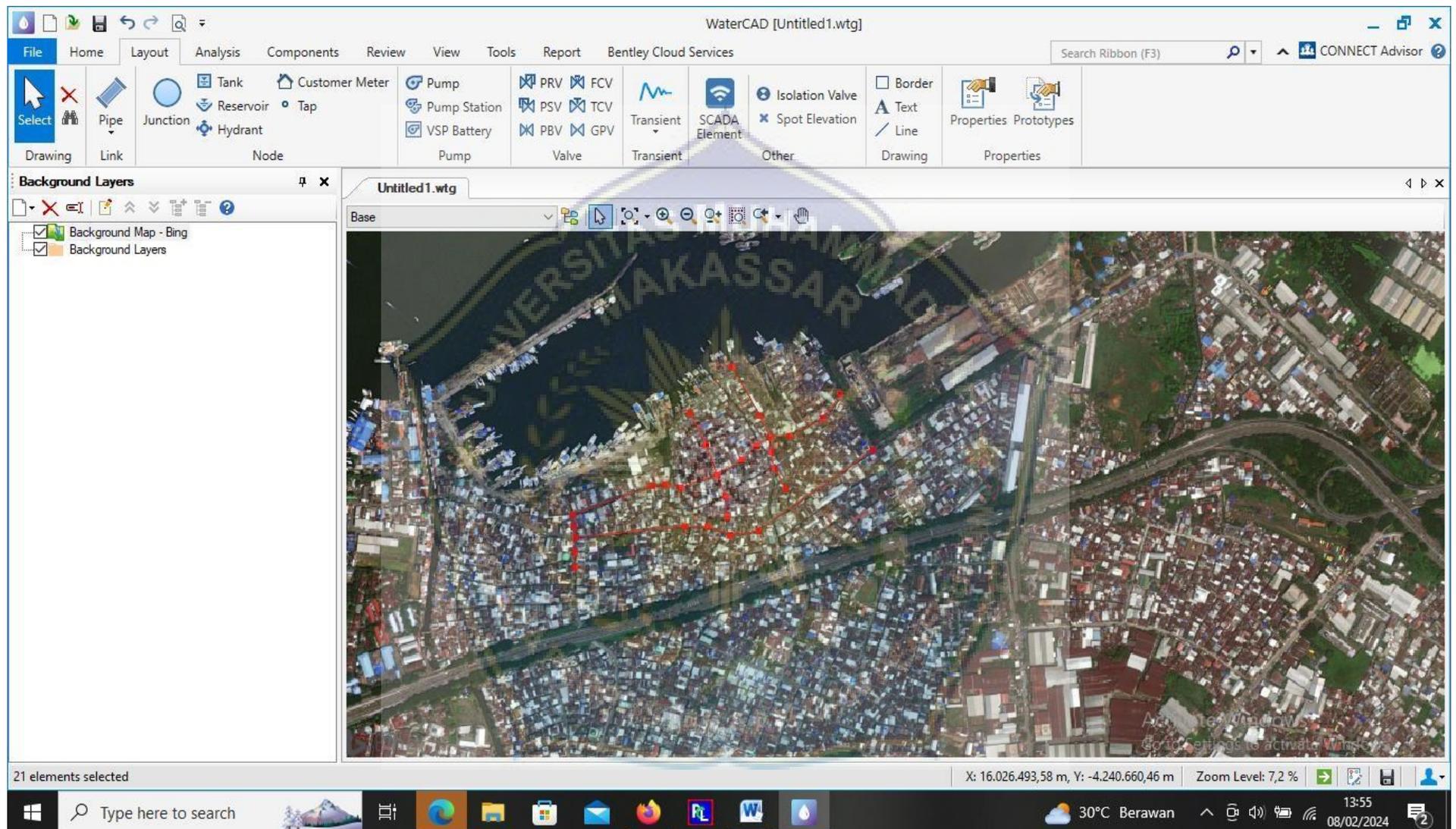


Gambar 3.6 Tampilan proses penambahan lokasi



Gambar 3.7 Tampilan lokasi

4. Langkah selanjutnya membuat sketsa jaringan pipa, dengan cara pilih layout , klik pipe , kemudian reservoir, kemudian junction kemudian gambar sketsa jaringan saluran pipa pada daerah kelurahan Cambaya kota Makassar.



WaterCAD [Untitled1.wtg]

File Home Layout Analysis Components Review View Tools Report Bentley Cloud Services

Search Ribbon (F3) CONNECT Advisor

Scenarios Alternatives Options Compute Calculate Validate Times Summary Notifications Alerts

Layout Select By Polygon By Element By Attribute Demand Center Patterns Pump Definitions Controls

Graphs FlexTables Selection Sets Properties Refresh Active Topology ModelBuilder

Properties: (select a single elem... X

Untitled1.wtg Patterns

Base Open patterns manager.

Select a single element from the hydraulic network.



21 elements selected

X: 16.026.272,57 m, Y: -4.240.681,44 m Zoom Level: 8,9 %

30°C Sebagian cerah 15:47 08/02/2024

WaterCAD [Fix.wtg]

File Home Layout Analysis Components Review View Tools Report Bentley Cloud Services

Search Ribbon (F3) CONNECT Advisor

Scenarios Alternatives Options Compute Summary Validation Notifications Alerts

Layout Select By Polygon By Element By Attribute Demand Center Patterns Pump Definitions Controls

Graphs FlexTables Selection Sets Properties Refresh

Active Topology ModelBuilder

Fix.wtg

P-2 Base

J-1 8.45 kPa

P-1 22.33 L/s

R-1

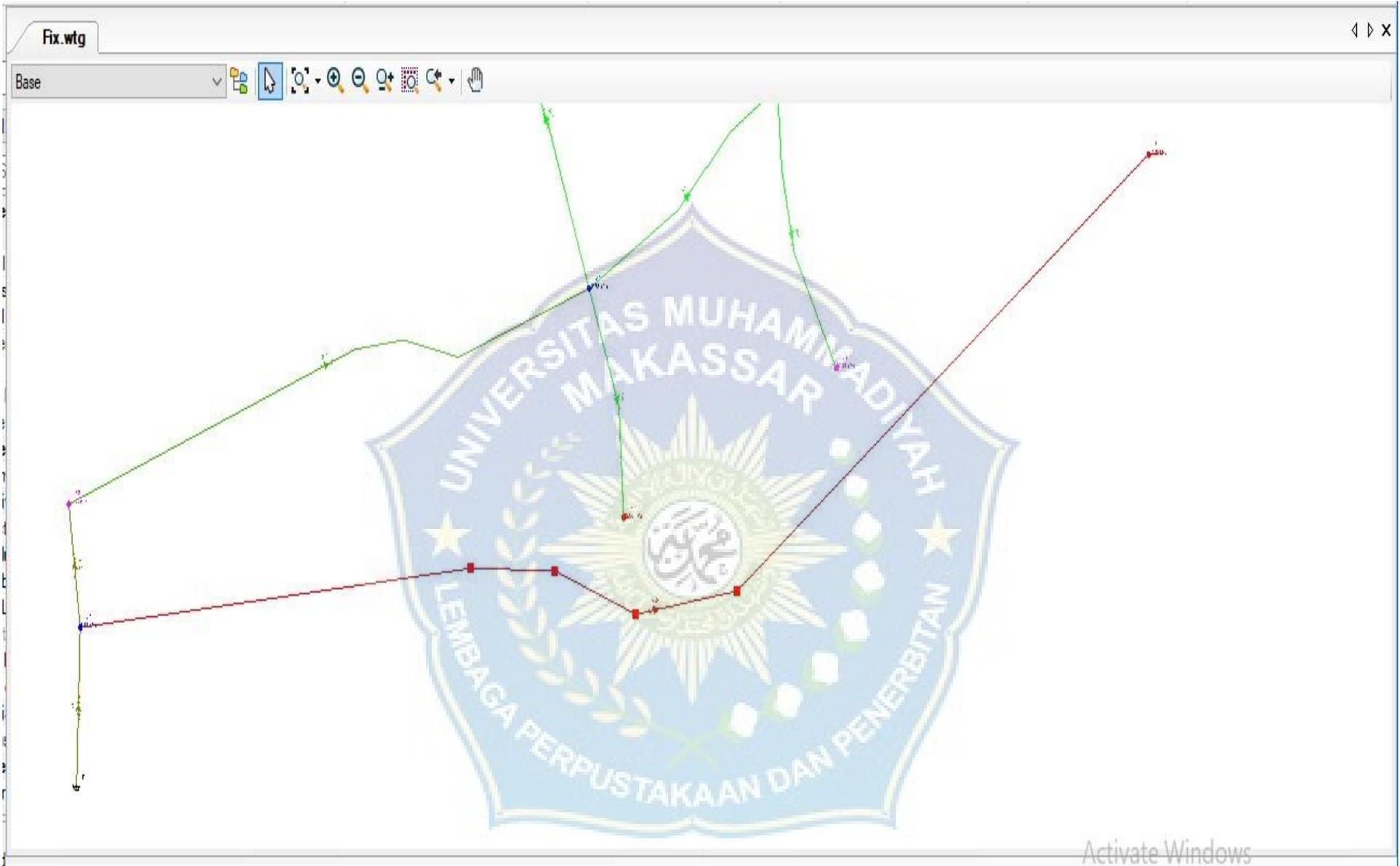
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

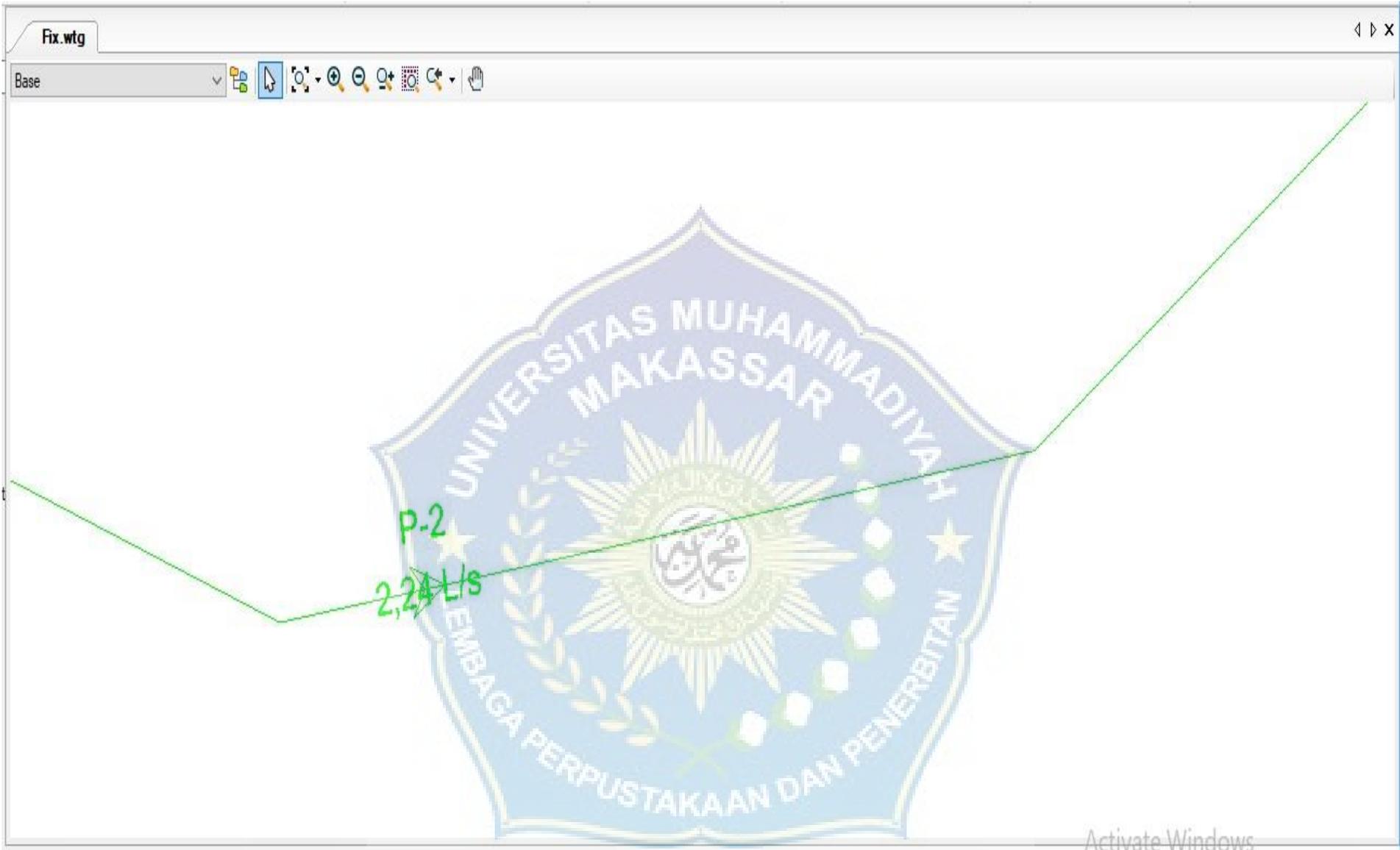
LEMBAGA PERPUSTAKAAN DAN PENERBITAN

Activate Windows  
Go to Settings to activate Windows.

User Notifications

X: 16.026.670,36 m, Y: -4.241.017,33 m Zoom Level: 96,0 %

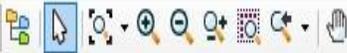




Fix.wtg

◀ ▶ X

Base



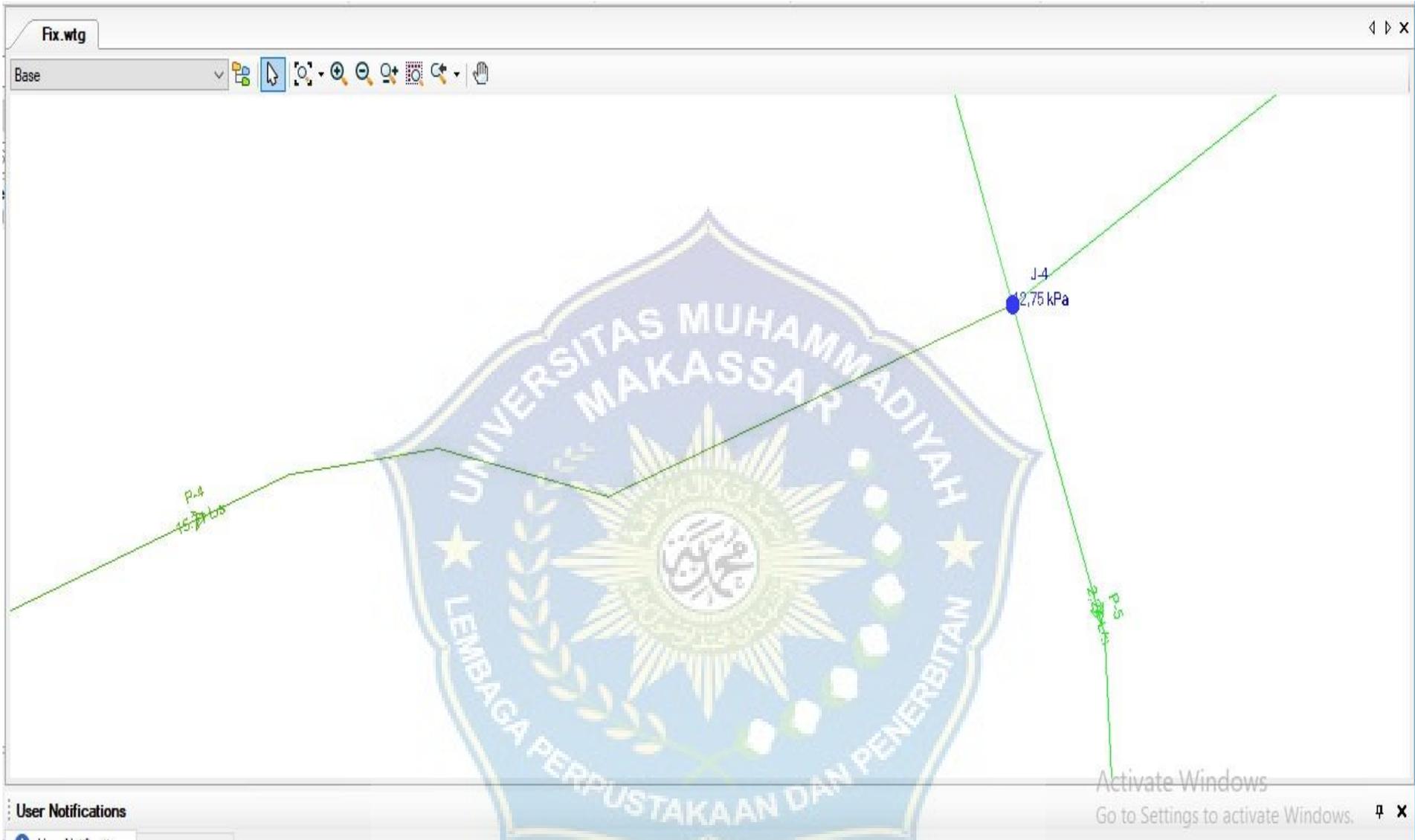
J-2

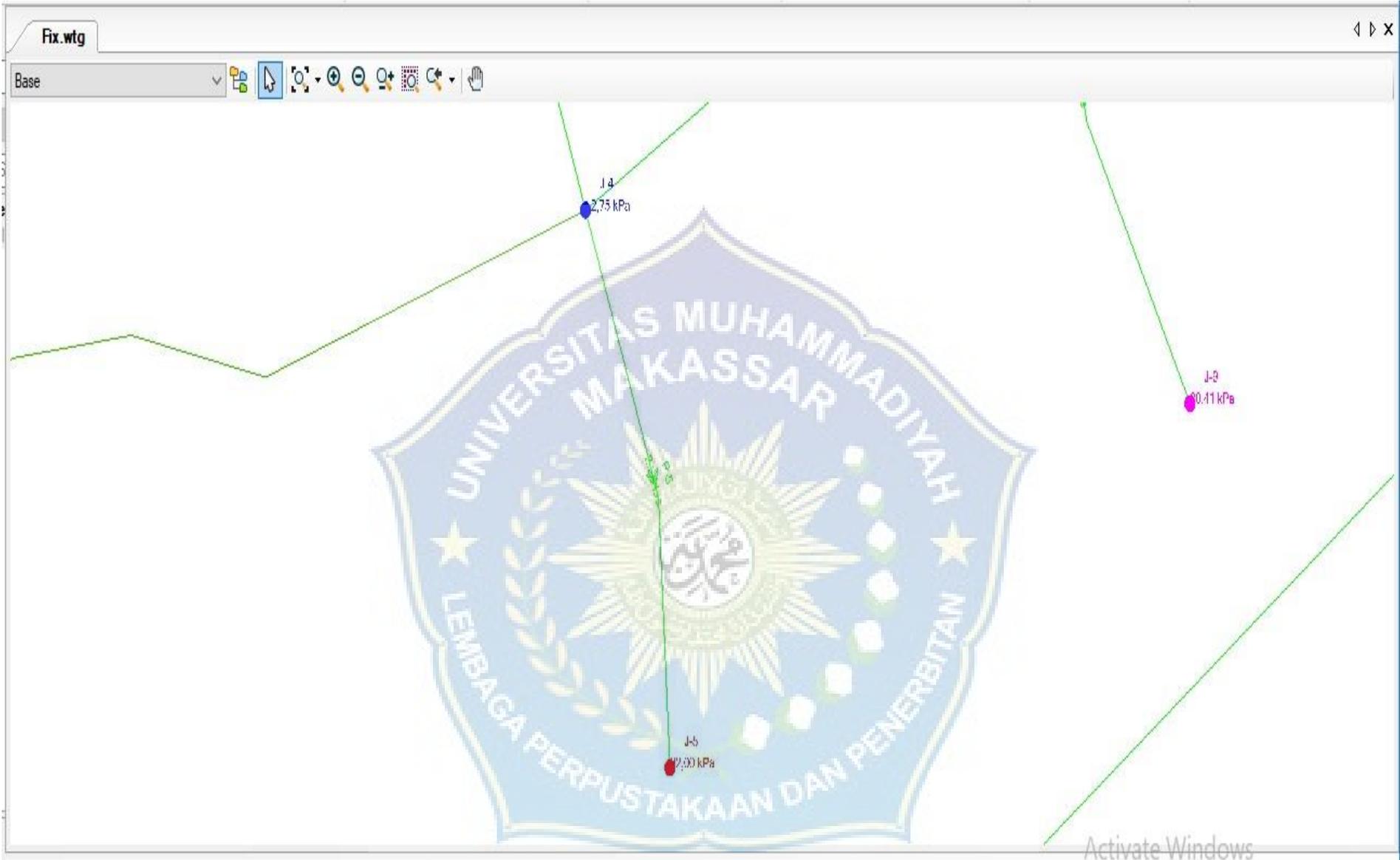
22,35 kPa

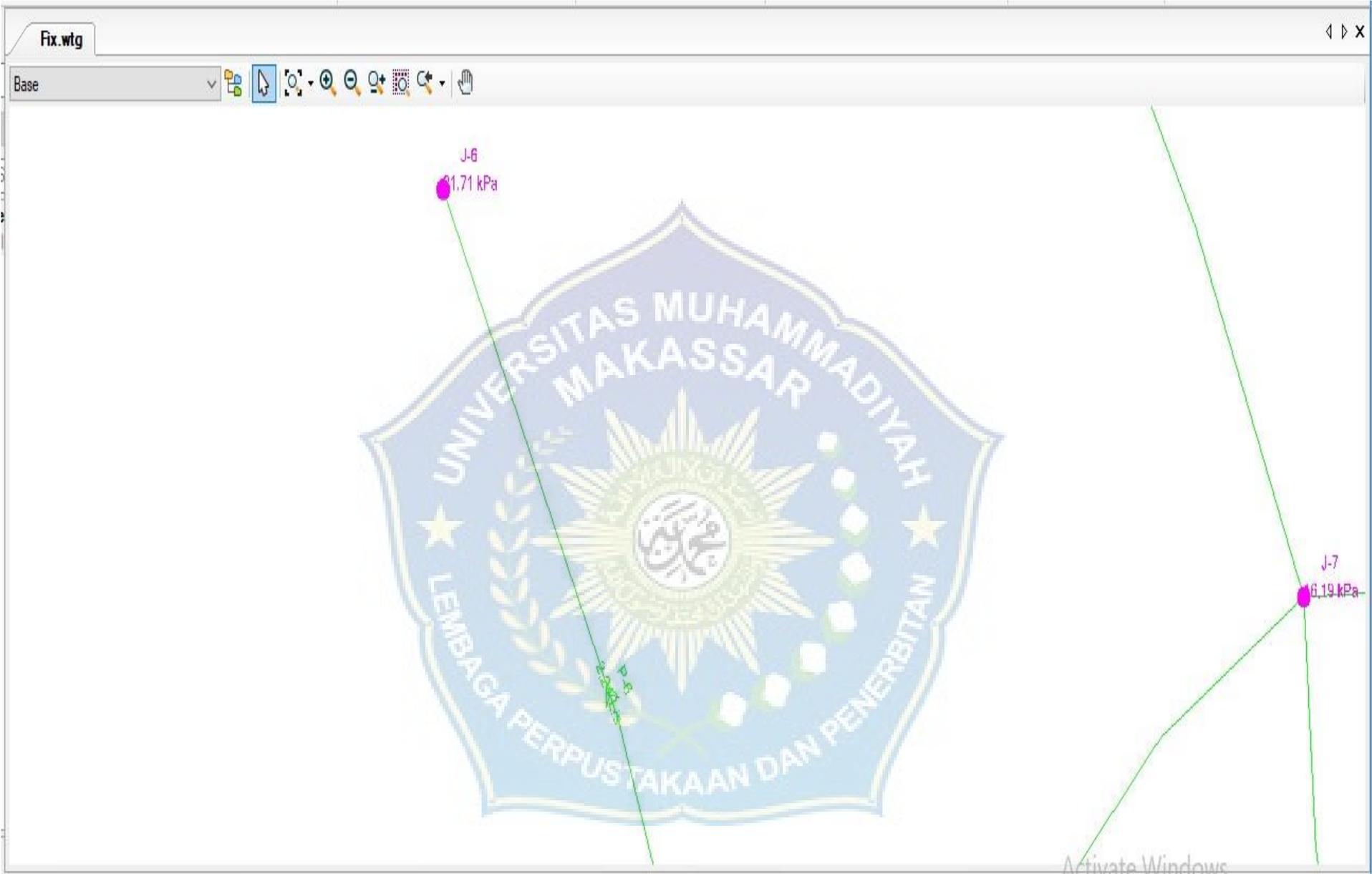
Activate Windows



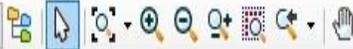
J-2  
82,35 kPa







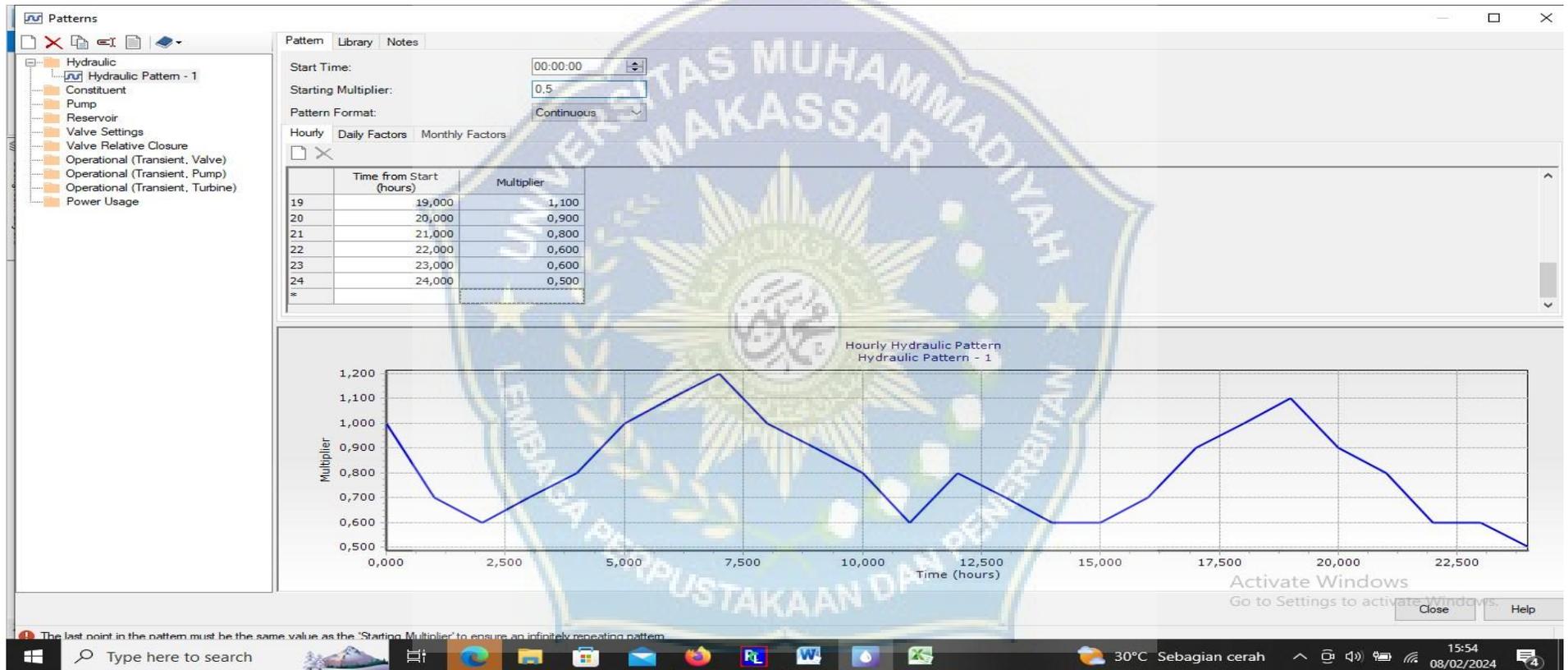






Gambar 3.9 Sketsa Jaringan pipa

- 5 Membuat pola pemakaian air/ Fluktuasi/ Waktu dengan klik home pilih pattenen klik new pada hidrolik pilih pattern format kemudian pilih comtinuous isi jam sampai 24 jam, isi multiplier sesuai perencanaan, isi starting multiplier dengan data akhir multiplier perencanaan,kemudian kembali ke home ubah pengaturan dengan pilih demand center, pilih patten demand, klik kanan pilih global edit, pilih value kemudian pilih pattenen yang sudah dibuat, selanjutnya setting running WaterCad dengan kembali ke home pilih option , pilih base calculation option paling atas, pilih calculation times, ubah time analysis type menjadi EPS kemudian klic compute.



**Calculation Summary (1: Base)**

Time (hours)	Balanced?	Trials	Relative Flow Change	Flow Supplied (L/s)	Flow Demanded (L/s)
1.00	True	2	0.0000001	24,31	24,31
2.00	True	1	0.0000001	24,31	24,31
3.00	True	2	0.0000001	28,05	28,05
4.00	True	2	0.0000001	33,66	33,66
5.00	True	2	0.0000000	39,27	39,27
6.00	True	2	0.0000001	43,01	43,01
7.00	True	2	0.0000001	41,14	41,14
8.00	True	2	0.0000001	35,53	35,53
9.00	True	2	0.0000001	31,79	31,79
10.00	True	2	0.0000001	26,18	26,18
11.00	True	1	0.0000001	26,18	26,18
12.00	True	2	0.0000000	28,05	28,05
13.00	True	2	0.0000001	24,31	24,31
14.00	True	2	0.0000000	22,44	22,44
15.00	True	2	0.0000001	24,31	24,31
16.00	True	2	0.0000002	29,92	29,92
17.00	True	2	0.0000001	35,53	35,53
18.00	True	2	0.0000000	39,27	39,27
19.00	True	2	0.0000000	37,40	37,40
20.00	True	2	0.0000001	31,79	31,79
21.00	True	2	0.0000001	26,18	26,18
22.00	True	2	0.0000000	22,44	22,44
23.00	True	2	0.0000001	20,57	20,57
24.00	True	2	0.0000001	22,44	22,44

**User Notifications**

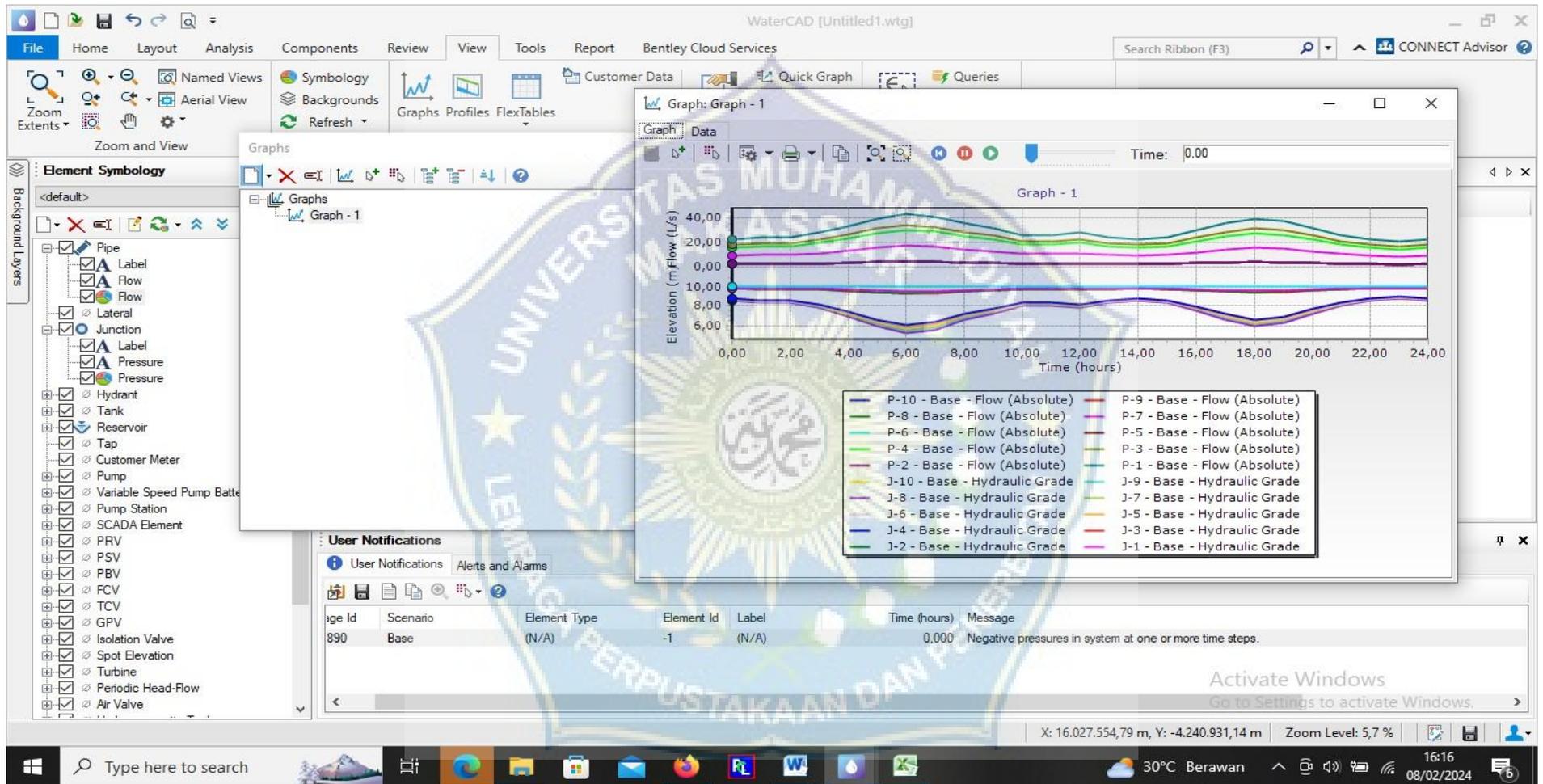
Message Id	Scenario	Element Type
41890	Base	(N/A)

Run Statistics

Item	Value
Time stamp	08/02/2024 22:22
Time to load	00:00:01.69
Time to run	00:00:00.13
Time step count	25
Link count	10
Node count	11

Gambar 3.11 Pola pemakaian air

- 6 Menentukan tekanan pada jaringan saluran pipa, klik kanan pipa dan junction kemudian pilih new , pilih annotation properti file name kemudian pilih flow untuk pipa dan pilih pressure untuk junction , selanjutnya kembali pilih new pilih color coding , kemudian pilih file name pilih flow untuk pipa , pilih file name pressure untuk junction, isi steps sesuai kebutuhan air kemudian klik calculate range.



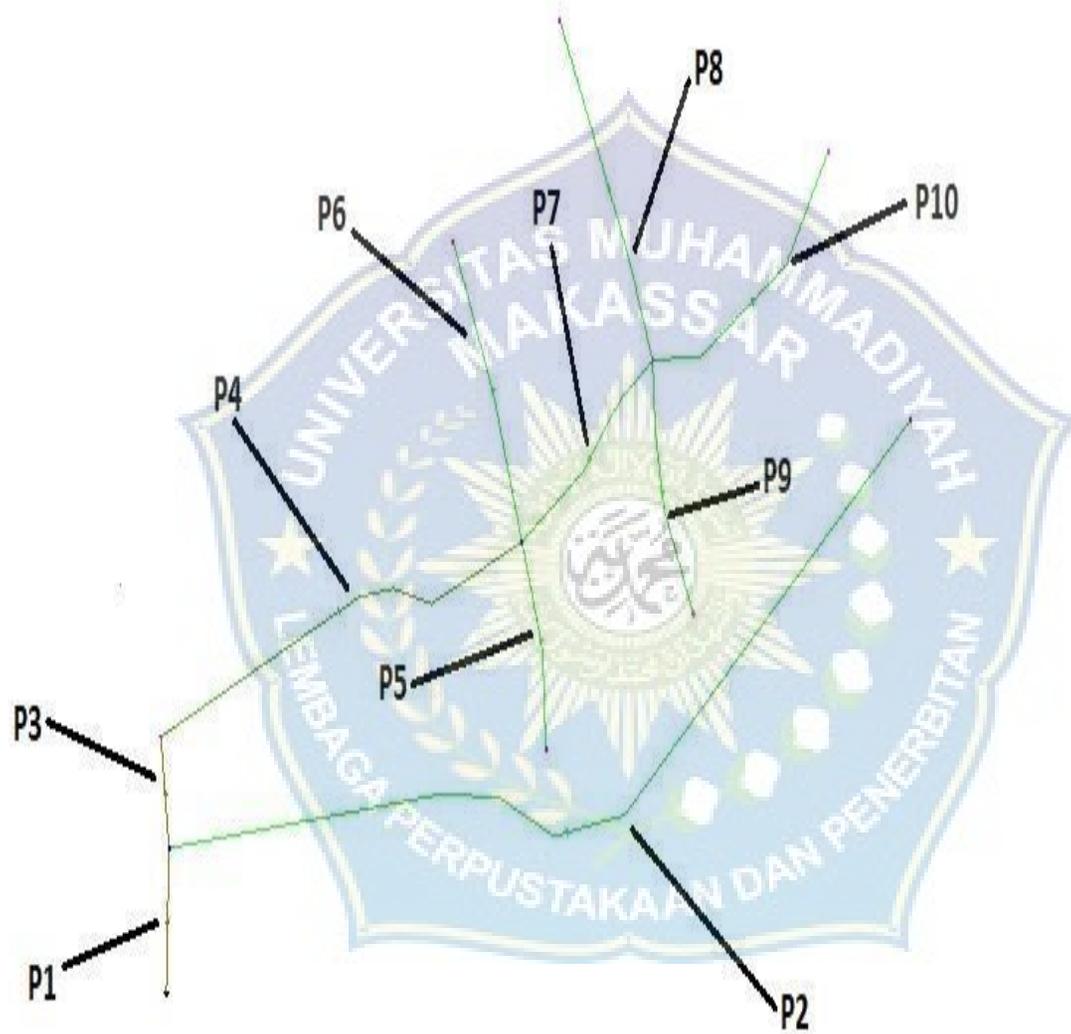
Gambar 3.12 Grafik tekanan jaringan saluran pipa

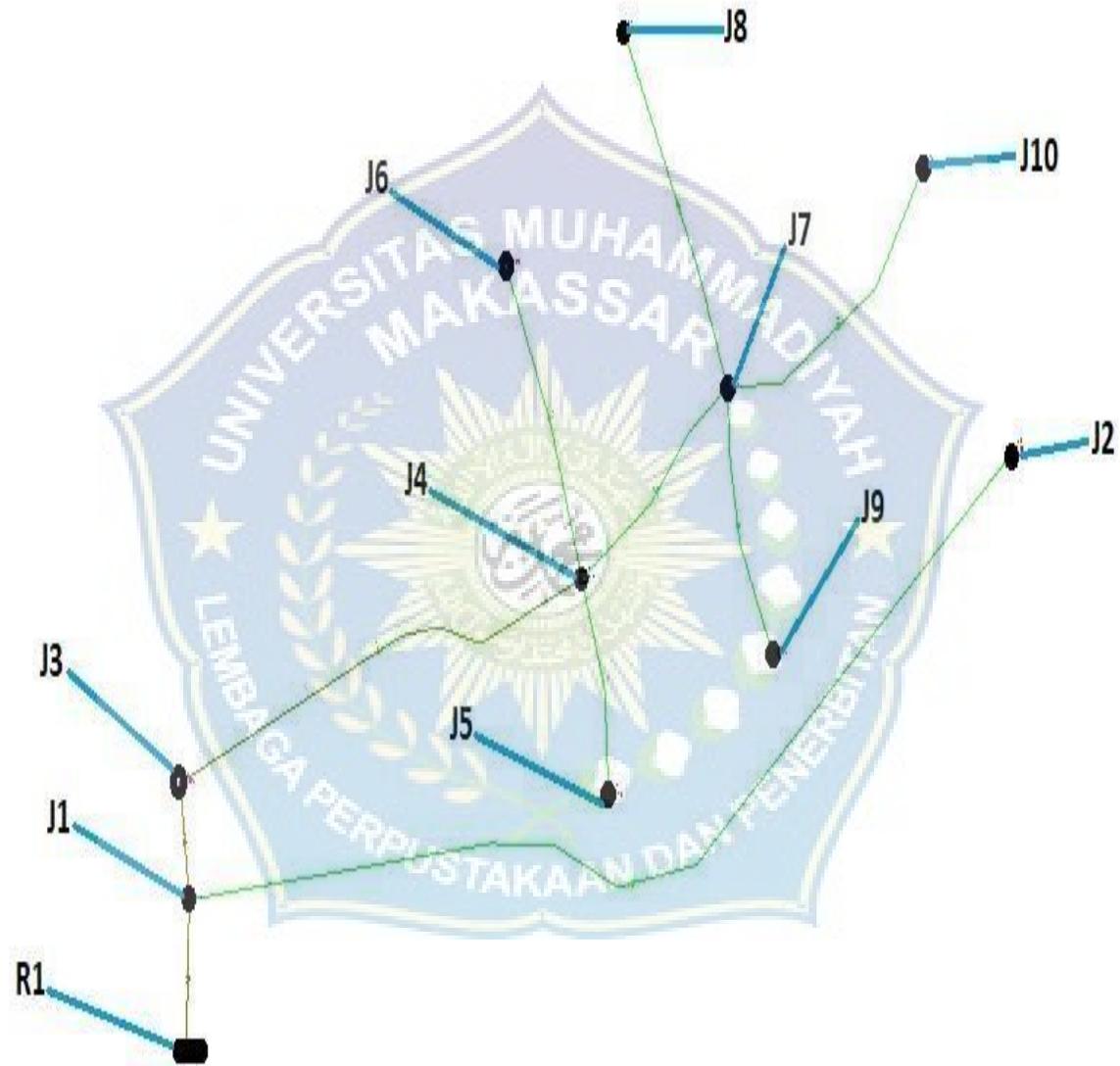
7 Melakukan simulasi sistem jaringan pipa serta menganalisis hasil yang diperoleh, dengan kembali ke home pilih fleks table kemudian pilih pipe dan muncul tabel hasil simulasi saluran jaringan pipa yang diharapkan.

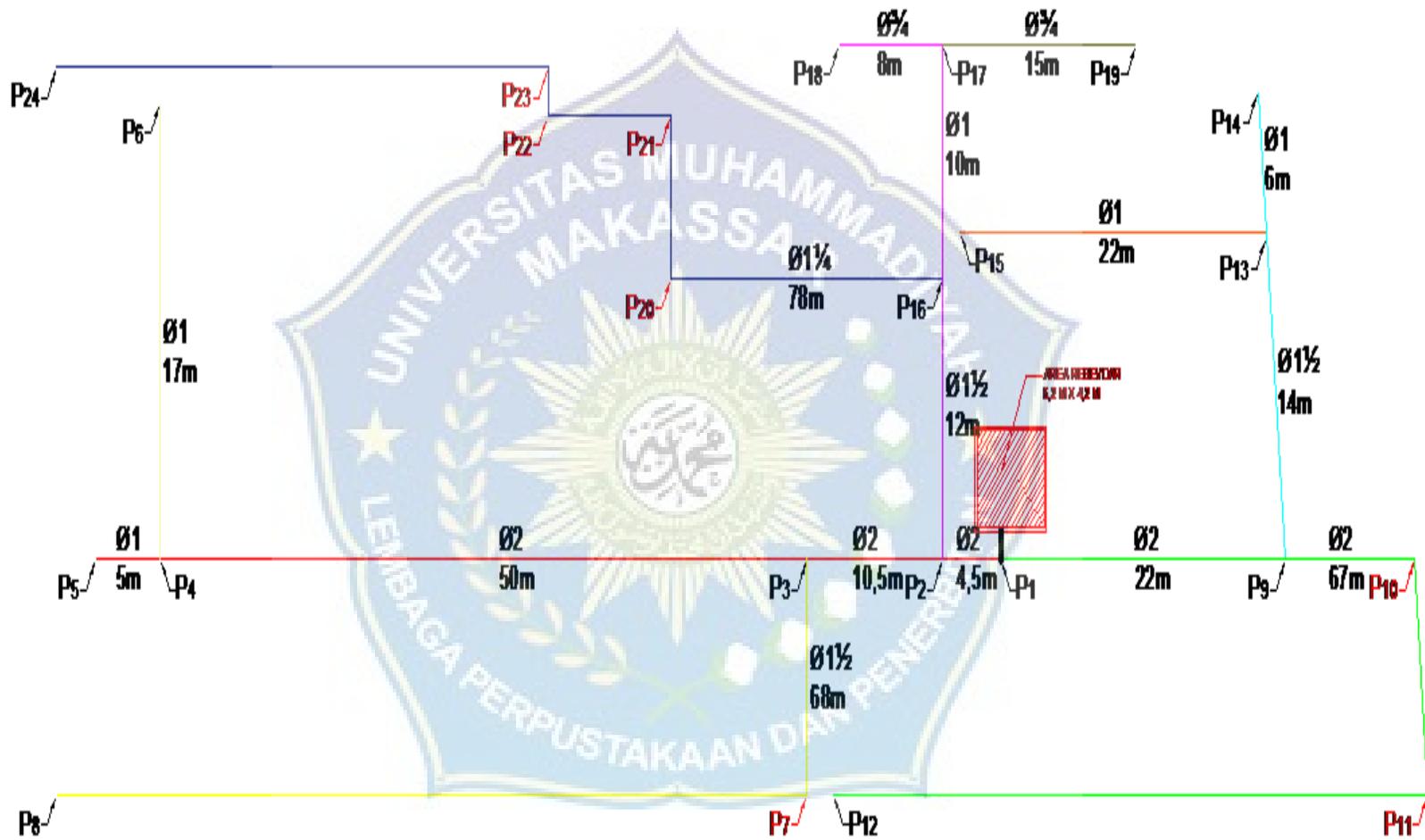
The screenshot shows the Bentley WaterCAD interface with a 'Graph: Graph - 1' window displaying a data table. The table has 14 columns: Time (hours), and flow rates for pipe segments P-10 through P-1, and hydraulic grades for pipe segments J-10 through J-8. The data is recorded at 1-hour intervals from 0 to 17 hours. A message box at the bottom of the software window displays the following information:

Object Id	Scenario	Element Type	Element Id	Label	Time (hours)	Message
890	Base	(N/A)	-1	(N/A)	0.000	Negative pressures in system at one or more time steps.

Gambar 3.13 Tabel hasil simulasi







# Peta Cambaya



## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1. Proyeksi Penduduk**

Perhitungan proyeksi penduduk dilakukan dengan 3 metode, yaitu metode aritmatik, metode eksponensial, dan metode geometrik. Setelah diketahui hasil perhitungan masing- masing metode maka akan dihitung uji kesesuaian dengan menggunakan metode standar deviasi dan koefisien korelasi. Penentuan metode proyeksi penduduk yang dipilih berdasarkan nilai standar deviasi yang terkecil dan koefisien korelasi mendekati 1.

Dalam Permen PU Tentang Penyelenggaraan Pengembangan SPAM No. 18/PRT/M2007, proyeksi penduduk dilakukan dalam jangka waktu 10 – 25 tahun kedepan. Perhitungan proyeksi penduduk pada studi ini dilakukan sampai dengan 15 tahun mulai dari tahun 2010 sampai dengan 2025.

Sebelum menghitung proyeksi jumlah penduduk, maka perlu diketahui rasio pertambahan penduduk. Untuk menghitung rasio pertambahan penduduk ini, maka data yang digunakan adalah data penduduk Kelurahan Cambaya Kota Makassar tahun 2010 sampai tahun 2015. Rasio pertambahan penduduk Cambaya akan disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Presentase Laju Pertumbuhan Penduduk Kelurahan Cambaya Kota

Makassar

Tahun	Total Jiwa	Jiwa	%
2005	1325		
2010	1463	100	2.93
2015	1615	100	3.23
	Rerata		1.200

Sumber : Hasil Perhitungan perhitungan laju pertumbuhan penduduk Kelurahan Cambaya Kota Makassar.

$$\begin{aligned}
 r &= \text{jumlah penduduk (2010)} - \text{jumlah penduduk tahun (2005)} \\
 &= 1463 - 1325 \\
 &= 138
 \end{aligned}$$

$$r(\%) = r / \text{jumlah penduduk (2005)}$$

$$= 138 / 1325$$

$$= 1,04 \%$$

Dari hasil nilai r (trend laju pertumbuhan penduduk) yang telah diketahui, nantinya akan digunakan dalam perhitungan proyeksi penduduk dengan metode aritmatik, geometrik dan eksponensial.

#### 4.1.1 Proyeksi Penduduk Metode Geometrik

Perhitungan proyeksi pertumbuhan penduduk dengan menggunakan metode geometrik dihitung berdasarkan persamaan (2-1) dan Tabel (4.1). Perhitungan pertumbuhan penduduk Kelurahan Cambaya Kota Makassar tahun 2025 :

$$P_0 = 1,615 \text{ (Tahun 2015)}$$

$$n = 15 \text{ (Proyeksi tahun ke-n)}$$

$$r = 2.00 \% \text{ (Rata-rata tingkat pertumbuhan penduduk)}$$

Perhitungan proyeksi jumlah penduduk untuk tahun 2025 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_n &= P_0(1 + r)^n \\ &= 1615 (1 + 2,00 \%)^{15} \\ &= 24709 \text{ Jiwa} \end{aligned}$$

Hasil proyeksi jumlah penduduk Kelurahan Cambaya Kota Makassar dengan menggunakan metode geometrik hingga tahun 2037 dijelaskan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.2 Proyeksi Pertumbuhan Penduduk dengan Metode Geometrik

Metode Geometrik	
Tahun	Kelurahan cambaya (Jiwa)
2005	0.92
2010	1.02
2015	1.12

Sumber : Hasil Perhitungan

#### 4.1.2 Proyeksi Penduduk Metode Aritmatik

Perhitungan proyeksi pertumbuhan penduduk dengan menggunakan metode aritmatik dihitung berdasarkan persamaan (2-2) dan Tabel (4.1). Perhitungan pertumbuhan penduduk Kelurahan Cambaya Kota Makassar tahun 2025 :

$$P_0 = 0.92 \text{ (Tahun 2005)}$$

$$n = 15 \text{ (Proyeksi tahun ke-n)}$$

$$r = 2.00\% \text{ (Rata-rata tingkat pertumbuhan penduduk)}$$

Perhitungan proyeksi jumlah penduduk untuk tahun 2025 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_n &= P_0 (1 + r \cdot n) \\ &= 0.92 (1 + (2,00\% \cdot 15)) \\ &= 1.196 \text{ Jiwa} \end{aligned}$$

Hasil proyeksi jumlah penduduk Kelurahan Cambaya Kota Makassar dengan menggunakan metode aritmatik hingga tahun 2037 dijelaskan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.3 Proyeksi Pertumbuhan Penduduk dengan Metode Aritmatik

Metode Aritmatik	
Tahun	Kulurahan cambaya (Jiwa)
2005	0.92
2010	1.02
2015	1.12

Sumber : Hasil Perhitungan

### 4.1.3 Proyeksi Penduduk Metode Eksponensial

Perhitungan proyeksi pertumbuhan penduduk dengan menggunakan metode eksponensial dihitung berdasarkan persamaan (2-1) dan Tabel (4.1). Perhitungan pertumbuhan penduduk Kelurahan Cambaya Kota Makassar tahun 2025:

$$P_0 = 0.92 \text{ (Tahun 2005)}$$

$$n = 15 \text{ (Proyeksi tahun ke-n)}$$

$$r = 2.00\% \text{ (Rata-rata tingkat pertumbuhan penduduk)}$$

$$e = 0.42 \text{ (Bilangan logaritma natural)}$$

Perhitungan proyeksi jumlah penduduk untuk tahun 2025 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_n &= P_0 \cdot e^{r \cdot n} \\ &= 0.92 \cdot 0.42^{2.00 \cdot 15} \\ &= 2434 \text{ Jiwa} \end{aligned}$$

Hasil proyeksi jumlah penduduk Kelurahan Cambaya Kota Makassar dengan menggunakan metode eksponensial hingga tahun 2037 dijelaskan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.4 Proyeksi Pertumbuhan Penduduk dengan Metode Aritmatik

Metode Eksponensial	
Tahun	Kulurahan cambaya (Jiwa)
2005	0.92
2010	1.02
2015	1.12

Sumber : Hasil Perhitungan

#### 4.1.4 Uji Kesesuaian Metode Proyeksi

Pemilihan metode proyeksi penduduk berdasarkan cara pengujian statistik yaitu berdasarkan nilai standar deviasi yang terkecil dan koefisien korelasi terbesar mendekati +1.

##### 4.1.4.1 Standar Deviasi

perhitungan standar deviasi pada proyeksi penduduk Kelurahan Cambaya Kota Makassar dengan metode aritmatik :

1. Data jumlah penduduk tahun 2005 – 2015 ( $X$ )
2. Rata-rata jumlah penduduk tahun 2005 – 2015 ( $\bar{X}$ ) = 6588 Jiwa
3. Proyeksi penduduk tahun 2005 – 2015 dengan metode aritmatik ( $X_i$ )
4. Proyeksi penduduk ( $X_i$ ) – Rata-rata jumlah penduduk ( $\bar{X}$ )

$$\begin{aligned}\text{Tahun 2015} &= X_i - \bar{X} \\ &= 1325 - 6588 \\ &= -526\end{aligned}$$

5. (Proyeksi penduduk ( $X_i$ ) - Rata-rata jumlah penduduk ( $\bar{X}$ ))<sup>2</sup>

$$\begin{aligned}\text{Tahun 2017} &= (X_i - \bar{X})^2 \\ &= (-526)^2 \\ &= 27667\end{aligned}$$

6. Total  $(X_i - \bar{X})^2 = 86400$

7. Standar deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{86400}{15-1}}$$

$$= 185,959$$

Tabel 4.5 Rekapitulasi Perhitungan Standar Deviasi

Kelurahan	Proyeksi Metode		
	Geometrik	Aritmatik	Eksponensial
Cambaya	120.609	185.959	121.561

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan perhitungan standar deviasi pada Tabel 4.5 maka diketahui metode proyeksi yang mempunyai nilai standar deviasi yang terkecil adalah metode aritmatik dengan hasil proyeksi 185.959. Metode proyeksi penduduk dengan nilai standar deviasi terkecil akan dipilih sebagai proyeksi jumlah penduduk untuk perencanaan sistem jaringan distribusi air bersih.

**4.1.4.2 Koefisien Korelasi**

Contoh perhitungan koefisien korelasi proyeksi pertumbuhan penduduk

Kelurahan Cambaya Kota Makassar dengan Metode Aritmatik :

1. Data asli  $X_i$  tahun 2005 = 1325,  $\sum(X_i)$  tahun 2005 – 2015 = 29043
2.  $X_i^2$  tahun 2005 =  $1325^2 = 1755625$  ,  $\sum(X_i^2)$  tahun 2005 – 2015 = 105530253
3. Hasil proyeksi tahun 2005  $Y_i = 1325$ ,  $\sum(Y_i)$  tahun 2005 – 2015 = 29321

4.  $Y_i^2$  tahun 2005 = 1325 = 1755625,  $\sum(Y_i^2)$  tahun 2005 – 2015 = 107669714

5.  $X_i \times Y_i$  tahun 2015 = 1325 x 1325 = 1755625  
 $\sum(X_i \times Y_i)$  tahun 2005 – 2015 = 106579458

6. Koefisien Korelasi

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{(n \sum X^2 - (\sum X)^2)(n \sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

$$= \frac{(15 \times 106579458) - (29043 \times 29043)}{\sqrt{((15 \times 105530253) - 29043^2) \times ((15 \times 107669714) - (29321^2))}}$$

$$= 1,104$$

Tabel .4.6 Rekapitulasi Perhitungan Koefisien Korelasi

Kelurahan	Metode Proyeksi		
	Geometrik	Aritmatik	Eksponensial
Cambaya	0.955	1.104	0.955

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan perhitungan koefisien korelasi pada tabel 4.6, maka diketahui metode proyeksi yang mempunyai nilai korelasi yang terbesar mendekati +1 adalah metode aritmatik dengan hasil proyeksi 1.104. Metode proyeksi penduduk dengan nilai koefisien korelasi yang terbesar mendekati +1 akan dipilih sebagai proyeksi jumlah penduduk untuk perencanaan sistem jaringan distribusi air bersih.

Penentuan metode yang digunakan untuk perhitungan proyeksi kebutuhan air bersih dengan menggunakan metode standar deviasi dan koefisien korelasi. Metode yang dipilih adalah metode dengan standar deviasi yang paling kecil dan

koefisien korelasi yang terbesar mendekati +1. Dari tabel 4.5 nilai standar deviasi terkecil adalah metode aritmatik dengan hasil 185.959, dan dari tabel 4.6 nilai koefisien korelasi yang terbesar mendekati +1 adalah metode aritmatik dengan hasil 0.968. Sehingga diambil kesimpulan metode proyeksi penduduk yang akan digunakan dalam perhitungan selanjutnya adalah metode aritmatik.

#### 4.2 Proyeksi Kebutuhan Air Bersih

Berikut ini adalah perhitungan proyeksi kebutuhan air bersih di Kelurahan Cambaya Kota Makassar tahun 2027 dengan presentase penduduk seperti pada tabel dan kehilangan air sebesar 20% :

1. Proyeksi jumlah penduduk pada tahun 2027 sebesar 6588 jiwa
2. Kebutuhan air untuk tiap 1 orang per hari adalah 60 lt/org/hari
3. Kebutuhan air domestik
  - = Jumlah penduduk x Kebutuhan tiap orang
  - = 6588 jiwa x 60 lt/org/hari
  - = 797992 lt/hr
  - = 7.979 lt/dt
4. Kebutuhan air rata-rata
  - = Total kebutuhan air + kehilangan air
  - = (Qdomestik) + kehilangan air
  - = (7.979 lt/dt) + (20% x Total kebutuhan air)
  - = 7.979 lt/dt + (20% x 1.325 lt/dt)
  - = 8.244 lt/dt
5. Kebutuhan air maksimum

$$= 1.15\% \times \text{Kebutuhan air rata-rata}$$

$$= 1.15\% \times 8.244 \text{ lt/dt}$$

$$= 9.480 \text{ lt/dt}$$

6. Kebutuhan jam puncak

$$= 1.56 \times \text{Kebutuhan air rata-rata}$$

$$= 1.56 \times 8.244 \text{ lt/dt}$$

$$= 12.86 \text{ lt/dt}$$

Perhitungan kebutuhan air akan dijelaskan tiap jangka waktu 5 tahun dan akan disajikan pada Tabel 4.7 sebagai berikut :

Tabel 4.7 Perhitungan Kebutuhan Air Bersih di Kelurahan Cambaya

No	Uraian	Satuan	Tahun		
			2005	2010	2027
1	Jumlah penduduk total	Jiwa	1.325	1.463	1.615
2	Kebutuhan air untuk tiap 1 orang per hari	lt/hari/org	60	60	60
3	Kebutuhan air domestik	lt/hr	242256	251058	797992
		lt/dt	2.422	2.510	7.979
4	Kebutuhan air baku rata-rata	lt/dt	3.640	4.029	8.244
5	Kebutuhan harian maksimum	lt/dt	4.152	4.438	9.480
6	Kebutuhan air pada jam puncak	lt/dt	5.632	6.020	12.860

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan air bersih rata-rata pada tahun 2037 yaitu sebesar 12.791 l/dt. Tersedianya debit sebesar 148 l/dt dan kebutuhan rata-rata 12.791 l/dt, dengan demikian kebutuhan air tersebut bisa terpenuhi. Dengan potensi debit sebesar 148 l/dt masih bisa dilakukan pengembangan jaringan distribusi air bersih lainnya.

#### 4.4.2 Kondisi Aliran Pipa Distribusi

Berikut ini hasil simulasi pipa jaringan distribusi menggunakan program WaterCAD pada tahun 2037.

Tabel 4.12 Hasil Simulasi Aliran pada Pipa Pukul 00.00

Label	Diameter	Material	Hazen- William C	Kecepatan (m/s)	Syarat Kecepatan (m/s)	Headloss (m/km)	Syarat Headloss (m/km)	Keterangan
P-1	8	PVC	120	0,69	0,1 - 2,5	0,14	0 - 15	Memenuhi
P-2	6	PVC	150	0,12	0,1 - 2,5	0,06	0 - 15	Memenuhi
P-3	8	PVC	120	0,55	0,1 - 2,5	0,07	0 - 15	Memenuhi
P-4	6	PVC	150	0,86	0,1 - 2,5	0,99	0 - 15	Memenuhi
P-5	4	PVC	150	0,28	0,1 - 2,5	0,06	0 - 15	Memenuhi
P-6	4	PVC	150	0,28	0,1 - 2,5	0,08	0 - 15	Memenuhi
P-7	6	PVC	150	0,49	0,1 - 2,5	0,15	0 - 15	Memenuhi
P-8	4	PVC	150	0,28	0,1 - 2,5	0,1	0 - 15	Memenuhi
P-9	4	PVC	150	0,28	0,1 - 2,5	0,7	0 - 15	Memenuhi
P-10	6	PVC	150	0,12	0,1 - 2,5	0,02	0 - 15	Memenuhi

Sumber : Hasil Perhitungan WaterCAD

### Hasil Simulasi Aliran pada Pipa Pukul 06.00

Label	Diameter	Material	Hazen- William	Kecepatan	Syarat Kecepatan	Headloss	Syarat Headloss	Keterangan
	(inch)		C	(m/s)	(m/s)	(m/km)	(m/km)	
P-1	8	PVC	120	1,33	0,1 - 2,5	0,46	0 - 15	Memenuhi
P-2	6	PVC	150	0,24	0,1 - 2,5	0,19	0 - 15	Memenuhi
P-3	8	PVC	120	1,06	0,1 - 2,5	0,23	0 - 15	Memenuhi
P-4	6	PVC	150	1,65	0,1 - 2,5	3,3	0 - 15	Memenuhi
P-5	4	PVC	150	0,53	0,1 - 2,5	0,18	0 - 15	Memenuhi
P-6	4	PVC	150	0,53	0,1 - 2,5	0,28	0 - 15	Memenuhi
P-7	6	PVC	150	0,94	0,1 - 2,5	0,5	0 - 15	Memenuhi
P-8	4	PVC	150	0,53	0,1 - 2,5	0,33	0 - 15	Memenuhi
P-9	4	PVC	150	0,53	0,1 - 2,5	0,23	0 - 15	Memenuhi
P-10	6	PVC	150	0,24	0,1 - 2,5	0,05	0 - 15	Memenuhi

Sumber : Hasil Perhitungan WaterCAD

Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan dengan menggunakan bantuan Program WaterCAD, dapat diketahui:

- Kecepatan aliran pada (P-10) berkisar antara 0.10 – 0.24 m/detik.

Kecepatan tertinggi terjadi pada pukul 06.00 sebesar 0.24 m/detik, sedangkan kecepatan terendah terjadi pada pukul 00.00 sebesar 0.12 m/detik. Luas penampang yang berbeda dan debit yang berubah tiap jamnya menyebabkan kecepatan aliran yang terjadi juga akan berubah.



Gambar 4.2 Fluktuasi Kecepatan pada P-10

Sumber: Hasil Perhitungan Program WaterCAD

- Headloss yang terjadi pada pipa (P-10) berkisar antara 0,02 – 0,05 m/km. Headloss terbesar terjadi pada pukul 06.00 sebesar 0,05 m/km sedangkan headloss gradient terkecil terjadi pada pukul 00.00 sebesar 0,02 m/km. Peningkatan atau penurunan nilai headloss gradient dipengaruhi oleh besarnya nilai kecepatan.



Gambar 4.3 Fluktuasi Headloss pada P-10

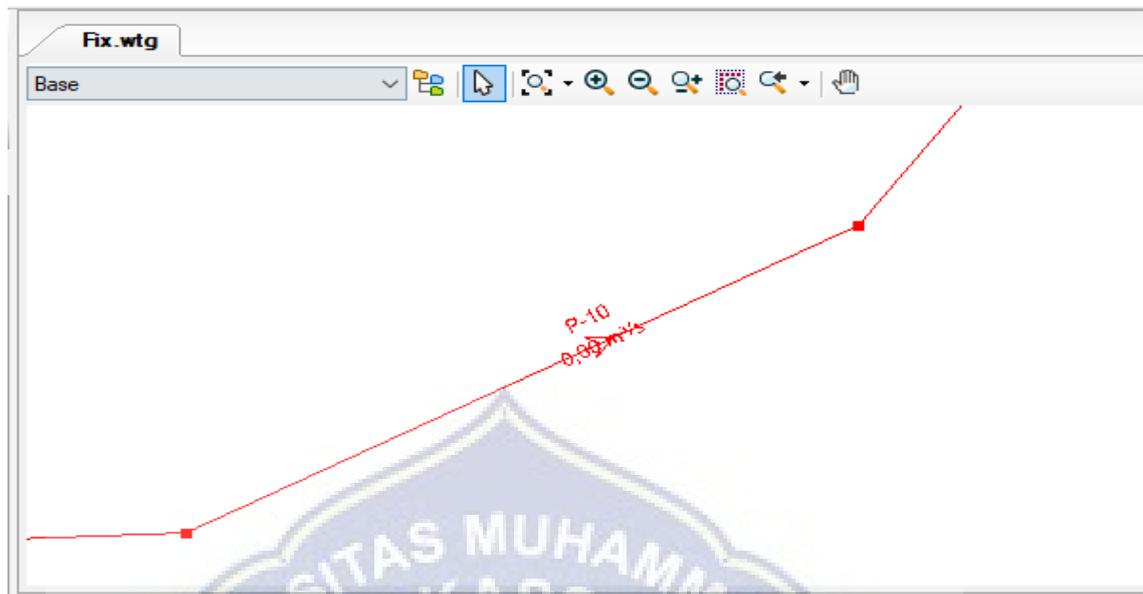
Sumber: Hasil Perhitungan Program WaterCAD

Dari Tabel 4.12 dan Tabel 4.13 dapat disimpulkan bahwa hasil simulasi pipa air bersih pada pencanaan jaringan pipa memenuhi kriteria. Dimana kriteria untuk Headloss 0 m-15 m, sedangkan kriteria kecepatan adalah 0.1 m/dt-2.5 m/dt. Faktor yang mempengaruhi Headloss dan kecepatan pada pipa adalah debit kebutuhan, diameter pipa, serta koefisien kekasaran pipa. Headloss yang terjadi akan proporsional dengan kecepatan aliran di dalam pipa.

Sehingga semakin besar kecepatan aliran pada pipa maka akan semakin besar pula nilai Headloss di pipa tersebut. Apabila menggunakan pipa dengan diameter yang semakin besar, maka semakin kecil nilai Headloss dan kecepatan. Begitu juga sebaliknya, apabila menggunakan pipa dengan diameter yang semakin kecil, maka semakin besar nilai Headloss dan kecepatan. Bila dikaitkan dengan kebutuhan air, semakin besar kebutuhan air yang diperlukan maka semakin besar pula nilai Headloss dan kecepatan.

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan, Headloss terbesar pada Kelurahan Cambaya Kota Makassar adalah saat jam puncak yaitu sebesar 3.33 m/km dan kecepatan tertinggi 1.65 m/dt. Sedangkan nilai Headloss terkecil adalah pada jam rendah yaitu 0.02 m dan kecepatan terkecil 0.12 m/dt.

Selain dilakukan perhitungan menggunakan Program WaterCAD, dilakukan juga perhitungan secara manual untuk mencocokkan hasil simulasi. Berikut contoh perhitungan kecepatan pada P-10 pada jam ke 00.00 :



Gambar 4.4 Titik Pipa P-10

Sumber : Hasil Perhitungan Program WaterCAD

Diketahui:

Q kebutuhan rata-rata = 0.3 lt/detik

Panjang pipa (L) = 130 m

Diameter pipa = 6 inch

= 0.015 m

Q outflow jam ke 00.00 = Q kebutuhan rata-rata x Continuous Multiplayer

$$= 0.3 \times ((0,25 + 0.31)/2)$$

$$= 0.084 \text{ l/detik}$$

$$= 0.000084 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$H_f \text{ kehilangan energi} = \frac{10,7 \times L}{C h w_{1,85} \cdot D^{4,87}} \times Q^{1,85}$$

$$= \frac{10,7 \times 70}{150^{1,85} \times 0,015^{4,87}} \times (0,000084)^{1,85}$$

$$= 2.88 \text{ m}$$

$$R = A/P$$

$$= (1/4 \times \mu \times D^2) / (\mu \times D)$$

$$= (1/4 \times 3.14 \times 0.015) / (3.14 \times 0.015)$$

$$= 0.004$$

$$S = H_f \text{ kehilangan energi} / L$$

$$= 2.88 / 130$$

$$= 0.02 \text{ m}$$

$$V = 0.85 \times C \times R^{0.63} \times S^{0.54}$$

$$= 0.85 \times 150 \times 0,004^{0,63} \times 0,02^{0,54}$$

$$= 0.4 \text{ m/detik}$$

$$\text{Headloss} = H_f \text{ kehilangan energi} / L$$

$$= 2.88 / 130$$

$$= 0.02 \text{ m/m}$$

Dari hasil perhitungan manual diatas dapat diketahui pada P-10 jam ke 00.00 memiliki nilai kecepatan sebesar 0.12 m/detik dan headloss sebesar 0.02 m yang dimana hasil tersebut sama dengan hasil dari simulasi yang dilakukan menggunakan Program WaterCAD.

#### 4.4.3 Kondisi Titik Simpul

Berikut ini hasil simulasi pada titik simpul menggunakan program WaterCAD pada tahun 2037.

Tabel 4.14 Hasil Simulasi Junction pada jam ke 00.00

<b>Label</b>	<b>Elevasi</b>	<b>Tinggi</b>	<b>Tekanan</b>	<b>Syarat</b>	<b>Keterangan</b>
	<b>(m)</b>	<b>Hidrolis</b> <b>(m)</b>	<b>(atm)</b>	<b>Tekanan</b> <b>(atm)</b>	
J-1	9	19,86	1,05	0,5 - 8	Memenuhi
J-2	6,5	19,81	1,29	0,5 - 8	Memenuhi
J-3	8	19,79	1,14	0,5 - 8	Memenuhi
J-4	7,5	18,80	1,09	0,5 - 8	Memenuhi
J-5	6,5	18,75	1,18	0,5 - 8	Memenuhi
J-6	6,5	18,75	1,18	0,5 - 8	Memenuhi
J-7	7	18,65	1,13	0,5 - 8	Memenuhi
J-8	6,5	18,65	1,16	0,5 - 8	Memenuhi
J-9	6,5	18,59	1,17	0,5 - 8	Memenuhi
J-10	6,5	18,64	1,17	0,5 - 8	Memenuhi

Sumber: Hasil Perhitungan Program WaterCAD

Tabel 4.15 Hasil Simulasi Junction pada jam ke 06.00

<b>Label</b>	<b>Elevasi</b>	<b>Tinggi Hidrolis</b>	<b>Tekanan</b>	<b>Syarat Tekanan</b>	<b>Keterangan</b>
	<b>(m)</b>	<b>(m)</b>	<b>(atm)</b>	<b>(atm)</b>	
J-1	9	19,54	1,02	0,5 - 8	Memenuhi
J-2	6,5	19,35	1,24	0,5 - 8	Memenuhi
J-3	8	19,31	1,09	0,5 - 8	Memenuhi
J-4	7,5	16,01	0,82	0,5 - 8	Memenuhi
J-5	6,5	15,82	0,9	0,5 - 8	Memenuhi
J-6	6,5	15,72	0,89	0,5 - 8	Memenuhi
J-7	7	15,81	0,82	0,5 - 8	Memenuhi
J-8	6,5	15,18	0,84	0,5 - 8	Memenuhi
J-9	6,5	15,28	0,85	0,5 - 8	Memenuhi
J-10	6,5	15,46	0,87	0,5 - 8	Memenuhi

Sumber: Hasil Perhitungan Program WaterCAD

Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan dengan menggunakan bantuan Program WaterCAD, dapat diketahui:

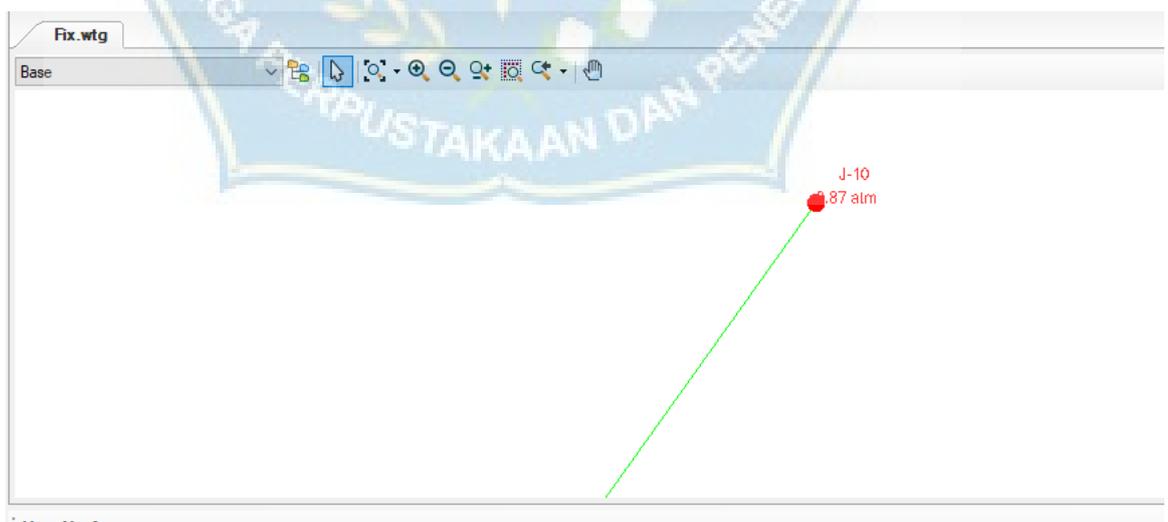
- Pada titik simpul J-31 terjadi tekanan maksimum pada saat kebutuhan air minimum yaitu pukul 00.00 sebesar 1.17 atm, sedangkan tekanan minimum terjadi pada pukul 06.00 sebesar 0.87 atm. Hasil tersebut sesuai dengan kriteria perencanaan.



Gambar 4.5 Fluktuasi Tekanan pada J-10

Sumber: Hasil Perhitungan Program WaterCAD

Selain hasil perhitungan berdasarkan Program WaterCAD , berikut terdapat perhitungan Headloss dan tekanan pada jaringan distribusi air bersih secara manual pada J-10 pada jam ke 00.00:



Gambar 4.6 Titik Junction 10

Sumber : Hasil Perhitungan Program WaterCAD

Diketahui:

Elevasi Junction 10 = +6.5 m

Qkebutuhan rata-rata = 0.30 l/detik

Qoutflow jam ke 00.00 = Qkebutuhan rata-rata x Continuous Multiplayer

$$= 0.30 \times ((0.25 + 0.31)/2)$$

$$= 0.084 \text{ l/detik}$$

$$= 0.000084 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$C_{hw} (C) = 150$$

$$\text{Panjang pipa (L)} = 130 \text{ m}$$

$$\text{Diameter pipa} = 6 \text{ inch} = 0.015 \text{ m}$$

Penyelesaian:

$$\bullet k = \frac{10,7 \times L}{C_{hw}^{1,85} \cdot D^{4,87}} = \frac{10,7 \times 130}{150^{1,85} \cdot 0,015^{4,87}} = 99998588,3$$

$$\bullet hf = k \cdot Q^{1,85} = 99998588,3 \times (0,0000084)^{1,85} = 2.88 \text{ m}$$

$$\bullet \text{Headloss} = Hf \text{ kehilangan energi} / L$$

$$= 2.88 / 130$$

$$= 0.02 \text{ m/km}$$

Jadi, Headloss dari titik simpul J-31 pada jam ke 00.00 adalah sebesar 0.02 m/km.

$$\begin{aligned}\text{Tekanan} &= \text{Hydraulic Grade} - \text{Elevasi junction} - \text{Headlos} - \text{Pressure loss} \\ &= 215.94 - 174 - 0.02 - 0.2 \\ &= 12 \text{ mH}_2\text{O} = 1.17 \text{ atm}\end{aligned}$$

Dari perhitungan Tabel 4.14 dan Tabel 4.15 dapat diketahui bahwa hasil simulasi tekanan pada perencanaan jaringan distribusi air bersih telah memenuhi kriteria yaitu antara 0.5 atm hingga 8 atm. Tekanan mempunyai peranan penting pada teknis aliran air bersih di dalam jaringan pipa.

Faktor yang mempengaruhi tekanan adalah besar kebutuhan air, jenis pipa, diameter pipa dan panjang pipa. Tekanan air yang terlalu tinggi maupun terlalu rendah dapat mengakibatkan hal yang tidak baik. Karena apabila tekanan kurang dari 0.5 atm menyebabkan tekanan air tidak bisa mengalirkan air bersih hingga ke daerah layanan, sedangkan bila tekanan air melebihi 8 atm maka dapat menyebabkan kebocoran pada sistem jaringan pipa dan pecahnya pipa.

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan, memiliki tekanan terendah yang terjadi pada saat jam puncak dengan tekanan sebesar 0.5 atm. Rendahnya tekanan air diakibatkan karena banyaknya kebutuhan air saat jam puncak. Sedangkan tekanan tertinggi pada perumahan ini terjadi saat penggunaan air rendah dengan tekanan sebesar 1.17 atm.



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan pada perencanaan pipa jaringan distribusi air bersih di Kelurahan Cambaya Kota Makassar dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil yang didapat dari perhitungan kebutuhan air bersih, didapatkan debit kebutuhan air rata-rata Kelurahan Cambaya sebesar 1.615 lt/dt, untuk kebutuhan rata-rata total sebesar 12.791 lt/dt.
2. Hasil perencanaan sistem jaringan distribusi air bersih di Kelurahan Cambaya Kota Makassar dengan WaterCAD :
  - a. Kecepatan tertinggi terjadi pada jam ke 06.00 yaitu sebesar 0.24 m/dt dan kecepatan terendah terjadi pada jam ke 00.00 yaitu sebesar 0.12 m/dt. Kecepatan tertinggi pada jam ke 06.00 karena pada jam tersebut pemakaian air maksimum dan sebaliknya.
  - b. Headloss tertinggi terjadi pada jam ke 06.00 yaitu sebesar 0.05 m/km dan headloss terendah terjadi pada jam ke 00.00 yaitu sebesar 0.02 m/km. Hal ini terjadi karena headloss berhubungan dengan kecepatan aliran di dalam pipa. Semakin besar kecepatan aliran dalam pipa maka semakin besar juga headloss di dalam pipa tersebut.

- c. Tekanan berbanding terbalik dengan kecepatan dan headloss. Tekanan tertinggi terjadi pada jam ke 00.00 sebesar 1.17 atm pada saat kebutuhan air maksimum dan tekanan terendah 06.00 yaitu sebesar 0.87 atm pada saat kebutuhan air minimum.

## 5.2 Saran

PDAM Kelurahan Cambaya Kota Makassar perlu melakukan sosialisasi ke daerah yang belum mempunyai jaringan distribusi air bersih, masih banyak daerah disekitar sumber yang belum mempunyai jaringan distribusi air bersih. Perlu melakukan pengembangan jaringan pipa distribusi air bersih dikarenakan debit dari sumber air masih tersisa cukup banyak.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abriani, AP, Ismoyo, J, & Haribowo, R (2021). Aplikasi Software Watercad V8i Untuk Evaluasi dan Pengembangan Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih di Desa Rejosari Kecamatan Bantur Kabupaten *Rekayasa Sumber Daya Air*, scholar.archive.org,
- Amrul, MA, Haribowo, R, & (2022). Perencanaan Jaringan Distribusi Air Bersih di Perumahan Grand Arfa Wulandira Kabupaten Serang dengan Aplikasi WaterCAD CONNECT Edition. *Sumber Daya Air*, scholar.archive.org,
- Andayani, R, Djohan, B, &(2017). Analisis Kehilangan Tinggi Tekan dan Kebutuhan Air Jaringan Distribusi Air Bersih di Perumnas Talang Kelapa Palembang. *Bentang: Jurnal Teoritis*, jurnal.unismabekasi.ac.id,
- Abdi, GA (2022). *Perencanaan Jaringan Distribusi Air Bersih Zona Kecamatan Mangeng dan Lembah Sabil Kabupaten Aceh Barat Daya.*, repository.ar-raniry.ac.id
- Bentley Methods. 2007. *User's Guide WaterCAD v8i for Windows WATERBUY CT. USA: Bentley. Press.*
- Budiman, T, Hidayat, AK, & Irawan, P (2020). Analisis Kapasitas Sistem Hidrolis Jaringan Pipa Distribusi Air Bersih Menggunakan Software WaterCad v8i (Studi Kasus: PDAM Tirta Galuh Ciamis). *Akselerasi: Jurnal Ilmiah Teknik*, jurnal.unsil.ac.id,

Barat, JPKA ANALISIS KINERJA SISTEM DISTRIBUSI JARINGAN AIR BERSIH PDAM TIRTA MEULABOH. *academia.edu*,

Dajan, Anto. 1974. *Pengantar Metode Statistik Jilid II*. Jakarta: LP3ES.

DPU Ditjen Cipta Karya, 1987. *Pedoman Kebijakan Program Pembangunan Prasarana Kota Terpadu(P3KT)*. Jakarta: DPU Ditjen Cipta Karya.

Dewi, RF, Noerhayati, E, &(2021). Studi Perencanaan Jaringan Distribusi Kebutuhan Air Bersih Di Kabupaten Bengkulu Tengah. *Jurnal Rekayasa Sipil* (*e jim.unisma.ac.id*,

Fitriya, E, Noerhayati, E, & Suprpto, B (2019). Studi Perencanaan Distribusi Jaringan Air Bersih Pada Kecamatan Lekok Kabupaten. *Jurnal Rekayasa Sipil*, *jim.unisma.ac.id*,

Giatman, M. 2007. *Ekonomi Teknik*. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.

Hardiyanti, A (2023). *Evaluasi Kebutuhan Air Bersih dan Jaringan Pipa Distribusi Air PDAM Unit IPA Bantuas Kota Samarinda Menggunakan Software WaterGEMS.*, *dspace.umkt.ac.id*,

Karwan, 2013. *Pengetahuan Bahan Plambing*. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.

Kementrian Pekerjaan Umum. 2012. *Harga Satuan Pekerjaan (HSP)*. Jakarta: Kementrian Pekerjaan Umum.

Kuiper, Edward. 1973. *Water Resources Project Economic*. Canada.

Linsley, Ray K, dan Yoseph B. Franzini. 1996. *Teknik Sumber Daya Air*. Terjemahan Oleh Djoko Sasongko Jilid I. Jakarta: Erlangga.

Mahendra, J, & Nurhasanah, A (2022). Perancangan Sistem Jaringan Perpipaan

Distribusi Air Bersih di Desa Sukaraja Kecamatan Semaka Kabupaten Tanggamus Provinsi Lampung Menggunakan *Jurnal Teknik Sipil*,

[jurnal.ubl.ac.id](http://jurnal.ubl.ac.id)

Muliakusumah, Sutarsih. 2000. *Proyeksi Penduduk*. Jakarta: Fakultas Ekonomi UI.

Novianti, WN (2016). *Aplikasi Software WaterCAD Untuk Studi Perencanaan Dan Pengembangan Jaringan Distribusi Air Bersih Di PDAM Unit Ngajum.*, [repository.ub.ac.id](http://repository.ub.ac.id),

NAUFALIANO, ME Pemetaan Sumber Air dan Desain Jaringan Perpipaan Distribusi Air Bersih (Studi Kasus di Dusun Galingan, Desa Sopet, Kecamatan Jangkar, Kabupaten Situbondo). [repository.unej.ac.id](http://repository.unej.ac.id),

Purnomo, DA (2023). PENILAIAN KINERJA JARINGAN PIPA DISTRIBUSI AIR MINUM DESA KAJARHARJO KECAMATAN KALIBARU (STUDI KASUS-JARINGAN PIPA AIR BERSIH *Nusantara Hasana Journal*, [nusantarahasanajournal.com](http://nusantarahasanajournal.com),

Pengairan, Himpunan Mahasiswa, 2017. *Tutorial WaterCAD: FT Pengairan Brawijaya*.

Priyantoro, Dwi. 1991. *Hidraulika Saluran Tertutup*. Malang: Jurusan

Pengairan Fakultas

Teknik Universitas Brawijaya.

Putri, AD, Noerhayati, E, & (2021). Studi Perencanaan Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih Pada Perumahan Bumi Podo Rukun, Dau, Kabupaten Malang Dengan Menggunakan Software Watercad. *Jurnal Rekayasa Sipil*

(e jim.unisma.ac.id,

Raswari. 2010. *Teknologi Perencanaan Sistem Perpipaan*, Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia.

Rinaldy, A, Ismoyo, MJ, & (2022). Studi Perencanaan Sistem Jaringan Pipa Distribusi Air Bersih dengan Software WaterCad di Perumahan Bulan Terang Utama Kota Malang. *Sumber Daya Air*, scholar.archive.org,

Soewarno. 1995. *Hidrologi*. Jilid 1. Bandung: Nova

Saputra, I (2016). *Studi Perencanaan Sistem Jaringan Distribusi Pipa Air Bersih di Kecamatan Sooko Kabupaten Mojokerto dengan Program WaterCAD.*, repository.ub.ac.id,

Triatmodjo, Bambang. 1996. *Hidraulika II*. Edisi kedua. Yogyakarta: Beta Offset.

Wulandari, RD, & Santosa, B (2021). Analisis Jaringan Pipa Distribusi Air Bersih Perumahan Golden Vienna 1 Dan 2 Kota Tangerang Selatan. *Jurnal Ilmiah Desain & ejournal.gunadarma.ac.id*,

# BAB I Nursaidah / A Hesty Musyarafah 105811105517 / 105811117317

by Tahap Tutup



---

**Submission date:** 29-Jul-2024 05:48PM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2424308149

**File name:** BAB\_1\_BAIK.docx (25.02K)

**Word count:** 639

**Character count:** 4135

BAB I Nursaidah / A Hesty Musyarafah 105811105517 /  
105811117317

ORIGINALITY REPORT

<b>10%</b> SIMILARITY INDEX	<b>12%</b> INTERNET SOURCES	<b>5%</b> PUBLICATIONS	<b>0%</b> STUDENT PAPERS
--------------------------------	--------------------------------	---------------------------	-----------------------------

PRIMARY SOURCES

<b>1</b>	<b>docobook.com</b> Internet Source	<b>3%</b>
<b>2</b>	<b>rirfad.blogspot.com</b> Internet Source	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>anzdoc.com</b> Internet Source	<b>2%</b>
<b>4</b>	<b>Cholilul Chayati, Dani Andhika P.</b> "PENGOLAHAN AIR HUJAN UNTUK KEBUTUHAN AIR BERSIH DENGAN METODE RAINWATER HARVESTING DI KAMPUNG KRANGKENG KABUPATEN SUMENEP", NAROTAMA JURNAL TEKNIK SIPIL, 2019 Publication	<b>2%</b>
<b>5</b>	<b>eprints.umk.ac.id</b> Internet Source	<b>2%</b>



Exclude quotes  On  
Exclude bibliography  On

Exclude matches  < 2%

BAB II Nursaidah / A Hesty  
Musyarafah 105811105517 /  
105811117317  
by Tahap Tutup

---

**Submission date:** 29-Jul-2024 05:49PM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2424308267

**File name:** BAB\_2\_BAIK.docx (1.65M)

**Word count:** 3249

**Character count:** 20302

ORIGINALITY REPORT

23%

SIMILARITY INDEX

20%

INTERNET SOURCES

2%

PUBLICATIONS

16%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

[prokons.polinema.ac.id](http://prokons.polinema.ac.id)

Internet Source

6%

2

[repository.unhas.ac.id](http://repository.unhas.ac.id)

Internet Source

5%

3

Submitted to LL DIKTI IX Turnitin Consortium  
Part II

Student Paper

4%

4

[journal.ity.ac.id](http://journal.ity.ac.id)

Internet Source

2%

5

[peraturan.bpk.go.id](http://peraturan.bpk.go.id)

Internet Source

2%

6

[vdokumen.com](http://vdokumen.com)

Internet Source

2%

7

Submitted to Universitas Pamulang

Student Paper

2%

8

[ejournal.unsrat.ac.id](http://ejournal.unsrat.ac.id)

Internet Source

2%



# BAB III Nursaidah / A Hesty Musyarafah 105811105517 / 105811117317

by Tahap Tutup



---

**Submission date:** 29-Jul-2024 05:49PM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2424308385

**File name:** BAB\_3\_BAIK.docx (277.27K)

**Word count:** 345

**Character count:** 2195

---

BAB III Nursaidah / A Hesty Musyarafah 105811105517 /  
105811117317

ORIGINALITY REPORT

**10%**  
SIMILARITY INDEX

**10%**  
INTERNET SOURCES

**0%**  
PUBLICATIONS

**0%**  
STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

<b>1</b>	<b>ejournal.itn.ac.id</b> Internet Source		<b>5%</b>
<b>2</b>	<b>idoc.pub</b> Internet Source		<b>3%</b>
<b>3</b>	<b>www.slideshare.net</b> Internet Source		<b>2%</b>

Exclude quotes On

Exclude matches < 2%

Exclude bibliography On

# BAB IV Nursaidah / A Hesty Musyarafah 105811105517 / 105811117317



---

**Submission date:** 29-Jul-2024 05:49PM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2424308505

**File name:** BAB\_4\_BAIK.docx (198.25K)

**Word count:** 2866

**Character count:** 14814

BAB IV Nursaidah / A Hesty Musyarafah 105811105517 /  
105811117317

ORIGINALITY REPORT

8%

SIMILARITY INDEX

8%

INTERNET SOURCES

3%

PUBLICATIONS

3%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

[docplayer.info](http://docplayer.info)

Internet Source

3%

2

[ejurnal.sttdumai.ac.id](http://ejurnal.sttdumai.ac.id)

Internet Source

2%

3

[pdffox.com](http://pdffox.com)

Internet Source

2%

4

Submitted to Ho Chi Minh University of  
Technology and Education

Student Paper

2%

Exclude quotes On

Exclude matches < 2%

Exclude bibliography On



BAB V Nursaidah / A Hesty  
Musyarafah 105811105517 /  
105811117317  
by Tahap Tutup



---

**Submission date:** 29-Jul-2024 05:50PM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2424308679

**File name:** BAB\_V\_asitensi.docx (23.78K)

**Word count:** 244

**Character count:** 1434

---

---

BAB V Nursaidah / A Hesty Musyarafah 105811105517 /  
105811117317

---

ORIGINALITY REPORT

---

**3%**

SIMILARITY INDEX

**3%**

INTERNET SOURCES

**3%**

PUBLICATIONS

**0%**

STUDENT PAPERS

---

PRIMARY SOURCES

---

**1**

**ejournal.unsrat.ac.id**

Internet Source

**3%**

---

Exclude quotes  On

Exclude bibliography  On

Exclude matches  < 2%