

# **ANALISA HIDROLIS PADA KOMPONEN SISTEM DISTRIBUSI AIR BERSIH DENGAN WATERNET DAN WATERCAD VERSI 8 (STUDI KASUS KAMPUNG DIGIOUWA, KAMPUNG MAWA DAN KAMPUNG IKEBO, DISTRIK KAMU, KABUPATEN DOGIYAI)**

**Mochammad Ibrahim<sup>1)</sup> Aniek Masrevaniah<sup>2)</sup> Very Dermawan<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup>Program Magister Teknik Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

<sup>2)</sup>Jurusan Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

## **ABSTRAK**

Pemenuhan kebutuhan pokok masyarakat akan air bersih yang layak merupakan masalah yang berkembang di Kabupaten Dogiyai. Pendistribusian air bersih tidak merata, sehingga banyak kampung dan perumahan belum mendapatkan air bersih. Untuk mengatasi hal tersebut dibutuhkan jaringan distribusi air bersih yang baik dan mampu melayani kebutuhan air bersih bagi penduduk di daerah tersebut. Perencanaan sebuah jaringan distribusi air bersih dihitung dengan teliti dilihat dari berbagai macam segi, yaitu : kuantitas, kualitas dan kontinuitas. Perencanaan tersebut dibuat secara utuh dan membentuk suatu sistem jaringan distribusi air bersih yang terpadu.

Hasil perhitungan dan analisa kebutuhan air bersih di jaringan pipa air bersih kampung Ikebo, Mauwa dan Digiouwa, Kabupaten Dogiyai pada jam puncak sebesar 17,95 lt/dt (analisa watercad) dan 18,11 lt/dt (analisa waternet) pada jam rendah berkisar antara 3,19 lt/dt (analisa watercad) dan 2,9 lt/dt (analisa waternet). Kondisi aliran pada sistem jaringan pipa distribusi air di kampung Ikebo, Mauwa dan Digiouwa, Kabupaten Dogiyai dapat mengalir dengan selama 24 jam, baik pada saat penggunaan pipa Galvanized iron maupun pipa PE.

Dari hasil analisa juga diketahui bahwa pipa jenis PE memiliki tingkat efisiensi yang lebih bagus daripada pipa jenis Galvanized Iron dalam hal kehilangan energi. Pipa PE memiliki permukaan yang lebih halus sehingga kehilangan energi yang diakibatkan oleh gesekan dengan dinding pipa menjadi kecil. Perbedaan nilai kehilangan energi tidak begitu terlihat pada jam rendah dikarenakan debit yang melalui pipa sangat kecil barulah pada jam puncak terlihat perbedaan yang besar.

**Kata Kunci :** Distribusi Air Bersih, Jenis Pipa dan Kehilangan Energi

## **1. PENDAHULUAN**

Seiring dengan penambahan jumlah penduduk mengakibatkan juga penambahan 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 diperhitungkan pertumbuhannya dimasa yang akan datang. Dalam perencanaan jaringan pipa air bersih di tentukan oleh kebutuhan air dan tekanan aliran yang diperlukan. Dalam pelayanan penyediaan air bersih lebih banyak

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. Diantaranya EPANET, WaterCad v4, WaterCad v8, WaterNet, dan masih banyak lagi. Metode yang digunakan oleh berbagai software beragam dan masing-masing dengan keunggulan sendiri. Dalam penelitian ini, membandingkan 2 software untuk mensimulasi pendistribusian air bersih, yaitu : WaterCad v8 dan WaterNet.

## 2. TEORI

### 2.1 ANALISA HIDROLIKA DALAM SISTEM JARINGAN DISTRIBUSI AIR BERSIH

#### a. Hukum Bernoulli

Aliran dalam pipa memiliki tiga macam energi yang bekerja di dalamnya, yaitu :

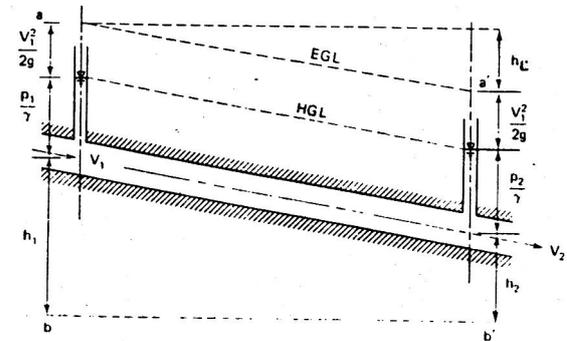
1. Energi ketinggian
2. Energi tekanan
3. Energi kecepatan

Hal tersebut dikenal dengan prinsip Bernoulli bahwa tinggi energi total pada sebuah penampang pipa adalah jumlah energi kecepatan, energi tekanan dan energi ketinggian yang dapat ditulis sebagai berikut :

$$E_{Tot} = \text{Energi ketinggian} + \text{Energi kecepatan} + \text{Energi tekanan}$$

$$= z + \frac{P}{\gamma} + \frac{v^2}{2g}$$

Menurut teori kekekalan energi dari hukum Bernoulli yakni apabila tidak ada energi yang lolos atau diterima antara dua titik dalam satu sistem tertutup, maka energi totalnya tetap konstan. Hal tersebut dapat dijelaskan pada gambar di bawah ini :



Gambar 1. Diagram Energi dan Garis Tekan  
Sumber : Haestad. 2001 : 268

Hukum kekekalan Bernoulli pada gambar di atas dapat ditulis sebagai berikut (Haestad, 2002 : 267) :

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

dengan :

$$\frac{P_1}{\gamma_w}, \frac{P_2}{\gamma_w} = \text{tinggi tekan di titik 1 dan 2}$$

(m)

$$\frac{v_1^2}{2g}, \frac{v_2^2}{2g} = \text{tinggi energi di titik 1 dan 2}$$

(m)

$P_1, P_2$  = tekanan di titik 1 dan 2 (kg/m<sup>2</sup>)

$\gamma_w$  = berat jenis air (kg/m<sup>3</sup>),  $v_1, v_2$  = kecepatan aliran di titik 1 dan 2 (m/det),  $g$  = percepatan gravitasi (m/det<sup>2</sup>);  $Z_1, Z_2$  = tinggi elevasi di titik 1 dan 2 dari garis yang ditinjau (m);  $h_L$  = kehilangan tinggi tekan dalam pipa (m)

#### b. Hukum Kontinuitas

Hukum kontinuitas yang dituliskan :

$$Q_1 = Q_2$$

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

dengan :  $Q_1$  = debit pada potongan 1 (m<sup>3</sup>/det)

$Q_2$  = debit pada potongan 2 (m<sup>3</sup>/det)

$A_1$  = luas penampang pada potongan 1 (m<sup>2</sup>)

$A_2$  = luas penampang pada potongan 2 (m<sup>2</sup>)

$V_1$  = kecepatan pada potongan 1 (m/det)

$V_2$  = kecepatan pada potongan 2 (m/det)

Pada aliran percabangan pipa juga berlaku hukum kontinuitas dimana debit yang masuk pada suatu pipa sama dengan debit yang keluar pipa. Hal tersebut diilustrasikan sebagai berikut:

$$Q_1 = Q_2 + Q_3$$

$$A_1.V_1 = (A_2.V_2) + (A_3.V_3)$$

Dengan :  $Q_1, Q_2, Q_3$  = Debit yang mengalir pada penampang 1, 2 dan 3 ( $m^3/det$ ) dan  $V_1, V_2, V_3$  = Kecepatan pada penampang 1, 2 dan 3 ( $m/det$ )

### c. Kehilangan Tekanan (*Head Loss*)

Secara umum didalam suatu instalasi jaringan pipa dikenal dua macam kehilangan energi :

#### - Kehilangan Tinggi Tekan Mayor (*Major Losses*)

Ada beberapa teori dan formula untuk menghitung besarnya kehilangan tinggi tekan mayor ini yaitu dari Hazen-Williams, Darcy-Weisbach, Manning, Chezy, Colebrook-White dan Swamme-Jain. Dalam kajian ini digunakan persamaan Hazen-Williams (Haestad, 2001 : 278) yaitu :

$$hf = k.Q^{1.85}$$

Dimana :

$$Q = 0.85 \cdot C_{hw} \cdot A \cdot R^{0.63} \cdot S^{0.54}$$

$$k = \frac{10.7 L}{C_{hw}^{1.85} D^{4.87}}$$

dengan :

$Q$  = debit aliran pada pipa ( $m^3/det$ ),

0.85 = konstanta,  $C_{hw}$  = koefisien kekasaran

Hazen-Williams,  $A$  = Luas penampang

aliran ( $m^2$ ),

$$R = \text{Jari-jari hidrolis (m)} = \frac{A}{P} = \frac{1/4 \pi D^2}{D}$$

$$S = \text{kemiringan garis energi (m/m)} = \frac{hf}{L}$$

$hf$  = kehilangan tinggi tekan mayor (m),  $D$

= Diameter pipa (m),  $k$  = koefisien

karakteristik pipa,  $L$  = panjang pipa (m)

#### - Kehilangan Tinggi Tekan Minor (*Minor Losses*)

Ada berbagai macam kehilangan tinggi tekan minor sebagai berikut:

1. Kehilangan Tinggi Minor karena Pelebaran Pipa
2. Kehilangan Tinggi Minor karena Penyempitan Mendadak pada Pipa
3. Kehilangan Tinggi Minor karena Mulut Pipa

4. Kehilangan Tinggi Minor karena Belokan pada Pipa

5. Kehilangan Tinggi Minor karena Sambungan dan Katup pada Pipa

## 2.2 PERENCANAAN TEKNIS UNIT DISTRIBUSI

### a. Perpipaan Transmisi Air Bersih dan Distribusi

- Penentuan dimensi perpipaan transmisi air minum dan distribusi dapat menggunakan formula:

$$Q = V \times A \quad A = 0,785 D^2$$

Dengan pengertian:

$Q$  : debit ( $m^3/detik$ ),  $V$  : kecepatan pengaliran ( $m/detik$ ),  $A$  : luas penampang pipa ( $m^2$ ),  $D$  : diameter pipa (m)

- Kualitas pipa berdasarkan tekanan yang direncanakan; untuk pipa bertekanan tinggi dapat menggunakan pipa Galvanis (GI) Medium atau pipa PVC kelas AW, 8 s/d 10  $kg/cm^2$  atau pipa berdasarkan SNI, Seri (10–12,5), atau jenis pipa lain yang telah memiliki SNI atau standar internasional setara.

- Jaringan pipa didesain pada jalur yang ditentukan dan digambar sesuai dengan zona pelayan yang di tentukan dari jumlah konsumen yang akan dilayani, penggambaran dilakukan skala maksimal 1:5.000.

### b. Reservoir

- Lokasi dan Tinggi Reservoir
- Volume Reservoir

### c. Pipa Distribusi

1. Denah (*Lay-out*) Jaringan Pipa Distribusi
2. Komponen Jaringan Distribusi
3. Bahan Pipa
4. Diameter Pipa Distribusi

Analisis jaringan pipa distribusi antara lain memenuhi ketentuan sebagai berikut:

1. Jika jaringan pipa tidak lebih dari empat loop, perhitungan dengan

metoda hardy-cross masih diijinkan secara manual. Jika lebih dari empat loop harus dianalisis dengan bantuan program komputer.

2. Perhitungan kehilangan tekanan dalam pipa dapat dihitung dengan rumus Hazen Williams:

$$H_f = 10,66^{-1,85} D^{-4,87} L$$

Kecepatan aliran dengan rumus:

$$V = 0,38464 C.D^{0,63} I^{0,54}$$

Debit aliran dihitung dengan rumus:

$$Q = 0,27853 C.D^{2,63} I^{0,54}$$

Dimana:

Q = debit air dalam pipa (m<sup>3</sup>/detik),  
 C= koefisien kekasaran pipa,  
 D=diameter pipa (m),  
 S=slope/kemiringan hidrolis, h =  
 kehilangan tekanan (m), L=panjang  
 pipa (m), V=kecepatan aliran dalam  
 pipa (m/detik), A=luas penampang  
 pipa (m<sup>2</sup>)

### 2.3 ANALISIS SISTEM JARINGAN DISTRIBUSI AIR BERSIH DENGAN SOFTWARE KOMPUTER

Beberapa program komputer di bidang rekayasa dan perencanaan sistem jaringan distribusi air bersih diantaranya adalah program Loops, Wadiso, Epanet 1.1, Epanet 2.0, WaterCAD, dan WaterNet. Dalam studi ini digunakan program *WaterCAD versi 8 XM Edition* dan *Waternet* dikarena kedua program ini tergolong baru dan belum banyak diketahui dalam fungsinya untuk menganalisis sistem jaringan distribusi air bersih.

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Untuk mencapai tujuan yang diharapkan maka diperlukan suatu langkah pengerjaan secara sistematis. Adapun langkah-langkah pengerjaan studi sebagai berikut:

- a. Melakukan pengumpulan data-data sekunder yang berupa data teknis dan data pendukung lainnya yang digunakan dalam analisa sistem jaringan distribusi air bersih.

- b. Mengolah data penduduk dan jumlah layanan.
- c. Menghitung kebutuhan air bersih.
- d. Melakukan perencanaan sistem jaringan distribusi air bersih dengan memakai dasar sambungan rumah.
- e. Batas kondisi hidrolis yang akan diuji adalah kehilangan air (*headloss*), tekanan, dan kecepatan aliran.
- f. Melakukan simulasi sistem jaringan distribusi air bersih dengan menggunakan program *WaterCAD ver 8 XM Edition* dan *Waternet*.

Untuk simulasi sistem jaringan distribusi air bersih pada *WaterCAD ver 8 XM Edition* diperlukan tahapan-tahapan sebagai berikut:

- a. Membuka dan memberi nama file baru sistem jaringan distribusi air bersih dalam format *WaterCAD* (xxx.wtg).
- b. Mengisi tahap pembuatan file baru dengan cara:
  - Memilih Satuan yang digunakan dalam sistem operasi program. Satuan yang disediakan oleh *WaterCAD ver 8 XM Edition* yaitu Satuan US dan Satuan Internasional (SI).
  - Memilih rumus kehilangan tinggi tekan. Program *WaterCAD ver 8 XM Edition* menyediakan beberapa pilihan rumus kehilangan tinggi tekan diantaranya: *Darcy-Weisbach*, *Hazen-Williams* dan *Manning*.
  - Penggambaran pipa dapat secara *Schematic* (skema) dan *Schalatic* (sebenarnya sesuai dengan skala).
- c. Menggambar sistem jaringan distribusi air bersih dengan memodelkan atau memberi notasikan komponen seperti reservoir, titik simpul, pipa dan katup.
- d. Melakukan simulasi sistem jaringan distribusi air bersih serta menganalisa hasil yang diperoleh (*report*) dan apabila hasil yang didapat tidak sesuai maka dapat

dilakukan perbaikan pada komponen sistem jaringan distribusi air bersih hingga didapatkan hasil yang sesuai.

Parameter yang diperlukan pada simulasi kondisi tidak permanen pada program *WaterCAD ver 8 XM Edition* adalah:

- a. *Start Time*, waktu yang digunakan untuk memulai melakukan simulasi.
- b. *Duration*, sistem akan disimulasikan selama 24 jam.
- c. *Hydraulic Time Step*, tahapan waktu untuk simulasi adalah 24 jam dengan interval 1 jam.

Komponen-komponen jaringan distribusi air bersih mempunyai beberapa kata kunci dalam pemrogramannya, yaitu:

- a. *Pressure Pipe*, data pipa, nomer titik, titik simpul awal dan akhir, panjang, diameter, koefisien kekasaran serta bahan pipa.
- b. *Pressure Junction*, titik simpul, nomer titik, elevasi debit kebutuhan.
- c. *Tank*, data tandon, nomer identitas, elevasi dasar, dimensi tandon, elevasi HWL dan LWL.
- d. *Reservoir*, data sumber, elevasi, diasumsikan konstan.
- e. *Pump*, data pompa, elevasi, tinggi tekan, kapasitas pompa, nomer titik simpul awal dan akhir.
- f. *Valve*, data katup, diameter, jenis, koefisien kekasaran, nomer titik simpul awal dan akhir.
- g. *Compute*, melakukan proses simulasi.
- h. *Report*, hasil dari simulasi, titik simpul, pipa.

Penggunaan software *waternet* juga memerlukan input yang sama dengan *WaterCAD ver 8 XM Edition*. tahapan-tahapan proses analisa pada *waternet* sebagai berikut:

- a. Membuka dan memberi nama file baru sistem jaringan distribusi air bersih dalam format *Waternet* (xxx.wtn).
- b. Menggambar sistem jaringan distribusi air bersih dengan memodelkan atau memberi notasikan

komponen seperti reservoir, titik simpul, pipa dan katup

- c. Melakukan simulasi sistem jaringan distribusi air bersih serta menganalisa hasil yang diperoleh (*report*) dan apabila hasil yang didapat tidak sesuai maka dapat dilakukan perbaikan pada komponen sistem jaringan distribusi air bersih hingga didapatkan hasil yang sesuai. Parameter yang diisi adalah sebagai berikut :

- *Pipe*, data pipa, nomer titik, titik simpul awal dan akhir, panjang, diameter, koefisien kekasaran serta bahan pipa.
- *Junction*, titik simpul, nomer titik, elevasi debit kebutuhan.
- *Tank*, data tandon, nomer identitas, elevasi dasar, dimensi tandon, elevasi HWL dan LWL.
- *Reservoir*, data sumber, elevasi, diasumsikan konstan.
- *Valve*, Penggunaan valve untuk mengatur nilai tekanan yang terlalu tinggi sehingga dapat disesuaikan dengan kebutuhan.
- *Pump*, untuk menambah head apabila daerah yang dialiri memiliki elevasi yang lebih tinggi daripada reservoir atau tangki.
- 

#### 4. PEMBAHASAN

##### 4.1 PERENCANAAN SISTEM JARINGAN DISTRIBUSI AIR BERSIH DAN KEBUTUHAN AIR BERSIH PADA TIAP TITIK SEMPUL (JUNCTION)

Pada studi ini terdapat 2 alternatif perencanaan sistem jaringan distribusi air yaitu dengan menggunakan jenis pipa yang berbeda serta di analisa dua program yang sejenis. Berikut alternatif yang di analisa pada perencanaan sistem jaringan distribusi air bersih.

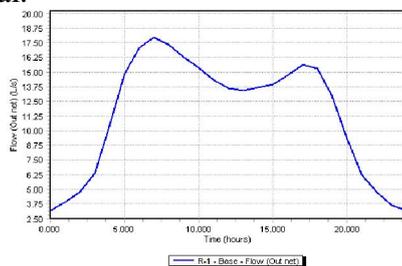
- a. Alternatif 1 : Menggunakan pipa Galvanized dengan analisa program *WaterCAD ver 8 XM Edition*.

- b. Alternatif 2 : Menggunakan pipa Galvanized dengan analisa program *Waternet*.
- c. Alternatif 3 : Menggunakan pipa PE dengan analisa program *WaterCAD ver 8 XM Edition*.
- d. Alternatif 4 : Menggunakan pipa PE dengan analisa program *Waternet*.

## 4.2 EVALUASI SISTEM JARINGAN DISTRIBUSI AIR BERSIH

### a. Alternatif 1 :

Adanya fluktuasi kebutuhan disebabkan karena perbedaan permintaan tiap jamnya. Berdasarkan hasil simulasi dengan menggunakan bantuan program *WaterCAD ver 8 XM Edition* diperoleh hasil debit yang diperlukan reservoir untuk melayani air bersih pada kebutuhan jam puncak sebesar 17,95 lt/dt. Hal ini sedikit berbeda dari perkiraan perhitungan sebelumnya yaitu sebesar 18,00 lt/dt yang dikarenakan proses literasi pada program *WaterCAD ver 8 XM Edition*. Perbedaan hanya berkisar 0,278% sehingga dapat diabaikan. Pada gambar 9 dan 10 merupakan grafik fluktuasi outflow yang dibutuhkan untuk memenuhi jaringan distribusi air bersih serta peta jaringan di Kampung Ikebo, Kampung Mauwa dan Kampung Dikiyouwa Distrik Kamu Kabupaten Dogiyai.



Gambar 2. Grafik Fluktuasi Outflow Reservoir R-1  
Sumber: Hasil Analisa Program *WaterCAD ver 8 XM Edition*

### - Evaluasi Kondisi Aliran Pada Pipa

Hasil *running watercad* menunjukkan tanda berwarna hijau yang berarti jaringan distribusi air bersih dapat berjalan lancar tanpa ada masalah.

- Kehilangan tinggi tekan mayor pada pipa sangat dipengaruhi oleh debit

kebutuhan dan spesifikasi pipa. Kebutuhan yang tinggi pada jam puncak menyebabkan kehilangan energi menjadi besar yaitu berkisar 0,09 m sampai 24,57 m. Kehilangan energi paling rendah terdapat pada pipa nomer 14 yaitu sebesar 0,09 m sedangkan untuk kehilangan energi paling tinggi terjadi pada pipa nomer 9 yaitu sebesar 24,57 m. Pada jam rendah dimana kebutuhan menjadi kecil maka kehilangan energi pun menjadi kecil yaitu berkisar antara 0,01 – 1,01 m.

- Kecepatan yang terjadi di seluruh jaringan pipa pada jam puncak berkisar antara 0,11 – 1,44 m/detik. Kecepatan paling tinggi terdapat pada pipa nomer 8 yaitu sebesar 1,44 m/s. Sedangkan kecepatan paling rendah terdapat pada pipa nomer 14 yaitu sebesar 0,11. Pada jam rendah dimana kebutuhan menjadi kecil maka kecepatan aliran pun menjadi kecil yaitu berkisar antara 0,02 – 0,27 m/detik. Kecepatan air yang sangat kecil pada pipa nomer 11 dikarenakan kebutuhan air yang kecil tidak sebanding dengan besar diameter pipa. Pada perencanaan ini pipa nomer 11 memiliki diameter besar dikarenakan pipa tersebut nantinya akan dibuat pipa induk transmisi yang akan menyalurkan air bersih untuk kabupaten lainnya.
- Kemiringan garis gradien hidrolis merupakan hasil bagi dari kehilangan energi. Besar *headloss gradient* pada jam puncak berkisar antara 0 sampai 0,069 m/m, sedangkan pada jam rendah berkisar antara 0 sampai 0,0030. Nilai 0 didapat karena kebutuhan pada pipa tersebut adalah 0.

Berikut disajikan contoh perhitungan yang merupakan hasil simulasi pada pipa di jaringan distribusi air bersih dengan bantuan program *WaterCAD ver 8 XM Edition* :

$$H_{f(\text{kehilangan energi})} P_1 = \frac{10.7 L}{C_{hw}^{1.85} D^{4.87}} \cdot Q^{1.85}$$

$$= \frac{10,7 \cdot 904,86}{120^{1.85} \cdot 0,006^{4.87}} \cdot 0.018^{1.85} = 7,59 \text{ m}$$

V pada P<sub>1</sub>

$$= 0.85 \cdot C_{hw} \cdot R^{0.63} \cdot S^{0.54}$$

$$= 0.85 \cdot 120 \cdot 0.003^{0.63} \cdot 0.0084^{0.54}$$

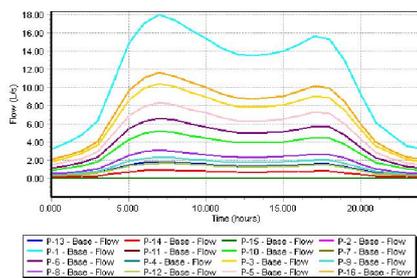
$$= 0,98 \text{ m/dt}$$

Headloss Gradient

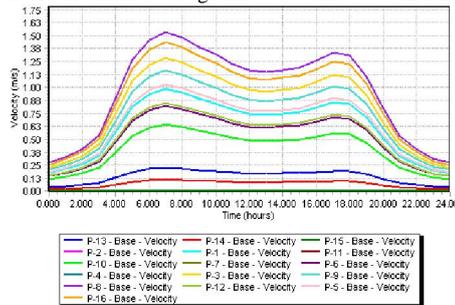
$$= H_f / L$$

$$= 7,59 / 904,86 = 0,008 \text{ m/m}$$

Untuk hasil yang lebih lengkap pada semua pipa selama 24 jam dari simulasi alternatif pertama dapat dilihat pada gambar 3 sampai 5.

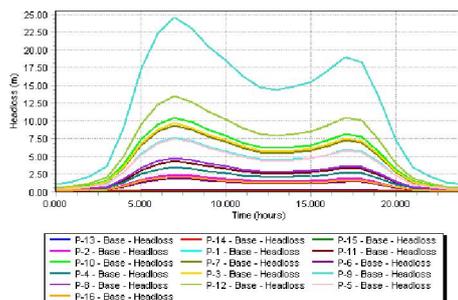


Gambar 3. Grafik Fluktuasi Debit di Semua Pipa  
Sumber: Hasil Analisa Program WaterCAD ver 8 XM Edition



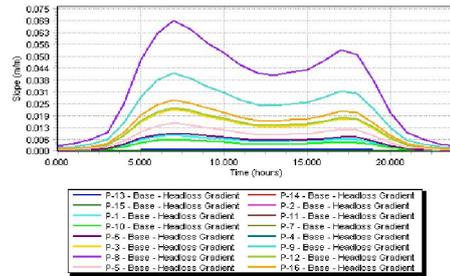
Gambar 4. Grafik Fluktuasi Kecepatan Pada Semua Pipa

Sumber: Hasil Analisa Program WaterCAD ver 8 XM Edition



Gambar 5. Grafik Fluktuasi Headloss Gradient Pada Semua Pipa

Sumber: Hasil Analisa Program WaterCAD ver 8 XM Edition



Gambar 6. Grafik Fluktuasi Headloss Pada Semua Pipa

Sumber: Hasil Analisa Program WaterCAD ver 8 XM Edition

## - Evaluasi Tekanan Pada Titik Simpul

Hasil *running* menunjukkan tanda berwarna hijau yang berarti jaringan distribusi air bersih dapat berjalan lancar tanpa ada masalah.

- Dari hasil analisa didapat bahwa semua tekanan sisa pada tiap titik simpul pada jam puncak dalam keadaan ideal yaitu berkisar 19,90 mH<sub>2</sub>O – 53,80 mH<sub>2</sub>O. Sedangkan pada jam rendah dimana kebutuhan air berkurang maka tekanan menjadi besar yaitu berkisar antara 30,40 mH<sub>2</sub>O – 61,00 mH<sub>2</sub>O. Dengan kondisi tersebut maka kebutuhan air bersih di tiap titik simpul dapat terpenuhi walupun ada sisa tekanan yang tinggi di titik simpul no 2 hal ini tidak menjadi masalah karena bila sisa tekanan disesuaikan dengan kondisi batas maksimal maka dikhawatirkan pada jam puncak sisa tekanan akan menurun melewati batas minimal sehingga kebutuhan tidak dapat terpenuhi.

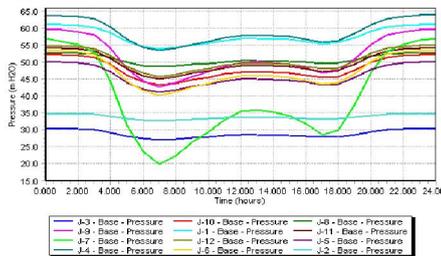
- Di karenakan kontur daerah studi yang berbukit dan curam maka penggunaan PRV (*pressure reducing valve*) sangat membantu dalam memperoleh tekanan sesuai dengan yang diinginkan. Dengan tekanan yang dapat dikontrol maka pipa akan aman dari kebocoran yang di akibatkan oleh meningkatnya tekanan pada titik simpul.

Berikut disajikan contoh perhitungan pada semua titik simpul di jaringan

distribusi air bersih dengan bantuan program *WaterCAD ver 8 XM Edition*:  
Tekanan J-1

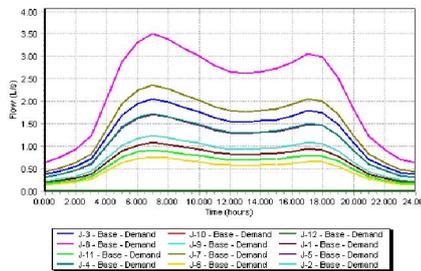
= Elv Reservoir – Elv. Junction – Headloss  
= 1.850,08 m – 1788,62 m – 7,58 m  
= 53,80 mH<sub>2</sub>O (pada jam puncak)

Sedangkan fluktuasi debit dan tekanan sisa di semua titik simpul akibat perbedaan permintaan yang berbeda beda pada tiap jamnya dapat dilihat pada gambar 7 dan 8.



Gambar 7. Grafik Fluktuasi Tekanan Sisa Di Semua Junction

Sumber: Hasil Analisa Program *WaterCAD ver 8 XM Edition*



Gambar 8. Grafik Fluktuasi Debit Pada Semua Pipa

Sumber: Hasil Analisa Program *WaterCAD ver 8 XM Edition*

### b. Alternatif 2

Hasil running program *waternet v 2.2* menunjukkan bahwa debit yang keluar pada jam puncak mencapai 18,12 lt/dt. Terdapat perbedaan sebesar 0,667% dari perhitungan sebelumnya yaitu sebesar 18 lt/dt. Perbedaan terjadi dikarenakan proses literasi yang dilakukan program *waternet v 2.2* namun hal ini dapat di abaikan karena perbedaannya hampir 1 % dan kuantitas debit sumber yang masih dapat memenuhi kebutuhan jaringan.

#### - Evaluasi Kondisi Aliran Pada Pipa

Hasil *running* pada *waternet* menunjukkan tanda berwarna hijau yang

berarti jaringan distribusi air bersih dapat berjalan lancar tanpa ada masalah.

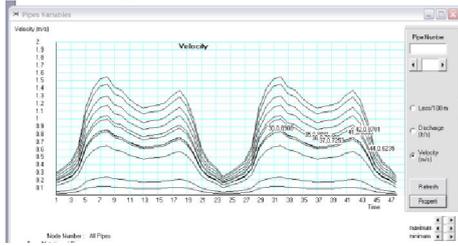
- Kehilangan tinggi tekan mayor pada pipa sangat dipengaruhi oleh debit kebutuhan dan spesifikasi pipa. Kebutuhan yang tinggi pada jam puncak menyebabkan kehilangan energi menjadi besar yaitu berkisar 0,1 m sampai 25 m. Kehilangan energi paling rendah terdapat pada pipa nomor 11 yaitu sebesar 0,1 m, sedangkan untuk kehilangan energi paling tinggi terjadi pada pipa nomor 9 yaitu sebesar 24,91 m. Pada jam rendah dimana kebutuhan menjadi kecil maka kehilangan energi pun menjadi kecil yaitu berkisar antara 0,01 – 0,46 m.

- Kecepatan yang terjadi di seluruh jaringan pipa pada jam puncak berkisar antara 1,451 – 0,117 m/detik. Kecepatan paling tinggi terdapat pada pipa nomor 8 yaitu sebesar 1,55 m/s. Sedangkan kecepatan paling rendah terdapat pada pipa nomor 11 yaitu sebesar 0,117. Pada jam rendah dimana kebutuhan menjadi kecil maka kecepatan aliran pun menjadi kecil yaitu berkisar antara 0,019 – 0,248 m/detik. Kecepatan air yang sangat kecil pada pipa nomor 11 dikarenakan kebutuhan air yang kecil tidak sebanding dengan besar diameter pipa. Pada perencanaan ini pipa nomor 11 memiliki diameter besar dikarenakan pipa tersebut nantinya akan dibuat pipa induk transmisi yang akan menyalurkan air bersih untuk kabupaten lainnya.

- Kemiringan garis gradien hidrolis merupakan hasil bagi dari kehilangan energi permeternya. Besar *headloss gradient* pada jam puncak berkisar antara 0 sampai 0,067 m/m, sedangkan pada jam rendah berkisar antara 0 sampai 0,067. Nilai 0 didapat karena kebutuhan pada pipa tersebut adalah 0.

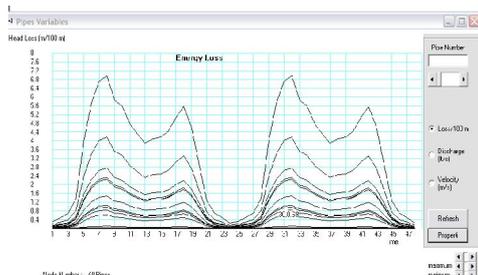
Perbedaan perhitungan kecepatan, tekanan dan kondisi hidrolis yang terjadi dikarenakan program *waternet* maupun *waternet* mempunyai tingkat ketelitian yang berbeda – beda dalam proses literasi pembagian debit. Hasil selama 24 jam dari

simulasi alternatif kedua dapat dilihat pada gambar 9 sampai 11.



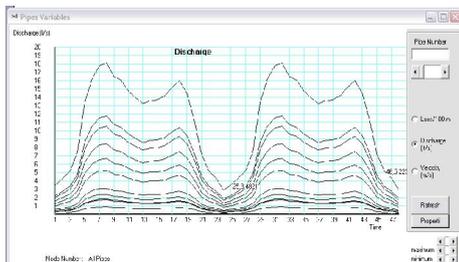
Gambar 9. Grafik Fluktuasi Kecepatan Di Semua Pipa Pada Alternatif 2

Sumber: Hasil Analisa Program *WaterNet ver 2.2*



Gambar 10. Grafik Fluktuasi Kehilangan Energi per 100 m Di Semua Pipa Pada Alternatif 2

Sumber: Hasil Analisa Program *WaterNet ver 2.2*



Gambar 11 Grafik Fluktuasi Debit Di Semua Pipa Pada Alternatif 2

Sumber: Hasil Analisa Program *WaterNet ver 2.2*

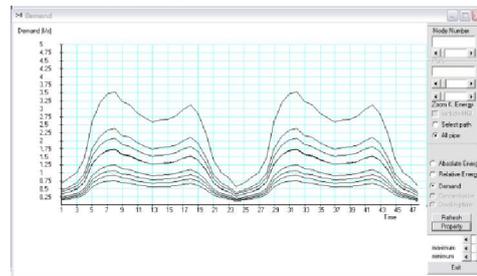
### - Evaluasi Tekanan Sisa Pada Titik Simpul

Hasil *running* pada *waternet* menunjukkan tanda berwarna hijau yang berarti jaringan distribusi air bersih dapat berjalan lancar tanpa ada masalah.

- Dari hasil analisa didapat bahwa semua tekanan pada tiap titik simpul pada jam puncak telah memenuhi keadaan ideal dalam perencanaan jaringan distribusi air bersih yaitu berkisar 27 mH<sub>2</sub>O – 60 mH<sub>2</sub>O. Sedangkan pada jam rendah dimana kebutuhan air berkurang maka tekanan menjadi besar yaitu berkisar antara 30,43 mH<sub>2</sub>O – 61,91 mH<sub>2</sub>O. Dengan kondisi tersebut maka

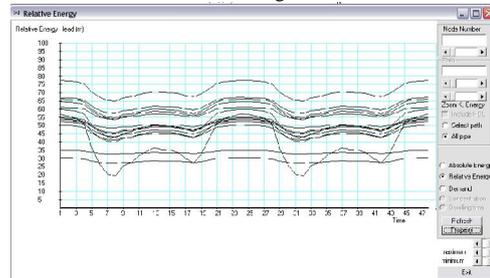
kebutuhan air bersih di tiap titik simpul dapat terpenuhi walupun ada tekanan yang tinggi di titik simpul no 2 hal ini tidak menjadi masalah karena bila tekanan disesuaikan dengan kondisi batas maksimal maka dikhawatirkan pada jam puncak tekanan akan menjadi turun melewati batas minimal sehingga kebutuhan tidak dapat terpenuhi.

Fluktuasi *demand* dan tekanan pada semua titik simpul disajikan dalam grafik pada gambar 12 dan 13.



Gambar 12. Grafik Fluktuasi Debit Kebutuhan Di Semua *Junction* Alternatif 2

Sumber: Hasil Analisa Program *WaterNet ver 2.2*

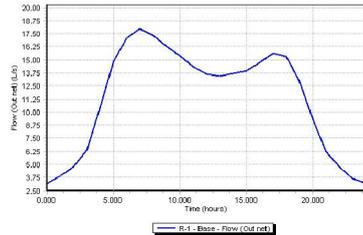


Gambar 13. Grafik Fluktuasi Tekanan Sisa Di Semua Pipa Pada Alternatif 2

Sumber: Hasil Analisa Program *WaterNet ver 2.2*

### c. Alternatif 3

Debit outflow yang diperlukan pada reservoir untuk memenuhi kebutuhan air bersih di tiga desa selama 24 jam besarnya sama dengan pada alternatif pertama. Penggunaan pipa PE memang dapat mengurangi kehilangan energi, namun pada jaringan ini perbedaan sangat kecil sehingga tidak menimbulkan perbedaan debit kebutuhan. Fluktuasi debit outflow yang di butuhkan untuk memenuhi kebutuhan air bersih pada jaringan distribusi di Kampung Ikebo, Kampung Mauwa dan Kampung Dikiyouwa dapat dilihat pada gambar grafik 14.



Gambar 14. Grafik Fluktuasi Outflow Reservoir Alternatif 3

Sumber: Hasil Analisa Program *WaterCAD ver 8 XM Edition*

### - Evaluasi Kondisi Aliran Pada Pipa

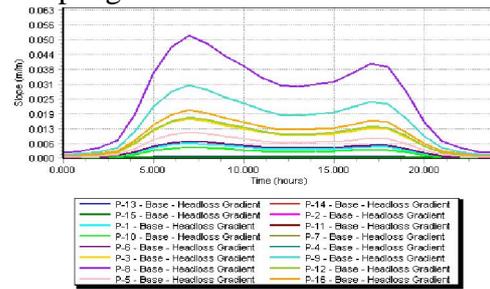
Hasil *running* pada *waternet* menunjukkan tanda berwarna hijau yang berarti jaringan distribusi air bersih dapat berjalan lancar tanpa ada masalah.

- Kemiringan garis gradien hidrolis, misalnya pada pipa 8 mengalami peningkatan yang cukup besar pada pukul 04.00 - 18.00 yaitu dari 0,019 m/m menjadi 0,0520 m/m dan peningkatan tidak terlalu mencolok pada pukul 15.00 - 17.00 dari 0,030 m/m menjadi 0,040 m/m dapat dilihat pada Grafik 15. Penurunan terjadi pukul 18.00 - 24.00 dari *headloss gradient* 0,038 m/m menjadi 0,006 m/m. *Headloss gradient* terbesar terjadi pada pukul 07.00 sebesar 0,0520 m/m, hal ini terjadi seiring dengan menurunnya tekanan sisa pada titik simpul tersebut yang disebabkan karena jumlah permintaan air bersih yang meningkat dibandingkan pada jam-jam sebelumnya.

- Dari simulasi yang dilakukan juga dapat dilihat kecepatan dalam pipa. Kecepatan yang terjadi pada jam puncak berkisar antara 0,11 - 1,44 m/detik. Kecepatan tertinggi terjadi pada saat pukul 07.00 sebesar 1,54 m/detik dan kecepatan terendah terjadi pada pukul 24.00 sebesar 0,01 m/detik dapat dilihat pada grafik 4.19, dimana kebutuhan akan air bersih paling rendah. Untuk jam rendah kecepatan berkisar antara 0,02 m/detik sampai 0,27 m/detik. Dengan luas penampang yang tetap dan debit yang berubah tiap jamnya maka kecepatan aliran yang terjadi juga akan berubah.

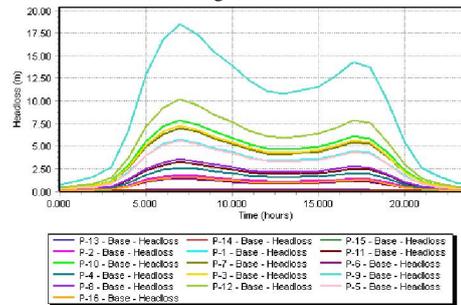
Untuk hasil yang lebih lengkap pada semua pipa selama 24 jam dari simulasi

alternatif ketiga dapat dilihat pada gambar 16 sampai gambar 18.



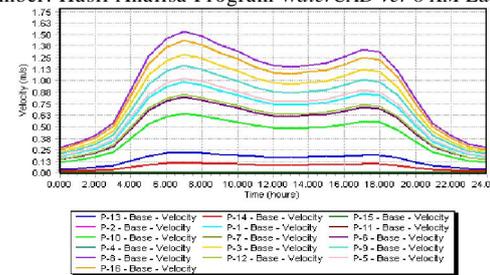
Gambar 15. Grafik Fluktuasi *Headloss Gradient* Di semua Pipa Alternatif 3

Sumber: Hasil Analisa Program *WaterCAD ver 8 XM Edition*



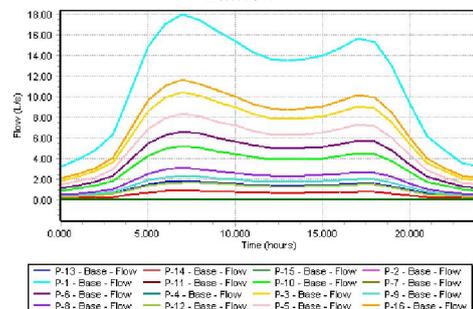
Gambar 16. Grafik Fluktuasi *Headloss* Di semua Pipa Alternatif 3

Sumber: Hasil Analisa Program *WaterCAD ver 8 XM Edition*



Gambar 17. Grafik Fluktuasi Kecepatan Pada Seluruh Pipa Alternatif 3

Sumber: Hasil Analisa Program *WaterCAD ver 8 XM Edition*



Gambar 18. Grafik Fluktuasi Debit Pada Seluruh Pipa Alternatif 3

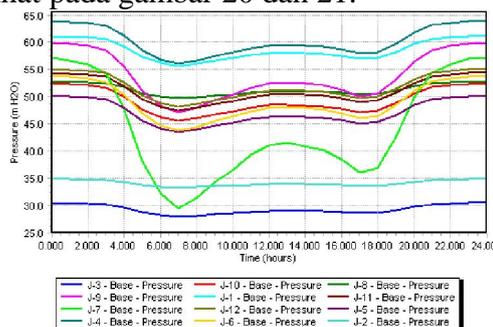
Sumber: Hasil Analisa Program *WaterCAD ver 8 XM Edition*

### - Evaluasi Tekanan Sisa Pada Titik Simpul

Dari hasil simulasi alternatif 3 dapat dianalisa sebagai berikut :

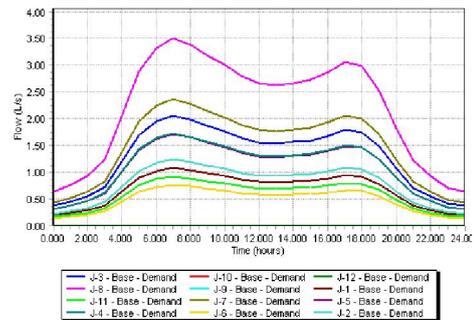
- Hasil *running* menunjukkan tanda berwarna hijau yang berarti jaringan distribusi air bersih dapat berjalan lancar tanpa ada masalah.
- Pada simulasi Alternatif 3 diperoleh tekanan sisa pada semua titik simpul untuk kondisi jam puncak berkisar antara 29,4 mH<sub>2</sub>O – 55,60 mH<sub>2</sub>O sedangkan pada jam rendah berkisar antara 30,40 mH<sub>2</sub>O sampai 63,90 mH<sub>2</sub>O. Walaupun pada jam rendah sisa tekanan mencapai 63,90 mH<sub>2</sub>O hal ini dapat dimaklumi dikarenakan bila sisa tekanan disesuaikan dengan kondisi batas maksimal maka dikhawatirkan pada jam puncak, sisa tekanan akan menurun melewati batas minimal sehingga kebutuhan tidak dapat terpenuhi.
- Pada titik simpul J-7 terdapat fluktuasi yang sisa tekanan yang sangat besar dibanding yang lain hal ini dikarenakan J-7 memiliki debit kebutuhan yang paling besar. Namun trend grafik masih seragam dengan kondisi titik simpul yang lain yaitu mengalami penurunan sisa tekanan yang cukup signifikan pada jam 07.00 (jam puncak). Penurunan sisa tekanan terjadi akibat peningkatan penggunaan air pada titik simpul. Sedangkan kenaikan tekanan terjadi pada pukul 20.00 – 24.00 yaitu sebesar 53,00 – 57,20 mH<sub>2</sub>O dapat dilihat pada grafik 19.

Sedangkan fluktuasi debit dan tekanan sisa di semua titik simpul akibat perbedaan permintaan tiap jamnya dapat dilihat pada gambar 20 dan 21.



Gambar 19. Grafik Fluktuasi Tekanan Pada Semua Pipa Alternatif 3

Sumber: Hasil Analisa Program *WaterCAD ver 8 XM Edition*



Gambar 20. Grafik Fluktuasi Debit Pada Semua Pipa Alternatif 3

Sumber: Hasil Analisa Program *WaterCAD ver 8 XM Edition*

#### d. Alternatif 4

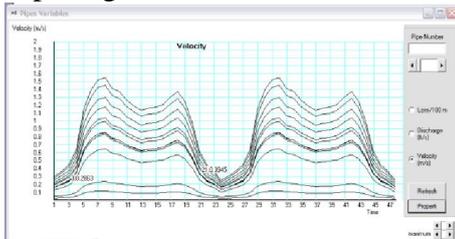
##### - Evaluasi Kondisi Aliran Pada Pipa

Hasil *running* *Waternet* menunjukkan tanda berwarna hijau yang berarti jaringan distribusi air bersih dapat berjalan lancar tanpa ada masalah.

- Kehilangan tinggi tekan mayor pada pipa sangat dipengaruhi oleh debit kebutuhan dan spesifikasi pipa. Kebutuhan yang tinggi pada jam puncak menyebabkan kehilangan energi menjadi besar yaitu berkisar 0,07 m sampai 19 m. Kehilangan energi paling rendah terdapat pada pipa nomer 11 yaitu sebesar 0,07 m sedangkan untuk kehilangan energi paling tinggi terjadi pada pipa nomer 9 yaitu sebesar 18,72 m. Pada jam rendah dimana kebutuhan menjadi kecil maka kehilangan energi pun menjadi kecil yaitu berkisar antara 0 – 0,63 m.
- Kecepatan yang terjadi di seluruh jaringan pipa pada jam puncak berkisar antara 0,117 – 1,55 m/detik. Kecepatan paling tinggi terdapat pada pipa nomer 8 yaitu sebesar 1,55 m/s. Sedangkan kecepatan paling rendah terdapat pada pipa nomer 11 yaitu sebesar 0,117. Pada jam rendah dimana kebutuhan menjadi kecil maka kecepatan aliran pun menjadi kecil yaitu berkisar antara 0,019 – 0,248 m/detik. Kecepatan air yang sangat kecil pada pipa nomer 11 dikarenakan kebutuhan air yang kecil tidak sebanding dengan besar diameter pipa. Pada perencanaan ini pipa nomer 11 memiliki diameter besar dikarenakan pipa tersebut nantinya akan dibuat pipa induk

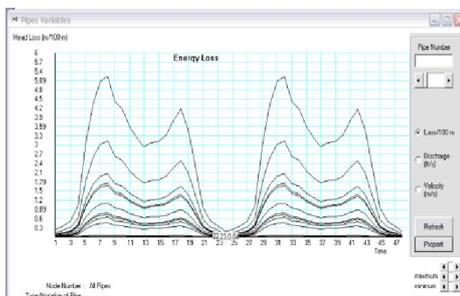
transmisi yang akan menyalurkan air bersih untuk kabupaten lainnya.

Pada perhitungan kecepatan, tekanan dan kondisi hidrolis lainnya menggunakan rumus dan cara yang sama dengan *watercad* yaitu Hazen-William. Namun perbedaan yang terjadi dikarenakan program *watercad* maupun *waternet* mempunyai tingkat ketelitian yang berbeda – beda dalam proses literasi pembagian debit. Untuk hasil yang lebih lengkap pada semua pipa selama 24 jam dari simulasi alternatif keempat dapat dilihat pada gambar 21 dan 22.



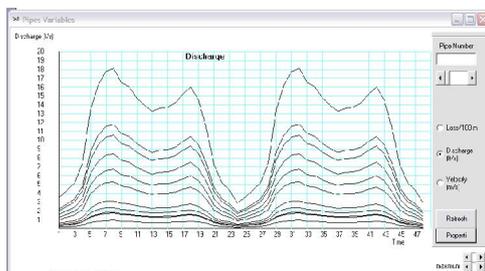
Gambar 21. Grafik Fluktuasi Kecepatan di Semua Pipa Alternatif 4

Sumber: Hasil Analisa Program *Waternet* ver 2.2



Gambar 22. Grafik Fluktuasi *Headloss Gradient* per 100 m di Semua Pipa Alternatif 4

Sumber: Hasil Analisa Program *Waternet* ver 2.2



Gambar 23. Grafik Fluktuasi kebutuhan di Semua Pipa Alternatif 4

Sumber: Hasil Analisa Program *Waternet* ver 2.2

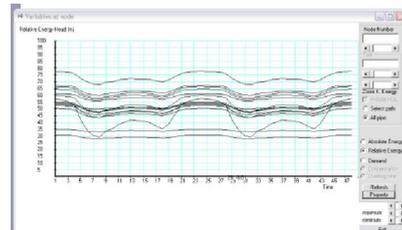
### - Evaluasi Tekanan Sisa Pada Titik Simpul

Hasil *running* pada *waternet* menunjukkan tanda berwarna hijau yang

berarti jaringan distribusi air bersih dapat berjalan lancar tanpa ada masalah.

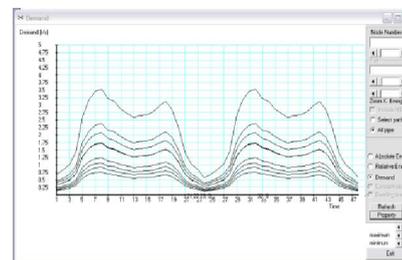
- Dari hasil analisa didapat bahwa semua tekanan pada tiap titik simpul pada jam puncak telah memenuhi standart perencanaan jaringan distribusi air bersih yaitu berkisar 27 mH<sub>2</sub>O – 60 mH<sub>2</sub>O. Sedangkan pada jam rendah dimana kebutuhan air berkurang maka tekanan menjadi besar yaitu berkisar antara 30,43 mH<sub>2</sub>O – 61,26 mH<sub>2</sub>O. Dengan kondisi tersebut maka kebutuhan air bersih di tiap titik simpul dapat terpenuhi walupun ada tekanan yang tinggi di titik simpul no 2 hal ini tidak menjadi masalah karena bila tekanan disesuaikan dengan kondisi batas maksimal maka dikhawatirkan pada jam puncak tekanan akan menjadi turun melewati batas minimal sehingga kebutuhan tidak dapat terpenuhi.

Fluktuasi *demand* dan tekanan pada semua titik simpul disajikan dalam gambar 33 dan 34.



Gambar 24. Grafik Fluktuasi Sisa Tekanan di Semua Pipa Alternatif 4

Sumber: Hasil Analisa Program *Waternet* ver 2.2



Gambar 25. Grafik Fluktuasi Debit di Semua Pipa Alternatif 4

Sumber: Hasil Analisa Program *Waternet* ver 2.2

## 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil simulasi di atas dengan kondisi jaringan sampai tahun 2030 dengan tingkat pelayanan 90% dan tingkat kehilangan air mencapai 20%. Adanya perbedaan pada hasil simulasi yang dilakukan oleh *WaterCad v 8* dan *WaterNet v 2.2* dikarenakan proses literasi yang mempunyai tingkat ketelitian yang berbeda beda. Perbedaan yang terjadi hanya berkisar kurang dari 10 % yang diakibatkan oleh proses literasi masing – masing software yang memiliki ketelitian yang berbeda. Dengan output debit maksimal yang hanya 18,11 lt/dt dari kemampuan sumber yang mencapai 320 lt/dt maka dimungkinkan penambahan jaringan distribusi ke desa – desa lainnya.
2. Dari hasil analisa dengan menggunakan dua jenis pipa yang berbeda namun mempunyai dimensi yang sama dapat diketahui bahwa pipa PE memiliki tingkat efisiensi yang lebih baik daripada pipa jenis *Galvanized Iron* dalam hal kehilangan energi. Pipa PE memiliki permukaan yang lebih halus sehingga kehilangan energi yang diakibatkan oleh gesekan dengan dinding pipa menjadi kecil. Perbedaan nilai kehilangan energi tidak begitu terlihat pada jam rendah dikarenakan debit yang melalui pipa sangat kecil barulah pada jam puncak terlihat perbedaan yang besar.
3. Secara hidrolis kondisi jaringan pipa dengan menggunakan jenis pipa *Galvanized* dan PE di kampung Ikebo, Mauwa dan Digiouwa, Kabupaten Dogiyai telah memenuhi syarat. Walaupun terjadi aliran laminar pada jam rendah dikarenakan kebutuhan yang sangat sedikit sehingga masih dapat dimaklumi.
1. Ketersediaan data yang ada sangat membantu dalam perencanaan sistem distribusi jaringan pipa.
2. Keakuratan data kebutuhan air juga akan membantu perhitungan sehingga tidak terjadi eksploitasi sumber air yang ada.
3. Adanya kerjasama antara pihak yang bertanggung jawab serta penduduk sekitar unuk menjaga kelestarian sumber air dan fasilitas yang ada untuk menjaga kontinuitas dan kualitas mata air tersebut.
4. Pemenuhan fasilitas jaringan listrik sangat dibutuhkan untuk membantu dalam memaksimalkan pelayanan kebutuhan air bersih di kampung Ikebo, Mauwa dan Digiouwa, Kabupaten Dogiyai

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah.2002. *Pedoman / Petunjuk Teknik dan Manual*. Jakarta : Balitbang Departemen Kimpraswil.
- Anonim. DPU Ditjen Cipta Karya. 1987. *Buku Utama Sistem Jaringan Pipa. Diktat Kursus Perpipaian Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Cipta Karya Direktorat Air Bersih*. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Cipta Karya, Direktorat Air Bersih.
- Anonim. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor : 18/PRT/M/2007. *Pedoman Penyusunan Perencanaan Teknis Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum*. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Cipta Karya.
- Haestad Methods. 2001. *User Guide WaterCAD v 4.5 for Windows*. Waterbury CT, USA : Haestad Press. Jumarwan.-. *Modul Pelatihan Sistem Penyediaan Air Minum*. Malang : PDAM Kabupaten Malang.
- Linsley, Ray K. & Joseph B. Franzini . 1996. *Teknik Sumber Daya Air Jilid*

#### 5.2 Saran

Untuk mendapatkan hasil yang baik dalam suatu perencanaan sistem jaringan pipa, maka perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- I dan II, Edisi Ketiga, Terjemahan Ir. Djoko Sasongko, M.Sc., Jakarta : Erlangga.*
- Maryono, Agus, Dr. Ing. Ir. W. Muth, Prof. Dipl. Ing. & N. Eisenhauer, Prof. Dr. Ing. 2003. *Hidrolika Terapan*, Jakarta : Pradnya Paramita.
- Priyantoro, Dwi. 1991. *Catatan Perkuliahan Hidrolika*, Malang : Jurusan Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. (Tidak dipublikasikan).
- Triatmadja Radiana. 2007. *Manual dan Dasar Teori WaterNet Versi 2.1. Software untuk perancangan dan Pengelolaan Jaringan Air Minum*. Yogyakarta : Fakultas Teknik. Univeritas Gajah Mada.
- Triatmadja Radiana. 2009. *Hidrolika Sistem Jaringan Perpipaan Air Minum*. Yogyakarta : Fakultas Teknik. Univeritas Gajah Mada.
- Triatmodjo, Bambang. 1993. *Hidrolika I*. Yogyakarta : Beta Offset.