

ANALISIS JARINGAN PIPA DISTRIBUSI AIR BERSIH PADA DAERAH PEMUKIMAN MENGGUNAKAN PROGRAM WATERCAD

Didik Purwantoro
Staf Pengajar Fakultas Teknik UNY

Sinta Aristy M. Mori
Alumni Fakultas Teknik UNY

ABSTRACT

This research is aimed to show the ability of tube tissue system distributes clean water in Balikpapan City recently. The use of waterCAD software is one of the alternative programs to drive an element tube exchange to get a better clean water distribution tissue.

The data of the research are city population, topography photograph, skeletonize-model map and its equipment. The data then were used for the input of waterCAD software. According to the output of the program, it shows that it should be a change of tube elements to gain pressure standard 150-300 kPa using scenario management facility.

The result analysis using waterCAD software shows that the capacity of clean water distribution pipe at this time have not been able to suffice the clean water demand, in this condition, the water flow has average pressure -29.735,05 kPa which is not appropriate with pressure standard. The alternative program to solve this matter is the change of tube diameter to 400, 500, and 600 mm and tube material from Galvanized Iron and Steel. The pressure after the change is 174,5 kPa. The computation dispute between waterCAD software and analytic computation is 0,71% for flow debit and 2,27% for pressure at node. The difference shows that the waterCAD software has been thoroughly tested.

Keywords: water demand, clean water distribution system, waterCAD program

PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu elemen alam yang sedikit banyak mempengaruhi setiap kehidupan yang ada di muka bumi ini. Bahkan dapat dikatakan, air memegang peranan utama dalam kehidupan di muka bumi, dengan 60% luasan permukaan bumi merupakan areal yang tertutup air. Mengingat sedemikian pentingnya peranan air dalam menyokong kehidupan di muka bumi ini, di negara-negara berkembang dan maju dibuat peraturan

perundangan yang melindungi keberadaan sumber daya alam khususnya air, demi kelangsungan hajat hidup manusia. Semakin meningkatnya jumlah penduduk, tentu saja akan membawa dampak pada semakin tingginya konsumsi air. Bagi daerah-daerah yang memiliki sumber air, konsumsi air mungkin tidak akan menjadi suatu permasalahan yang teramat signifikan. Namun bagi daerah-daerah yang tidak memiliki sumber air atau daerah-daerah yang tergantung pada daerah lain untuk menyediakan air, tentu saja

konsumsi air akan membawa permasalahan yang terus berkelanjutan pada daerah tersebut (Walski,dkk, 2003).

Untuk daerah-daerah yang memiliki sumber air dan memerlukan media transportasi untuk mengalirkan air hingga sampai ke pengguna, tentu saja menjadikan permasalahan sendiri. Infrastruktur yang memadai harus dibuat agar kebutuhan air di daerah-daerah yang membutuhkan dapat terpenuhi, dan sejalan dengan pertumbuhan penduduk, infrastruktur tersebut diharapkan masih layak untuk mensuplai kebutuhan air. Infrastruktur yang dimaksud di sini adalah sistem distribusi, beserta seluruh kelengkapannya (Walski,dkk, 2003).

Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) sebagai salah satu badan pengelola dalam bidang suplai air bersih di bawah pemerintah, memiliki tugas untuk melakukan tugas operasional dalam mewujudkan misi yang diemban pemerintah untuk dapat menyalurkan kebutuhan air bersih bagi setiap orang. Salah satu hal yang diusahakan oleh PDAM adalah dengan membangun infrastruktur suplai air bersih berupa jaringan pipa distribusi air bersih, instalasi pengolahan air, kontrol penggunaan air, dan lain sebagainya.

Kebutuhan air bersih ke seluruh penduduk di kawasan Kota Balikpapan disuplai oleh PDAM Tirta Dharma.. Studi yang difokuskan pada kawasan penduduk di wilayah Kecamatan Balikpapan Utara mendapatkan suplai air dari PDAM yang diambil dari Sungai Manggar (Intake Manggar). Air yang telah diolah di instalasi tersebut (IPA Batu Ampar) kemudian dialirkan menuju konsumen dengan menggunakan jaringan pipa yang kompleks. Pada instalasi jaringan pipa tersebut dijadikan sebagai objek studi yang akan diteliti kapasitasnya dalam melayani kebutuhan air untuk penduduk.

Usaha PDAM dalam memenuhi kebutuhan air bersih masyarakat sering kali dihadapkan dengan beberapa permasalahan. Pada saat musim kemarau, sumber air mengalami kekeringan yang menyebabkan air yang diterima pelanggan kotor dan debit airnya menjadi berkurang. Pada daerah pelayanan dengan elevasi tinggi debit air yang diterima lebih kecil daripada daerah pelayanan dengan elevasi lebih rendah. Kurangnya debit air juga terjadi karena kurang tepatnya sasaran sistem giliran distribusi air bersih. Sistem giliran ini menyebabkan air sering mati, disamping itu masyarakat memerlukan air pada saat kapan saja dibutuhkan dan ketersediaan air yang cepat. Volume *reservoir* tidak mampu menampung kelebihan air produksi pada saat pemakaian minimum maupun dalam memenuhi kebutuhan air pada jam puncak. Karena tidak mampu menampung kelebihan produksi pada saat pemakaian minimum maka kapasitas produksi harus dikurangi dan dihentikan pada malam harinya (PDAM Tirta Dharma,1997).

Untuk mengetahui sejauh mana kemampuan PDAM dalam memberikan pelayanan air bersih kepada masyarakat dibutuhkan suatu analisis atau hitungan aliran dalam pipa berdasarkan beberapa variabel yang ada. Salah satu cara analisis sederhana untuk aliran melalui pipa adalah dengan hitungan manual dengan menggunakan salah satu metode yaitu Hardy-Cross. Cara ini menjadi tidak efisien untuk pipa berjumlah banyak dan rangkaiannya kompleks. Untuk memecahkan permasalahan ini dibutuhkan suatu *software* agar diperoleh hitungan cepat dan akurat. Salah satu *software* yang digunakan untuk analisis aliran melalui pipa adalah *WaterCAD*. Dalam penelitian ini digunakan *software WaterCAD* untuk

mengetahui kemampuan sistem jaringan air minum PDAM di Kota Balikpapan Utara.

KAJIAN PUSTAKA

Kebutuhan air dapat diestimasi berdasarkan keseragaman pengguna dalam sebuah komunitas. Sejumlah penyelidikan menghasilkan konsumsi air yang seragam untuk beberapa fasilitas yang berbeda. Untuk menggunakan data ini, perencana harus menentukan jumlah dari unit (misalkan: jumlah kamar dalam sebuah hotel, atau jumlah tempat duduk pada sebuah restoran) dan kemudian mengalikannya dengan unit volume tipikal untuk menentukan rerata volume harian. Rerata penggunaan air tiap orang untuk pemukiman adalah antara 130-150 lt/orang/hari (PDAM Tirta Dharma).

Konsep Energi

Zat cair memiliki energi dalam tiga bentuk. Besarnya energi tersebut tergantung dari gerakan zat cair (energi kinematik) sebesar $V^2/2g$, ketinggian (energi potensial) sebesar z , dan tekanan (energi tekanan) sebesar p/γ . Di dalam sebuah sistem hidraulika, zat cair dapat berupa gabungan dari tiga jenis energi tersebut. Jumlah total dari gabungan 3 energi itu disebut tinggi energi (*head*). Dalam Bambang Triatmodjo (1996) tinggi energi dirumuskan:

$$H = z + \left(\frac{p}{\gamma}\right) + \left(\frac{V^2}{2g}\right) \dots\dots\dots(1)$$

- dengan, H = tinggi energi (m)
 Z = elevasi (m)
 p = tekanan (N/m²)
 γ = berat jenis (N/m³)
 V = kecepatan aliran (m/det)
 g = kecepatan gravitasi (m/det²)

Disamping tinggi tekanan, tinggi elevasi dan tinggi kecepatan, dapat pula ditambah tinggi energi pada sistem (sebagai contoh pada kasus penggunaan pompa) dan mengurangi tinggi energi pada sistem dengan adanya gesekan. Keseimbangan energi diantara dua titik pada sistem (persamaan energi) diterangkan dalam Walski, dkk (2003):

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{V^2}{2g} + h_p = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{V^2}{2g} + h_L \dots\dots(2)$$

- dengan, p = tekanan (N/m²)
 A = berat jenis (N/m³)
 z = elevasi (m)
 V = kecepatan (m/s)
 g = kecepatan gravitasi (m/s²)
 hp = tambahan energi akibat pompa (m)
 hL = gabungan kehilangan tenaga (m)

Konservasi Massa

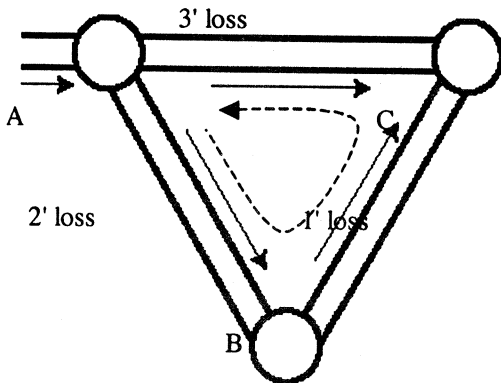
Pada setiap volume penampung dalam sistem yang dialiri fluida nonkompresibel, maka jumlah volume atau massa aliran fluida yang masuk harus sama dengan aliran mengalir keluar mengurangi perubahan pada penampungan. Dalam *WaterCAD User's Guide* (2003) dirumuskan persamaan untuk konservasi massa sebagai berikut:

$$\sum Q_{in} \cdot \Delta t = \sum Q_{out} \cdot \Delta t + \Delta V_s \dots\dots\dots(3)$$

- Dimana, = jumlah aliran yang masuk pada titik in Q
 Q = jumlah kebutuhan pada titik
 s V. = perubahan pada volume penampung
 t. = perubahan waktu

Konservasi Energi

Bernoulli menyatakan dalam prinsip konservasi energi bahwa perbedaan energi antara dua titik harus sama tanpa memperhatikan jalan yang dilalui. Pemberian tanda untuk kehilangan tenaga harus konsisten sesuai dengan arah aliran asumsi (Walski, dkk, 2003).



Gambar.1 Prinsip Konservasi Energi

Prinsip dasar yang sama dapat diaplikasikan pada setiap pipa diantara dua titik. Pada Gambar 1 gabungan kehilangan tenaga disekeliling *loop* harus sama dengan nol untuk memperoleh *hydraulic grade* yang sama. Dimana, A ke B ke C = A ke C.

Kehilangan Tenaga pada Pipa

Kehilangan tenaga pada pipa terjadi karena dua hal yaitu, gesekan disepanjang dinding pipa dan karena perubahan diameter pipa, sambungan, belokan dan katup. Kehilangan tenaga akibat gesekan disepanjang dinding pipa disebut kehilangan tenaga primer (*head losses/friction losses*), sedangkan kehilangan tenaga akibat perubahan pipa diameter pipa, sambungan, belokan dan katup

disebut kehilangan tenaga sekunder (*minor losses*).

Persamaan Darcy-Weisbach

Dalam Walski, dkk (2003) persamaan Darcy Weisbach untuk menghitung kehilangan tenaga primer dirumuskan:

$$hf = f \frac{LV^2}{D2g} = \frac{8fLQ^2}{gD^5\pi^2} \dots\dots\dots (1)$$

dengan, hf = kehilangan tenaga akibat gesekan (m)

f = koefisien gesekan Darcy-Weisbach

L = panjang pipa (m)

V = kecepatan aliran (m/det)

D = diameter pipa (m)

g = kecepatan gravitasi (9,81 m/det²)

Q = debit aliran (l/det)

Besarnya koefisien gesek Darcy-Weisbach (f) tergantung dari kecepatan aliran, berat jenis zat cair, kekentalan kinematik zat cair, diameter pipa dan kekasaran dinding pipa. Nilai f ditentukan dengan menggunakan persamaan Colebrook-White dalam Walski, dkk (2003):

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -0,86 \ln \left(\frac{k}{3,7D} + \frac{2,51}{Re\sqrt{f}} \right) \dots\dots\dots (5)$$

Dimana, Re = angka Reynolds

D = diameter pipa (mm)

k = koefisien kekasaran dinding pipa (mm)

Kesulitan dalam menggunakan persamaan Colebrook-White adalah persamaan tersebut berupa fungsi implisit dari faktor friksi (f terdapat di kedua sisi persamaan). Maka, untuk menyelesaikan persamaan tersebut dilakukan iterasi dengan menggunakan f asumsi sampai nilai kedua sisi sama. Diagram Moody dikembangkan

... persamaan Colebrook-White sebagai solusi grafikal untuk menentukan f dalam persamaan Darcy-Weisbach. Untuk memudahkan dalam menentukan nilai f , maka digunakan persamaan Swamee-Jain yang merupakan fungsi eksplisit dari nilai angka Reynolds dan koefisien kekasaran dinding pipa. Dalam Walski, dkk (2003) persamaan Swamee-Jain:

$$f = \frac{1,325}{\left[\ln \left(\frac{k}{3,7D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2} \dots\dots\dots (6)$$

mengalir dari sumber ke beberapa konsumen. Pada sistem cabang, dinamakan pula sistem pohon (*tree*) atau *dendritic system*, air hanya memiliki satu buah alur yang dapat dilewati untuk mengalir dari sumber ke konsumen. Sistem simpul secara umum lebih disukai daripada sistem cabang. Pada sistem simpul, pipa yang terpotong tersebut dapat diisolasi dan diperbaiki dengan resiko yang lebih rendah pada konsumen yang berada di luar area tersebut. Pada sistem cabang, konsumen yang berada sejalan dengan

Tabel 1. Koefisien Kekasaran Pipa untuk Beberapa Material Pipa

Pipe Material	e (mm)	e (ft.)	Pipe Material	e (mm)	e (ft.)
Glass, drawn brass, copper (new)	0.0015	0.000005	Cast iron (new)	0.26	0.00085
Seamless commercial steel (new)	0.004	0.000013	Concrete (steel forms, smooth)	0.18	0.0006
Commercial steel (enamel coated)	0.0048	0.000016	Concrete (good joints, average)	0.36	0.0012
Commercial steel (new)	0.045	0.00015	Concrete (rough, visible, form marks)	0.60	0.002
Wrought iron (new)	0.045	0.00015	Riveted steel (new)	0.9 ~ 9.0	0.003 - 0.03
Asphalted cast iron (new)	0.12	0.0004	Corrugated metal	45	0.15
Galvanized iron	0.15	0.0005			

(Sumber: WaterCad Users Guide)

Dalam Walski, dkk (2003) kehilangan tenaga sekunder dirumuskan:

$$h_e = K_l \frac{V^2}{2g} = K_l \frac{Q^2}{2gA^2} \dots\dots\dots (7)$$

Dimana, h_e = minor losses (m)
 K_l = koefisien minor losses

Sistem Distribusi Air

Sistem distribusi dapat berupa simpul (*looped*) atau cabang (*branched*). Pada sistem simpul, terdapat beberapa alur berbeda yang dapat dilalui oleh air untuk

aliran air dari pipa yang terpotong akan mengalami pemadaman aliran air, sampai dengan perbaikan selesai dilakukan. Keuntungan lain dari konfigurasi simpul adalah karena lebih dari satu alur aliran air untuk sampai ke konsumen, kecepatan aliran akan lebih rendah, dan kapasitas sistem dapat ditingkatkan. Kebanyakan sistem suplai air merupakan kombinasi antara sistem simpul dan sistem cabang (Walski, dkk, 2003).

I. WaterCAD Academic Version

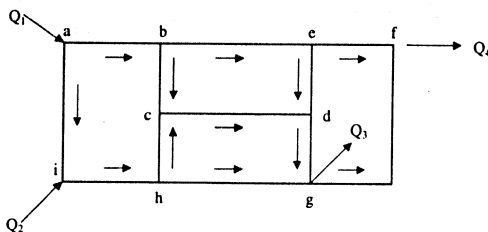
Software WaterCAD Academic Version v6.0 adalah program bantu untuk aplikasi teknik sipil khususnya untuk

desain dan analisis sistem distribusi air, buatan Haestad Methods, Inc. USA. Setelah mengalami pengembangan sejak tahun 1996 sampai dengan 2003, kini *software WaterCAD Academic Version v6.0* menyediakan fasilitas-fasilitas yang mudah diakses agar pekerjaan editing dan analisis jaringan distribusi air dapat dilakukan dengan mudah. Dengan fasilitas yang ada, *WaterCAD* dapat digunakan untuk:

- Melakukan simulasi analisis *steady state* dari sistem distribusi air dengan kelengkapan elemen seperti pompa, tangki, reservoir, katup.
- Melakukan simulasi analisis *extended-period* pada jaringan pipa terhadap adanya variasi suplai air dan variasi penggunaan air.
- Menunjukkan kualitas dari air yang didistribusikan dan mengkalkulasi adanya kehilangan dari suatu unsur kimia tertentu selama distribusi berjalan.
- Melakukan kombinasi alternatif perlakuan didalam sistem melalui variasi manajemen skenario.

II. Metode Hardy Cross

Metode Hardy Cross adalah salah satu cara untuk menyelesaikan perhitungan sistem jaringan pipa. Berikut adalah contoh suatu sistem jaringan pipa.



Gambar 2. Contoh Suatu Sistem Jaringan Pipa

Aliran keluar dari sistem dianggap terjadi pada titik-titik simpul. Pada awal hitungan terlebih dahulu menetapkan debit aliran melalui masing-masing pipa secara sembarang. Kemudian menghitung debit aliran di semua pipa berdasarkan nilai awal tersebut. Prosedur hitungan tersebut diulang-ulang sampai persamaan kontinuitas di setiap titik simpul dipenuhi. Untuk memudahkan perhitungan, dalam tiap jaringan selalu dimulai aliran yang searah jarum jam. Di dalam suatu jaring jika jumlah kehilangan tenaga lebih besar dari nol ($\sum KQ^2 > 0$), maka arah koreksi debit berlawanan jarum jam (negatif). Dan sebaliknya, jika jumlah kehilangan tenaga lebih kecil dari nol, maka arah koreksi debit searah jarum jam.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengambil tempat di PDAM Tirta Dharma Kota Balikpapan, Kalimantan Timur. Lokasi studi terletak dalam wilayah Kecamatan Balikpapan Utara dan sebagian dari wilayah Kecamatan Balikpapan Tengah dan Balikpapan Barat Kota Balikpapan. Lokasi studi merupakan salah satu kawasan yang mendapatkan suplai air bersih dari PDAM, karena kawasan tersebut cukup sulit mendapatkan air bersih apabila harus menyediakan sendiri. Dengan demikian, konsumsi air masyarakat (penduduk) di lokasi studi seluruhnya disuplai oleh PDAM. Melihat fenomena tersebut, studi kemudian difokuskan pada kawasan tersebut.

Data pada penelitian ini merupakan gabungan antara data hasil pengamatan, data tertulis, dan dokumentasi (gambar) berupa peraturan-peraturan yang dikeluarkan oleh lembaga resmi pemerintah, data jumlah penduduk, peta topografi daerah setempat dan peta model

skeletonize beserta utilitas kelengkapannya pada tahun 2004.

Analisis dan pengolahan data dilaksanakan berdasarkan data-data yang sudah ada, untuk selanjutnya dimasukkan sebagai data pada program. Melalui tahapan ini diharapkan akan diperoleh hasil yang akurat sebagai pemecahan masalah yang tepat. Adapun analisis dan pengolahan data yang dilakukan adalah:

- a. Menjalankan program dengan mengandalkan ketersediaan data yang sudah ada dan apabila data belum cukup, dapat diasumsikan sesuai dengan yang ada di lapangan. Asumsi-asumsi tersebut adalah:
 - 1) Kondisi jaringan baik.
 - 2) Pipa menggunakan PVC dan Steel yang sesuai dengan kondisi di lapangan, dan menggunakan angka kekasaran pipa sesuai dengan fasilitas di software *WaterCAD* dan diasumsikan bahwa pipa adalah baru.
 - 3) Kebutuhan air di tiap jaringan pelanggan merupakan kebutuhan teoritis, sesuai dengan data riil PDAM Kota Balikpapan yang dihitung berdasarkan jumlah pelanggan.
 - 4) Untuk reservoir di lapangan dimodelkan dengan tangki, karena model reservoir yang ada di *WaterCAD* dianggap dapat mensuplai seluruh jaringan dan air yang ada tetap dan tidak terbatas. Sedangkan kondisi muka air reservoir di lapangan berfluktuasi tergantung dari suplai air yang masuk, sehingga memungkinkan air pada reservoir habis. Oleh karena itu, model tangki digunakan pada pemodelan komputer, dimana muka air pada tangki berfluktuasi sesuai dengan reservoir yang ada di lapangan.

- b. Penentuan solusi untuk permasalahan yang ada dari hasil program.

Berdasarkan output program, pipa-pipa dengan tekanan dibawah standar dibuat scenario lain berupa perubahan diameter pipa dan perubahan material pipa, agar diperoleh tekanan sesuai standar tekanan untuk daerah pemukiman (150 sampai dengan 300 kPa).

Pemecahan Masalah

Data input yang ada disesuaikan terhadap fasilitas *WaterCAD* untuk dilakukan *trial and error* dengan menyusun skenario baru yang memberikan alternatif solusi untuk berbagai ukuran diameter pipa dan material yang digunakan. Pemecahan masalah dilakukan dengan cara mengevaluasi hasil program dan kemudian diinformasikan kondisi sistem jaringan yang ada, serta dijelaskan solusi dari masalah yang ada. Pemecahan masalah ini meliputi aspek-aspek yang dapat menjadi alternatif yang didasarkan pada hasil analisis program dan tinjauan di lapangan, sehingga akan didapat suatu solusi terbaik.

HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

1. Kebutuhan Air (*Water Demand*)

Jumlah penduduk yang dilayani oleh PDAM adalah keseluruhan dari jumlah penduduk daerah penelitian. Konsumsi pemakaian air untuk pemukiman adalah antara 130-150 lt/orang/hari . Pada jaringan pipa yang diteliti terdapat beberapa titik kebutuhan air (*water demand*) yaitu pada node 2, node 5, node 9, node 11, node 15, node 17 dan node 19 yang besarnya adalah sebagai berikut:

No	Node	Nama Kelurahan	Jml Penduduk	Keb air (lt/s)
1	2	Karang Joang	18208	23
2	5	Batu Ampar	28851	51
3	9	Gunung Samarinda + Batu Ampar	51193	89
4	11	Muara Kapak	27908	49
5	15	Baru Ilir	18590	33
6	17	Karang Rejo + Karang Jati	39762	70
7	19	Muara Kapak	27908	49

Kebutuhan air tersebut kemudian dijadikan *input* dalam program *WaterCAD* untuk analisis *steady state existing pipe* dengan *existing demand*.

2. Analisis dengan Program *WaterCAD*

Analisis yang dilakukan dengan menggunakan Program *WaterCAD* yaitu analisis tipe *Steady State*. Hal ini dengan asumsi bahwa kebutuhan air pelanggan selalu stabil setiap tahapan waktu, baik pada jam-jam puncak maupun pada saat-saat air tidak digunakan secara signifikan. Analisis diawali dengan memeriksa sistem jaringan yang telah ada (*existing system*) kemudian *pressure* yang diperoleh apakah telah sesuai dengan ketentuan. Apabila *pressure* yang diperoleh belum sesuai dengan ketentuan, maka *scenario* disusun kembali (berupa perubahan diameter pipa dan material pipa yang digunakan). Langkah tersebut diulang-ulang hingga *pressure* yang terjadi telah sesuai dengan ketentuan.

a. Analisis *Existing Pipe* dengan *Existing Demand*

1) Analisis *Steady State Existing Pipe* dengan *Existing Demand (Base Scenario)*

Hasil analisis *steady state* terhadap jaringan pipa distribusi air bersih

dengan menggunakan program *WaterCAD* yang diamati adalah *pipe report* dan *junction report*. Tekanan yang dihasilkan antara -26,945.19 kPa sampai dengan -27,185.25 kPa, oleh sebab itu dibutuhkan skenario berikutnya dengan merubah dimensi pipa sampai diperoleh tekanan standar yaitu antara 150-300 kPa.

2) Analisis *Steady State Existing Pipe* dengan *Existing Demand (Scenario baru)*

Perubahan yang dilakukan pada *scenario* berikutnya yaitu perubahan diameter dan material pipa. Hasil skenario menunjukkan bahwa tekanan yang terjadi sebesar 249.43 kPa sampai dengan 267.55 kPa dan dianggap sudah mencapai tekanan standar.

3. Analisis dengan hitungan manual menggunakan Program *MS Excel*

Analisis yang dilakukan dengan *MS Excel*, dengan sistem yang ditinjau yaitu pada jaringan *loop*. Perhitungan yang dilakukan dengan *MS Excel* ini terdiri atas perhitungan debit (menggunakan metode Hardy-Cross) dan perhitungan tekanan air (menggunakan metode Persamaan Energi).

Analisis *steady state* dengan program *MS Excel* dilakukan untuk menentukan besarnya debit yang melalui jaringan *loop*. Analisis dilakukan dengan metode Hardy Cross dan kelengkapan pipa sesuai dengan *base scenario*. Berdasarkan besar debit aliran yang melalui jaringan *loop* pada tersebut selanjutnya digunakan untuk membandingkan hasil analisis jaringan pipa dengan *software WaterCAD (base scenario)*.

b. Tekanan pada Node.

Analisis untuk menentukan tekanan pada pipa (*node pressure*) dilakukan dengan menggunakan data berupa diameter pipa, panjang pipa, material pipa dan debit pipa untuk menentukan kecepatan aliran dan angka Reynolds. Tahap selanjutnya yaitu menentukan besarnya kehilangan tenaga akibat gesekan dan kehilangan tenaga akibat tumpang pipa. Jumlah kehilangan tenaga akibat gesekan dan tumpang digunakan untuk menentukan tekanan pada node. Hasil Analisis Tekanan pada Node dengan Program *MS Excel* selanjutnya digunakan untuk membandingkan hasil analisis jaringan pipa dengan *software WaterCAD (base scenario)*.

B. Pembahasan

1. Hasil Analisis dengan Program *WaterCAD*

a. *Existing Pipe* dengan *Existing Demand Base Scenario*

Dari hasil program dapat dilihat bahwa tekanan ada yang negatif. Tekanan negatif ini disebabkan karena adanya pipa yang tidak aktif dan juga karena adanya kebutuhan air pada daerah

yang pipanya terputus (tidak aktif). Pada kenyataan yang sebenarnya, *negatif pressure* tidak ada, akan tetapi karena dimensi pipa yang terlalu kecil untuk sistem tersebut maka menghasilkan tekanan yang negatif. Menurut Steel, dkk., (1979), standar tekanan dalam sistem jaringan pipa untuk berbagai macam area pelayanan sangat berbeda. Untuk pelayanan di area pemukiman yang memiliki gedung dengan jumlah lantai tidak lebih dari empat lantai, standar tekanannya berkisar 150 sampai 300 kPa. Berdasarkan ketentuan tersebut, dapat disimpulkan bahwa, *existing system*, belum memenuhi kriteria tersebut di atas. Hal ini berarti, pada beberapa lokasi node masih terdapat area yang memiliki *negative pressure*. Untuk mengakomodasi agar *pressure* yang terjadi tidak lagi negatif, maka *base scenario* perlu dimodifikasi. Modifikasi yang dilakukan adalah mengubah diameter pipa menjadi lebih besar dari diameter sebelumnya.

b. *Scenario baru*

Berdasarkan hasil analisis dengan *scenario* baru, diperoleh data bahwa pada beberapa titik node tidak terdapat lagi tekanan negatif, hal ini disebabkan diameter pipa sudah mampu memenuhi sistem, bahkan tekanan yang terjadi sesuai dengan standar tekanan (150-300 kPa).

Perbandingan Hasil Hitungan antara *WaterCAD* dengan manual menggunakan Program *MS Excel*

a. Debit Aliran

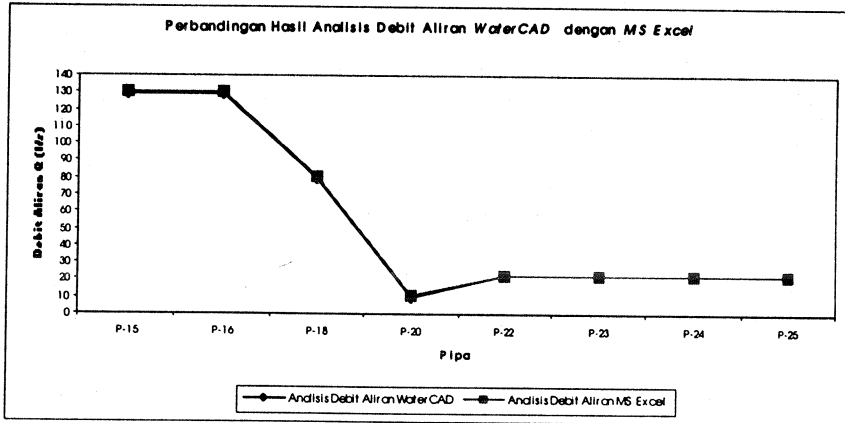
Perbandingan hasil dilakukan untuk menunjukkan tingkat keyakinan dan

tersebut dalam meningkatkan debit aliran dengan menggunakan *software WaterCAD*. Hal ini dimaksudkan sebagai antisipasi kemungkinan kesalahan yang terjadi. Pada metode Hardy Cross arah dan debit aliran dicoba ulang pada semua pipa. Persamaan kontinuitas dan persamaan energi yang belum terpenuhi dicoba berulang-ulang dengan menggunakan harga baru yang telah dikoreksi. Iterasi dilakukan sampai diperoleh hasil yang lebih teliti. Hasil hitungan debit aliran dengan *WaterCAD* dan *MS Excel* kemudian divisualisasikan dalam bentuk grafik sebagai berikut:

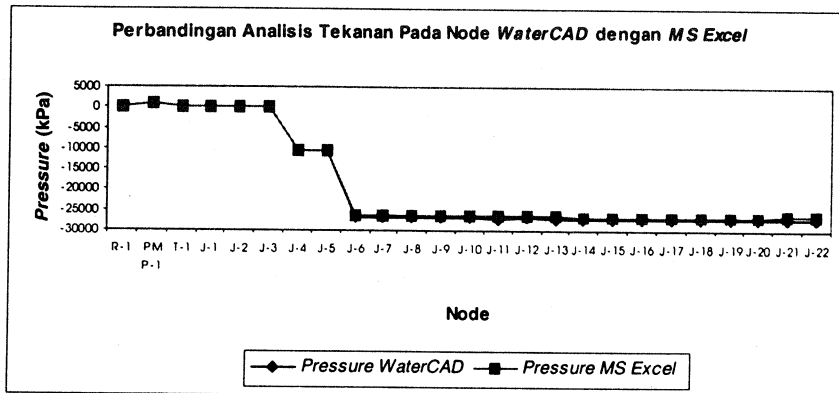
hasil pada Gambar 3 menunjukkan bahwa selisih perhitungan debit aliran sebesar 0.71%. Pada program *WaterCAD*, koefisien *minor losses* yang dimasukkan pada *input* berdasarkan data yang tersedia pada *WaterCAD*. Pada program *MS Excel* kehilangan tenaga sekunder dihitung walaupun nilai *minor losses* sangat kecil jika dibandingkan dengan kehilangan tenaga akibat gesekan.

b. Tekanan pada Node

Perhitungan tekanan pada node dengan menggunakan program *WaterCAD*, hasil hitungan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3. Perbandingan Hasil Hitungan WaterCAD dengan Manual



Gambar 4. Perbandingan Tekanan pada Node Menggunakan Software WaterCAD dengan Program MS Excel

Gambar 4 menunjukkan bahwa selisih hasil hitungan tekanan pada node terbesar sebesar 2.27 % (dua koma dua tujuh persen). Perbedaan hasil hitungan tersebut dapat disebabkan oleh beberapa parameter antara lain n , g , \bar{a} dengan beberapa nilai desimal di belakang koma yang berbeda. Pemenggalan angka ini dapat mengakibatkan hasil yang berbeda secara signifikan. Berdasarkan kemungkinan tersebut, dapat disimpulkan bahwa dalam hal ini selisih antara *WaterCAD* dan *MS Excel* terletak pada persamaan dan perbedaan standar ketelitian.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis jaringan pipa distribusi air bersih pada daerah pemukiman dengan menggunakan program *WaterCAD*, maka dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

1. Dengan jumlah penduduk pada tahun 2003 sebesar 150.625 jiwa maka kebutuhan air bersih 31.102.200 lt/hari (364 lt/det) maka kapasitas jaringan pipa air bersih saat ini sudah tidak mampu untuk memenuhi kebutuhan air bersih.
3. Alternatif yang dapat diambil untuk mengatasi permasalahan tersebut di atas, dilakukan perubahan diameter pipa menjadi 400, 500 dan 600 mm, perubahan material pipa menjadi *steel* dan *galvanized iron*, agar tekanan air sampai ke konsumen berkisar antara 150-300 kPa.
4. Selisih perhitungan antara *software WaterCAD* dengan manual menggunakan *software MS Excel* memberikan hasil selisih yang relatif kecil yaitu 0,71% dan 2,27%, sehingga dapat disimpulkan bahwa *software WaterCAD* tersebut telah teruji ketelitiannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (1997). *Laporan Review Pengembangan Sistem Penyediaan Air Bersih Kotamadya Balikpapan*. PDAM Tirta Dharma Kota Balikpapan.
- Anonim. (2002). *WaterCAD User's Guide*. Haestad Method, Inc.
- Latief, Heigus I. (2001). *Aplikasi Software WaterCAD untuk Kajian Eksisting Sistem Jaringan Pipa Distribusi Air Bersih Kotamadya Yogyakarta*. Tugas Akhir UGM. Yogyakarta.
- Steel, W., dan McGhee, T.J. (1979). *Water Supply and Sewerage* (5th ed). New York: McGraw-Hill Inc.
- Triatmadja, R. (2000). *WaterNet*. Yogyakarta: Nafiri Offset.
- Triatmodjo, B. (1996). *Hidraulika I* (Edisi Kedua). Yogyakarta: Beta Offset.
- _____. (2003). *Hidraulika II* (Edisi Ketiga). Yogyakarta: Beta Offset.
- Walski, Thomas M., dkk. (2003). *Advanced Water Distribution Modelling and Management* (1st ed). Waterbury, CT USA: Haestad Press.