

BAB I

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Sebagai kebutuhan dasar, distribusi air harus dipastikan sampai kepada yang membutuhkan, sehingga diperlukan jaringan suplai air bersih yang sesuai dengan kebutuhan pengguna baik domestik maupun industri. Jaringan suplai air bersih dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu jaringan dengan sistem tertutup atau bertekanan dan jaringan dengan saluran terbuka. Jaringan dengan sistem bertekanan pada umumnya berupa sistem perpipaan dan dikelola oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) dan jaringan dengan sistem terbuka dikelola oleh masyarakat baik secara individu maupun kelompok.

Kehadiran PDAM di Indonesia dimungkinkan melalui Undang-Undang No. 5 Tahun 1962 sebagai kesatuan milik Pemda yang bidang air minum. Dalam pelaksanaan proses distribusi air bersih, PDAM memiliki beberapa permasalahan yang mengurangi tingkat efisiensi distribusi seperti kehilangan tekanan, kebocoran, maupun masuknya kontaminan dari luar.

Seiring dengan pertambahan jumlah penduduk mengakibatkan juga pertambahan permintaan kebutuhan air. Kekurangan dalam hal kuantitas, kualitas dan kontinuitas air bersih akan mengakibatkan kehidupan menjadi tidak nyaman. Beberapa masalah yang timbul dalam pemenuhan kebutuhan air bersih adalah sistem pendistribusian air bersih ke daerah tempat tinggal penduduk, jumlah atau ketersediaan sumber air bersih dan cara pengolahan air baku menjadi air bersih agar layak dikonsumsi masyarakat

Dengan demikian dibutuhkan suatu jaringan distribusi air bersih yang baik dan efisien. Jumlah atau debit air yang disediakan tergantung pada jumlah penduduk dan industri yang dilayani, serta perlu di perhitungkan pertumbuhannya dimasa yang akan datang. Dalam perencanaan jaringan pipa air bersih ditentukan oleh kebutuhan air dan tekanan aliran yang diperlukan.

Dalam pelayanan penyediaan air bersih lebih baik digunakan pipa karena lebih sedikit kemungkinan tercemar dan biayanya lebih murah daripada saluran terbuka. Untuk mengatasi hal tersebut dibutuhkan jaringan distribusi air bersih

yang baik dan mampu untuk melayani kebutuhan air bersih bagi penduduk yang di daerah tersebut.

Model numerik untuk mensimulasi kuantitas, kualitas dan kontinuitas air pada jaringan distribusi banyak tersedia, bahkan dalam bentuk software siap pakai yaitu dengan menggunakan EPANET.

Rumusan Masalah

Yang menjadi pokok permasalahan berdasarkan penjelasan di atas adalah sebagai berikut:

- a) Berapa dimensi atau diameter pada pipa distribusi ?
- b) Berapa kehilangan energi yang terjadi pada setiap pipa distribusi di IKK Lubuk Pakam dengan metode Epanet.
- c) Berapa proyeksi kebutuhan air penduduk IKK lubuk pakam hingga tahun 2032 berdasarkan pertumbuhan penduduk

Tujuan

Dalam tugas akhir ini adapun tujuan dari penulis adalah sebagai berikut:

- a) Mengetahui proyeksi kebutuhan air penduduk di IKK Lubuk Pakam hingga Tahun 2032 berdasarkan pertumbuhan penduduk.
- b) Skema jaringan pipa di IKK lubuk pakam.
- c) Untuk mengetahui tekanan pada pipa yang terpanjang(ujung jaringan)..

Batasan Masalah

Adapun yang menjadi batasan masalah dalam penyusunan tugas akhir ini adalah berikut:

- a) Penelitian jaringan pipa di lakukan di kecamatan lubuk pakam.
- b) Penelitian ini tidak menghitung anggaran biaya pada pipa di setiap desa.
- c) Ukuran pipa yang di gunakan adalah 200 mm, 250 mm,300mm, dan 400 mm.
- d) Jenis pipa yang di gunakan adalah jenis pipa PVC.
- e) Data-data yang digunakan data sekunder.

Manfaat Penelitian

Manfaat dari peneltian ini adalah antara lain sebagai berikut:

- a) Hasil dari penelitian ini adalah memudahkan kecamatan lubuk pakam dalam mengelola PDAM.

b) Kebutuhan IKK Lubuk Pakam akan dapat terpenuhi.

Sistematika Penulisan

Dalam penulisan Tugas Akhir ini di gunakan sistematika penulisan sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Berisi latar belakang masalah, Rumusan Masalah, Tujuan Penelitian, Batasan Masalah, Manfaat Penelitian dan sistematika Penulisan

Bab II Tinjauan Pustaka

Pada bab ini membahas tentang teori-teori serta rumus-rumus yang di gunakan untuk menunjang penelitian dari berbagai sumber.

Bab III Metode Penelitian

Bab ini menjelaskan metode yang di gunakan dalam penelitian untuk Mendapatkan data-data yang di butuhkan dalam proses pengolahan data.

Bab IV Hasil dan penelitian

Bab ini akan berisi tentang pelaksanaan penelitian dilakukan yang mencakup hasil pengumpulan data, pengolahan data dan pembahasan data yang di peroleh dari teori yang ada

.

Bab V Kesimpulan dan Saran

Bab ini akan berisi kesimpulan yang dapat di ambil dari penelitian dan saran mengenai topik Tugas Akhir ini. Pada akhir penulisan ini akan di lampirkan Daftar Pustaka yang di gunakan sebagai referensi penunjang dalam penyelesaian Tugas Akhir.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

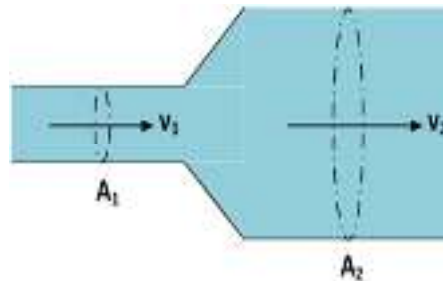
2.1 Dasar Hidrolika Perpipa

Hidrolika adalah ilmu yang mempelajari perilaku air secara fisik, dalam arti perilaku yang di telaah harus terukur secara fisik. Perilaku yang mempelajari meliputi hubungan antara debit air yang mengalir dalam pipa dikaitkan dengan diameter pipa nya sehingga dapat diketahui gejala-gejala yang

timbul seperti tekanan, kehilangan energi dan gaya-gaya lainnya. Pada dasarnya dalam menelaah aspek hidrolika dalam pipa, kita selalu beranggapan bahwa air adalah fluida yang mempunyai sifat *'incompressible'* atau diasumsikan tidak mengalami perubahan volume/isi apabila ada tekanan.

Fluida yang bergerak dalam pipa dianggap dalam kondisi *'steady state'* atau air dianggap mempunyai kecepatan yang konstan dari waktu ke waktu apabila melalui suatu pipa dengan diameter yang sama. Fluida yang bergerak di dalam pipa juga dianggap dalam kondisi *'uniform flow'* atau air dianggap mempunyai kecepatan yang seragam sepanjang pipa apabila melalui suatu pipa dengan diameter dan penampang yang sama. Pada kenyataannya di lapangan kondisi yang di jelaskan dalam asumsi ini tidak selalu tercapai terutama kondisi *steady flow* dan *uniform flow*. Penyimpangan keadaan tersebut disebut keadaan transient yang umum terjadi pada saat pembukaan dan penutupan valve. Efek yang timbul disebut sebagai water hammer yang terefleksi dengan kejadian pengempisan pipa, pecahnya pipa atau dalam keadaan ringan adalah terdengarnya suatu ketukan palu di pipa besi.

Setiap aliran dalam pipa juga harus memenuhi azas kontinuitas dimana



Gambar 2. 1 Debit aliran dan persamaan kontinuitas

$$Q_1 = Q_2 \dots\dots\dots (1)$$

$$A_1 V_1 = A_2 V_2$$

- Dimana :
- Q_1 = Debit masuk di sisi 1 (m^3 / det)
 - A_1 = Luas penampang di sisi 1 (m^2)
 - V_1 = Kecepatan pada sisi 1 (m)
 - Q_2 = Debit keluar di sisi 2 (m^3 / det)
 - A_2 = Luas penampang di sisi 2 (m^2)

$V_2 = \text{Kecepatan pada sisi 2 (m)}$

Debit aliran yang masuk dalam sisi 1 akan keluar pada sisi 2 dengan debit yang sama. Debit air adalah volume air per satuan waktu, debit air yang masuk ke dalam pipa mempunyai kecepatan aliran yang berbeda beda tergantung dari diameter pipa nya.

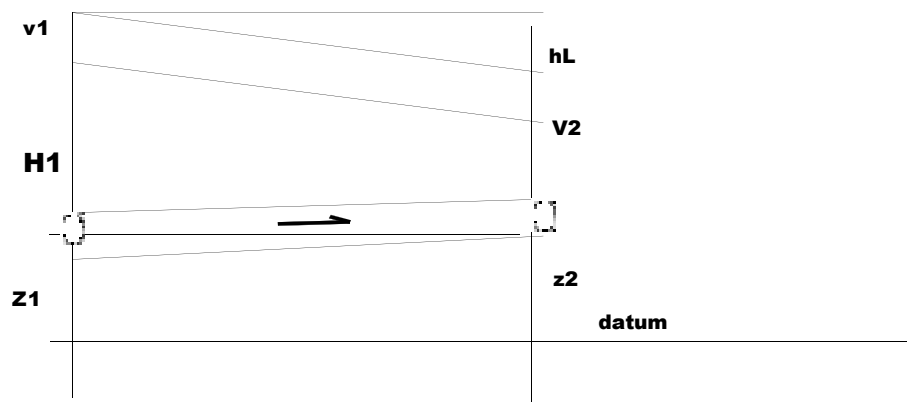
Kalau luas penampang pipa adalah sebanding kuadrat dengan diameternya maka ; $Q = A \cdot V$ (2)

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 \text{ (3)}$$

Maka :

$$Q = \frac{\pi}{4} d^2 \cdot v \text{ (4)}$$

- Dimana ;
- $v = \text{kecepatan aliran pipa (m/det)}$
 - $A = \text{luas penampang pipa (m}^2 \text{)}$
 - $D = \text{diameter pipa (m)}$
 - $\Pi = \text{konstanta phi } 22/7 = 3.14$



Gambar 2. 2 Model Hidrolika Pipa

energi di titik 1 harus sama di titik 2. Maka energi total 1 sama dengan energi total 2 atau $E_{tot1} = E_{tot2}$. Energi yang ada di sisi 1 apabila diuraikan terdiri dari :

1. Energi Potensial
2. Energi Kinetik
3. Kehilangan Energi

Energi secara formal mempunyai satuan joule tetapi untuk sederhananya kajian dinyatakan dengan tinggi kolam air. **Energi Potensial** memiliki persamaan sebagai berikut :

$$E_p = m.g.h \dots\dots\dots (5)$$

Dimana :

- E_p = Energi potensial
- M = massa
- g = percepatan gravitasi
- h = ketinggian

Energi Kinetik air yang mengalir di pipa dinyatakan dengan $V = \frac{v^2}{2.g}$, dimana v adalah kecepatan air dan g adalah gravitasi.

$$z_1 + H_1 + \frac{v^2}{2g} = z_2 + H_2 + \frac{v^2}{2g} + hL, E_{tot1} = E_{tot2}, \dots\dots\dots (6)$$

Sehingga persamaan ini lazim disebut sebagai persamaan **Bernaulli**. Disini dapat disimpulkan untuk menghitung sisa tekanan dalam realita, faktor-faktor penting untuk diketahui adalah :

- a) Elevasi tanah dimana pipa diletakkan
- b) Tenaga pendorong awal seperti menara air atau pompa (h_1)
- c) Kehilangan energi atau Kehilangan Tekanan (hL)

Elevasi tanah didapat dari hasil pengukuran tanah yang baik. Tenaga pendorong adalah kondisi menara atau per pompaan yang diperkirakan ketinggian tekannya dengan baik sedangkan headloss dihitung berdasarkan rumusan rumusan empiris.

2.2 Kehilangan Tekanan

Salah satu faktor yang penting dalam perhitungan hidrolis perpipaan adalah perhitungan kehilangan tekanan. Ada beberapa rumusan yang dapat dipakai dalam menghitung kehilangan tekanan yaitu :

1. Hazen William
2. Darcy Weisbach
3. De Chezy Manning

2.2.1 Persamaan Hazen William

Persamaan Hazen william adalah yang paling umum dipakai, persamaan ini lebih cocok untuk menghitung kehilangan tekanan untuk pipa dengan diameter besar yaitu diatas 100 mm. Selain itu rumus ini sering dipakai karena mudah dipakai.

Persamaan Hazen William secara empiris menyatakan bahwa debit yang mengalir didalam pipa adalah sebanding dengan diameter pipa dan kemiringan hidrolis (S) yang di nyatakan sebagai Kehilangan tekanan (h_L) dibagi dengan panjang pipa (L) atau

$$S = \frac{h_L}{L} \dots\dots\dots(7)$$

Disamping itu ada faktor **C** yang menggambarkan kondisi fisik dari pipa seperti kehalusan dinding dalam pipa yang menggambarkan jenis pipa dan umur. Secara umum rumus Hazen William adalah sebagai berikut:

$$Q = 0.2785.C.d^{2.63}.S^{0.54} \dots\dots\dots(8)$$

Dimana : L = adalah panjang pipa dari node 1 ke node 2 (m)

Apabila kehilangan tekanan atau h_L yang akan dihitung maka

$$H_L = \left(\frac{Q}{0.2785.C.d^{2.65}}\right)^{1.85}.L \dots\dots\dots(9)$$

C adalah (koefisien Hazen William) berbeda untuk berbagai jenis pipa sedangkan untuk jenis pipa High Density Poly Ethylene (HDPE) nilai C (koefisien Hazen William) adalah 130.

Berikut adalah tabel kekasaran pipa pada koefisien *Hazen-william*

Tabel 2. 1 Kekasaran pipa pada koefisien *Hazen-william*

Nilai C	Jenis pipa
140	Pipa sangat halus
130	Pipa halus, semen, besi tuang baru
120	Pipa baja di las baru
110	Pipa baja di keling baru
100	Pipa besi tuang tua
95	Pipa baja di keling tua

Sumber : koefisien *Hazen-William*

2.2.2 Persamaan Darcy Weishack

Persamaan Darcy dapat ditulis secara sistematis :

$$h_L = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (10)$$

kemudian secara empiris di tentukan suatu faktor f

$$f = \frac{\epsilon}{D} \dots\dots\dots (11)$$

- Dimana :
- h_L = headloss (m)
 - f = faktor gesekan
 - L = panjang pipa (m)
 - D = Diameter pipa (m)
 - v = kecepatan aliran (m/s)
 - g = percepatan gravitasi (m/ s²)

Perumusan koefisien *f* yang paling lazim dipakai adalah dengan metoda Colebrook, nilai untuk koefisien Colebrook pada pipa jenis HDPE adalah 0,007. Perumusan ini dipakai untuk aliran yang lebih laminar sehingga lebih cocok untuk pipa dengan diameter kecil (<50mm). Tetapi untuk diameter yang lebih besar biasa dipakai perumusan Hazen William.

2.2.3 Persamaan De Chezy dengan koefisien Manning

Persamaan ini umum dipakai di saluran terbuka, tetapi dapat pula dipakai di jaringan perpipaan.

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \dots\dots\dots (12)$$

$$S = \frac{Hl}{L} \dots\dots\dots (13)$$

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots (14)$$

- Dimana :
- V = kecepatan aliran (m/s)
 - n = koefisien Manning
 - R = jari- jari hidrolis (m)
 - S = Kemiringan dasar saluran
 - H = headloss (m)
 - L = panjang saluran (m)
 - A = luas penampang basah saluran (m²)
 - P = keliling penampang basah saluran (m)

2.3 Metode Hardy- cross

Dianggap bahwa karakteristik pipa dan aliran yang masuk dan meninggalkan jaringan pipa diketahui dan akan di hitung debit pada setiap elemen dari jaringan tersebut. Jika tekanan pada seluruh jaringan juga di hitung maka tinggi tekanan pada satu titik juga harus diketahui.

Prosedur perhitungan dengan metode Hardy-cross adalah sebagai berikut :

1. Pilih pembagian debit melalui tiap-tiap pipa .
2. Hitung kehilangan tenaga pada tiap- pipa $hf = K \cdot Q^2$
3. Jaringan pipa di bagi menjadi sejumlah jaring tertutup sehingga tiap pipa termasuk dalam ,paling sedikit satu jaring.
4. Hitung jumlah kerugian tinggi tenaga sekeliling tiap-tiap jaring yaitu $\sum hf$
5. Pada tiap jaring diadakan koreksi debit ΔQ ,supaya kehilangan tinggi tenaga dalam jaring seimbang
6. Dengan debit yang telah di koreksi sebesar $Q = Q_0 + \Delta Q$,hingga akhirnya $\Delta Q = 0$, dengan Q adalah debit sebenarnya , Q_0 adalah debit yang dimisalkan dan Δ

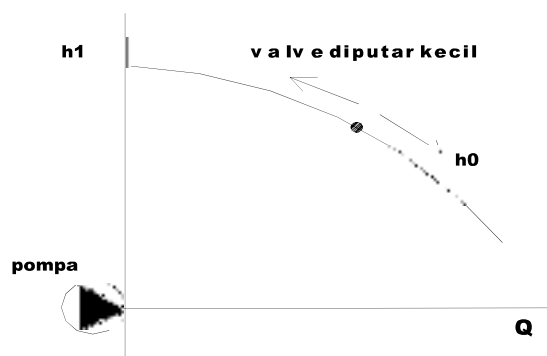
2.4 Tekanan Penggerak Air

Tekanan penggerak air yang ada di alam adalah gaya gravitasi sehingga air yang diletakkan didalam suatu penampang atau reservoir pada suatu ketinggian tertentu, tentunya akan mengalir ke bawah searah dengan gaya gravitasi. Pada kasus ini tekanan awal penggerak yang biasa disebut sebagai head

awal (initial head) atau tekanan awal akan selalu sama walaupun debit yang dialirkan berubah- ubah. Selain menggunakan gaya gravitasi air di dalam pipa juga dapat digerakkan oleh mesin penggerak air atau pompa. Karakteristik pengaliran air oleh pompa sangat berbeda dengan pengaliran gravitasi. Tekanan pompa akan tidak sama dengan debit air yang di hasilkan. Misalnya kita tinjau suatu sistem perpipaan yang pada sisi satu di pasang.

Pada saat valve di putar kecil atau di cek, tekanan pompa akan naik terus sampai bila valve tertutup dan pompa tetap hidup, maka tekanan pompa akan berhenti pada tekanan h_{10} . Tetapi sebaliknya pada saat pompa diputar lebih besar dari debit rencana ($Q > Q_r$) maka tekanan pompa akan turun ($h_1 < h_0$).

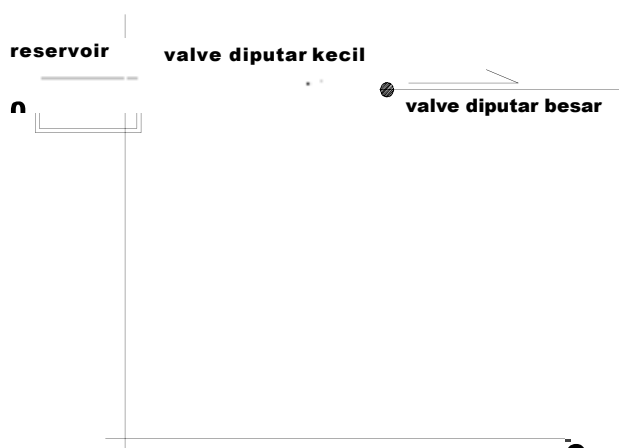
Pada gambar ini ditunjukkan grafik tekanan pompa vs Debit yang dihasilkan.



Gambar 2. 3 Kurva Debit Air (Q dengan tekanan pompa (h)

Bandingkan kondisi ini dengan apabila menggunakan menara air, yang menggunakan beda tinggi sebagai pendorong aliran air dalam pipa.

Dari gambar ini dapat dilihat bawa walaupun valve dibuka lebih besar hingga debit air yang keluar besar maupun diperkecil hingga debit yang keluar kecil, tekanan awal akan tetap sama.



Gambar 2 4 Kurva Debit Air (Q) dengan tekanan air (h) di Menara air

Dalam praktek kedua sistem penggerak aliran ini mempunyai kelebihan dan kekurangan. Untuk dapat memahami perbedaan ini maka pengertian tentang hidrolika jaringan pipa perlu di telaah.

2.5 Hidrolika Jaringan Perpipaan

Jaringan perpipaan merupakan suatu rangkaian pipa yang saling terhubung satu sama lain secara hidrolis, sehingga apabila di satu pipa mengalami perubahan debit aliran maka akan terjadi penyebaran pengaruh ke pipa pipa yang lain. Pengaruh ini dapat di deteksi dari segi perubahan tekanan yang ada di pipa.

Pipa yang tergabung dalam suatu jaringan pipa dapat dibedakan satu dengan yang lain dari segi :

- a) Panjang pipa
- b) Diameter Pipa
- c) Kedudukan pipa dalam suatu jaringan

Kedudukan pipa dalam suatu jaringan dapat dinyatakan dengan :

- a) Nomor pipa
- b) Simpul atau node yang dihubungkan oleh pipa tersebut

Dalam suatu sistem jaringan air yang keluar dari node dikendalikan oleh sebuah valve yang menghubungkan antara satu bagian jaringan dengan bagian lainnya. Sedangkan secara kolektif air yang keluar dari satu node jaringan tergantung dari perilaku konsumen atau pemakan air memakai air

2.6 Program Epanet

Epanet (Environmental Protection Agency Network) adalah sebuah program komputer (model) yang melaksanakan simulasi hidraulik dan perilaku kualitas air di dalam suatu jaringan pipa distribusi air minum (pipa bertekanan). Suatu

jaringan distribusi air minum terdiri dari pipa- pipa, node (percabangan pipa), pompa, tangki air atau reservoir dan katup-katup.

2.6.1 Kegunaan EPANET

Program **EPANET** merupakan aplikasi komputer dalam sistem WINDOWS 95/98/2000/Me maupun NT 2000, yang terintegrasi dalam editing jaringan input data, simulasi hidrolis dan kualitas air yang dapat dilihat outputnya dalam berbagai format seperti kode jaringan yang berwarna, tabel, desain grafik terhadap variabel waktu yang dikehendaki.

Kegunaan program **EPANET** yaitu :

1. Didesain sebagai alat untuk mengetahui perkembangan dan pergerakan air serta degradasi unsur kimia yang ada dalam air di pipa distribusi
2. Dapat digunakan sebagai dasar analisis dan berbagai macam sistem distribusi, detail desain, model kalibrasi hidrolis, analisa sisa khlor dan beberapa unsur lainnya.
3. Dapat membantu menentukan alternatif strategis manajemen dalam sistem jaringan pipa distribusi air bersih, seperti :
 - a) Sebagai penentuan alternatif sumber/ instalasi, apabila terdapat banyak sumber instalasi
 - b) Sebagai simulasi dalam penentuan alternatif pengoperasian pompa dalam melakukan pengisian reservoir maupun injeksi ke sistem distribusi
 - c) Digunakan sebagai pusat treatment, seperti dimana dilakukan proses khlorinasi, baik itu di instalasi maupun di dalam sistem jaringan

Epanet merupakan analisis hidrolis yang terdiri dari :

1. Analisis ini tidak dibatasi oleh letak lokasi jaringan
2. Kehilangan tekanan akibat gesekan (friction) dihitung dengan menggunakan persamaan Hazen Williams, Darcy Weisbach atau Chezy Manning Formulas.
3. Disamping mayor losses, minor losses (kehilangan tekanan di bend,

elbow, fitting, dll) dapat dihitung.

4. Model konstanta atau variable kecepatan pompa.
5. Perhitungan energi dan harga pompa.
6. Berbagai tipe model valve yang dilengkapi dengan shut off, check pressure regulating dan valve yang dilengkapi dengan control kecepatan
7. Reservoir yang berbagai bentuk dan ukuran
8. Faktor fluktuasi pemakaian air
9. Sebagai dasar operating sistem untuk mengontrol level air di reservoir dan waktu

Epanet juga memberikan analisis water quality :

1. Model pergerakan unsur material non reaktif yang melalui jaringan pada setiap saat
2. Model perubahan material reaktif dalam proses desinfektan dan sisa khlor
3. Model umur air yang mengalir dalam jaringan
4. Model reaksi kimia sebagai akibat pergerakan air dan dinding pipa

2.6.2 Input Data Dalam EPANET

Data- data yang dibutuhkan dalam EPANET sangat penting sekali dalam proses analisa, evaluasi, dan simulasi jaringan distribusi air bersih berbasis Epanet.

Input data yang dibutuhkan adalah:

1. Peta
2. Node/ junction/ titik dari komponen distribusi
3. Elevasi
4. Panjang pipa distribusi
5. Diameter dalam pipa
6. Jenis pipa yang digunakan
7. Jenis sumber (mata air sumur bor, IPAM, dll)
8. Spesifikasi pompa (bila menggunakan pompa)
9. Beban masing- masing node (besarnya tapping)
10. Faktor fluktuasi pemakaian air

11. Konsentrasi khlor di sumber

Output yang dihasilkan diantaranya adalah :

1. Hidrolik head dari masing- masing titik
2. Tekanan dan kualitas air

2.6.3 Komponen Program Epanet

Komponen dalam program Epanet terdiri dari :

➤ Komponen Fisik

1. Node, yang merupakan gambaran dari tank, reservoir dan junction
2. Link, yang merupakan penghubung node serta gambaran dari pipa, pompa, katup dan sebagainya

EPANET memodelkan sebuah sistem distribusi sebagai sebuah mata rantai yang terhubung dengan node (titik). Penghubung dapat melambangkan pipa, pompa dan valve control. Node adalah titik melambangkan junction, tank, dan reservoir.

➤ Komponen Non Fisik

Sebagai tambahan pada komponen fisik EPANET memberikan tiga tipe objek konfirmasi yaitu kurva (curve), pola (pattern), dan kontrol (control), dimana menggambarkan aspek perilaku dan operasi sebuah sistem distribusi.

Komponen non fisik meliputi :

1. **Kurva** misalnya kurva pompa, volume, headloss dan lain- lain

Kurva adalah objek yang mengandung pasangan data yang menggambarkan hubungan antar dua parameter. Dua atau lebih objek dapat diberikan pada kurva yang sama. EPANET dapat menggunakan tipe kurva sebagai berikut :

a) Kurva Pompa

Kurva pompa menggambarkan hubungan antara head dan debit aliran. Head digambarkan pada sumbu vertical (Y), sedangkan debit aliran digambarkan pada sumbu horizontal (X). Sebuah pompa yang benar harus memiliki head yang menurun dengan meningkatnya debit.

EPANET akan menggunakan kurva pompa yang berbeda tergantung dari jumlah titik yang dimasukkan.

Single Point Curve merupakan kurva pompa yang mengidentifikasi dengan sebuah titik kombinasi head debit yang menggambarkan titik operasi yang diinginkan. EPANET akan menambahkan 2 titik lagi pada kurva untuk mengasumsikan batas head pada titik 0 sama dengan 133 % dari desain head dan debit aliran saat head 0, sama dengan 2 kali debit desain.

Three Point Curve merupakan kurva pompa yang diidentifikasi dengan tiga buah titik, yaitu :

- Titik debit rendah (debit dan head pada saat rendah atau debit = 0)
- Titik debit desain (debit dan head pada titik operasi yang diinginkan)
- Titik debit maksimum (debit dan head pada maksimum aliran).

Multi point Curve merupakan kurva pompa yang diidentifikasi dengan memberikan sepasang atau lebih titik head debit. EPANET membuat kurva yang lengkap dengan menghubungkan titik dengan garis lurus.

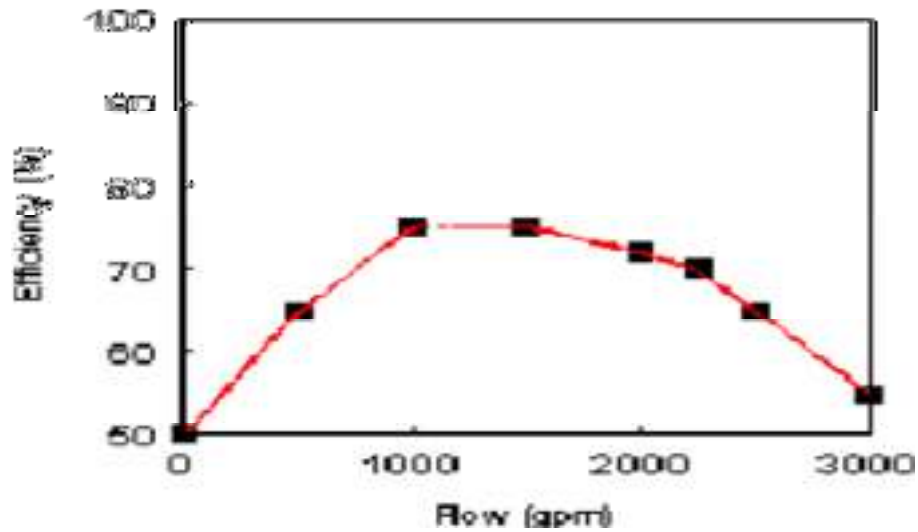
Untuk pompa dengan variasi speed, bentuk kurva pompa sesuai dengan penambahan speednya. Hubungan debit aliran (Q) dan head (H) pada speed N1 dan N2 adalah :

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2} \dots\dots\dots (15)$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 \dots\dots\dots (16)$$

b) Kurva Efisiensi

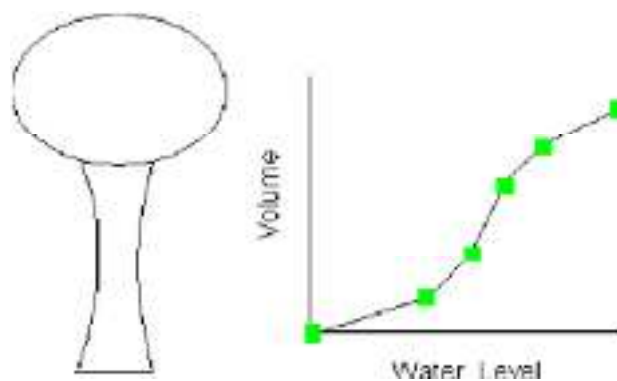
Sebuah kurva efisiensi menentukan efisiensi pompa (Y dalam %) sebagai fungsi dari debit pompa (X dalam unit debit). Efisiensi harus menggambarkan efisiensi yang dapat menghitung kehilangan mekanis pada pompa sebagai kehilangan listrik pada motor pompa. Kurva digunakan hanya untuk menghitung energi. Jika tidak melakukan input kurva efisiensi, EPANET akan menggunakan kurva efisiensi yang global.



Gambar 2. 5 Kurva Efisiensi Pompa

c) Kurva Volume

Sebuah kurva volume menentukan bagaimana volume tangki penyimpanan air (Y dalam meter kubik) sebagai fungsi dari level air (X dalam meter). Hal ini yang penting digunakan menentukan luas area tangki sebagai variasi dan tinggi. Level air yang rendah dan tinggi untuk kurva harus dimiliki antara level rendah dan tinggi dari operasi kurva volume tangki ada pada gambar 2.6



Gambar 2. 6 kurva volume Tank

d) Kurva Head Loss

Kurva headloss digunakan untuk menggambarkan headloss (Y dalam meter atau feet) melalui General Purpose Valve (GPV) sebagai fungsi dari debit (X dalam unit debit). Hal ini memberikan kemampuan untuk memodelkan alat dan situasi dengan hubungan headloss debit yang unik,

seperti mengurangi perilaku aliran, pencegahan aliran balik, turbin dan draw-down sumur.

2. Pola Waktu (time pattern)

yang merupakan pengali yang dapat diaplikasikan kekuantitas yang diperbolehkan pada periode tertentu. Pola waktu (time pattern) merupakan kumpulan pengali (multiplier) yang dapat diberlakukan pada suatu debit agar dapat bervariasi setiap waktu. Kebutuhan debit pada node, head reservoir, aturan pompa dan kualitas air dapat pola yang tergabung bersama. Interval waktu yang digunakan adalah nilai yang baku, yang ditetapkan dalam Time Options. Dalam interval ini, nilai produk merupakan hasil pengali antara lain konstan yang kita input dengan faktor pengali yang kita tetapkan pada masing-masing periode.

Sebagai contoh pola waktu bekerja menetapkan sebuah titik junction dengan kebutuhan rata-rata 10 L/s. Interval pola waktu kita tetapkan 4 jam dan faktor pengali dapat ditampilkan dibawah :

Tabel 2. 2 Pola waktu

Periode	1	2	3	4	5	6
Faktor	0.5	0.8	1.0	1.2	0.9	0.7

Selama simulasi kebutuhan aktual pada titik ini akan mengikuti pola sebagai berikut :

Tabel 2. 3 Simulasi Kebutuhan aktual

Jam	0 - 4	4 - 8	8 - 12	12 - 16	16 - 20	20 - 24	24 - 28
Demand	5	8	10	12	9	7	5

3. Kontrol yang merupakan pernyataan bagaimana jaringan dapat beroperasi selama waktu tertentu.

Kontrol merupakan pernyataan yang menggambarkan bagaimana jaringan beroperasi sepanjang waktu. Kontrol menetapkan status penghubung sebagai

fungsi dari waktu, level tangki air dan tekanan. Ada dua kategori kontrol yang digunakan yaitu :

e) Simple Control

Simple Control merubah status atau mengatur penghubung berdasarkan pada :

- Level air pada tangki
- Tekanan pada junction
- Waktu saat simulasi
- Waktu dalam sehari

f) Rule- Based Control

Rule Based Control menyediakan status link dan pengaturan didasarkan pada kombinasi kondisi yang mungkin ada dalam jaringan setelah hidraulik awal sistem dihitung.

2.6.4 Langkah-Langkah Membuat Analisa dalam EPANET

Dibawah ini adalah langkah- langkah yang harus dilakukan dalam membuat analisa dan simulasi sistem distribusi dengan menggunakan program **EPANET**, yaitu :

- a. Menentukan satuan (SI atau English) dan rumus perhitungan hidrolis (Hazen William, Darcy Weisbach, atau Manning) yang di buat dengan memilih *option* yang telah ada. Menentukan apakah model yang kita buat nantinya berskala atau tipikal (model dengan skala akan sangat bagus jika kita telah memiliki peta dasar digital wilayah perencanaan yang detail dan berskala yang baik).
- b. Menyiapkan model jaringan pipa yang kita buat, model jaringan ini biasanya disesuaikan dengan peta jalan dimana pipa tersebut ditanam. Sebab dalam membuat jaringan pipa distribusi harus disesuaikan dengan kondisi jalan yang ada. File peta jaringan pipa harus dalam bentuk BMP atau WMF
- c. Dari data model sistem jaringan tersebut dibuat tabulasi data tentang data pipa seperti panjang pipa antar node, diameter pipa, jenis pipa (koefisien kekasaran pipa). Untuk dapat membuat stimulasi ini data pipa minimum yang harus ada adalah panjang pipa, diameter pipa, koefisien kekasaran

pipa. Penamaan pipa ini dapat kita buat sendiri untuk memudahkan kita dalam melakukan evaluasi.

- d. Tabulasi tentang data junction/ node yang ada, data junction/ node minimal yang harus dimasukkan untuk dapat melakukan evaluasi adalah elevasi junction/ node, kebutuhan air pada junction/ node tersebut. Untuk sistem yang lebih kompleks kita dapat dimasukkan beberapa data misalnya pembagian zona.
- e. Tabulasi tentang data lainnya seperti data pompa, reservoir, tangki, valve, kualitas air, dan lain- lain. Dalam hal ini data yang penting untuk dapat dianalisa adalah keberadaan pompa atau elevasi reservoir dalam hal ini merupakan unit produksi air.
- f. Setelah data- data tersebut diatas dimasukkan maka kita siap untuk melakukan simulasi dengan melakukan **run** pada model yang kita buat, dalam proses run ini program akan melakukan iterasi perhitungan sampai terjadi keseimbangan hidrolis tidak tercapai maka akan ada laporan (report) bahwa ada kesalahan dalam pemasukan data pada titik tertentu. Maka kita perlu melakukan perbaikan atau merubah data tersebut sampai **run** yang kita lakukan berhasil.
- g. Meskipun hasil **run** terhadap model dan data input yang kita masukkan telah menemukan keseimbangan hidrolis, namun perlu dilakukan pencegahan apakah keseimbangan hidrolis tersebut sesuai dengan yang kita harapkan atau tidak. Jika tidak maka kita harus melakukan perbaikan-perbaikan terhadap model dan data input yang kita masukkan.
- h. Setelah run berhasil dan keseimbangan hidrolis yang terjadi telah sesuai dengan kriteria desain yang kita inginkan, kita dapat melihat dan menampilkan hasilnya dalam bentuk tabel, grafik maupun gambar.
- i. Selain itu kita juga dapat melakukan simulasi lain dari model yang sama untuk beberapa scenario yang kita buat, misalnya kondisi jaringan tersebut pada 20 tahun mendatang atau scenario lainnya.

2.6.5 Menu-menu dalam EPANET

Menu-yang terdapat dalam program EPANET adalah sebagai berikut :

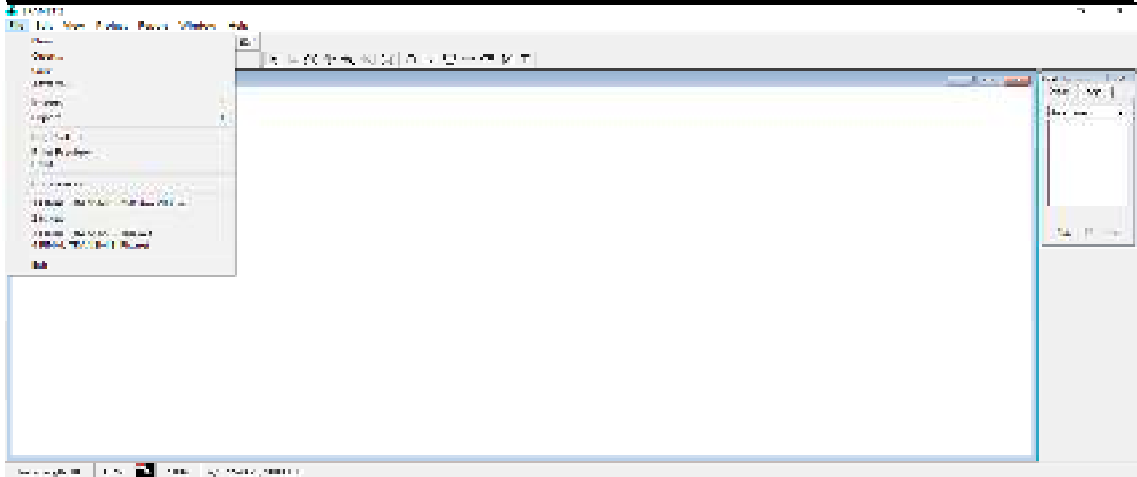
1. Menu File

Menu File berisikan perintah- perintah untuk membuka dan menyimpan file- file data dan untuk mencetak.

Tabel 2. 4 Menu file pada EPANET

Perintah	Penjelasan
-----------------	-------------------

New	Membuat proyek EPANET yang baru
Open	Membuka file proyek EPANET yang sudah ada
Save	Menyimpan proyek EPANET yang sedang dikerjakan
Save As	Menyimpan proyek EPANET yang sedang dikerjakan dengan nama file baru
Import	Mengimport jaringan data atau peta dari suatu file
Export	Mengeksport jaringan data atau peta dari suatu file
Page Setup	Mengatur batas- batas garis pinggir atas dan dasar untuk dicetak
Print Preview	Memperlihatkan suatu keluaran yang ingin dilihat dilayar
Print	Mencetak yang sedang dilihat
Preferences	Mengatur program yang diinginkan
Exit	Keluar dari program EPANET



Gambar 2. 7 Menu file

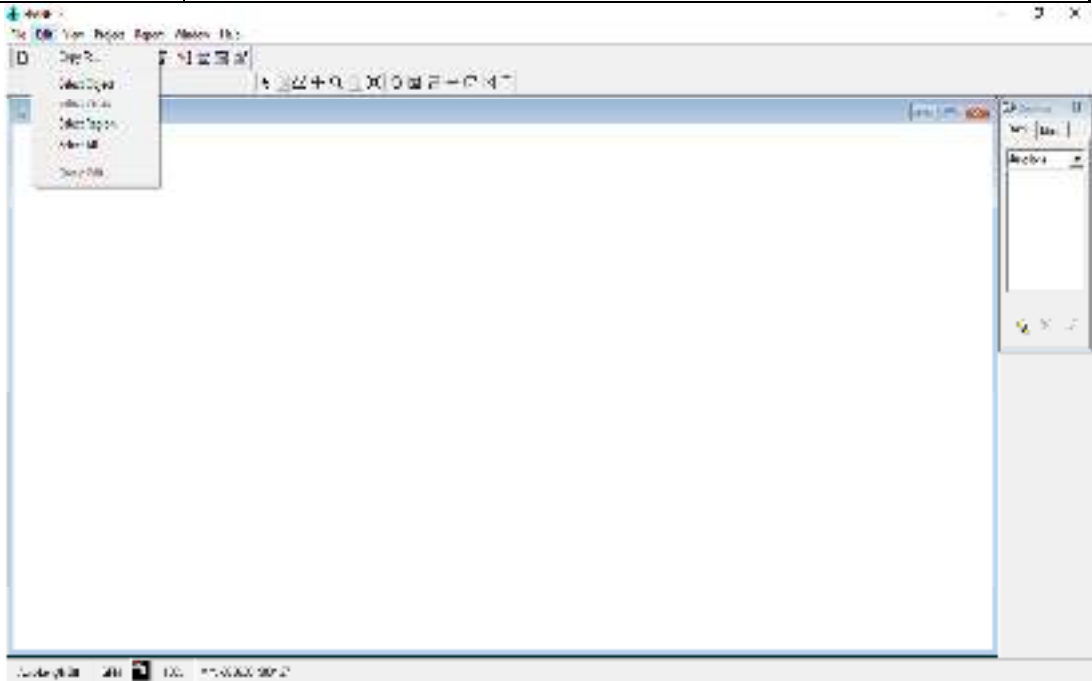
2. Menu edit

Menu Edit berisikan perintah untuk mengedit dan mengkopi

Tabel 2. 5 Menu edit pada EPANET

Perintah	Penjelasan
Copy to	Mengcopy tampilan yang sedang aktif (Peta,Laporan hasil, grafik dari tabel) kedalam clipboard atau kedalam file
Select Object	Menyeleksi sebuah obyek atau peta

Select Vertex	Menyeleksi hubungan vertices pada peta
Select Region	Menyeleksi sebuah daerah didalam peta
Select All	Membuat sebuah daerah menyatu dengan yang lainnya
Group Exit	Mengedit property untuk sekelompok dari obyek- obyek agar terpisah satu sama lainnya



Gambar 2. 8 Menu edit

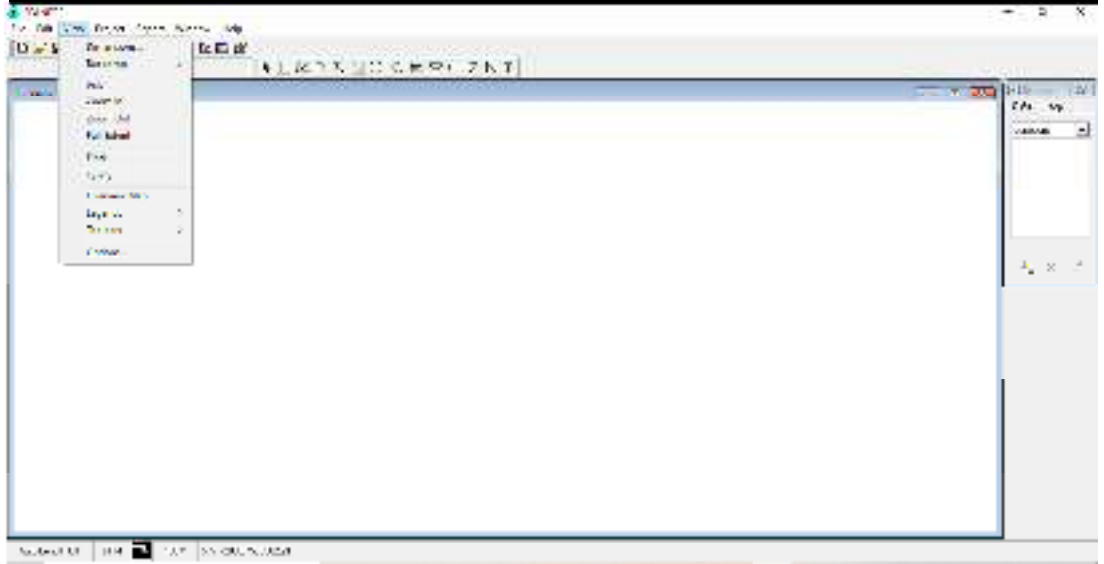
3. Menu view

Pada menu view terdapat perintah- perintah untuk mengendalikan tampilan dari network map.

Tabel 2. 6 Menu view

Perintah	Penjelasan
Dimensions	Mendimensi peta
Backdrop	Mengijinkan backdrop pea untuk ditampilkan
Pan	Bergeser atau bergerak data peta
Zoom In	Zoom in pada peta

Zoom Out	Zoom out pada peta
Full Extend	Menggambar ulang peta pada full extent
Find	Mencari lokasi tertentu didalam peta
Query	Mencari item tertentu didalam peta yang mempunyai kriteria khusus
Overview Map	Mengaktifkan atau menonaktifkan overview map
Legends	Mengontrol legenda- legenda tampilan peta
Toolbars	Mengaktifkan atau menonaktifkan toolbars
Option	Mengatur penampilan tambahan peta



Gambar 2. 9 Menu view

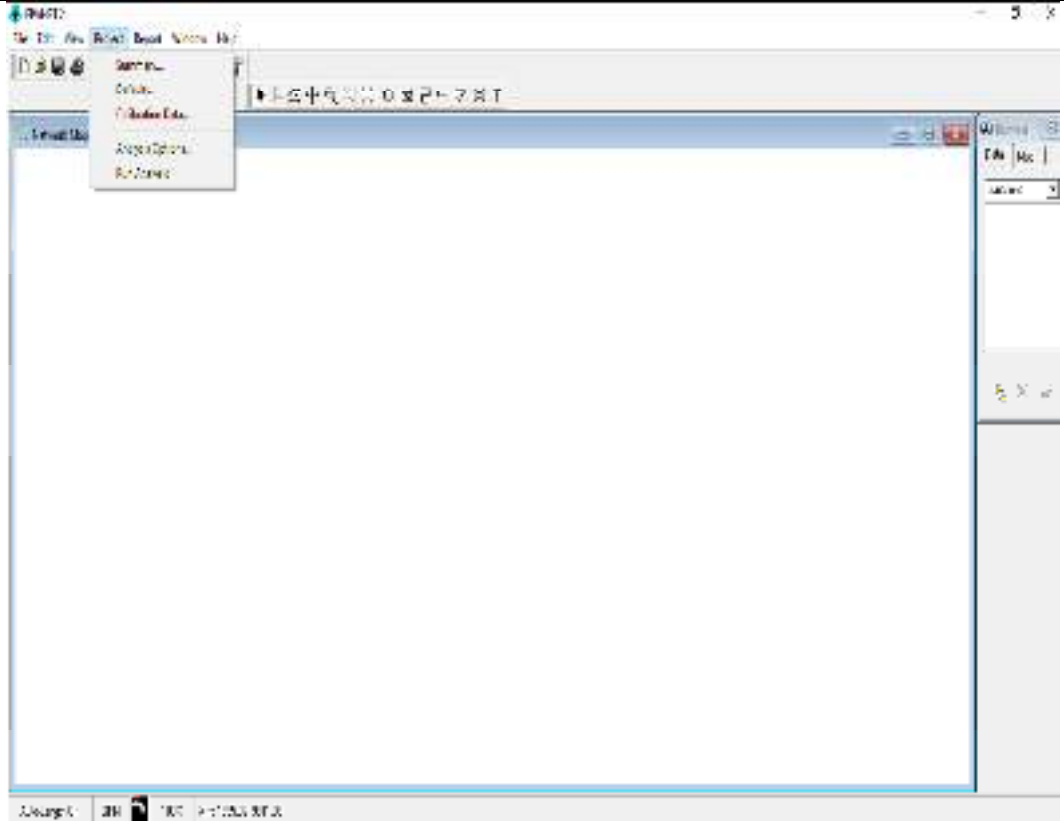
4. Menu Project

Menu Project didalamnya terdapat perintah- perintah yang berhubungan dengan analisa yang sedang dilakukan pada project menu.

Tabel 2. 7 Menu project

Perintah	Penjelasan
Summary	Menunjukkan deskripsi ringkas dari karakteristik proyek
Defaults	Edit property standar proyek
Calibration Data	Merekam file yang berisikan hasil data kalibrasi dan hasil proyek

Analysis Opt	
Option	Edit pilihan analisa
Run Analysis	Menjalankan suatu simulasi



Gambar 2. 10 Menu project

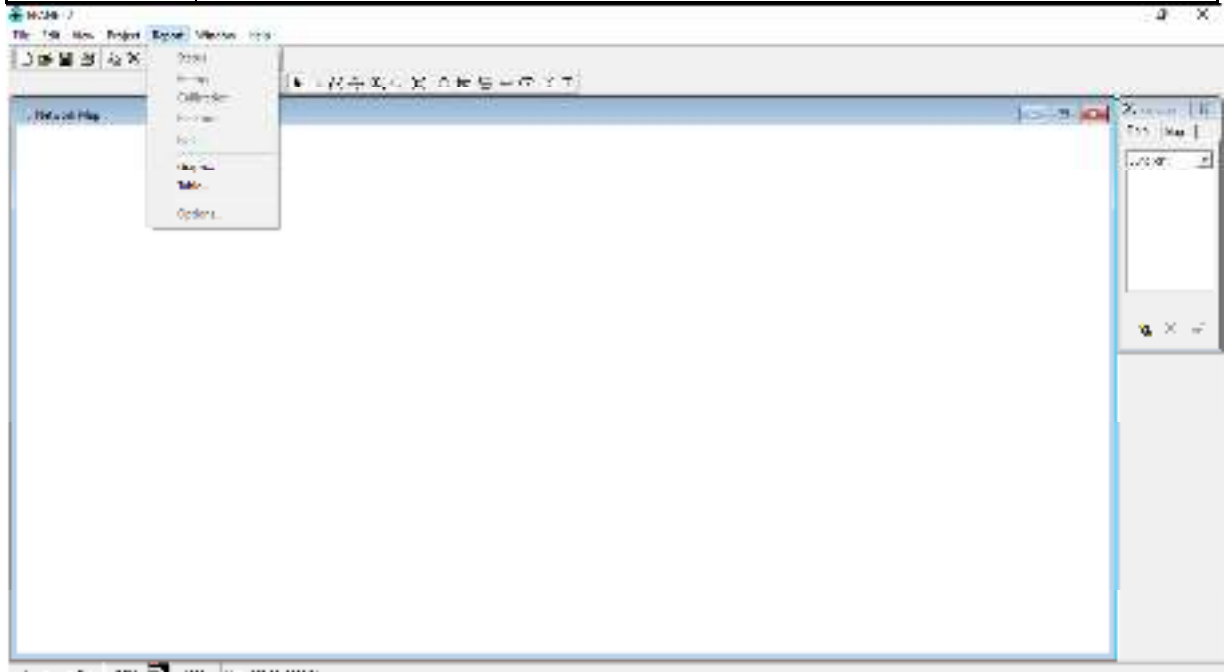
5. Menu Report

Menu Report mempunyai perintah- perintah yang digunakan untuk menampilkan data- data analisa dalam format yang berbeda- beda.

Tabel 2. 8 Menu report

Perintah	Penjelasan
Status	Melaporkan hasil perubahan status jaringan
Energi	Melaporkan hasil energi yang dikonsumsi oleh tiap- tiap pompa
Caliration	Melaporkan perbedaan antara hasil simulasi dengan nilai- nilai pengukuran
	Menunjukkan deskripsi ringkas dari karakteristik proyek

Full	Edit property standar proyek
Graph	Merekam file yang berisikan hasil data kalibrasi dan hasil proyek
Table	Edit pilihan analisa
Option	Menjalankan suatu simulasi



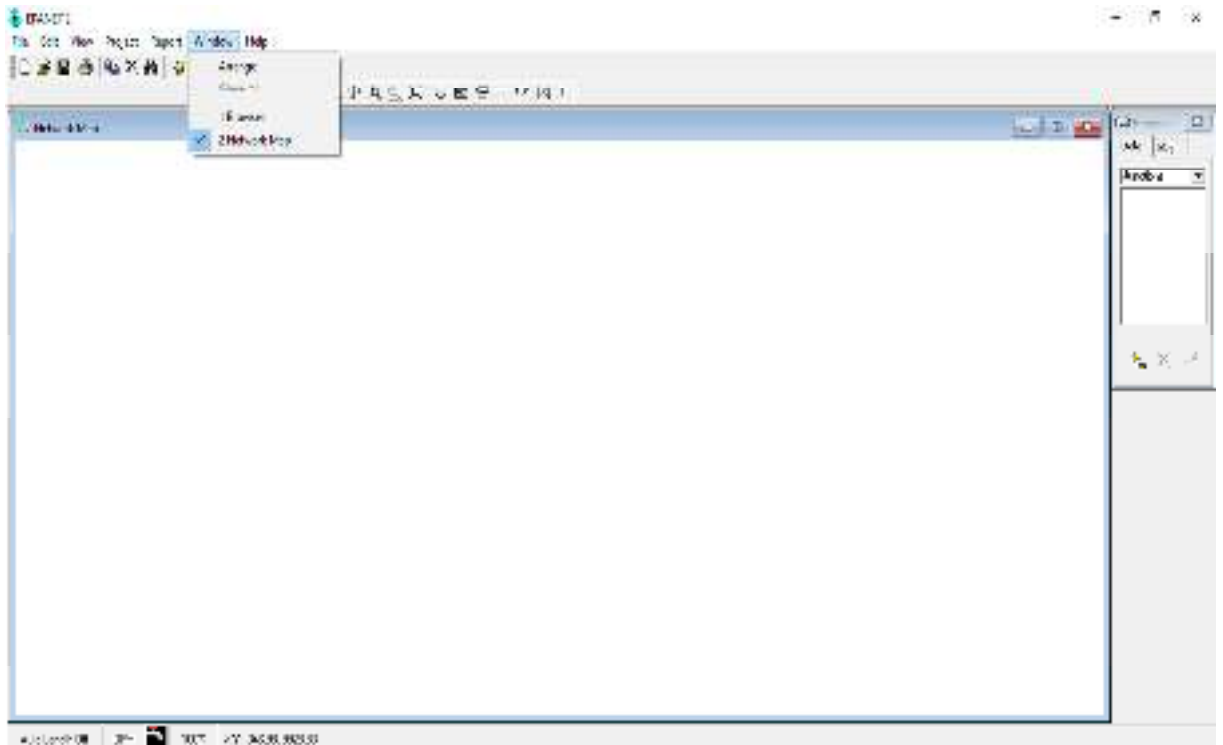
Gambar 2. 11 Menu Report

6. Menu Windows

Menu Window berisikan perintah- perintah sebagai berikut :

Tabel 2. 9 Menu windows

Perintah	Penjelasan
Arrange	Mengatur kembali semua window- window kecil untuk disesuaikan dengan window utama
Close All	Menutup semua window (kecuali Map dan Browser)
Window List	Menyajikan semua window yang terbuka; menyeleksi window yang sedang focus



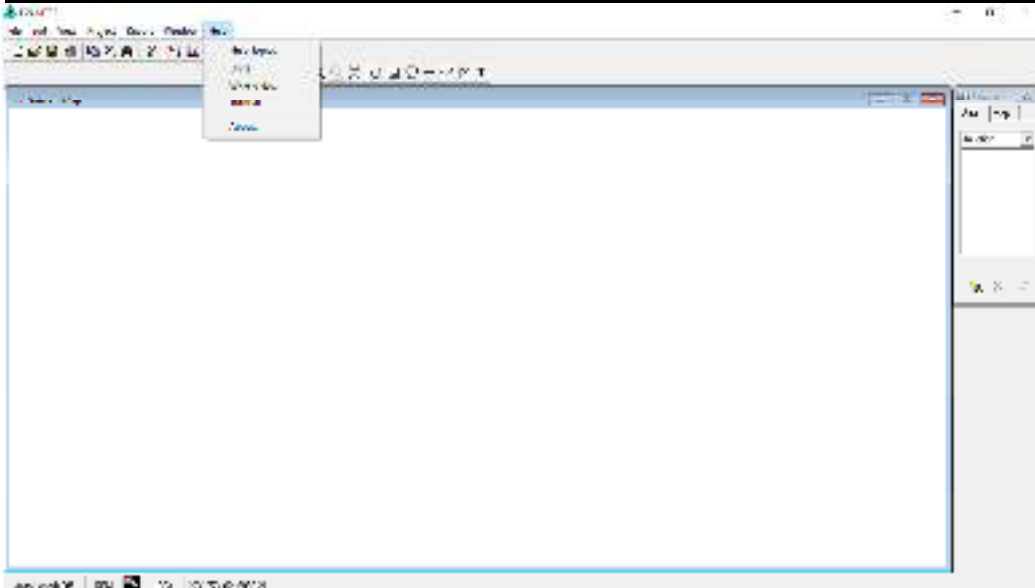
Gambar 2. 12 Menu windows

7..Menu Help

Menu Help berisikan perintah- perintah untuk memperoleh pertolongan dalam menggunakan EPANET. Help juga bisa diperoleh dengan menekan tombol fungsi F1

Tabel 2. 10 Menu help

Perintah	Penjelasan
Help topics	Menampilkan sistem Help topik- topik help, kotak dialog
Units	Menunjukkan satuan pengukuran untuk parameter- parameter EPANET
Tutorial	Memberikan pelajaran pengenalan singkat penggunaan EPANET
About	Menampilkan informasi mengenai versi EPANET



Gambar 2. 13 Menu Help

2.6.6 Menjalankan Program EPANET

EPANET dirancang untuk menjadi suatu alat bantu dalam melakukan penelitian/ riset untuk meningkatkan pemahaman kita khususnya mengenai perilaku dan pergerakan air minum di dalam suatu sistem distribusi air minum. Ada beberapa langkah dalam pemakaian program EPANET :

- a. Gambar sistem jaringan distribusi air minum
- b. Edit *property* dari obyek yang ada pada sistem jaringan
- c. Jelaskan/ uraian bagaimana sistem dioperasikan

- d. Pilih satu set pilihan analisa
- e. Jalankan analisa hidroliknya
- f. Tampilkan hasil analisa

Program **EPANET** mempunyai tools- tools yang cukup efisien dan mudah untuk membuat layout jaringan distribusi baik berskala maupun sistematis. Dalam membuat suatu model jaringan distribusi, **EPANET** secara default akan memberi label node dan pipa yang kita buat. Dalam membuat model skematik kita dapat memasukkan data panjang pipa secara manual, sedangkan jika model yang kita buat adalah berskala maka secara otomatis **EPANET** akan menghitung panjang pipa berdasarkan panjang garis yang kita dikalikan skala yang telah kita tentukan.

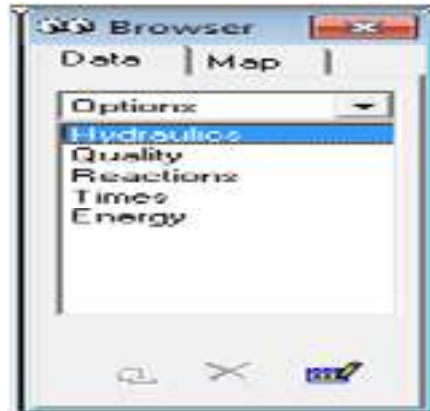
2.6.7 Membuka Program dan Setting Program

1. Jalankan program epanet

Start- Program- Epanet

2. Setelah muncul program EPANET, kemudian klik **File** lalu klik **New** atau klik **Open** kemudian klik dua kali nama file jika file tersebut sudah ada.
3. Buat file gambar untuk peta dasar yang akan dibuat eksisting pipa dengan file "**BMP**" (bila masih format JPG harus dicomfert dalam BMP) yang akan dibuat loading gambar pada EPANET.
4. Masukkan gambar peta dalam bentuk **BMP** yaitu klik **View-Backdrop- Load-** tekan file gambar rencana.
5. Sebelum membuat jaringan suatu sistem terlebih dahulu menyamakan ukuran satuan debit dan penentuan formula/ rumus headloss, yaitu klik pada Toolbar Browser:

❖ Data- Option- Hidraulics



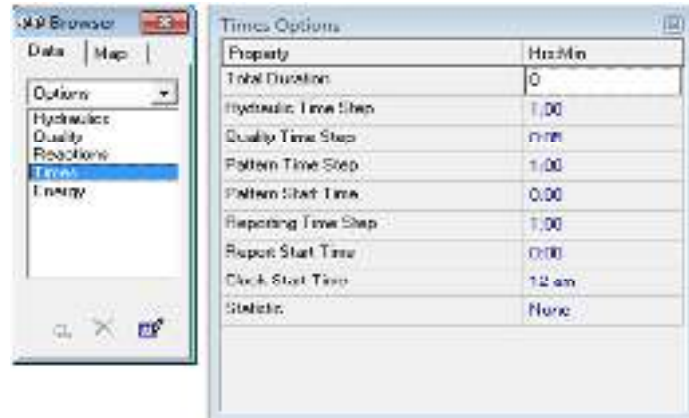
Gambar 2. 14 Data option hidraulics

- ❖ Pada **Hydraulics** klik 2 kali, kemudian isi **Flow unit(LPS)**; **Headloss Formula (H-W)**; **Status Report (Yes)**



Gambar 2. 15 Hydraulics option

- ❖ **Data- Option- Times**, kemudian isi total duration 24 jam



Gambar 2. 16 Times options

2.6.8 Membuat Gambar Model Jaringan

Membuat jaringan sistem distribusi sesuai dengan sistem yang ada, menggunakan **Toolbars Map** yang tersedia dalam program EPANET

- Klik Toolbar Reservoir dan letakkan pada gambar rencana
- Klik Toolbar Node/ Junction dan letakkan pada gambar rencana
- Klik Toolbar pipa hubungkan antara junction (tekan junction untuk node kemudian letakkan pada gambar rencana)
- Kemudian diteruskan untuk Tank , Valve , Pompa dll

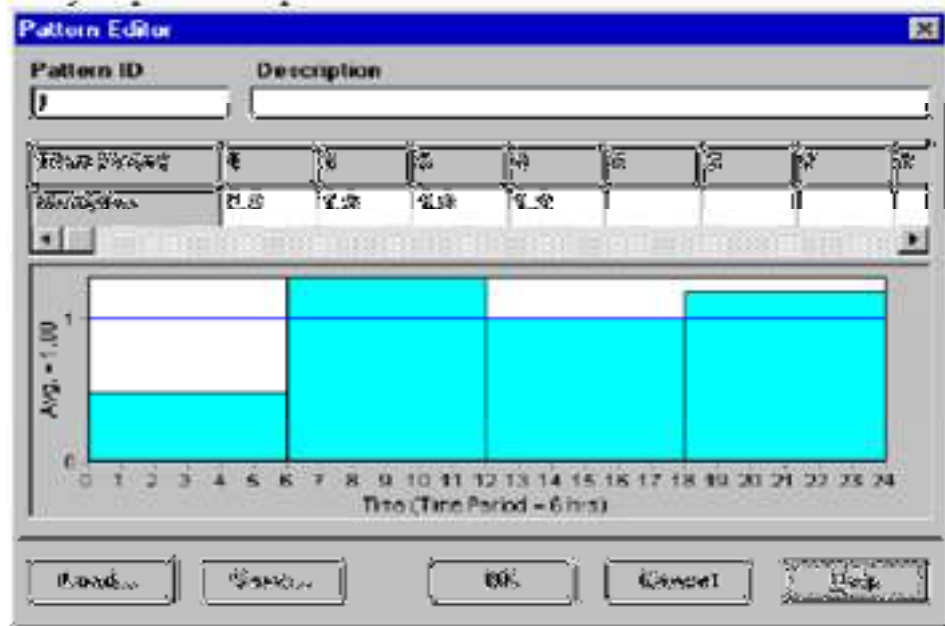
2.6.9 Memasukkan Data

- 1 Setelah membuat jaringan sistem, kemudian mengisi masing- masing data pada junction, pipe, reservoirs, pump, tanks, dll. Data yang diisi sesuai dengan sistem yang ada.
- 2 Membuat **Time Patterns**. Time pattern berisi faktor jam puncak (peak factor) fluktuasi pemakaian air per jamnya.

Data –pattern-Add

Pada pattern editor, data yang harus di isi antara lain:

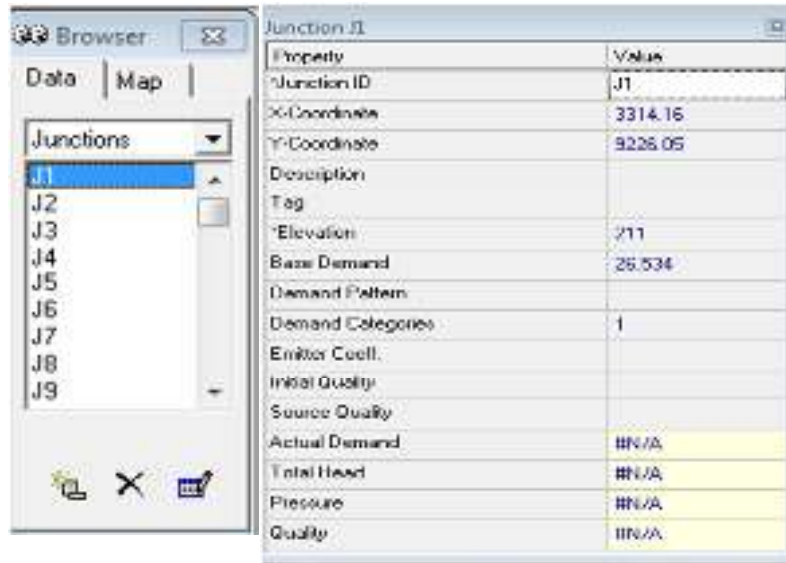
- Nama Pattern (Pattern ID) → misal 1
- Multiplier diisi faktor jam puncak. Faktor jam puncak (peak factor) diisi berdasarkan fluktuasi pemakaian air



Gambar 2.17 *Pattern editor*

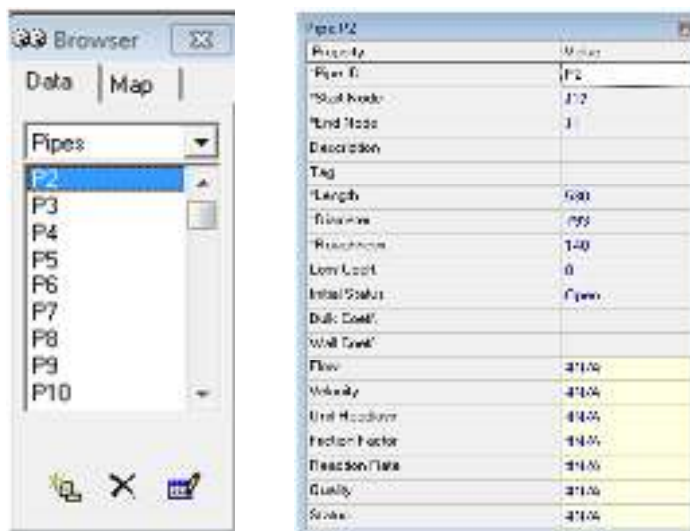
Selain menggunakan time pattern, faktor peak/faktor jam puncak dapat juga dimasukkan pada Demand Multiplier. **Option – Hydraulic Option – Demand Multiplier** (Faktor jam puncak 1,5 – 1,75).

- 3 Mengisi data **Junctions**. Pada Junction properties yang harus diisi antara lain:
 - Nama Junction (Junction ID)
 - Elevasi (Elevation) → dalam meter
 - Debit (Base Demand) → dalam L/dt
 Demand pattern → diisi nama pattern yang sudah dibuat, misal 1



Gambar 2. 18 Mengisi data Junction

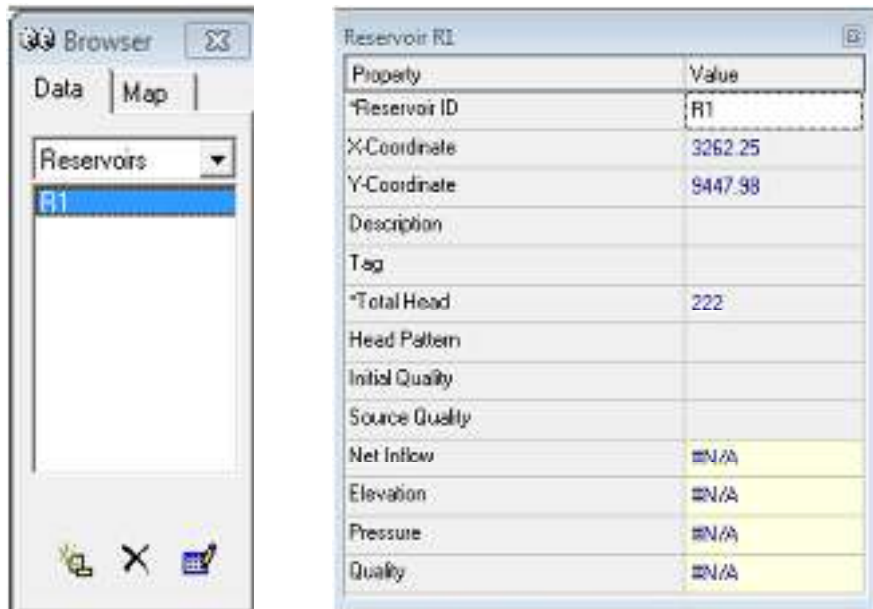
- 4 Mengisi data **Pipa (Pipe)**. Pada Pipe properties yang harus diisikan antara lain:
- Nama pipa (Pipe ID) → misal P-1
 - Panjang pipa (Length) → dalam meter
 - Diameter pipa → dalam mm Koefisien kekasaran pipa (roughness) → 110 – 120 untuk plastik (PVC), 120 untuk galvanis, 110 – 120)



Gambar 2. 19 Mengisi data pipa

- 5 Mengisi data **Reservoir**. Pada Reservoirs properties yang harus diisi antara lain :

- Nama Reservoir (Reservoir ID) → misal R-1
- Head Total (Total Head)



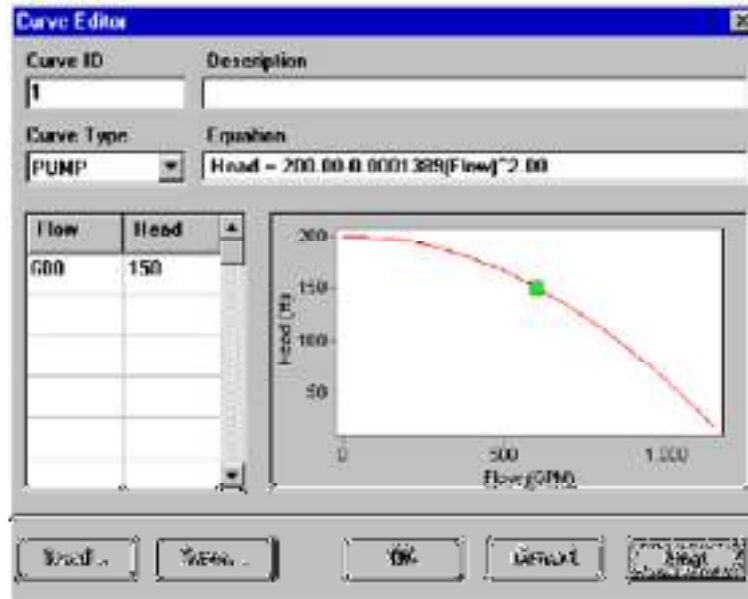
Gambar 2. 20 Mengisi data reservoir

- 6 Bila dalam suatu sistem diperlukan pemompaan maka sebelum mengisi data pompa terlebih dahulu membuat kurva pompa.

Data-curves- add

Pada Curve editor diisi :

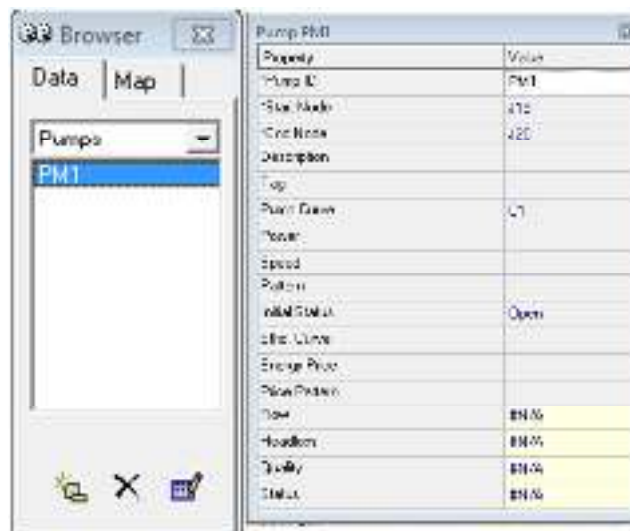
- Nama Kurva (Curve ID) → misal p-1
- Type kurva yang akan dibuat, karena membuat kurva pompa maka diisi tipe pmpa (type curve : pump)
- Diisi debit (flow) dengan L/dt dan Tekanan dalam meter
- Klik **OK**



Gambar2.21 Membuat kurva pompa

Mengisi data **Pompa (Pump)**. Pada Pump properties yang harus diisi antara lain:

- Nama pompa (Pump ID) → misal Pump-1
- Kurva pompa (Pump curve) → diisi sesuai dengan kurva pompa yang sudah dibuat, misal p-1



Gambar 2. 21 Mengisi data pompa

2.6.10 Run Data dan Model

1. Apabila Setelah semua selesai tekan **Run** (berbentuk gambar).
2. **RUN SUCCESFULL**, maka di lanjutkan dengan penampilan data dan pengecekan data apakah sudah sesuai standar yang di terapkan.
3. Klik **Report-Table-Type**(network node dan networks links)-**columns**(di pilih data yang akan di tampilkan) kemudian **ok**.
- 4 Pengecekan data

Data yang dicek meliputi kecepatannya, headloss, pressure tiap node maupun pipa dll. Apabila masih terdapat data yang tidak sesuai dengan standar maka isian untuk junction, pipa, dll dapat dirubah hingga disapatkan data yang sesuai dengan standar. Kemudian dilakukan **Run** dan ditampilkan lagi hasil entri data. Bila **BELUM SUCCES** dicari kekurangannya, bisa dalam penambahan pompa pada pipa, peningkatan debit, pengubahan diameter pipa, dll.

- 5 Bila sudah **SUCCES** maka dilanjutkan dengan penampilan hasil entri data dalam bentuk Tabel dan MAP.

2.6.11 Mencetak data

Mencetak data dalam bentuk tabel dan gambar adalah :

- a) Untuk mencetak data tentukan printer yang akan digunakan. Klik **Page Setup – Printer – Kertas – Ok**
- b) Tampilan tabel (dari network node dan network links) atau gambar yang akan dicetak melalui **Print Preview**, kemudian klik **Print**

2.6.12 Kalibrasi data

- 1 Kalibrasi data bertujuan untuk evaluasi terhadap jaringan sistem distribusi eksisting (menyamakan dengan kondisi lapangan).
- 2 Klik **Project – Calibration data** pada toolbars menu.
- 3 Pada kotak kalibrasi data, pilih salah satu parameter yang akan dikalibrasi.
- 4 Ketik nama file yang berisi data yang akan dikalibrasi atau gunakan menu **Browser** untuk mencari file data yang akan dikalibrasi. File data

yang akan dikalibrasi harus dalam bentuk Windows Notepad.

- 5 Klik **Edit**, apabila mau merubah data dalam window Notepad yang akan dikalibrasi.
- 6 Klik **OK**, apabila semua data yang akan dikalibrasi sudah lengkap.
- 7 Menampilkan hasil kalibrasi data. Klik **Report – Calibration**

2.7 Bagian-bagian jaringan perpipaan

a. JUNCTION



Gambar 2. 22 junction

Junction adalah titik pada jaringan, dimana air akan masuk atau keluar dari jaringan. Data input dasar yang dibutuhkan untuk junction adalah:

- Elevasi
- Kebutuhan air
- Kualitas air awal

Data output yang dihasilkan dari junction adalah:

- Hidraulic head
- Tekanan
- Kualitas air

Junction bisa juga:

- Memiliki kategori kebutuhan
- Memiliki kebutuhan negatif menandakan bahwa air keluar dari jaringan
- Menjadi sumber dimana konstituen masuk pada jaringan
- Mengandung emitters (atau springkler) yang debitnya tergantung pada tekanan

b. RESERVOIR

Reservoir adalah titik yang melambangkan sumber air yang tidak terbatas pada jaringan. Reservoir yang digunakan pada model biasanya seperti danau, sungai, air tanah, dan lain-lainnya. Reservoir juga bisa memberikan titik sumber kualitas air.



Gambar 2. 23 Reservoir

Input data yang utama pada reservoir adalah hydraulic head (sama dengan level permukaan airnya jika reservoir tidak dalam keadaan bertekanan), besar kapasitas reservoir itu sendiri dan kualitas awal untuk analisis kualitas air.

Karena reservoir merupakan titik batas pada jaringan, maka head dan kualitas airnya tidak bisa dipengaruhi oleh aoa yang terjadi pada jaringan. Oleh karena itu reservoir tidak menghasilkan output perhitungan. Walaupun demikian, headnya dapat bervariasi terhadap waktu sesuai dengan pola yang telah ditetapkan.

c. TANK

Tank adalah titik dengan kapasitas penyimpanan yang volumenya bisa bervariasi terhadap waktu.



Gambar 2. 24 TANK

Input data yang utama untuk tank adalah :

- Elevasi dasar tank
- Diameter (atau bentuk lain jika bukan silinder)
- Awal, minimum, dan maksimum level air
- Awal kualitas air

Output utama yang dihitung terhadap waktu adalah :

- Hidraulic head
- Kualitas air

d. PIPA

Pipa adalah penghubung yang membawa air dari suatu titik ke titik yang lain pada jaringan EPANET dengan mengasumsikan bahwa pipa penuh dengan air setiap waktunya.



Gambar 2. 25 Pipa

Jenis pipa yang di gunakan adalah jenis pipa PVC, dengan diameter pipa nya adalah 60mm,90mm,110mm,160mm 200 mm, 250 mm, 300 mm, dan 400 mm. aliran adalah dari tekanan tinggi ke tekanan yang lebih rendah. Input parameter hydraulic yang utama adalah :

- Awal dan akhirnya titik
- Diameter
- Panjang
- Koefisien kekasaran
- Status (open, close atau terdapat check valve)

Hasil perhitungan pipa terdiri dari :

- Debit aliran
- Kecepatan
- Headloss
- Kecepatan reaksi rata- rata.

e. POMPA

Pompa adalah penghubung yang memberikan energi pada fluida dengan cara meningkatkan head hidrauliknya. Input parameter yang utama adalah awal dan akhir titik kombinasi head dan debit aliran.



Gambar 2. 26 Pompa

. Pompa yang dimodelkan dapat memberikan data energi konstan yang baik yang dibutuhkan ataupun energi yang diberikan pada fluida.

Output parameter yang utama adalah debit aliran terhadap head. Jika debit aliran melalui pompa tidak mengarah, maka EPANET tidak akan mengijinkan pompa untuk mengalirkan apabila diluar jangkauan pipa.

Variabel speed pompa bisa juga diberikan, dengan penetapan speed spesifikasinya yang diubah sesuai dengan kondisi tipenya. Secara definisi, kurva pompa asli yang dimasukkan pada program memiliki relative speed setting = 1. Jika speed pompa double maka relative speed setting menjadi 2, dan selanjutnya.

Seperti halnya pipa, pompa juga bisa dinyalakan ataupun dimatikan (on atau off) pada jaringan. EPANET juga dapat menghitung konsumsi energi dan biaya dari pompa. Pada masing-masing pompa dapat ditetapkan kurva efisiensi dan aturan harga energinya.

Jika kondisi sistem membutuhkan head lebih dari yang dimiliki pompa, EPANET akan mematikan pompa. Jika debit aliran lebih besar dibutuhkan, EPANET akan memperhitungkan kemungkinan kurva pompa pada debit yang dibutuhkan, meskipun hasilnya head negatif. Dalam kasus tertentu akan dikeluarkan pesan peringatan.

f. VALVE

Valve adalah rantai/ penghubung yang membatasi tekanan dan debit pada titik tertentu dalam jaringan. Input parameter utamanya terdiri dari :

- a) Awal dan akhir node
- b) Diameter
- c) Setting
- d) Status



Gambar 2. 27 Valve

Output perhitungan dari valve adalah debit aliran dan headloss

Perbedaan tipe valve dalam EPANET adalah :

1. Pressure Reducing Valve (PRV)

PRV membatasi tekanan pada suatu titik dalam jaringan. PRV digunakan apabila :

- Terbuka parsial (partially opened) untuk mencapai tekanan yang ditetapkan pada aliran hilir tekanan dari hulu lebih tinggi dari yang ditetapkan.
- Terbuka penuh (fully opened) jika tekanan hulu lebih rendah dari yang ditetapkan.
- Tertutup jika tekanan pada hilir melebihi tekanan di hulu.

2. Pressure Sustaining Valve (PSV). PSV digunakan apabila :

- Terbuka parsial (partially opened) untuk mempertahankan tekanan yang ditetapkan
 - Terbuka penuh (fully opened) jika tekanan hilir lebih tinggi dari yang ditetapkan
 - Tertutup jika tekanan pada hilir melebihi tekanan dari hulu.
3. Pressure Breaker Valve (PBV)

PBV bersifat memaksa sebuah kehilangan tekanan khusus saat melewati valve. Debit aliran yang melalui valve bisa pada arah yang lain. PBV bukan merupakan alat fisik tetapi bisa digunakan untuk memodelkan situasi dimana apabila terjadi penurunan tekanan khusus.
 4. Flow Control Valve (FCV)

FCV membatasi debit aliran pada debit tertentu. Program EPANET akan memberikan peringatan, apabila aliran tidak dapat dipertahankan dan tidak memiliki head yang bisa ditambahkan pada valve (debit aliran tidak dapat dipertahankan meskipun dengan valve yang terbuka penuh).
 5. Throttle Control Valve (TCV)

TCV mensimulasi valve yang tertutup parsial dengan mengatur koefisien headloss minor valve. Hubungan antara derajatutupan valve dengan koefisien headloss biasanya disediakan dari pabrik.
 6. General Purpose Valve (GPV)

GPV digunakan untuk mewakili hubungan dimana pengguna memberikan hubungan khusus debit dan headloss yang diikuti dengan rumus hidraulik yang standar. Hal tersebut digunakan untuk memodelkan turbin, draw down sumur atau mengurangi dan mencegah aliran balik.

2.8 Kehilangan energi (*head-loss*)

Headlosses adalah Penurunan tekanan pada fluida yang mengalir didalam pipa. Headlosses pada instalasi pipa disebabkan oleh 2 hal yaitu :

1. Mayor losses
2. Minor losses

2.8.1 Mayor losses

Mayor losses adalah kerugian yang dialami oleh aliran fluida di dalam pipa yang disebabkan oleh gesekan permukaan pipa bagian dalam yang besarnya tergantung pada angka kekasaran pipa, panjang pipa, diameter pipa dan bilangan Reynold.

$$\text{Secara matematis dapat di tulis : } hf = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots (17)$$

Dimana : hf = kerugian oleh gesekan fluida dalam pipa

f = koefisien gesekan

L = panjang pipa

D = Diameter pipa

V = Kecepatan aliran (m/det)

g = gravitasi (m/det²)

Mayor losses dapat di hitung dengan menggunakan rumus persamaan dari *HAZZEN-WILLIAM* yaitu :

$$hf = \frac{10,67x Q^{1,85}}{C^{1,85}} x L \dots\dots\dots (18)$$

Dimana :

hf = kehilangan tekanan/ headloss(m)

C = koefisien pipa(Pipa PVC)

Q = Debit air (lt/s)

d = Diameter pipa (mm)

L = Panjang pipa (m)

Lalu untuk menentukan besarnya tekanan yang hilang dapat di hitung dengan menggunakan rumus : $\rho = 0,00981 x hf x g$

Dimana : ρ = Tekanan(bar)

hf = kehilangan tekanan/headloss (m)

g = gaya gravitasi (m/s²)

Perhitungan diatas sangat berguna dalam menentukan kekuatan pompa air yang di butuhkan dalam instalasi perpipaan di dalam maupun luar bangunan. Jadi, jika menginginkan seberapa besar tekanan air yang akan mengalir di dalam

instalasi pipa maka hal pertama yang pertama yang di lakukan bukan membeli pompa dengan kekuatan tekanan yang besarnya sama seperti besar tekanan air yang di inginkan, namun yang pertama kali perlu di lakukan adalah mendesain instalasi perpipaan nya dan menghitung besarnya headloss yang akan terjadi pada instalasi perpipaan tersebut.

Setelah itu baru ditentukan besarnya kekuatan pompa dengan cara menghitung besarnya tekanan rencana di tambahkan dengan besarnya head loss.

2.8.2 Minor losses

Minor losses adalah kerugian pada sistem perpipaan akibat adanya persambungan pipa.

Minor losses disebabkan oleh beberapa hal yaitu : aliran masuk fluida ke dalam pipa(*inlet*), aliran keluar dari pipa (*outlet*), sambungan pipa/fitting atau sambungan pipa tanpa fitting.

Jika instalasi pipa terdapat fitting (belokan dan percabangan) maka ditambahkan koefisien kehilangan tekanan dari penggunaan fitting, jenis fitting serta bentuk dari beberapa aksesoris perpipaan yang akan mempengaruhi aliran fluida yang ada di dalam pipa. Nilai k adalah sebuah koefisien yang telah ditentukan. Untuk menentukan besarnya minor loss dapat di hitung dengan menggunakan persamaan *Darcy-Wisbach* sebagai berikut :

$$hf = k \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots (19)$$

Dimana :

K = Koefisien kerugian Minor Losses

g = Percepatan gravitasi (9,81 m/s)

V = kecepatan Rata-Rata aliran fluida pada pipa(m/s)

Dalam mencari nilai *head-loss*, nilai dari faktor gesek juga diperlukan. Adapun persamaan untuk mencari nilai faktor gesek(*f*) adalah sebagai berikut :

➤ Aliran Turbulen

Aliran Turbulen adalah aliran yang partikel-partikel nya bergerak secara acak dan tidak stabil dengan kecepatan. Aliran ini mempunyai bilangan

Reynold yang lebih besar dari 4000. Dengan persamaan :

$$f = \frac{0,316}{Re^{1/4}} \dots \dots \dots (20)$$

➤ Aliran Laminar

Aliran Laminar adalah aliran fluida yang bergerak dengan kondisi lapisan-lapisan yang membentuk garis-garis alir dan tidak berpotongan satu sama lain. Aliran ini memiliki bilangan Reynold lebih kecil dari 2300.

Dengan persamaan :

$$f = \frac{64}{N_R} \dots \dots \dots (21)$$

2.9 Proyeksi Pertumbuhan Penduduk

Ada beberapa cara untuk memproyeksikan jumlah penduduk masa yang akan datang diantaranya menggunakan metode matematik dan metode komponen

2.9.1 Metode Matematik

Metode ini sering disebut dengan metode tingkat pertumbuhan penduduk (*Growth Rates*). Metode ini merupakan estimasi dari total penduduk dengan menggunakan tingkat pertumbuhan penduduk secara matematik, atau untuk tingkat lanjutnya melalui *fitting* kurva yang menyajikan gambaran matematis dari perubahan jumlah penduduk. Proyeksi berdasarkan tingkat pertumbuhan penduduk mengasumsikan pertumbuhan yang konstan, baik untuk model aritmatika, geometric, atau eksponensial untuk mengistimasi jumlah penduduk.

a. Metode Aritmatika

Proyeksi penduduk dengan metode aritmatika mengasumsikan bahwa jumlah penduduk pada masa depan akan bertambah dengan jumlah yang sama setiap tahun. Formula yang digunakan pada metode proyeksi aritmatika adalah:

$$P_t = P_0 * (1 + r * t) \dots\dots\dots (22)$$

Dengan

$$r = \frac{1}{t} * \left(\frac{P_t}{P_0} - 1 \right) \dots\dots\dots (23)$$

Dimana:

P_t = jumlah penduduk pada tahun proyeksi (jiwa)

P_0 = jumlah penduduk pada awal tahun dasar (jiwa)

r = Laju pertumbuhan penduduk (jiwa/tahun)

n = periode waktu antara tahun dasar dan tahun t (dalam tahun)

b. Metode Geometrik

Proyeksi penduduk dengan metode geometric menggunakan asumsi bahwa jumlah penduduk akan bertambah secara geometric menggunakan dasar perhitungan bunga mejemuk (Adioetomo dan samosir, 2010). Laju pertumbuhan penduduk (*rate of growth*)

$$P_t = P_0 (1 + r)^n \dots\dots\dots (24)$$

Dengan

$$r = \left(\frac{P_t}{P_0} \right)^{\frac{1}{t}} \dots \dots \dots (25)$$

Dimana:

P_t = jumlah penduduk pada tahun t

P_0 = jumlah penduduk pada tahun dasar

r = laju pertumbuhan penduduk

t = periode waktu antara tahun dasar dan tahun t (dalam tahun)

c Metode Eksponensial

Menurut adioetomo dan samosir (2010), metode eskponensial menggambarkan penambahan penduduk yang terjadi secara sedikit-sedikit sepanjang tahun, berbeda dengan metode geometric yang mengasumsikan bahwa penambahan penduduk hanya terjadi pada satu saat selama kurun waktu tertentu. Formula yang digunakan pada metode eksponensial adalah:

$$P_t = P_0 e^{rt} \dots \dots \dots (26)$$

dengan

$$r = \frac{1}{t} \ln \left(\frac{P_t}{P_0} \right) \dots \dots \dots (27)$$

Dimana:

P_t = jumlah penduduk pada tahun t

P_0 = jumlah penduduk pada tahun dasar

r = laju pertumbuhan penduduk

t = periode waktu antara tajun dasar dan tahun t (dalam tahun)

e =bilangan pokok dari system logaritma natural (ln) yang besarnya adalah 2,7182818

Dari ketiga metode perhitungan jumlah penduduk diatas juga dapat dihitung perkiraan waktu ketika jumlah penduduk mencapai dua kali lipat (*doubling time*). Formula perhitungan waktu penggandaan menggunakan laju pertumbuhan penduduk aritmatik, geometrik, dan eksponensial adalah sebagai berikut:

$$\text{aritmatik: } t = \frac{1}{r} \dots\dots\dots (28)$$

$$\text{geometrik: } t = \frac{\log 2}{\log(1+r)} \dots\dots\dots (29)$$

$$\text{eksponensial: } t = \frac{1n2}{r} \dots\dots\dots (30)$$

2.9.2 Metode komponen

Metode komponen berbasis pada pengertian bahwa perubahan penduduk suatu wilayah pada periode tahun tertentu merupakan akumulasi dari kejadian kelahiran dan kematian (*natural increase*) serta net migrasi.

$$P_t = P_0 + (L-M) + (MigIn-MigOut) \dots\dots\dots (31)$$

Dimana:

- P_t = jumlah penduduk pada tahun t
- P₀ = jumlah penduduk pada tahun dasar
- L = jumlah kelahiran
- M = jumlah kematian
- MigIn = jumlah migrasi masuk
- MigOut = jumlah migrasi keluar

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Gambaran wilayah kecamatan Lubuk Pakam

Kecamatan Lubuk Pakam adalah salah satu kecamatan di Kabupaten Deli Serdang yang ibukota wilayah nya terletak pada garis $3^{\circ}53' - 3^{\circ}86'$ dengan Lintang Utara $98^{\circ}85' - 98^{\circ}89'$ Bujur Timur dan berbatasan dengan :

- a. Utara → Kecamatan Beringin
- b. Selatan → Kecamatan Pagar Merbau
- c. Barat → Kecamatan Pagar Merbau
- d. Timur → Kecamatan Tanjung Morawa

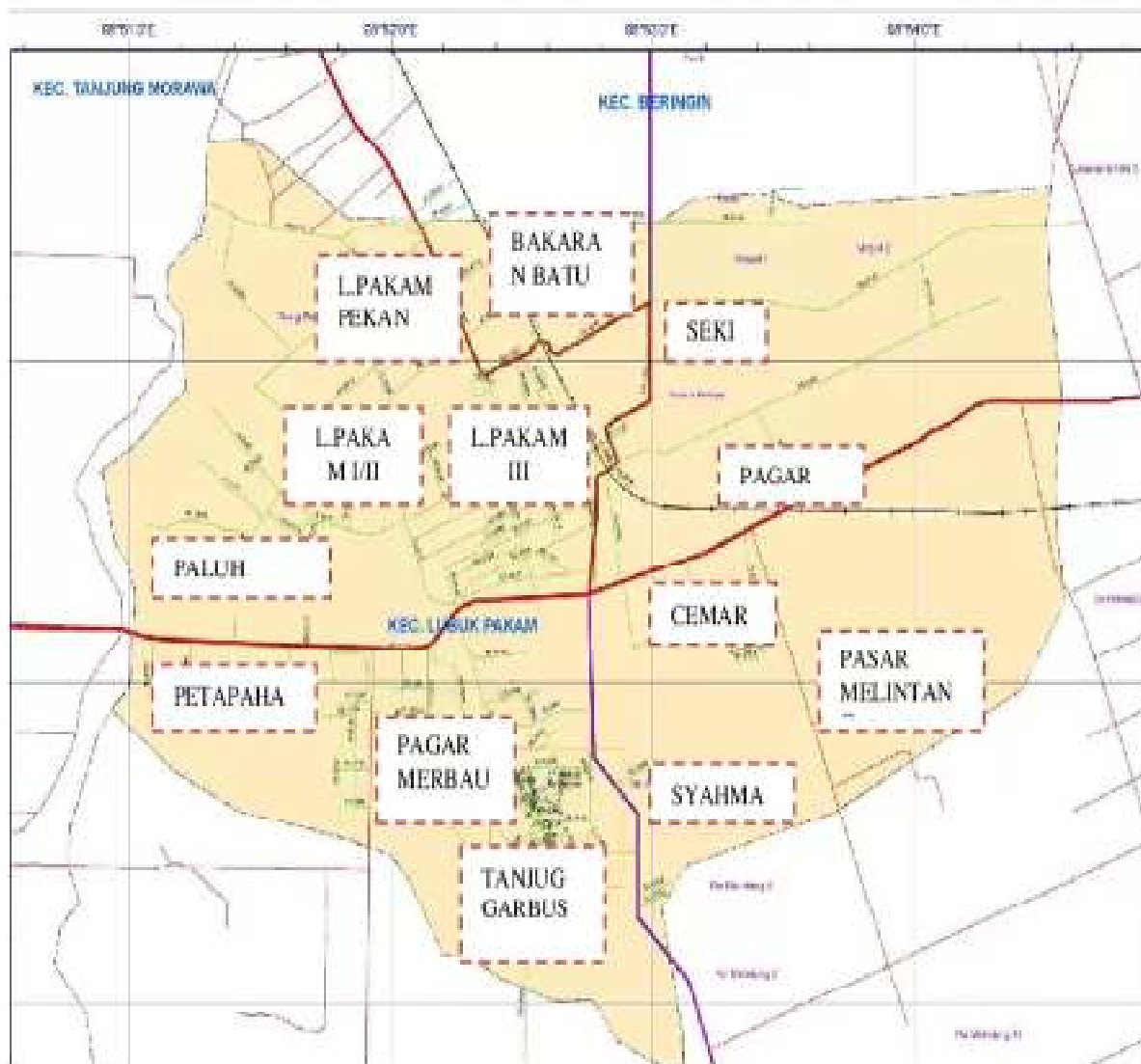
Luas Kecamatan Lubuk Pakam adalah $31,19 \text{ km}^2$ yang terletak diatas permukaan laut antara 0 s/d 8 meter dan memiliki 13 desa yaitu sebagai berikut :

Tabel 3. 1 Luas wilayah di setiap desa Lubuk Pakam.

No	Desa	Luas (km ²)	Jarak dari ibukota (km)
1	Paluh kemiri	1,45	1,0
2	Petapahan	1,99	1,5
3	Tanjung garbus I	5,12	1,5
4	Pagar merbau III	5,72	1,5
5	Cemara	0,78	2,0
6	Pasar Melintang	5,59	3,0
7	Pagar Jati	2,30	3,0
8	Syahmad	0,48	1,0
9	Lubuk Pakam III	0,18	1,0
10	Lubuk Pakam I/II	0,43	1,0
11	Lubuk pakam Pekan	0,69	0,3
12	Bakaran Batu	2,82	2,0
13	Sekip	3,64	2,0
	Total	31,19	

Sumber

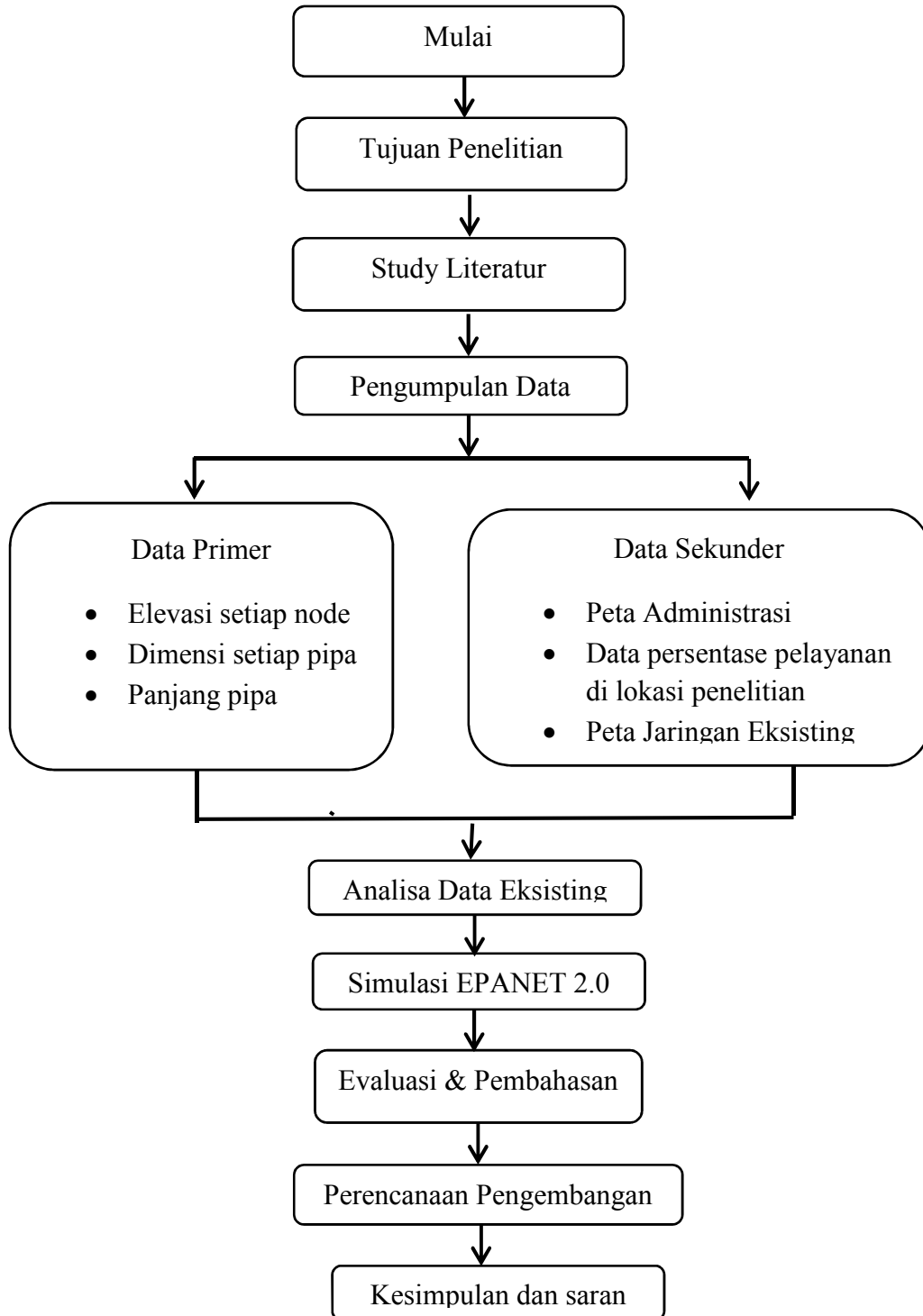
kecamatan Lubuk pakam dalam angka 2019



Gambar 3. 1 Gambaran Wilayah Kecamatan Lubuk Pakam

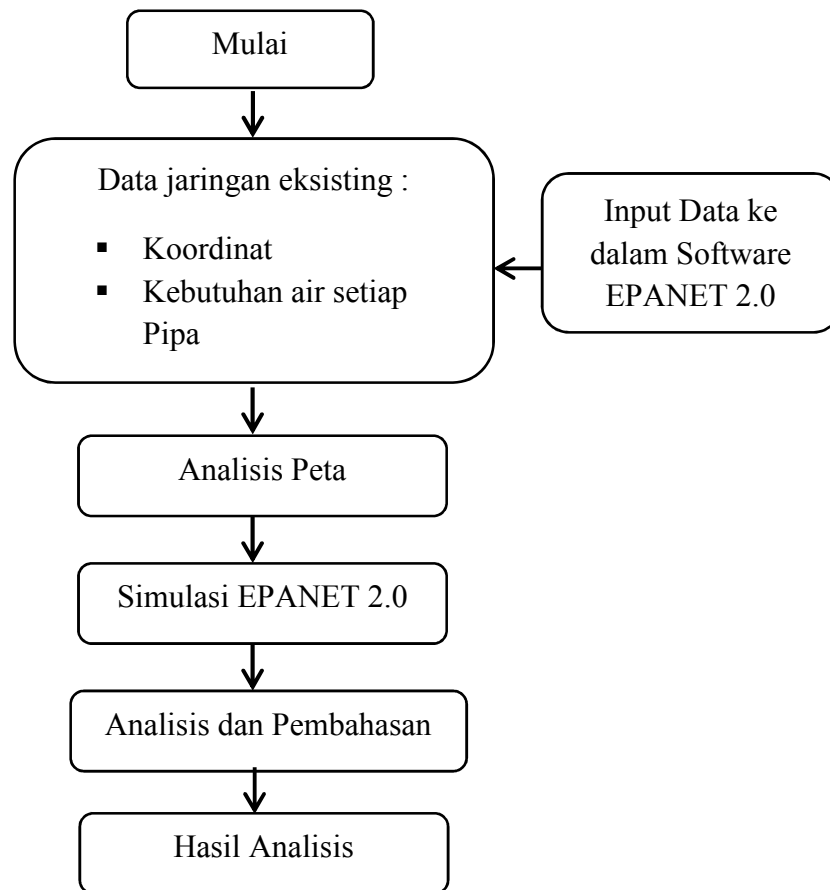
3.2 Diagram Alur penelitian

Dalam melakukan evaluasi serta pengembangan jaringan distribusi PDAM Tirta Deli terdapat tahapan-tahapan pekerjaan yang sistematis mengacu kepada tujuan dari perencanaan berikut ini :



Gambar 3.2 Tahapan penelitian

Metode yang di gunakan dalam penelitian ini dalam melakukan Evaluasi adalah Metode kualitatif karena data data yang di olah dapat terukur mutlak seperti diameter pipa,kekasaran pipa,dan panjang pipa. Untuk mengidentifikasi faktor penyebab masalah dalam penelitian yaitu dengan cara melakukan simulasi EPANET yang dimana setelah nya akan di lakukan analisis terhadap faktor-faktor tersebut dengan menyesuaikan kondisi lapangan(Elevasi, material pipa yang digunakan,diameter pipa dan lain-lain).Tahapan evaluasi yang spesifik dapat di lihat pada gambar berikut :



Gambar 3. 3 Tahapan Spesifik Evaluasi

3.3 Jenis Data Penelitian

3.3.1 Data primer

Data primer adalah data yang di gunakan dari lokasi pembangunan maupun hasil survey yang dapat langsung di gunakan. Adapun data Primer yaitu sebagai berikut

1. Dokumentasi lapangan.
2. Observasi pengamatan

3.3.2 Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diambil secara tidak langsung,data ini berfungsi sebagai pelengkap dan penunjang di dalam penelitian atau data yang sudah di dokemnentasikan oleh orang lain .Adapun data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Jenis pipa dan diameter pipa
2. Skema jaringan ,berbentuk EPANET
3. Jumlah penduduk wilayah lubuk Pakkam
4. Jumlah wilayah layanan
5. Letak geografis wilayah lubuk Pakkam

3.3.3 Tinjauan pustaka literatur

Studi literature di dapat dari buku referensi,jurnal,internet,dan standar buku Indonesia . Studi literature ini di lakukan untuk mengumpulkan bahan acuan yang akan di gunakan dalam pengumpulan data.