

# EPANET 2

## USERS MANUAL

VERSIBHS INDONESIA

By

Lewis A. Rossman  
Water Supply and Water Resources Division  
National Risk Management Research Laboratory  
Cincinnati, OH 45268

Alih bahasa : EKAMITRA Engineering

NATIONAL RISK MANAGEMENT RESEARCH LABORATORY  
OFFICE OF RESEARCH AND DEVELOPMENT  
U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY  
CINCINNATI, OH 45268

Penerbit:  
EKAMITRA Engineering

ISBN 979-98486-7-9



# BAB 1 PENDAHULUAN

## 1.1 Apakah EPANET itu?

EPANET adalah program komputer yang menggambarkan simulasi hidrolis dan kecenderungan kualitas air yang mengalir di dalam jaringan pipa. Jaringan itu sendiri terdiri dari Pipa, Node (titik koneksi pipa), pompa, katub, dan tangki air atau reservoir. EPANET menjajaki aliran air di tiap pipa, kondisi tekanan air di tiap titik dan kondisi konsentrasi bahan kimia yang mengalir di dalam pipa selama dalam periode pengaliran. Sebagai tambahan, usia air (*water age*) dan pelacakan sumber dapat juga disimulasikan.

EPANET di design sebagai alat untuk mencapai dan mewujudkan pemahaman tentang pergerakan dan nasib kandungan air minum dalam jaringan distribusi. Juga dapat digunakan untuk berbagai analisa berbagai aplikasi jaringan distribusi. Sebagai contoh untuk pembuatan design, kalibrasi model hidrolis, analisa sisa khlor, dan analisa pelanggan. EPANET dapat membantu dalam manage strategi untuk merealisasikan kualitas air dalam suatu system. Semua itu mencakup

- Alternatif penggunaan sumber dalam berbagai sumber dalam satu sistem
- Alternatif pemompaan dlm penjadwalan pengisian/pengosongan tangki.
- Penggunaan treatment, misal khlorinasi pada tangki penyimpan
- Pen-target-an pembersihan pipa dan penggantinya.

Dijalankan dalam lingkungan windows, EPANET dapat terintegrasi untuk melakukan editing dalam pemasukan data, *running* simulasi dan melihat hasil *running* dalam berbagai bentuk (format). Sudah pula termasuk kode-kode yang berwarna pada peta, tabel data-data, grafik, serta citra kontur.

### 1.2 Kemampuan model hidrolis.

Fasilitas yang lengkap serta pemodelan hidrolis yang akurat adalah salah satu langkah yang efektif dalam membuat model tentang pengaliran serta kualitas air. EPANET adalah alat bantu analisis hidrolis yang didalamnya terkandung kemampuan seperti :

- Kemampuan analisa yang tidak terbatas pada penempatan jaringan
- Perhitungan harga kekasaran pipa menggunakan persamaan Hazen-Williams, Darcy Weisbach, atau Chezy-Manning
- Termasuk juga minor head losses untuk bend, fitting, dsb
- Pemodelan terhadap kecepatan pompa yang konstant maupun variable
- Menghitung energi pompa dan biaya (*cost*)
- Pemodelan terhadap variasi tipe dari valve termasuk *shutoff*, *check*, *pressure regulating*, dan *flow control valve*
- Tersedia tangki penyimpanan dengan berbagai bentuk (seperti diameter yang bervariasi terhadap tingginya)
- Memungkinkan dimasukkannya kategori kebutuhan (*demand*) ganda pada node, masing-masing dengan pola tersendiri yang bergantung pada variasi waktu.
- Model *pressure* yang bergantung pada pengeluaran aliran dari emitter (*Sprinkler head*)
- Dapat dioperasikan dengan system dasar pada tangki sederhana atau kontrol waktu, dan pada kontrol waktu yang lebih kompleks

### 1.3 Kemampuan Model Kualitas air

Sebagai tambahan dalam pemodelan hidrolis, EPANET menyediakan kemampuan pemodelan kualitas air, yaitu :

- Model pergerakan materi *tracer* non reaktif pada jaringan, sepanjang waktu

- Model pergerakan dan nasib dari materi reaktif yang tumbuh (missal hasil desinfeksi) atau yang meluruh (missal sisa khlor) terhadap waktu.
- Model umur air yang mengalir pada jaringan
- Melacak persentasi aliran dari node yang akan dicapai dari node lainnya sepanjang waktu
- Model reaksi baik pada aliran olahan dan pada dinding pipa
- Menggunakan orde ke-n untuk model reaksi pada aliran olahan
- Menggunakan orde nol atau pertama untuk model reaksi pada dinding pipa
- Menghitung batas transfer massa untuk menghitung reaksi pada dinding pipa
- Menyediakan reaksi pertumbuhan atau peluruhan untuk memproses keterbatasan konsentrasi
- Menghitung koefisien laju reaksi global yang dapat dimodifikasi berdasarkan pipa-pipa
- Menyediakan koefisien laju reaksi dinding dalam kaitannya dengan kekasaran pipa
- Menyediakan input massa pada variasi waktu konsentrasi pada semua lokasi di jaringan
- Pemodelan tangki penyimpanan berupa *complete mixing*, *plug flow* atau dua kompartemen reaktor.

Dengan tersedianya fasilitas tersebut, EPANET dapat melakukan kajian fenomena kualitas air seperti:

- Mencampur air dari sumber yang berbeda
- “Usia air” dalam sistem
- Kehilangan Sisa Chlor
- Pertumbuhan desinfektan
- Melacak Kontaminan

## 1.4 Tahapan menggunakan EPANET

Tahapan dalam menggunakan EPANET untuk pemodelan system distribusi air :

## BAB 1 PENDAHULUAN

1. Gambar jaringan yang menjelaskan system distribusi (lihat bagian **6.1**) atau mengambil dasar jaringan sebagai file text (lihat bagian **11.4**)
2. Mengedit properties dari object (lihat bagian **6.4**)
3. Gambarkan bagaimana system beroperasi (lihat bagian **6.5**)
4. memilih tipe analisis (lihat bagian **8.1**)
5. jalankan (*run*) analisis hidolis/kualitas air. (lihat bagian **8.2**)
6. Lihat hasil dari analisis ( lihat bagian **9**)

### 1.5 Tentang Manual ini

**Bab 2** pada manual ini menjelaskan bagaimana menginstall EPANET dan menjelaskan tutorial yang singkat. Pembaca yang kurang familiar dengan dasar-dasar pemodelan sistem distribusi dapat sebelumnya melihat bab 3 sebelum membaca tutorial.

**Bab 3** menyediakan dasar-dasar meteri tentang bagaimana EPANET memodelkan sistem distribusi. Didiskusikan pula tentang kebiasaan dari komponen fisik yang terlibat dalam sistem distribusi, dan bagaimana menambah informasi modeling, seperti variasi waktu dan kontrol operasional. Juga menyediakan bagaimana simulasi numerik dari hidraulik sistem dan performen kualitas air dicapai.

**Bab 4** memperlihatkan bagaimana *workspace* EPANET di atur. Menjelaskan fungsi dari variasi pilihan menu dan tombol toolbar, dan bagaimana menggunakan tiga window utama – Network Map, The Browser dan Property Editor-.

**Bab 5** mendiskusikan proyek yang menyimpan seluruh informasi yang terkandung dalam model sistem distribusi EPANET. Memperlihatkan bagaimana membuat, membuka, dan menyimpan file dan bagaimana mengatur proyek standar. Juga mendiskusikan bagaimana mendaftarkan data kalibrasi yang digunakan untuk membandingkan hasil simulasi dengan hasil pengukuran aktual.

**Bab 6** menjelaskan bagaimana membangun model jaringan dengan EPANET. Menampilkan bagaimana membuat berbagai variasi dari obyek fisik (pipa, pompa, katub, junction, tangki, dll) yang membangun sistem, bagaimana mengedit properti dari objek, dan bagaimana menjelaskan sistem kebutuhan dan pengoperasian waktu.

**Bab 7** menjelaskan bagaimana menggunakan peta jaringan yang menyediakan penampakan grafis dari sistem yang sedang dimodelkan. Menunjukkan bagaimana melihat disain lain dan menghitung parameter dalam sentuhan pengkodean warna pada peta, bagaimana meng-skala, memperbesar, dan penggeser peta, bagaimana meletakkan objek pada peta, dan pilihan apa yang tersedia untuk mengatur penampakan dari peta.

**Bab 8** bagaimana menjalankan analisa hidrolis/kualitas air pada jaringan model. Menjelaskan variasi pilihan yang mengatur bagaimana membuat analisa, cara-cara menangani kesalahan, dan latihan mensimulasi.

**Bab 9** mendiskusikan berbagai cara untuk memperlihatkan hasil analysis. Menjelaskan bagaimana menampilkan hasil analisis. Hal tersebut termasuk memperlihatkan peta secara berbeda, variasi dari grafik dan tabel, dan beberapa tipe lain dari laporan-laporan.

**Bab 10** menjelaskan bagaimana mencetak dan mengcopy apa yang didiskusikan pada Bab 9

**Bab 11** Menjelaskan bagaimana EPANET dapat mengimport dan mengekspor skenario Proyek. Skenario merupakan bagian dari data yang menggambarkan kondisi jaringan pipa selama dianalisis. (misal: kebutuhan pelanggan, aturan operasional, koefisien reaksi kualitas air, dll). Juga mendiskusikan bagaimana menyimpan database proyek menjadi file yang bisa dibaca dan bagaimana mengekspor peta jaringan menjadi format yang bervariasi.

## BAB 1 PENDAHULUAN

**Bab 12** menjawab berbagai pertanyaan tentang bagaimana EPANET dapat digunakan untuk memodelkan dalam berbagai situasi, seperti pemodelan tangki pneumatik, menemukan aliran maksimum yang tersedia pada tekanan yang spesifik, dan memodelkan pertumbuhan disinfeksi.

Manual ini juga mengandung beberapa Appendix (lampiran). **Appendix A** menyediakan tabel dari unit untuk seluruh design dan parameter yang dihitung. **Appendix B** merupakan daftar kode pesan kesalahan (*error message*) dan artinya dalam pembuatan program. **Appendix C** menjelaskan bagaimana EPANET dapat di jalankan dari *command line* dalam DOS, dan mendiskusikan format dari file yang digunakannya. **Appendix D** menyediakan detail dari Algoritma Procedure dan formula yang digunakan EPANET dalam menganalisis hidrolis dan kualitas air.

## BAB 2 TUTORIAL CEPAT

*Chapter ini menyediakan tutorial tentang bagaimana menggunakan EPANET. Jika anda tidak familiar dengan komponen-komponen pada system distribusi air dan bagaimana pemodelan dalam jaringan pipa, anda sebaiknya melihat terlebihdahulu dua sec pertama pada chapter 3.*

### 2.1 Menginstall EPANET

EPANET versi 2 didesain untuk lingkungan system operasi Windows 95/98/NT yang kompatibel dengan PC IBM/Intel. Terdiri dari satu file, **en2setup.exe**, yang mengandung program setup *self-extraction*. Untuk menginstall EPANET :

1. Pilih **Run** dari Windows Start menu
2. Masukkan full path dan nama file **en2setup.exe** atau klik tombol browse untuk menempatkan pada komputer anda.
3. klik tombol **OK** untuk memulai proses

Setup Program akan menanyakan pilihan folder (direktori) dimana file EPANET akan diletakkan. Folder default adalah c:\program files\EPANET2. Setelah file terinstall, pada Start Menu akan terdapat menu baru EPANET 2.0. Untuk mengeluarkan EPANET secara mudah, pilih itemnya tidak aktif pada Star Menu, kemudian pilih EPANET 2.0 dari submenu yang muncul. (Nama file eksekusi dari EPANET dibawah windows adalah **epanet2w.exe**)

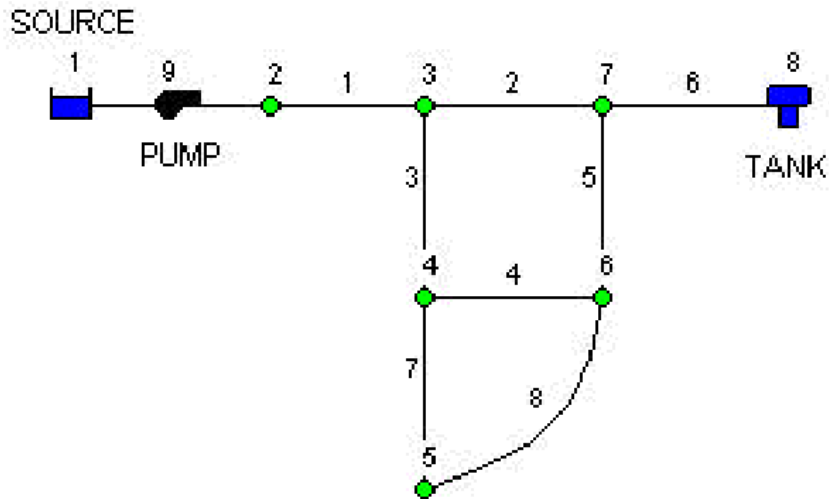
Begitu juga bila anda ingin membuang EPANET dari komputer anda, dapat mengikuti procedure berikut :

1. Pilih **Setting** dari Start Menu
2. Pilih **Control Panel** dari Setting menu
3. Klik ganda pada add/remove programs item
4. Pilih EPANET 2.0 dari daftar program yang muncul
5. Klik tombol **Add/Remove**



## 2.2 Contoh Jaringan

Pada Tutorial ini, akan di analisa distribusi yang mudah yang dapat dilihat pada **Gambar 2.1** dibawah ini



**Figure 2.1** Example Pipe Network

**Table 2.1** Example Network Node Properties

Node	Elevation (ft)	Demand (gpm)
1	700	0
2	700	0
3	710	150
4	700	150
5	650	200
6	700	150
7	700	0
8	830	0

**Table 2.2** Example Network Pipe Properties

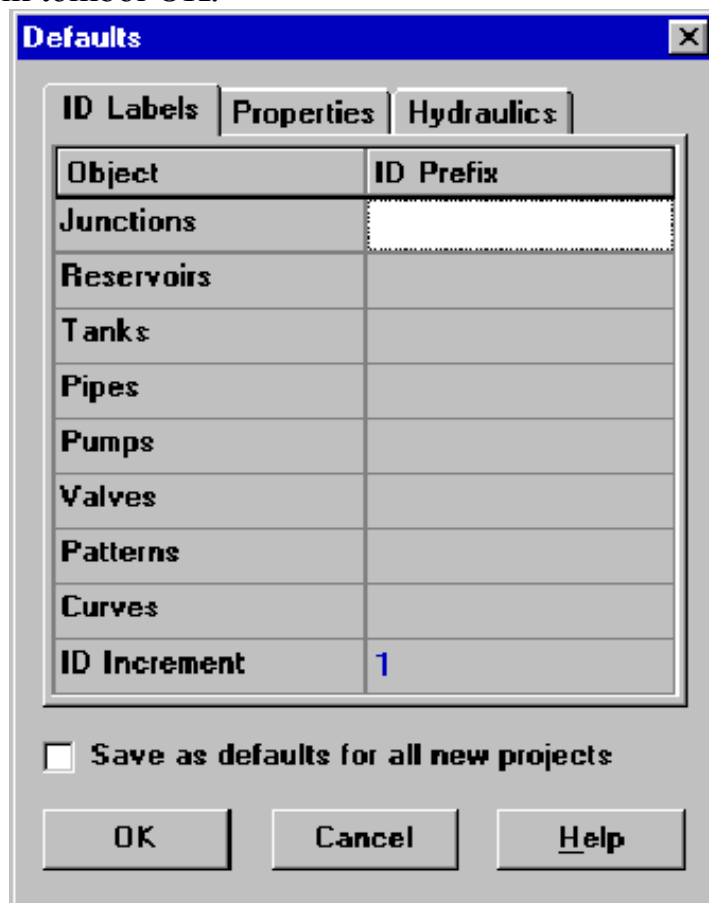
Pipe	Length (ft)	Diameter (inches)	C-Factor
1	3000	14	100
2	5000	12	100
3	5000	8	100
4	5000	8	100
5	5000	8	100
6	7000	10	100
7	5000	6	100
8	7000	6	100

## 2.3 Pengaturan Proyek

Perintah pertama adalah membuat proyek baru di EPANET dan memastikan pilihan pada opsi *default*. Untuk memulainya, jalankan EPANET, atau jika telah berjalan pilih **File>>New**

## BAB 2 TUTORIAL CEPAT

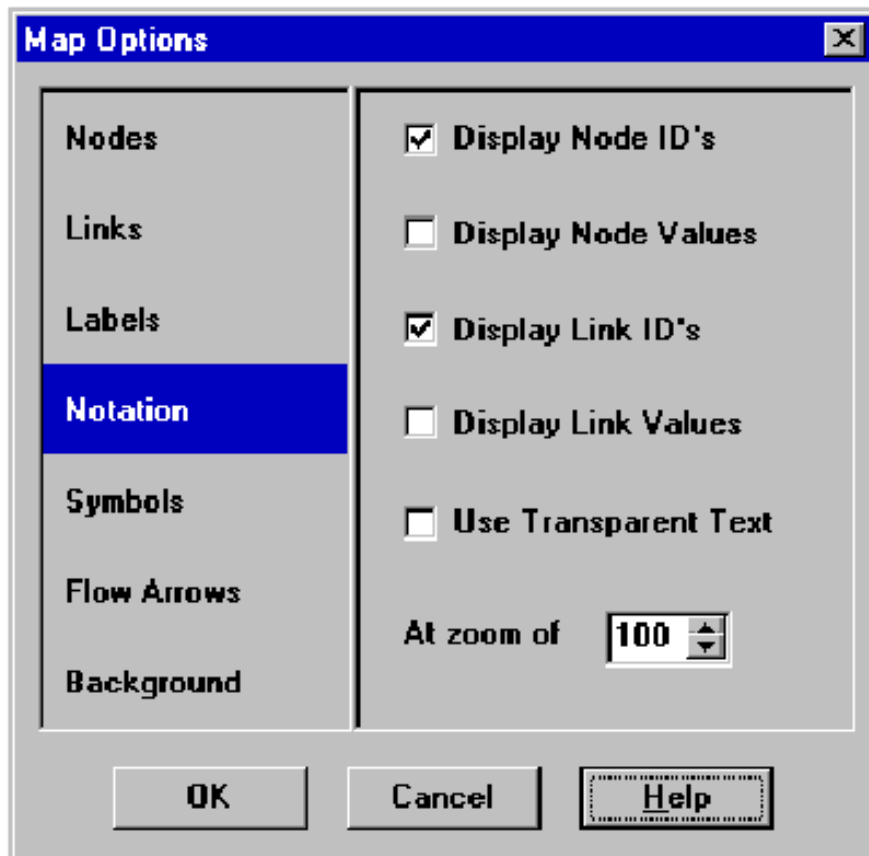
(dari menu bar) untuk menciptakan proyek baru. Kemudian pilih **Project>>Default** untuk membuka form dialog yang terlihat pada **gambar 2.2**. Kita akan menggunakan dialog itu agar EPANET secara otomatis memberi label pada objek barunya secara berurutan dimulai dari 1 sebanyak yang ditambahkan pada jaringan. Pada halaman dialog ID Label, hapus semua awalan ID dan atur pertambahan ID dengan 1. Kemudian pilih halaman Hydraulics dan atur pilihan dari Flow Unit menjadi GPM (gallon per minute). Sebagai implikasi pilihan unit US tersebut, akan digunakan untuk seluruh kuantitas (panjang dalam feet, diameter pipa dalam inches, tekanan dalam psi, dll) Juga pilih Hazen-Wiliam (H-W) sebagai formula headloss. Jika anda ingin menyimpan pilihan tadi untuk proyek selanjutnya, anda harus menandai kotak save pada dasar form sebelum menerima itu semua dengan mengklik tombol OK.



Gambar 2.2 Dialog Project Default.

Selanjutnya kita akan memilih beberapa pilihan penampilan yang akan ditambahkan pada peta, akan ditampilkan label ID dan symbol. Pilih **View>>Option** untuk menyampaikan dialog Map Option. Pilih halaman Notation pada form tersebut, dan check pilihan yang terlihat dalam **gambar 2.3** dibawah. Kemudian pindah ke halaman Symbol dan pilih semua kotak. Klik tombol OK untuk menerima pilihan dan tutup dialog.

Akhirnya, sebelum menggambar jaringan, kita harus yakin bahwa pengaturan skala bisa diterima. Pilih **View>>Dimensioan** untuk menampilkan dialog Map Dimension. Dimensi standard digunakan untuk proyek baru. Setting tersebut akan mencukupi untuk contoh ini, kemudain tekan tombol OK





Gambar 2.3 Dialog Map Option


## 2.4 Menggambar Jaringan

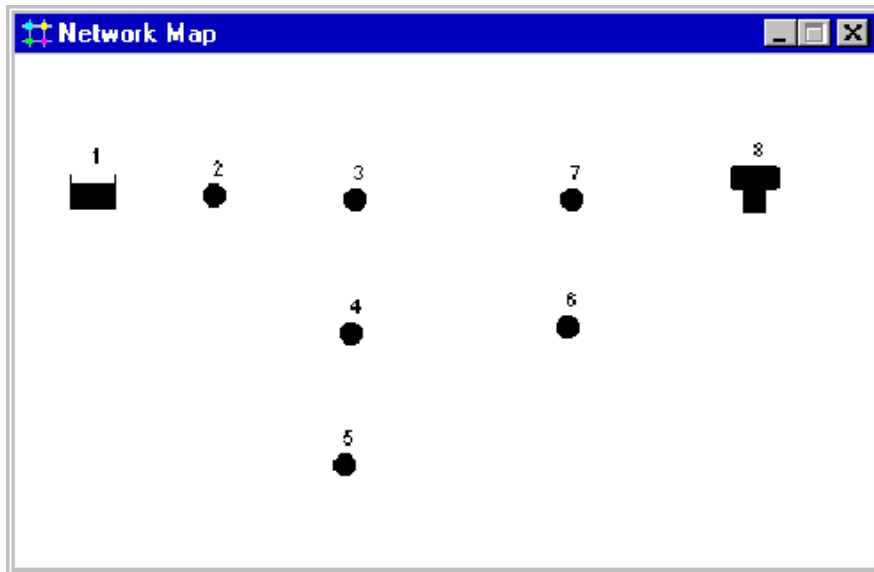
Kita sekarang mulai menggambar jaringan dengan menggunakan mouse dan tombol yang terkandung pada Map toolbar yang diperlihatkan di bawah. (Jika toolbar tidak muncul pilihlah **View>>toolbar>>Map**)



Mula-mula kita akan menambah reservoir. Klik tombol Reservoir . Kemudian klik mouse pada peta dimana akan diletakkan reservoir (dimanapun pada peta).


Selanjutnya kita akan menambah junction node. Klik tombol Junction  dan kemudian klik pada peta pada lokasi dari node 2 hingga 7.

Akhirnya tambahkan tangki dengan mengklik tombol tangki  dan klik peta dimanapun akan diletakkan tangki. Pada saat ini pada peta harus nampak sesuatu seperti pada gambar 2.4



Gambar 2.4 Peta jaringan setelah ditambah node

Selanjutnya kita akan menambah pipa. Cobalah mulai dengan pipa 1 yang menghubungkan node 2 dan node 3. Mula-mula


klik tombol pipa  pada toolbar. Kemudian klik mouse pada node 2 pada peta dan pada node 3. Ulangi prosedur tersebut untuk pipa 2 hingga 7.


Pipa 8 merupakan kurva. Untuk menggambar, mula-mula klik mouse pada node 5. Kemudian gerakkan mouse menuju node 6 klik pada titik dimana akan ada perubahan arah yang dibutuhkan untuk menjaga bentuk yang diharapkan. Akhiri proses tersebut dengan mengklik node 6.

Akhirnya kita akan menambah pompa. Klik tombol



pompa , klik pada node 1 dan kemudian node 2.

Selanjutnya kita akan memberi label pada reservoir, pompa dan

tangki. Pilih tombol teks  pada Map Toolbar dan klik dimanapun dekat dengan reservoir (node 1). Sebuah kotak edit akan muncul. Tulis kata-kata SOURCE dan tekan **Enter**. Klik juga pada pompa dan isilah labelnya, dan lakukan hal yang

sama untuk tangki. Kemudian klik tombol pilihan  pada Toolbar untuk mengambil peta ke dalam mode Object Selection diluar mode Test Insertion.

Pada titik ini kita telah melengkapi contoh menggambar jaringan. Jaringan pipa yang terbentuk seharusnya seperti terlihat pada **gambar 2.1**. Jika node berada di luar posisi, dapat dipindahkan dengan mengklik node tersebut, dan geser dengan menahan tombol kiri mouse menuju posisi yang baru. Pipa yang terhubung dengan node tersebut akan mengikuti nodenya. Label dapat diposisikan juga. Untuk mengatur kembali kurva pipa 8 :

1. Mula-mula klik pada Pipa 8 untuk memilihnya dan kemudian klik tombol  pada Map Toolbar untuk menyimpan peta ke dalam mode Vertex Selection.
2. Pilih point vertex pada pipa dengan mengkliknya dan geser ke posisi yang baru dengan tombol kanan mouse tertahan.
3. Jika diperlukan, vertice dapat ditambahkan atau dihapus dari pipa dengan mengklik kanan mouse dan pilih pilihan appropriate dari popup menu yang muncul.
4. Ketika selesai, klik  untuk kembali ke mode Object Selection.

### 2.5 Mengatur Object Properties.

Sebagai objek yang ditambahkan ke dalam proyek, telah ditetapkan pengaturannya secara standard. Untuk mengubah nilai menjadi lebih spesifik, objek harus dipilih menuju Property Editor (**gambar 2.5**). Banyak beberapa cara berbeda untuk melakukan hal itu. Jika Editor telah nampak sebelumnya kita dapat dengan mudah mengklik obyek atau memilihnya dari halaman data dari browser. Jika Editor belum nampak maka anda dapat membuatnya nampak dengan mengikuti langkah sebagai berikut :

- Double klik objek pada peta
- Klik Kanan pada objek dan pilih **Properties** dari pop-up menu yang muncul
- Pilih Objek dari halaman data pada jendela Browser dan

kemudian klik tombol Edit pada browser 

Sewaktu-waktu Property Editor dapat di fokus dapat menekan F1 untuk memperoleh gambaran penuh tentang properties terdapat dalam daftar.

Property	Value
*Junction ID	2
X-Coordinate	528.46
Y-Coordinate	7276.42
Description	
Tag	
*Elevation	700
Base Demand	0
Demand Pattern	
Demand Categories	1
Emitter Coeff.	
Initial Quality	
Source Quality	

Gambar 2.5 Editor Property

Marilah kita mulai mengedit dengan memilih node 2 ke dalam Property Editor yang ditampilkan diatas. Kita sekarang memasukkan elevasi dan demand untuk node ini pada field yang tepat. Anda dapat menggunakan panah Up dan Down pada keyboard atau mouse untuk berpindah diantara *fields*. Kita hanya membutuhkan klik pada objek lainnya (node dan link) untuk membuat properties muncul pada Property editor. (Kita juga bisa menekan page Down atau Page Up untuk bergerak ke objek setelahnya atau sebelumnya pada tipe yang sama pada database.) Kemudian kita dapat dengan mudah bergerak dari satu objek dan mengisi elevasi dan demand untuk nodes, dan panjang, diameter, dan kekasaran (faktor-C) untuk link.



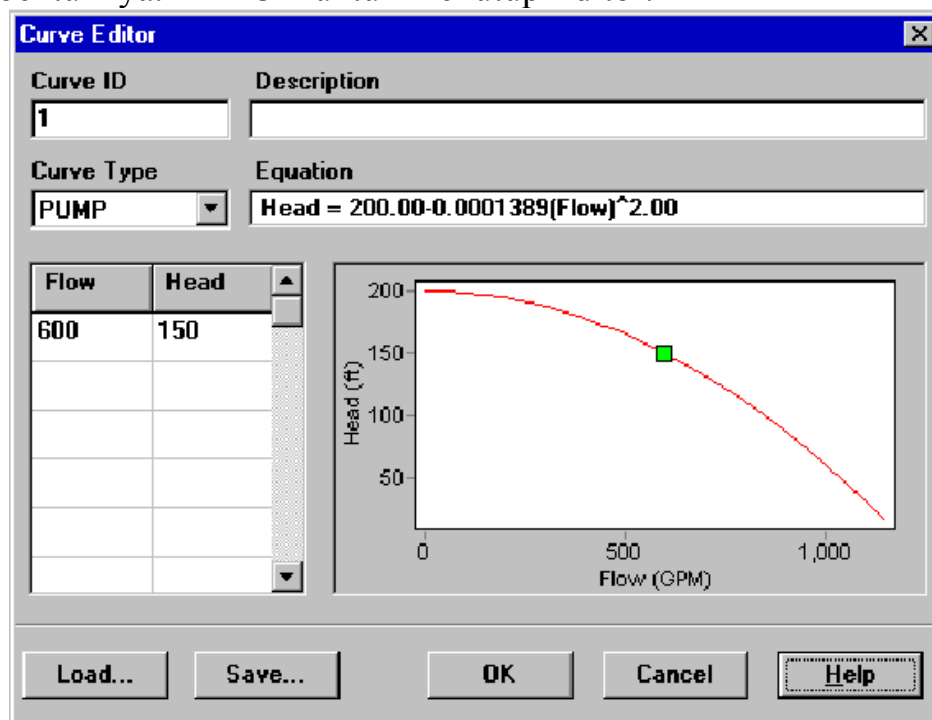
## BAB 2 TUTORIAL CEPAT

Untuk reservoir, masukkan elevasi (700) pada *field* (Total Head). Untuk Tangki, masukkan 830 untuk elevasinya, 4 untuk level saat itu, 20 untuk level maksimum, dan 60 untuk diameter. Untuk Pompa, kita membutuhkan penetapan kurva pompa (hubungan head vs flow). Masukkan label ID 1 pada field Pump Curve.

Selanjutnya kita akan membuat Pump Curve 1. Dari halaman Browser, Pilih Curve dari daftar pada kotak dan klik tombol



Add. Kurva 1 baru akan ditambahkan pada database dan Corve Editor akan muncul (Lihat Gambar 2.6). Masukkan aliran pompa design (600) dan head (150) ke dalam form. EPANET secara otomatis akan membuat kurva pompa secara lengkap dari singel poin. Persamaan kurva akan nampak bentuknya. Klik OK untuk menutup Editor.



Gambar 2.6 Editor Kurva.

### 2.6 Menyimpan dan membuka Proyek

Adalah gagasan yang baik untuk menyimpah hasil design yang lengkap pada file :


1. Dari menu File pilih pilihan **Save As**
2. Pada dialog Save As yang muncul, pilih folder dan nama file yang akan dijadikan nama proyek. Disarankan diberi nama tutorial.net (ekstension .net akan ditambahkan jika file tidak diberi nama)
3. Klik **OK** untuk men-save proyek kepada file.

Data Proyek di save ke file dalam format biner. Jika and ingin men-save dalam file teks yang bisa dibaca, gunakan perintah **File>>Export>>Network**.

Untuk membuka proyek pada waktu yang lain, kita harus menggunakan perintah **Open** dari menu File.

## 2.7 Menjalankan Analisis Periode Tunggal


Saat ini kita memiliki informasi yang cukup untuk menjalankan analisa dalam periode tunggal dari contoh jaringan tadi. Untuk menjalankan analisa tersebut pilih

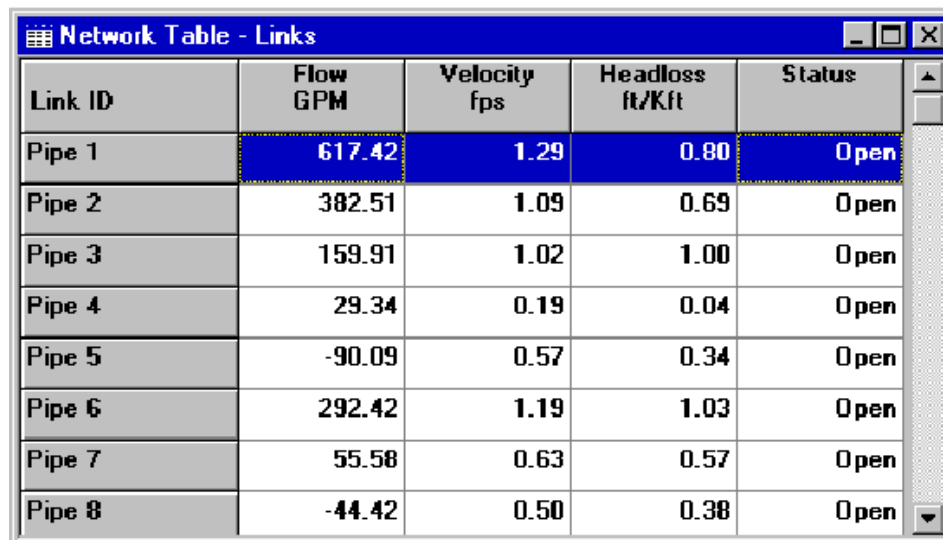
**Project>>Run** analysis atau klik tombol Run  pada standard Toolbar. (jika toolbar tidak nampak pilih **View>>Toolbars>>Standard** dari menu bar)

Jika proses Run tidak berhasil, maka akan muncul jendela Report yang mengindikasikan problem apa yang terjadi. Jika prosesnya berhasil, anda dapat melihat hasil perhitungannya dalam berbagai cara. Cobalah salah satu cara berikut :

- Pilih Node Pressure dari halaman Browser's map dan perhatikan bagaimana nilai pressure pada node dapat ditandai dengan warna. Untuk melihat legenda untuk pengkodean warna, pilih **View>>Legends>>Node** (atau klik kanan pada bagian kosong pada peta dan pilih Node Legend dari menu popup). Untuk mengubah interval dan warna legenda, klik kanan pada legenda untuk memunculkan Legend Editor.
- Aktifkan Property Editor (double klik pada node dan link) dan lihat bagaimana hasil perhitungan ditampilkan pada akhir dari daftar properti.

## BAB 2 TUTORIAL CEPAT

- Membuat daftar tabular dari hasil perhitungan dengan memilih **Report>>Table** (atau mengklik tombol Table  pada Standard Toolbar). **Gambar 2.7** menampilkan tabel untuk hasil link setelah di run. Terlihat tanda negatif pada aliran menandakan bahwa alirannya memiliki arah yang berlawanan dengan yang digambar sebelumnya.



Link ID	Flow GPM	Velocity fps	Headloss ft/Kft	Status
Pipe 1	617.42	1.29	0.80	Open
Pipe 2	382.51	1.09	0.69	Open
Pipe 3	159.91	1.02	1.00	Open
Pipe 4	29.34	0.19	0.04	Open
Pipe 5	-90.09	0.57	0.34	Open
Pipe 6	292.42	1.19	1.03	Open
Pipe 7	55.58	0.63	0.57	Open
Pipe 8	-44.42	0.50	0.38	Open

**Gambar 2.7** Contoh tabel hasil Run pada Link


### 2.8 Menjalankan Analisis pada periode yang panjang

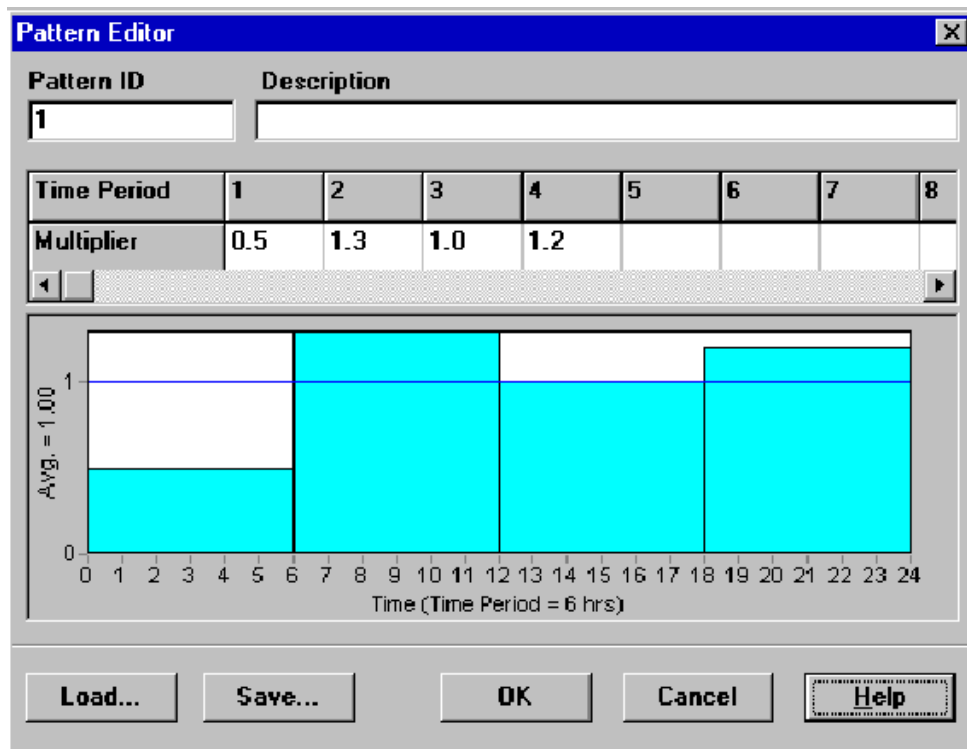
Untuk membuat jaringan kita menjadi lebih realistis, analisis dapat diperpanjang periodenya, kita harus membuat Time Pattern yang menggunakan demand yang bervariasi pada demand pada node dalam satu hari. Untuk contoh yang sederhana kita akan menggunakan pola waktu dalam 6 jam, kemudian membuat perubahan demand dalam empat perbedaan dalam satu hari. (pola 1 jam adalah angka tipikal dan penetapan standard untuk proyek yang baru). Kita mengatur pola waktu dengan memilih **Option-Times** dari data Browser, mengklik tombol **Edit** pada browser untuk memunculkan Property Editor (jika sebelumnya belum nampak), dan memasukkan 6 sebagai nilai dari Patternd Time

Step (seperti yang terlihat pada **gambar 2.8** dibawah). Ketika Time Option tersedia kita dapat mengatur durasi waktu sesuai keinginan kita berapa lama proses *run* akan dijalankan. Gunakan periode 3 hari (masukkan 72 jam pada Duration Property).



**Gambar 2.8** Times Option


Untuk membuat pattern, pilih kategori Pattern pada Browser dan klik tombol add . Sebuah Pattern 1 akan tercipta dan dialog Pattern Editor seharusnya muncul (lihat **gambar 2.9**). Masukkan nilai-nilai faktor 0.5, 1.3, 1.0, 1.2 untuk periode waktu 1 sampai 4 dari durasi waktu 24 jam. Faktor-faktor tersebut digunakan untuk memodifikasi demand dari nilai dasarnya pada setiap periode. Selama kita me-*run* selama 72 jam, pola akan berulang setiap interval 24 jam.






Gambar 2.9 Pattern Editor

Sekarang kita harus menetapkan pattern 1 ini kepada seluruh junction pada jaringan. Kita dapat menggunakan Hidraulic Optionnya EPANET untuk menghindari mengedit setiap junction. Jika anda menemukan Hidraulic Option pada Property Editor, anda akan melihat disana ada item yang disebut Default Pattern. Atur sehingga nilainya menjadi 1, yang mengakibatkan setiap junction akan menggunakan Pattern 1, selama tidak ada pattern lain yang ditetapkan pada junction.

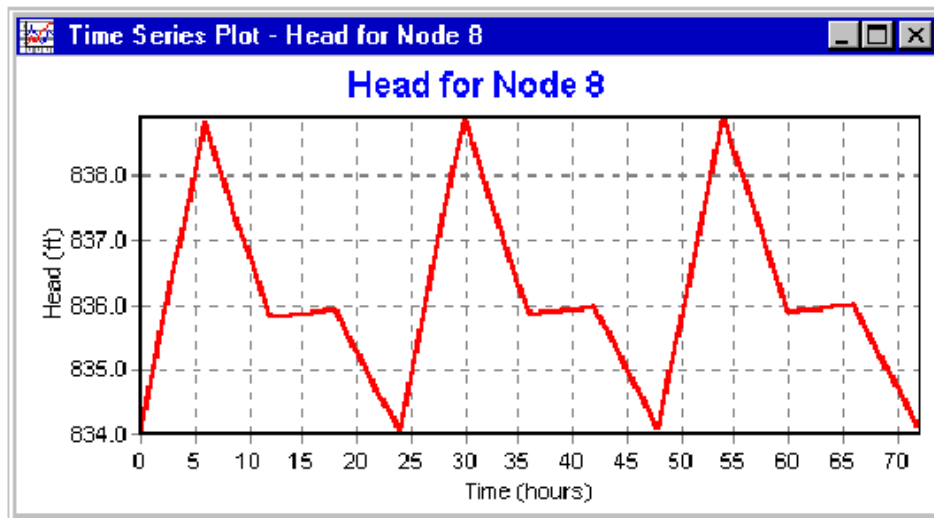
Selanjutnya run analisis (pilih **Project>>Run Analysis** atau

klik tombol  pada Toolbar Standar). Untuk memperpanjang periode analisa terdapat beberapa cara melakukannya :

- Scrollbar pada kendali Browser time digunakan untuk menampilkan peta jaringan pada poin yang berbeda. Cobalah lakukan dengan pilihan pressure sebagai parameter node dan flow pada parameter link.

- Model tombol VCR pada Browser dapat menganimasi peta berdasarkan waktu. Klik tombol Forward  untuk memulai animasi dan tekan tombol stop  untuk menghentikannya.
- Tambahkan panah arah aliran pada map (pilih **View>>Option**, pilih halaman Flow Arrows dari dialog Map Options, dan cari model panah yang ingin digunakan) Kemudian mulailah menganimasi lagi dan amati perubahan arah aliran yang melalui pipa yang terhubungkan pada tangki yang mengisi dan kosong sepanjang waktu.
- Membuat plot time series untuk node dan link. Sebagai Contoh, untuk melihat bagaimana elevasi air pada tangki berubah menurut waktu.
  - Klik pada tangki
  - Pilih **Report>>Graph** (atau klik tombol  Grafik pada Standard Toolbar) yang akan menampilkan kotak dialog Graph Selection.
  - Pilih tombol Time Serries pada dialog
  - Pilih Head sebagai parameter untuk di plot
  - Klik OK untuk menerima pilihan tersebut.

Perhatikan kebiasaan secara periodik dari elevasi air dalam tangki sepanjang waktu (**gambar 2.10**)



Gambar 2.10 Contoh dari Time Series Plot

## 2.9 Menjalankan Analisa Kualitas Air.

Selanjutnya kita akan menampilkan bagaimana untuk menambah analisa dari contoh yang ada termasuk kualitas air. Untuk kasus sederhana kita akan melacak perkembangan dalam usia air dalam jaringan setiap waktu. Untuk membuat analisis tersebut kita harus memilih Usia untuk parameter yang ditetapkan dalam Quality Options (Pilih **Option-Quality** dari halaman Data dari Browser, kemudian klik tombol **edit** pada browser untuk memunculkan Property Editor). Jalankan analisis dan pilih usia dari parameter untuk diperlihatkan dalam peta. Buatlah urutan waktu plot untuk usia pada tangki. Perhatikan, tidak seperti level air, 72 jam tidaklah cukup bagi tangki untuk mencapai periodik kebiasaan dari usia air. (Kondisi standar untuk semua node adalah dimuali dengan usia 0). Cobalah mengulang simulasi menggunakan durasi 240-jam atau pastikan usia saat awal pada 60 jam pada tangki. (masukkan 60 sebagai nilai Initial Quality pada Property Editor pada tangki).

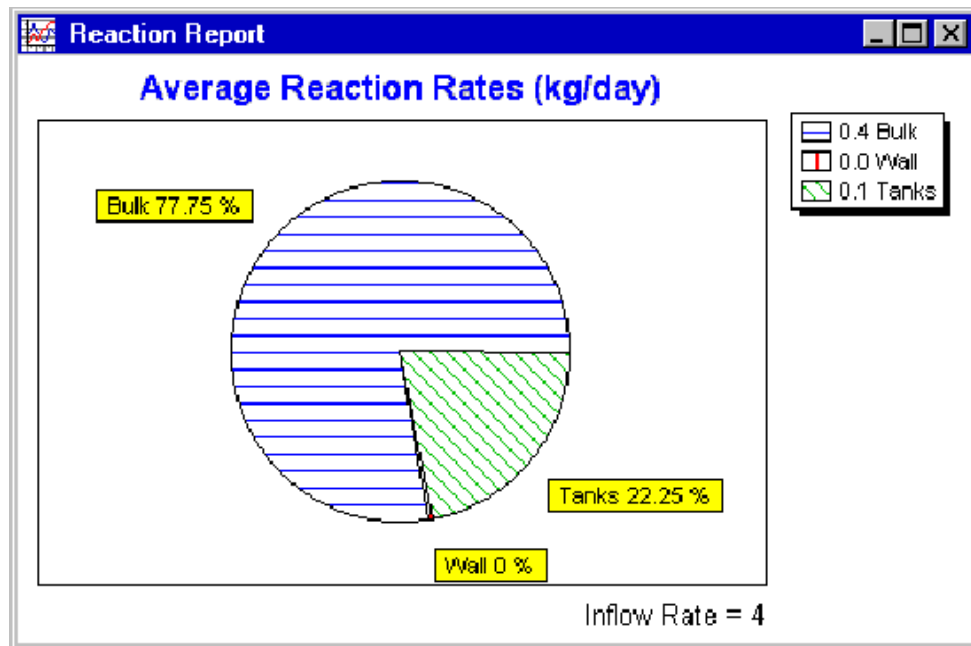
Akhirnya kita dapat melihat simulasi perjalanan dan peluruhan dari chlorine melalui jaringan. Ikutilah langkah-langkah perubahan pada database :

1. Pilih **Option-Quality** untuk diedit dari Data Browser. Pada field Parametr Property Editor ketiklah Chlorine.

2. Pindah ke **Option-Reactions** pada Browser. Untuk Global Bulk Coefficient masukkan nilai  $-1.0$ . Angka ini merefleksikan laju khlorin yang akan meluruh pada saat reaksi pada aliran bulk sepanjang waktu. Laju tersebut akan diaplikasikan pada seluruh pipa pada jaringan. Anda dapat mengedit nilai ini untuk pipa tunggal jika dibutuhkan.
3. Klik pada node Reservoir dan atur Initial Quality pada  $1.0$ . Ini adalah konsentrasi dari khlorin yang secara kontinue masuk ke dalam jaringan. (Atur kembali initial quality pada Tank ini menjadi  $0$  jika akan mengubahnya)

Sekarang, jalankan contoh. Gunakan kontrol waktu pada Map Browser untuk melihat bagaimana level chlorine berubah berdasarkan lokasi dan waktu selama simulasi. Perhatikan untuk jaringan yang sederhana, hanya junction 5,6,dan 7 yang menekan level khlorin sebab di tanki di dibubuhkan chlorine dengan dosis rendah. Buat laporan reaksi setelah di run dengan memilih **Report>>Reaction** dari menu utama. Laporan tersebut seharusnya akan terlihat seperti **gambar 2.11**. Di sana memperlihatkan secara rata-rata bagaimana kehilangan khlorin muncul pada pipa yang berlawanan dari tangki. Istilah “bulk” mengacu kepada reaksi yang muncul pada bulk fluid, dan “wall” mengacu kepada reaksi dengan material pada dinding pipa. Reaksi selanjutnya adalah nol sebab kita tidak secara spesifik terdapat koefisien dinding pada contoh ini.





**Gambar 2.11** Contoh Laporan Reaksi

Kita hanya menyentuh berbagai kapabilitas dari EPANET pada permukaannya. Beberapa feature tambahan dari program harus dicoba dengan :

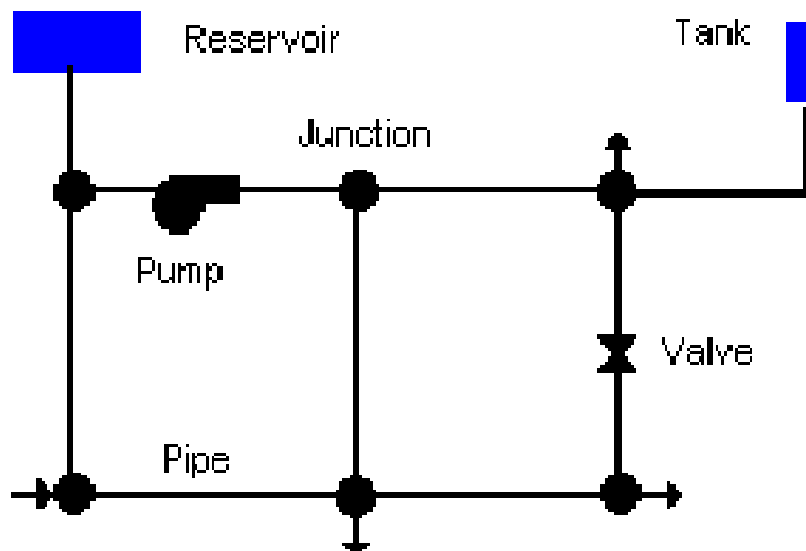
- Mengedit property untuk group dari objek pada area yang didiami oleh pengguna.
- Gunakan pernyataan kondali untuk operasional pompa dari hari atau level tangki air.
- Mengeksplere Map Option yang lainnya, seperti membuat ukuran node yang berhubungan dengan nilai (*value*)nya.
- Lampirkan Peta latar belakang (Seperti peta jalan) kepada peta jaringan.
- Membuat type grafik yang berbeda, seperti plot profil dan kontur
- Menambahkan data kalibrasi kepada proyek dan menampilkan laporan kalibrasi
- Menyalin peta, grafik, atau laporan ke clipboard atau file.
- Menyimpan dan mendata skenario design (misal kebutuhan saat ini dari node, nilai kekasaran pipa, dll).

## BAB 3 – MODEL JARINGAN

*Chapter ini mendiskusikan bagaimana model EPANET sebagai objek fisik yang mengandung sistem distribusi yang dioperasikan dengan beberapa parameter. Secara detail tentang bagaimana informasi tersebut dimasukkan ke dalam program telah dijelaskan pada chapter sebelumnya. Dalam bab ini juga diberikan tentang metoda perhitungan yang digunakan EPANET untuk mensimulasikan kecenderungan hidraulik dan perjalanan kualitas air.*

### 3.1 Komponan fisik

EPANET memodelkan sistem distribusi air sebagai kumpulan garis yang menghubungkan node-node. Garis tersebut menggambarkan pipa, pompa dan katub kontrol. Node menggambarkan sambungan, tangki, dan reservoir. Gambar di bawah mengilustrasi bagaimana node-node dan garis dapat dihubungkan satu dengan lainnya untuk membentuk jaringan.



**Gambar 3.1** Komponen fisik pada sistem distribusi air

### Sambungan (junction)

Sambungan (junction) adalah titik pada jaringan dimana garis-garis bertemu dan dimana air memasuki atau meninggalkan jaringan. Input dasar yang dibutuhkan bagi sambungan (junction) adalah:

- Elevasi pada semua referensi (biasanya rata-rata muka air laut)
- Kebutuhan air
- Kualitas air saat ini

Hasil komputasi buat sambungan (junction) pada seluruh periode waktu simulasi adalah

- Head Hidrolis ( energi internal per satuan berat dari fluida)
- Tekanan (pressure)
- Kualitas Air

Sambungan (junction) juga dapat :

- Mengandung kebutuhan air (demand) yang bervariasi terhadap waktu
- Memiliki kategori kebutuhan air secara ganda
- Memiliki harga kebutuhan negatif yang mengindikasikan air memasuki jaringan
- Menjadi sumber kualitas air dimana terdapat kandungan yang memasuki jaringan
- Memiliki lubang pengeluaran (atau sprinkler) yang menjadikan laju aliran bergantung kepada pressure.

### Reservoir

Reservoir adalah node yang menggambarkan sumber eksternal yang terus menerus mengalir ke jaringan. Digunakan untuk menggambarkan seperti danau, sungai, akuifer air tanah, dan koneksi dari sistem lain. Reservoir juga dijadikan titik sumber kualitas air.

Input utama untuk reservoir adalah head hidrolis (sebanding dengan elevasi permukaan air jika bukan reservoir bertekanan) dan inisial kualitas air untuk analisa kualitas air.

Karena sebuah reservoir adalah sebagai poin pembatas dalam jaringan, tekanan dan kualitas airnya tidak dapat dipengaruhi oleh apa yang terjadi di dalam jaringan. Namun tekanan dapat dibuat bervariasi terhadap waktu yang di tandai dengan pola (lihat Pola waktu di bawah)

### Tanki

Tanki membutuhkan node dengan data kapasitas, dimana volume air yang tersimpan dapat bervariasi berdasar waktu selama simulasi berlangsung

- Elevasi dasar (dimana level air adalah nol)
- Diameter (atau bentuknya jika tidak silinder)
- Level air maksimum dan minimum pada saat awal.
- Kualitas air pada saat awal.

Hasil Keluaran berdasarkan waktu adalah :

- Tekanan Hidraulik (elevasi permukaan air)
- Kualitas air

Tangki membutuhkan level maksimum dan minimum untuk beroperasi. EPANET akan menyetop air yang keluar jika tangki memiliki level air minum, begitu juga jika tangki memiliki level air maksimum.

### Emitter

Emitters adalah peralatan yang berkaitan dengan junction yang merupakan model dari aliran yang melalui nozzle atau orifice yang dilepaskan ke udara bebas. Laju aliran melalui emitter bervariasi sebagai fungsi dari pressure yang tersedia pada node :

$$q = C_p^y$$

## BAB 3 MODEL JARINGAN

Dimana  $q$  = Laju aliran,  $p$  = pressure,  $C$  = discharge, dan  $\gamma$  = eksponensial tekanan. Untuk head nozzle dan sprinkler  $\gamma$  sebanding dengan 0,5 dan hasilnya biasanya disediakan nilai dari koefisien discharge dalam unit  $\text{gpm/psi}^{0.5}$  (berdasarkan aliran yang melalui peralatan pada 1 psi)

Emitter dapat digunakan untuk memodelkan aliran melalui sistem sprinkler dan jaringan irigasi. Dapat juga untuk mensimulasikan kebocoran pada pipa yang tersambung pada jaringan (jika koefisien discharge dan eksponen pressure untuk retak kebocoran atau joint dapat diperkirakan) atau menghitung pemadam kebakaran pada junction (aliran tersedia pada tekanan residual minimum). Dalam kasus berikutnya gunakan nilai yang sangat tinggi dari koefisien discharge (misal 100 kali lipat dari harga maksimum yang diperkirakan) dan modifikasi elevasi junction termasuk head equivalen dari tekanan target. EPANET menjaga emitter sebagai bagian dari junction dan tidak merupakan bagian dari komponen jaringan.

### Pipa

Pipa adalah penghubung yang membawa air dari satu poin ke poin lainnya dalam jaringan. EPANET mengasumsikan bahwa semua pipa adalah penuh berisi air setiap waktunya. Arah aliran adalah dari titik dengan tekanan hidrolis tertinggi (Energi Internal per berat air) menuju titik dengan tekanan rendah. Input untuk pipa adalah :

- Data node awal dan akhir
- Diameter
- Panjang
- Koefisien kekasaran (untuk menjelaskan hilang tekan)
- Status (terbuka, tertutup, atau ada check valve)

Status parameter pipa yang lengkap mengandung shutoff (gate) valve, dan check (non-return) valve (hanya mengalirkan air dalam satu arah)

Input Kualitas air untuk pipa mengandung :

- Koefisien Bulk Reaction
- Koefisien Wall Reaction

Koefisien tersebut dijelaskan lebih lanjut pada bagian 3.4 dibawah.

Perhitungan output untuk pipa termasuk antara lain :

- Laju aliran
- Kecepatan
- Headloss
- Faktor friksi Darcy-Weisbach
- Rata-rata Laju reaksi (sepanjang pipa)
- Rata-rata Kualitas air (sepanjang pipa)

Kehilangan tekanan hidrolis pipa karena pengaliran pipa karena factor gesekan pipa dapat dihitung menggunakan tiga formula berbeda, yaitu :

- Formula Hazen-Williams
- Formula Darcy-Weisbach
- Formula Chezy-Manning

Formula Hazen-Williams adalah formula yang umum digunakan di Amerika Serikat. Formula tersebut tidak dapat digunakan untuk cairan selain air dan hanya untuk aliran turbulen. Formula Darcy-Weisbach banyak digunakan secara teoretis. Dapat diaplikasikan untuk semua kondisi cairan. Formula Chezy-Manning banyak digunakan untuk aliran pada saluran terbuka.

Setiap formula menggunakan persamaan untuk menghitung kehilangan tekan diantara permulaan dan akhir pada sebuah pipa , yaitu :

$$h_L=Aq^B$$

Dimana  $h_L$  = headloss (dlm satuan panjang),  $q$  = laju aliran (Volume/waktu),  $A$ = Koefisien resistan, dan  $B$  = Faktor

### BAB 3 MODEL JARINGAN

eksponen aliran. **Tabel 3.1** merupakan daftar untuk koefisien resisten dan harga untuk faktor eksponen aliran untuk setiap formula. Setiap Formula menggunakan koefisien pipa yang berbeda yang harus dijelaskan secara empiris. **Tabel 3.2** merupakan daftar range untuk koefisien bagi tipe pipa baru yang berlainan. Perlu diperhatikan bahwa koefisien kekasaran pipa dapat berubah mengikuti usia pipa.

Dengan formula Darcy-Weisbach, EPANET menggunakan metoda yang berbeda untuk menghitung faktor friksi  $f$  bergantung pada tingkatan aliran :

- Formula Hagen-Poiseuille untuk aliran laminar ( $Re < 2.000$ )
- Pendekatan Swamee dan Jain untuk persamaan Colebrook – White bagi aliran turbulen penuh ( $Re > 4.000$ )
- Interpolasi dari Diagram Moody, digunakan untuk aliran transisi ( $2.000 < Re < 4.000$ )

Lihat **Appendix D** untuk persamaan aktual yang digunakan.

**Table 3.1** Pipe Headloss Formulas for Full Flow  
(for headloss in feet and flow rate in cfs)

<i>Formula</i>	<i>Resistance Coefficient (A)</i>	<i>Flow Exponent (B)</i>
Hazen-Williams	$4.727 C^{-1.852} d^{4.871} L$	1.852
Darcy-Weisbach	$0.0252 f(\epsilon, d, q) d^{-5} L$	2
Chezy-Manning	$4.66 n^2 d^{-5.33} L$	2
Notes: C = Hazen-Williams roughness coefficient $\epsilon$ = Darcy-Weisbach roughness coefficient (ft) f = friction factor (dependent on $\epsilon$ , d, and q) n = Manning roughness coefficient d = pipe diameter (ft) L = pipe length (ft) q = flow rate (cfs)		

**Table 3.2** Roughness Coefficients for New Pipe

<i>Material</i>	<i>Hazen-Williams C (unitless)</i>	<i>Darcy-Weisbach <math>\epsilon</math> (feet x 10<sup>3</sup>)</i>	<i>Manning's n (unitless)</i>
Cast Iron	130 – 140	0.85	0.012 - 0.015
Concrete or Concrete Lined	120 – 140	1.0 - 10	0.012 - 0.017
Galvanized Iron	120	0.5	0.015 - 0.017
Plastic	140 – 150	0.005	0.011 - 0.015
Steel	140 – 150	0.15	0.015 - 0.017
Vitrified Clay	110		0.013 - 0.015

Pipa dapat di atur terbuka atau tertutup pada suatu waktu atau dalam kondisi yang spesifik, misalnya ketika level jatuh dibawah atau diatas poin yang ditetapkan, atau ketika tekanan nodal jatuh dibawah atau diatas nilai yang seharusnya. Lihat diskusi tentang kontrol pada **bagian 3.2**

### Minor Losses

Head minor loses (juga dikenal dengan *local losses*) adalah disebabkan turbulensi yang muncul pada bend dan fitting. Hal yang penting adalah loses juga bergantung pada jenis layout



### BAB 3 MODEL JARINGAN

dari jaringan dan derajat keakuratan dibutuhkan. Bisa dihitung dengan menetapkan koefisien minor losses dari pipa. Minor Headloss menjadi produk dari koefisien dan kecepatan head dari pipa,

$$h_L = K \left( \frac{v^2}{2g} \right)$$

dimana K = koefisien minor loss, v = kecepatan aliran (panjang/waktu), dan g = percepatan gravitasi (panjang/waktu<sup>2</sup>). **Tabel 3.3** menyediakan koefisien minor losses dari beberapa type fittings.

**Table 3.3** Minor Loss Coefficients for Selected Fittings

<i>FITTING</i>	<i>LOSS COEFFICIENT</i>
Globe valve, fully open	10.0
Angle valve, fully open	5.0
Swing check valve, fully open	2.5
Gate valve, fully open	0.2
Short-radius elbow	0.9
Medium-radius elbow	0.8
Long-radius elbow	0.6
45 degree elbow	0.4
Closed return bend	2.2
Standard tee - flow through run	0.6
Standard tee - flow through branch	1.8
Square entrance	0.5
Exit	1.0

## Pompa

Pompa adalah link yang memberi tenaga ke fluida untuk menaikkan head hidrolisnya. Input parameternya adalah node awal dan akhir, dan kurva pompa (kombinasi dari head dan aliran dimana pompa harus memproduksinya). Sebagai pengganti kurva pompa, pompa dapat direpresentasikan sebagai pompa yang memiliki energi konstan, mensuplai konstan energi (horsepower atau kilowatt) kepada fluida untuk seluruh kombinasi dari aliran dan head.

Parameter output yang prinsip adalah aliran dan pencapaian head. Aliran melalui pompa adalah langsung dan EPANET tidak akan membolehkan pompa untuk beroperasi diluar range dari kurva pompa.

Pompa dengan kecepatan variabel dapat juga mengikuti pengaturan kecepatan, dan dapat diubah pada kondisi yang sama. Didefinisikan kurva pompa asli pengaturan kecepatan relatif adalah 1. Jika kecepatan pompa ganda, pengaturannya haruslah 2; jika berjalan dengan kecepatan setengahnya, pengaturan relatif adalah 0,5 dan begitulah seterusnya. Mengubah kecepatan pompa dan posisi serta bentuk dari pompa kurva (lihat bagian dari Pump Curve dibawah)

Seperti halnya pipa, pompa dapat diatur hidup dan mati dalam pengaturan waktu atau dalam kondisi yang pasti muncul dalam jaringan. Operasional pompa dapat juga dijelaskan dengan menetapkannya dalam pola waktu atau relatif terhadap pengaturan kecepatan. EPANET dapat juga menghitung konsumsi energi dan biaya pompa. Setiap pompa dapat ditetapkan dengan kurva efisiensi dan skedul harga energi. Jika tidak disuplai, maka pengaturan energi global dapat digunakan.

Aliran melalui pompa adalah tidak langsung. Jika pengkondisian sistem membutuhkan lebih banyak head daripada yang dihasilkan pompa, EPANET mematikan pompa. Jika kebutuhannya melebihi meksimum aliran,

## BAB 3 MODEL JARINGAN

EPANET mengekstrapolasi kurva pompa kepada aliran yang dibutuhkan, jika tidak akan menghasilkan head negatif. Dalam kedua kasus pesan peringatan akan muncul.

### Valves

Valve adalah link yang membatasi tekanan atau flow pada titik yang spesifik pada jaringan.

Parameternya termasuk :

- Node awal dan akhir
- Diameter
- Pengaturan
- Status

Output yang dihitung bagi valve adalah Laju Aliran dan Headloss.

Perbedaan tipe valve dalam EPANET adalah :

- Pressure Reducing Valve (PRV)
- Pressure Sustaining Valve (PSV)
- Pressure Breaker Valve (PBV)
- Flow Control Valve (FCV)
- Trottle Control Valve (TCV)
- General Purpose Valve (GPV)

PRV membatasi tekanan pada titik pada jaringan pipa. EPANET menghitung tiga perbedaan status dari PRV, yaitu :

- Terbuka Sebagian (aktif) untuk mencapai tekanan itu pengaturan pada sisi hilir ketika sisi hulu diatas pengaturan.
- Terbuka Penuh jika tekanan di hulu dibawah pengaturan.
- Tertutup jika tekanan di sisi hilir melebihi dari sisi hulu ( aliran kebalikan tidak dibolehkan)

PSV menjaga pengaturan tekanan pada titik yang spesifik pada jaringan pipa. EPANET menghitung tiga kondisi yang ditetapkan untuk PSV, yaitu:

- Sebagian terbuka (aktif) untuk menjaga pengaturan pressure pada bagian sisi hulu ketika tekanan di bagian hilir dibawah nilainya.

- Terbuka penuh jika tekanan di hilir diatas pengaturan
- Tertutup jika tekanan pada hilir melebihi pada hulu (misal aliran kebalikannya tidak dibolehkan)

PBV memaksa tekanan yang spesifik yang hilang supaya muncul melalui valve. Aliran melalui valve dapat dari arah sebaliknya. PBV tidak berupa alat yang nyata, tapi dapat menggunakan situasi model dimana penurunan tekanan yang terpisah diketahui dan nyata.

FCV membatasi aliran dalam harga yagn spesifik. Program membuat pesan peringatan jika aliran tidak dapat dijaga tanpa menambah tekanan pada valve (aliran tidak dapat menjaga jika valve dibuka penuh)

TCV mensimulasikan tertutup sebagian dengan mengatur koefisien kehilangan minor dari valve. Hubungan antara derajat ketika valave tertutup dan akibat koefien head loss biasanya tersedia dair pabrik valve.

GPV digunakan untuk merepresentasikan link dimana pengguna mensuplai aliran khusus – hubungan head loss selain dari formula standard hidrolis. Dapat digunakan untuk memodelkan turbin., sumur bor, atau pengurangan /valve pencegah aliran balik.

Setiap tipe valve memiliki perbedaan dari pengaturan parameternya yang menjelaskan titik operasi (tekanan utuk PRV,PSV, dan PBV; aliran untuk FCV; koefisien loss untuk TCV, dan kurva hedloss untuk GPV)

Valve dapat dikontrol operasionalnya,pengaturan status selama simulasi diatur dalam statemen.

Ada beberapa aturan dalam menambahkan jenis valve dalam jaringan pipa :

- PRV dan PSV atau FCV tidak dapat secara langsung dihubungkan ke reservoir atau tangki (gunakan pipa untuk membaginya menjadi dua)

## BAB 3 MODEL JARINGAN

- PRV tidak dapat dibagi ke node yang sama di hilirnya atau dalam rangkaian seri
- Dia PRV tidak dapat digabungkan ke node yang sama di hulunya atau dalam rangkaian seri
- PSV tidak dapat dihubungkan ke sebuah node PRV di hilirnya.

### 3.2 Komponan non fisik

Sebagai tambahan dari komponen fisik, EPANET menyediakan tiga tipe dari obyek informasi –kurva,pola,dan kontrol- yang menjelaskan kebiasaan dan segala aspek operasional dari isitem distribusi.

#### Kurva

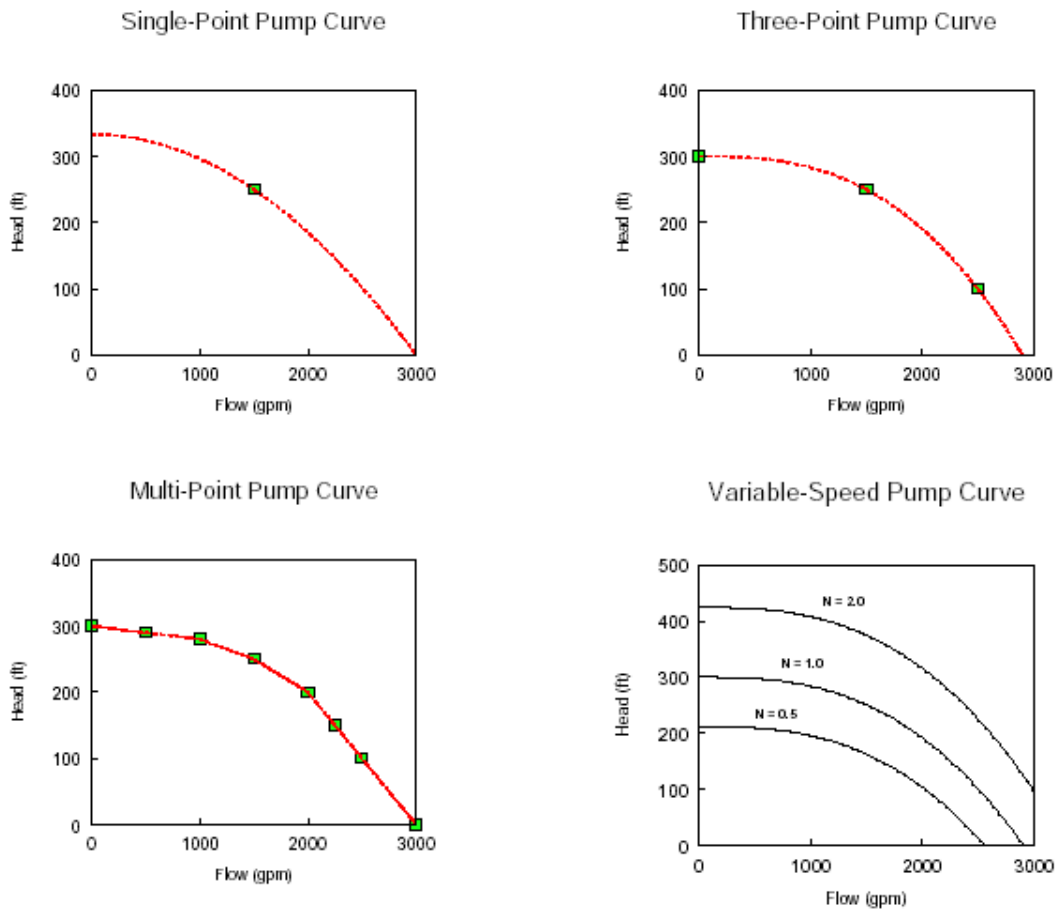
Kurva adalah obyek yang mengandung rangkaian data yang menjelaskan tentang hubungan antara dua besaran. Dua atau lebih obyek dapat digabungkan dalam sebuah kurva. Model EPANET dapat menyediakan tipe kurva sebagai berikut :

- Kurva Pompa
- Kurva Effisiensi
- Kurva Volume
- Kurva Head Loss

#### Kurva Pompa

Kurva Pompa mejelaskan hubungan antara head dan laju aliran yang dapat dialirkan oleh pompa pada pengaturan kecepatan nominal. Head adalah head yang diperoleh air dari pompa dan digambarkan pada sumbu vertikal (Y) dengan satuan feet (meter) Laju Aliran digambarkan pada sumbe Horizontal (X) dalam unit debit. Kurva pompa yang valid harus memiliki head yang berkurang dalam pertambahan aliran.

EPANET akan menggunakan bentuk yang berbeda dari kurva pompa, bergantung pada jumlah poin yang dilayani (lihat **gambar 3.2**)



**Gambar 3.2** Contoh kurva Pompa

*Kurva titik Tunggal* – Sebuah kurva pompa dengan point tunggal didefinisikan dengan kombinasi head-flow tunggal yang menjelaskan titik operasi pompa yang diharapkan. EPANET menambah dua lagi point pada kurva dengan mengasumsikan head mati pada aliran nol sebanding dengan 133 % dari head desain dan aliran maksimum pada head nol sebanding dengan dua kali flow design. Hal itu menyebabkan muncul kurva dengan tiga titik.

*Kurva Tiga-titik* – Sebuah kurva pompa dengan tiga titik dijelaskan dengan tiga titik operasional : titik aliran rendah (aliran dan head pada kondisi rendah atau aliran nol), titik Aliran Design (Aliran dan Head pada titik yang diinginkan) dan titik Maksimum Flow (Aliran dan Head pada aliran maksimum). EPANET mencoba untuk menyempurnakan fungsi berdasarkan persamaan

## BAB 3 MODEL JARINGAN

$$h_G = A - Bq^C$$

Dalam persamaan tersebut,  $h_G$  = head yang di peroleh,  $q$  = Laju aliran, dan  $A, B$ , dan  $C$  adalah konstanta.

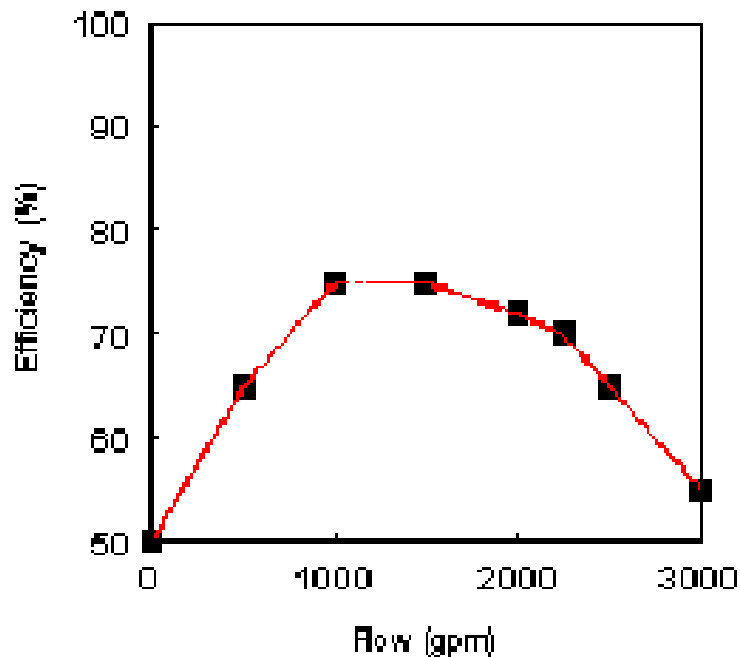
*Kurva Point banyak*- Sebuah kurva dengan titik banyak dijelaskan oleh rangkaian titik head-flow yang terdiri dari empat titik atau lebih. EPANET membuat kurva yang sempurna dengan menghubungkan titik-titik tersebut dengan garis.

Untuk variabel kecepatan pompa, perubahan kurva pompa diikuti dengan perubahan kecepatan. Hubungan antara aliran ( $Q$ ) dan Head ( $H$ ) pada kecepatan  $N_1$  dan  $N_2$  adalah :

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2} \qquad \frac{H_1}{H_2} = \left( \frac{N_1}{N_2} \right)^2$$

### Kurva Efisiensi

Sebuah kurva Efisiensi menjelaskan efisiensi pompa ( $Y$  dalam persen) sebagai fungsi dari laju aliran pompa ( $X$  dalam satuan debit). Sebagai contoh kurva efisiensi digambarkan dalam gambar 3.3. Efisiensi seharusnya menjelaskan efisiensi wire-to-water yang menghitung kehilangan secara mekanis pada pompanya sendiri seperti halnya kehilangan energi listrik pada motor pompa. Kurva ini hanya digunakan untuk perhitungan energi. Jika tidak diberikan untuk pompa yang khusus maka nilai efisiensi pompa yang global dapat digunakan.



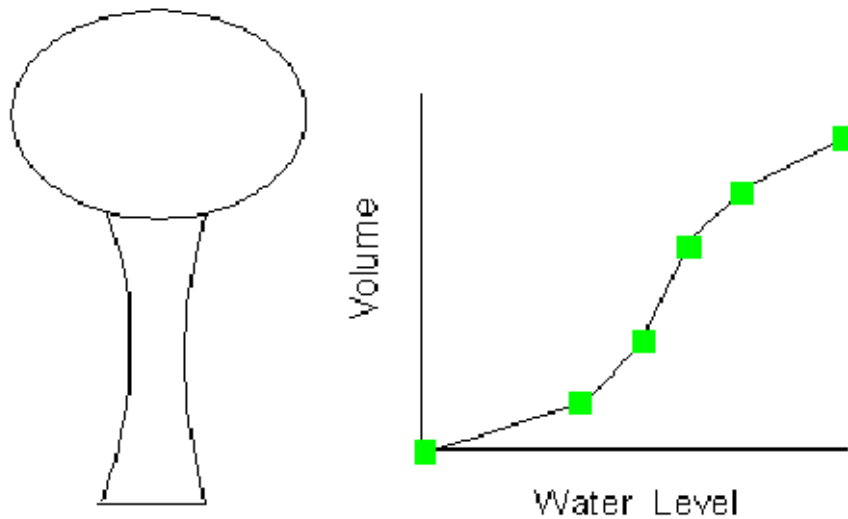
**Gambar 3.3** Kurva Efisiensi Pompa

#### Kurva Volume

Kurva Volume menjelaskan bagaimana volume tangki penyimpan ( Y dalam kubik feet atau meter kubik) bervariasi sebagai fungsi dari tinggi air ( X dalam feet atau meters). Digunakan ketika diperlukan gambaran yang akurat alam potongan memanjang terhadap tinggi tangki.

Level air terendah dan tertinggi yang diberikan pada kurva harus mengandung level terendah dan tertinggi selama tangki beroperasi. Sebagai contoh kurva volume tangki diberikan di bawah ini.





**Gambar 3.4** Kurva Volume Tangki.

### Kurva Headloss

Kurva Headloss digunakan untuk menjelaskan headloss (Y dalam feet atau meter) yang melalui General Purpose Valve (GPV) sebagai fungsi dari Laju aliran (X dalam unit Debit). Menjelaskan tentang kapabilitas dari pemodelan alat dan situasi dengan keunikan hubungan headloss-aliran, seperti pengurangan aliran – katub pencegahan aliran balik, turbin dan kebiasaan pemompaan sumur dalam.

### Time Pattern

Pola Waktu (time pattern) berupa kumpulan faktor pengali yang dapat diaplikasikan sebagai kuantitas yang bervariasi terhadap waktu. Kebutuhan di tiap node, Head Reservoir, skedul pompa, dan input sumber kualitas air dapat terikat pada pola waktu. Interval waktu yang digunakan dalam seluruh pola merupakan nilai yang tetap, diatur dalam Time Options (lihat **bagian 8.1**). Dengan Interval tersebut kuantitas berlangsung secara konstan, sebanding dengan hasil dari nilai nominal dan faktor pengali dalam periode waktu. Meskipun pola waktu harus dilakukan dalam interval waktu yang sama, setiap periode dapat berupa angka yang berbeda.

Ketika periode simulasi melebihi dari jumlah periode dalam pola, maka pola akan kembali ke periode awal lagi.

Sebuah contoh bagaimana pola waktu bekerja mengikuti node dengan demand 10 GPM. Diasumsikan intervalnya 4 jam dan pola faktor pengali spesifik terhadap demand pada node tersebut:

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

Kemudian selama simulasi demand aktual pada node tersebut adalah:

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

### Kontrol

Controls adalah pernyataan yang menjelaskan bagaimana jaringan dioperasikan sepanjang waktu. Secara khusus terdiri dari status dari link yang terpilih sebagai fungsi dari waktu, level air pada tangki, dan tekanan pada titik terpilih dalam jaringan. Terdapat dua kategori controls yang digunakan:

- Kontrol Mudah (Simple Controls)
- Kontrol dengan aturan (Rule-Based Control)

#### Kontrol Mudah (Simple Control)

Simple Controls merubah status atau setting dari link berdasarkan :

- Level Air pada tangki
- Tekanan pada Junction
- Waktu simulasi.
- Waktu dalam sehari.

Berikut statemen yang diekspresikan dalam tiga format :

### BAB 3 MODEL JARINGAN

LINK *x status* IF NODE *y ABOVE/BELOW z*  
LINK *x status* AT TIME *t*  
LINK *x status* AT CLOCKTIME *c AM/PM*

dimana :

- x* = Label ID link
- status* = OPEN atau CLOSE, pengaturan kecepatan pompa, atau kontrol katub (valve)
- y* = Label ID node
- z* = Tekanan buat junction atau lever air apda tangki
- t* = waktu sjak permulaan simulasi dalam desimal jam atau dalam notasi jam:menit.
- c* = waktu 24 jam

beberapa contoh dari kontrol yang mudah adalah :

Statemen Kontrol	Artinya
LINK 12 CLOSED IF NODE 23 ABOVE 20	(Tutup Link 12 ketika level tangki 23 melebihi 20 ft)
LINK 12 OPEN IF NODE 130 BELOW 30	(Buka Link 12 ketika tekanan pada node 130 turun dibawah 30 psi)
LINK 12 1.5 AT TIME 16	(Mengatur kecepatan relatif dari pompa 12 menjadi 1.5 pada jam ke 16 dalam simulasi)
LINK 12 CLOSED AT CLOCKTIME 10 AM LINK 12 OPEN AT CLOCKTIME 8 PM	(Link 12 ditutup pada 10 AM dan terbuka pada 8 PM)

Tidak ada batasan pada jumlah statemen yang dapat digunakan

**Catatan :** Kontrol Level ditetapkan dalam kondisi dari ketinggian air diatas dasar tangki, bukan dari elevasi (total Head) dari permukaan air.

**Catatan :** Menggunakan untaian pressure controls untuk membuka dan menutup sebuah link dapat menyebabkan sistem tidak stabil jika pengaturan tekanan diatur terlalu dekat satu dengan yang lainnya. Dalam kasus menggunakan untaian dari Rule-Based Control seharusnya membuat kesemuanya stabil.

### Rule-Based Controls

Rule-Based Controls membolehkan status link dan pengaturannya berdasarkan kombinasi dari kondisi yang muncul pada jaringan setelah kondisi awal hidrolis yang ditetapkan dihitung. Berikut beberapa contoh dari Rule-Based Controls:

#### Contoh 1 :

Pengaturan berikut adalah aturan untuk mematikan pompa dan membuka pipa by-pass ketika level pada tangki melebihi nilai dan akan berlaku sebaliknya ketika level di bawah nilai yang lain

```
RULE 1
IF TANK 1 LEVEL ABOVE 19.1
THEN PUMP 335 STATUS IS CLOSED
AND PIPE 330 STATUS IS OPEN
RULE 2
IF TANK 1 LEVEL BELOW 17.1
THEN PUMP 335 STATUS IS OPEN
AND PIPE 330 STATUS IS CLOSED
```

#### Contoh 2

Aturan ini mengubah level tangki dimana pompa berubah berdasarkan pada waktu dalam satu hari

```
RULE 3
IF SYSTEM CLOCKTIME >= 8 AM
AND SYSTEM CLOCKTIME < 6 PM
AND TANK 1 LEVEL BELOW 12
THEN PUMP 335 STATUS IS OPEN
RULE 4
```

## BAB 3 MODEL JARINGAN

```
IF SYSTEM CLOCKTIME >= 6 PM  
OR SYSTEM CLOCKTIME < 8 AM  
AND TANK 1 LEVEL BELOW 14  
THEN PUMP 335 STATUS IS OPEN
```

Deskripsi dari format yang digunakan dengan kontrol Rule-Based dapat ditemukan dalam **Appendix C**, dibawah heading [RULES]

### 3.3 Model Simulasi Hidrolis

Simulasi hidrolis EPANET yang menghitung head junction dan aliran dalam link secara tetap terhadap level reservoir, level tangki, dan kebutuhan air selama periode waktu. Langkah waktu terhadap level reservoir dan kebutuhan junction diperbaharui mengikuti pola waktu dimana tangki level diperbaharui menggunakan aliran saat itu. Penyelesaian untuk head dan aliran pada titik yang terpisah meliputi penyelesaian secara simultan dalam persamaan aliran untuk tiap junction dan hubungan headloss pada setiap link pada jaringan. Proses tersebut dikenal sebagai “hydraulic balancing”, menggunakan teknik iterasi yang melibatkan persamaan nonlinear. EPANET menggunakan “Gradient Algorithm” untuk kebutuhan tersebut. Untuk detailnya lihat **Appendix D**.

Langkah –langkah hidrolis digunakan untuk memperpanjang periode simulasi (Extended Period Simulation[EPS]) dapat diatur oleh pengguna. Biasanya digunakan 1 jam. Langkah waktu yang pendek dari yang normal akan muncul otomatis jika kondisi berikut muncul:

- Periode waktu berikutnya dari pelaporan output muncul.
- Pola periode waktu berikutnya muncul
- Tanki menjadi penuh atau kosong
- Simple control atau rule-based control aktif.

### 3.4 Model Simulasi Kualitas Air.

## Pengaliran Dasar (Basic Transport)

Simulasi kualitas air oleh EPANET menggunakan pendekatan waktu *Lagrangian* untuk mengetahui nasib dari bagian air selama bergerak sepanjang pipa dan bercampur bersama pada junction diantara langkah waktu. Langkah waktu dari kualitas air secara tipikal lebih pendek dari langkah waktu perhitungan hidrolis (misal menit dibandingkan dengan jam) untuk mengakomodasi waktu yang pendek dari perjalanan air yang dapat muncul dalam pipa.

Metoda melacak konsentrasi dan ukuran dari series dari segmen non-overlapping dari air yang mengisi setiap link dalam jaringan. Selama perkembangan waktu, ukuran dari segment di hulu dalam link bertambah dengan sejumlah air yang masuk dalam link

Untuk setiap langkah waktu kualitas air, kandungan dari setiap segmen bergantung pada reaksi, akumulasi kandungan tetap bergantung total massa dan volume aliran yang memasuki setiap node, dan posisi dari segment yang diperbaharui. Konsentrasi baru pada node dihitung, termasuk kontribusi dari berbagai sumber eksternal. Konsentrasi tangki penyimpanan yang diperbaharui bergantung pada jenis dari model mixing yang digunakan (lihat di bawah). Akhirnya, segmen baru akan dibuat pada akhir dari setiap link yang menerima inflow dari sebuah node jika kualitas node baru berbeda dari link pada segmen terakhir.

Setiap pipa dalam jaringan mengandung segmen tunggal dimana kualitas air sebanding dengan kualitas awal yang ditetapkan pada node awal. Bilamana ada aliran yang berbalik pada pipa, bagian dari pipa kembali berubah dari depan ke belakang.

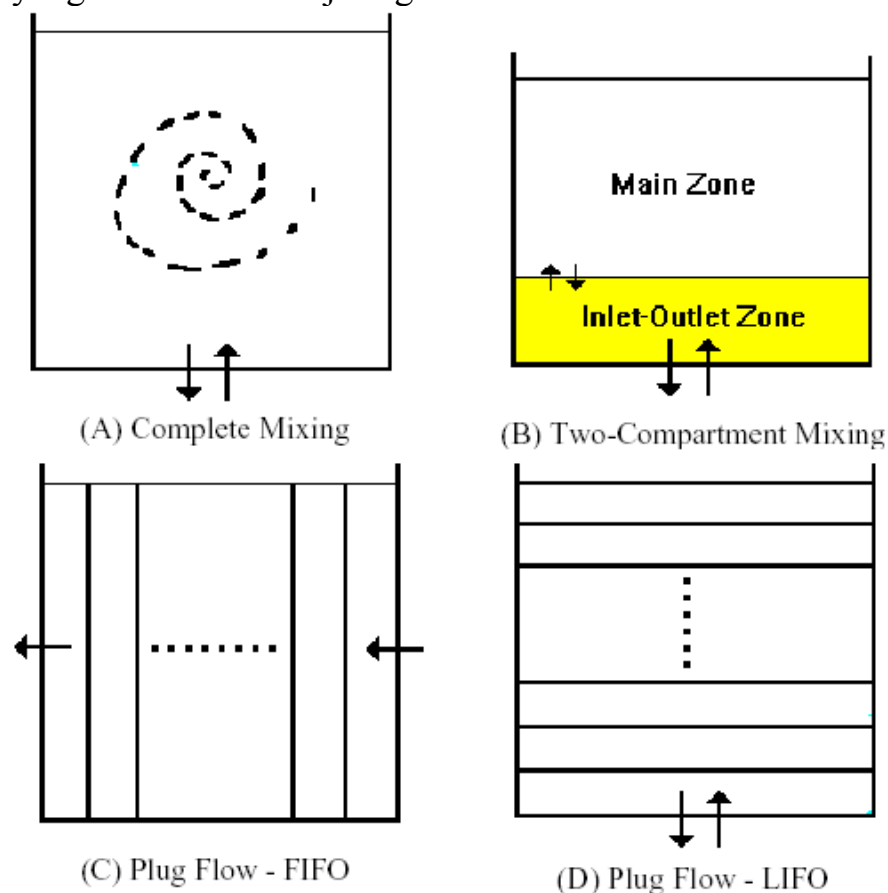
Pengadukan dalam Tangki Penyimpanan.

### BAB 3 MODEL JARINGAN

EPANET dapat menggunakan empat tipe berbeda untuk memodelkan karakteristik pengadukan dalam tangki penyimpanan yang digambarkan dalam **gambar 3.5** :

- Pengadukan Sempurna (Complete Mixing)
- Pengadukan dalam dua kompartemen (Two-Compartment Mixing)
- Aliran FIFO
- Aliran LIFO

Perbedaan model pengadukan dapat digunakan dalam tangki yang berbeda dalam jaringan.



**Gambar 3.5** Model Pengadukan Tanki.

Model pengadukan sempurna (**gambar 3.5(a)**) mengasumsikan semua air yang masuk dalam tangki secara cepat dan sempurna diaduk dengan air yang sebelumnya ada dalam tangki. Hal ini adalah bentuk termudah dari asumsi

pengadukan, tidak membutuhkan parameter ekstra untuk menjelaskannya.

Model pengadukan dengan dua kompartemen (**gambar 3.5(b)**) membagi volume tangki yang tersedia menjadi dua bagian, keduanya masing-masing diasumsikan tercampur sempurna. Pipa inlet/outlet dari tangki diasumsikan diletakkan pada kompartemen pertama. Air yang baru memasuki tangki, diaduk bersamaan dalam kompartemen pertama. Jika kompartemen ini penuh, maka kelebihannya akan masuk ke dalam kompartemen ke dua dan diaduk dengan air yang telah berada di sana sebelumnya. Ketika air meninggalkan tangki, keluar dari kompartemen pertama, jika penuh akan menerima jumlah yang sama dari kompartemen dua untuk membuatnya berbeda. Kompartemen pertama cocok untuk mensimulasikan aliran ringkas antara inflow dan outflow, sedangkan kompartemen kedua menjelaskan tentang zona mati. Pengguna harus mensuplai parameter tunggal, dimana bagian dari volume total tangki dicurahkan kepada kompartemen pertama.

Model aliran FIFO (**Gambar 3.5(c)**) mengasumsikan tidak ada pengadukan air selama air tinggal dalam tangki. Bagian air bergerak melalui tangki dalam bagian yang terpisah dimana bagian pertama yang memasuki tangki akan pertama kali juga keluar. Secara fisik, model ini cocok untuk tangki *baffle* yang dioperasikan secara simultan inflow dan outflownya. Tidak ada parameter tambahan yang dibutuhkan untuk menjelaskan model pengadukan ini.

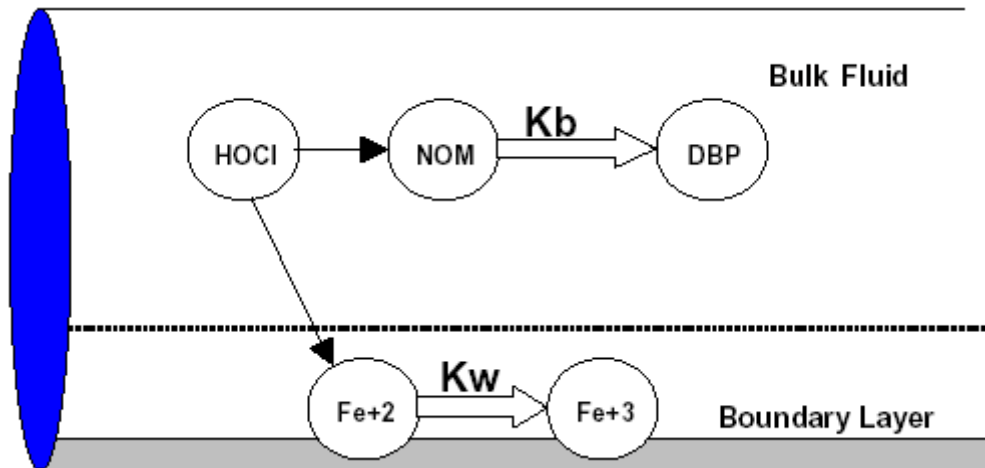
Model aliran LIFO (**Gambar 3.5(d)**) juga mengasumsikan terdapat tidak adanya pengadukan diantara bagian air dalam tangki. Bagaimanapun berbeda dengan Model FIFO, bagian air diam diatas yang lainnya, dimana air masuk dan keluar tangki pada dasar tangki. Tipe ini diaplikasikan untuk tanki yang tinggi, dengan inlet dan outlet pada dasar tangki dengan momentum yang rendah. Tidak membutuhkan parameter lain.

Reaksi Kualitas air.



## BAB 3 MODEL JARINGAN

EPANET dapat melacak perkembangan atau peluruhan substansi dalam reaksi yang berjalan melalui sistem distribusi. Untuk melakukan itu membutuhkan laju dari reaksi substansi dan bagaimana reaksi itu bergantung pada konsentrasi substansi. Reaksi dapat muncul diantara aliran bulk dan material sepanjang dinding pipa. Digambarkan dalam **Gambar 3.6**. Dalam contoh Chlor bebas (HOCl) diperlihatkan berreaksi dengan kandunga organik alami (Natural Organic Matter[NOM]) dalam fase bulk dan juga berjalan melalui batas-pada dinding pipa untuk mengoksidasi iron (Fe) lepas dari pipa yang berkarat. Reaksi fluida Bulk dapat juga mmuncul dalam tangki. EPANET menyediakan model untuk menyelesaikan reaksi tersebut secara terpisah.



**Gambar 3.6** Zone Reaksi dalam pipa

### Reaksi Bulk

Reaksi EPANET muncul dalam aliran bulk dengan orde kinetik ke-n, dimana laju ketika itu ( $R$  dalam mazz/vol/waktu) diasumsikan konsentrasi yang bergantung pada :

$$R = K_b C^n$$

dimana  $K_b$  = koefisien bulk reaksi,  $C$  = Konsentrasi reaktan (Massa/volume), dan  $n$  = orde reaksi.  $K_b$  adalah unit konsentrasi yang bertambah dengan tenaga  $(1-n)$  dibagi

waktu. Memiliki nilai positif untuk reaksi pertumbuhan dan negatif untuk reaksi peluruhan.

EPANET dapat juga mempertimbangkan reaksi dengan batasan konsentrasi yang muncul pada pertumbuhan ultimate atau kehilangan substansi. Dalam kasus ini laju eksprsinya adalah:

$$R = K_b (C_L - C)C^{(n-1)} \quad \text{for } n > 0, K_b > 0$$

$$R = K_b (C - C_L)C^{(n-1)} \quad \text{for } n > 0, K_b < 0$$

dimana  $C_L$  = batasan konsentrasi. Kemudian ada tiga parameter ( $K_b$ ,  $C_L$ , dan  $n$ ) yang digunakan untuk mencirikan laju reaksi bulk. Beberapa kasus khusus dalam model reaksi kinetis dapat dilihat berikut (Lihat **Appendix D** untuk contoh lainnya) :

<i>Model</i>	<i>Parameters</i>	<i>Examples</i>
First-Order Decay	$C_L = 0, K_b < 0, n = 1$	Chlorine
First-Order Saturation Growth	$C_L > 0, K_b > 0, n = 1$	Trihalomethanes
Zero-Order Kinetics	$C_L = 0, K_b < 0, n = 0$	Water Age
No Reaction	$C_L = 0, K_b = 0$	Fluoride Tracer

$K_b$  untuk reaksi orde pertama dapat diestimasi dengan menempatkan contoh dari air dalam urutan dari botol kaca non-reacting dan menganalisa kandunga tiap botol pada waktu yang berbeda. Jika reaksi orde pertama, plotting dari natural log ( $C_t/C_0$ ) terhadap waktu menghasilkan garis lurus dimana  $C_t$  adalah konsentrasi pada waktu  $t$  dan  $C_0$  adalah konsentrasi pada waktu nol.  $K_b$  diestimasi dari kemiringan garis yang terbentuk.

Koefisien Reaksi Bulk biasanya bertambah dengan penambahan temperatur. Me-running beberapa botol test pada temperatur yang berbeda akan menghasilkan keputusan yang akurat tentang bagaimana laju koefisien barvariasi dengan temperatur.

### Reaksi Dinding

Laju reaksi kualitas air muncul pada dinding pipa dapat bergantung pada konsentrasi pada aliran bulk menggunakan ekspresi bentuk :

$$R = (A/V)K_w C^n$$

dimana  $K_w$  = adalah koefisien laju reaksi dinding dan  $(A/V)$  = luas area permukaan terhadap pipa (sebanding dengan 4 dibagi diameter pipa). Menjelaskan tentang konversi reaksi massa per unit volume. EPANET membatasi pilihan orde reaksi dinding 0 atau 1, sehingga unit  $K_w$  adalah massa/area/waktu atau panjang/waktu. Sementara  $K_b$ ,  $K_w$  harus disuplai ke model program. Nilai orde pertama  $K_w$  dapat memiliki rentang dari 0 hingga 5 ft/hari.

$K_w$  seharusnya diatur untuk berbagai batasan massa dalam laju reaktan dan produk diantara aliran bulk dan dinding EPANET melakukan semuanya secara otomatis, berdasarkan pengaturan pada skala molekular dari substandi yang dimodelkan dan pada angka *reynold*. Lihat **Appendix D** untuk detailnya. (Mengatur difusi molekular ke nol akan menyebabkan transfer massa diabaikan)

Koefisien reaksi dinding dapat bergantung pada temperatur dan dapat juga berkorelasi dengan umur dan material pipa. Seperti telah diketahui usia pipa logam dan kekasaran saling bergantung dalam menambah produksi karat pada dinding pipa. Pertambahan dalam kekasaran membuat C-faktor pada Hazen William rendah atau Koefisien kekasaran Darcy Weisbach naik, menyebabkan head loss karena kekasaran pipa tinggi pada aliran yang melalui pipa.

Ada beberapa bukti yang menyebabkan proses yang sama yang dapat meningkatkan kekasaran pipa karena usia pipa, juga bergantung kepada meningkatnya reaktifitas dari dinding untuk beberapa bahan kimia. Seperti chlorin dan beberapa desinfektan. EPANET dapat membuat setiap harga koefiesn

pipa  $K_w$  berfungsi untuk menjelaskan kekasaran pipa. Perbedaan fungsi diaplikasikan bergantung pada formula yang digunakan untuk menghitung headloss:

<u>Headloss Formula</u>	<u>Wall Reaction Formula</u>
Hazen-Williams	$K_w = F / C$
Darcy-Weisbach	$K_w = -F / \log(e/d)$
Chezy-Manning	$K_w = F n$

dimana  $C$  = Faktor C Hazen-Williams,  $e$  = Kekasaran Darcy-Weisbach,  $d$  =Diameter pipa,  $n$  = Koefisien kekasaran Manning, dan  $F$  = Koefisien Kekasaran pipa –reaksi dinding.. Koefisien  $F$  harus dibangun dari pengukuran nyata di lapangan,dan akan memiliki arti yang berbeda bergantung pada persamaan head loss yang digunakan. Keunggulan menggunakan pendekatan ini adalah hanya memerlukan parameter tunggal, $F$ , untuk membolehkan koefisien reaksi dinding bervariasi dalam jaringan.

### Usia Air dan Pelacakan Sumber (Water Age and Source Tracing)

Sebagai tambahan dalam pengaliran kimia, EPANET dapat juga memodelkan perubahan pada usia dari air yang melewati sistem distribusi. Water Age adalah waktu yang dihabiskan oleh bagian dari air dalam jaringan. Air yang “baru” memasuki jaringan melalui reservoir atau sumber node dengan usia nol. Water Age menyediakan kemudahan, perhitungan yang tidak spesifik dari keseluruhan kualitas dari air minum. Dalam hal ini, EPANET menganggap usia sebagai konstituen yang tumbuh mengikuti orde kinetik-0 dengan konstanta laju sebanding dengan 1 (misal setiap detik ke dua dari air akan menjadi dua kali lebih tua)

EPANET juga dapat melacak sumber. Source tracing track setiap waktu dalam berapa persen dari air mencapai node dalam jaringan dengan bagian terpisah. Sumber node dapat berupa node dalam jaringan, termasuk tangki atau reservoir.

### **BAB 3 MODEL JARINGAN**

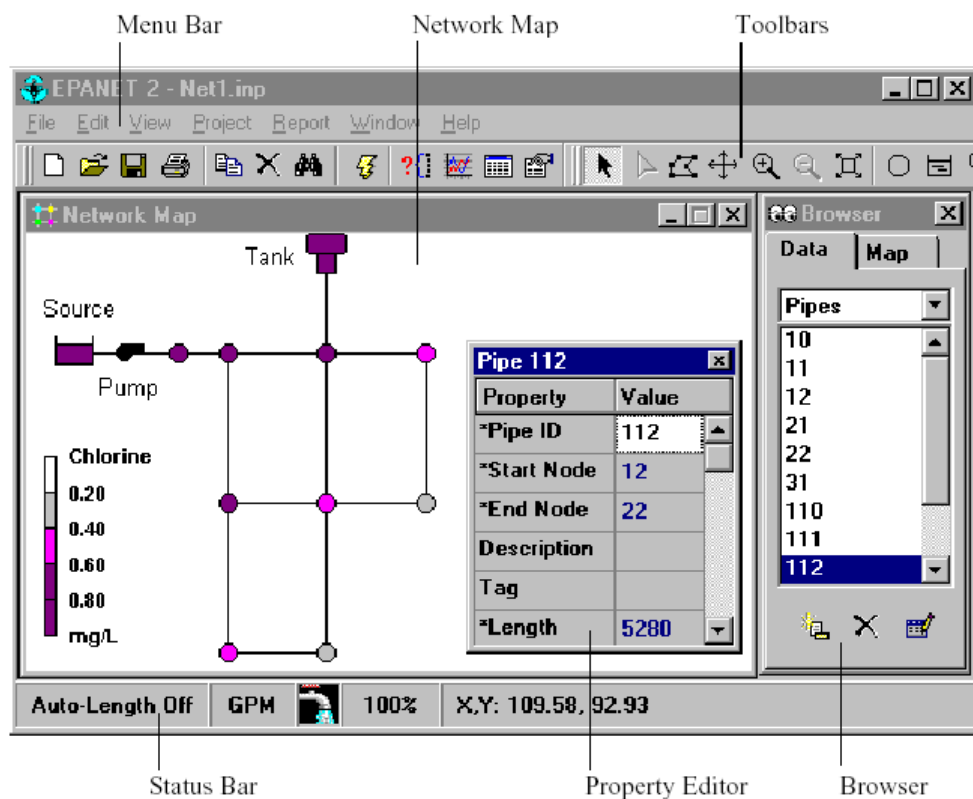
Dalam hal ini Epanet menganggap node sebagai sumber yang konstan dari konstituen non-reaksi yang memasuki jaringan dengan konsentrasi 100. Pelacakan Sumber adalah cara yang berguna untuk menganalisa gambaran sistem distribusi dari dua atau lebih air baku disuplai. Dapat juga memperlihatkan bagaimana derajat air dari sumber yang diberikan, tercampur dengan sumbernya, dan bagaimana pola spasial dari pencampuran berubah sepanjang waktu.

## BAB 4 RUANG KERJA EPANET

*Bab ini mendiskusikan tentang fitur penting di ruang kerja EPANET. Bab ini menjelaskan tentang bar Menu utama, tool bar dan status bar, serta tiga jendela (windows) yang banyak digunakan yaitu Network Map, The Browser, dan The Property Editor. Juga memperlihatkan bagaimana mengeset program.*

### 4.1 Gambaran umum

Workspace dasar EPANET dapat dilihat pada gambar berikut. Terdiri dari elemen elemen : Menu bar, dua buah tool bar, status bar, Network map windows, browser window, dan property Editor window. Penjelasan masing-masing elemen ada pada penjelasan berikut ini



### 4.2 menu Bar

Menu bar terletak di samping atas dari EPANET workspace yang mengandung kumpulan menu yang digunakan untuk mengontrol program, termasuk di dalamnya :

- Menu File
- Menu Edit
- Menu View
- Menu Project
- Menu Report
- Menu Window
- Menu Help

#### Menu FILE

Menu File mengandung perintah-perintah untuk membuka dan menyimpan file data dan untuk mencetak :

Perintah	Penjelasan
New	Membuat baru proyek EPANET
Open	Membuka eksisting Proyek
Save	Menyimpan Proyek yang sedang dikerjakan
Save As	Menyimpan proyek yang sedang dikerjakan dengan nama lain
Import	Import data network atau map <b>dari</b> file
Export	Eksport data network atau map <b>ke</b> file
Page Setup	Mengatur margin, header dan footer untuk di cetak
Print Preview	Melihat hasil cetakan
Print	Mencetak apa yang terlihat saat itu
Preference	Mengatur pilihan program
Exit	Keluar dari EPANET

Menu EDIT

Perintah	Penjelasan
Copy to	Menduplikasi aplikasi yang aktif sat itu (peta, laporan, grafik, atau tabel) ke clipboard atau file
Select Object	Memilih sebuah objek pada peta
Select Vertex	Memilih jaringan pada peta
Select Region	Memilih daerah pada peta
Select All	Membuat outline agar nampak pada peta
Group Edit	Meng-edit objek group pada peta

Menu Edit mengandung perintah-perintah untuk meng-edit dan copy

Menu View

Menu View mengontrol bagaimana Network map diperlihatkan :

Perintah	Penjelasan
Dimensions	Dimensi Peta
Backdrop	Latar belakang peta yang ditampilkan
Pan	Menggeser peta
Zoom in	Memperbesar tampilan peta
Zoom Out	Memperkecil tampilan peta
Full Extent	Menampilkan keseluruhan gambar peta
Find	Mencari item spesifik dalam peta
Query	Mencari item pada peta dengan spesifik kriteria
Overview	Tombol overview peta on/off
Map	
Legends	Mengatur pilihan program



## BAB 4 RUANG KERJA EPANET

---

Toolbars	Keluar dari EPANET
Options	

---

### Menu Project

Menu Project termasuk perintah-perintah yang berhubungan dengan proyek yang sedang berlangsung untuk di analisa:

---

<b>Perintah</b>	<b>Penjelasan</b>
Summary	Membuat baru proyek EPANET
Defaults	Membuka eksisting Proyek
Calibration Data	Menyimpan Proyek yang sedang dikerjakan
Analysis Option	Menyimpan proyek yang sedang dikerjakan dengan nama lain
Run Analysis	Import data network atau map <b>dari</b> file

---

### Menu Report

Menu Report memiliki perintah yang digunakan untuk melaporkan hasil analisis dalam format lain:

---

<b>Perintah</b>	<b>Penjelasan</b>
Status	Membuat baru proyek EPANET
Energy	Membuka eksisting Proyek
Calibrasi	Menyimpan Proyek yang sedang dikerjakan
Reaction	Menyimpan proyek yang sedang dikerjakan dengan nama lain
Full	Import data network atau map <b>dari</b> file
Graph	Eksport data network atau map <b>ke</b> file
Table	Mengatur margin, header dan footer untuk di cetak
Options	Melihat hasil cetakan

---

## Menu Window

Menu Window mengandung perintah-perintah sebagai berikut:

<b>Perintah</b>	<b>Penjelasan</b>
Arrange	Membuat baru proyek EPANET
Close All	Membuka eksisting Proyek
Window List	Menyimpan Proyek yang sedang dikerjakan

## Menu Help

Menu Help mengandung perintah-perintah untuk mendapat pertolongan di EPANET :

<b>Perintah</b>	<b>Penjelasan</b>
Help Topics	Membuat baru proyek EPANET
Units	Membuka eksisting Proyek
Tutorial	Menyimpan Proyek yang sedang dikerjakan
About	Menyimpan proyek yang sedang dikerjakan dengan nama lain

Menu Help juga tersedia dengan menekan tombol F1

## 4.3 Toolbars

Toolbars menyediakan shortcuts untuk mengoperasikan. Ada dua jenis Toolbars

- Standard Toolbars
- Map toolbars

Toolbar dapat diletakkan diatas Main menu bar atau digeser ke seluruh lokasi pada EPANET Workspace. Bila tidak aktif dapat juga di re-size. Toolbar juga dapat diatur nampak atau tidak nampak dengan memilih **View >> Toolbars**.

### Standard Toolbar

Standard Toolbars mengandung tombol-tombol yang dengan cepat dapat digunakan



Membuka proyek baru (**File>>New**)



Membuka eksisting proyek (**File>>Open**)



Menyimpan proyek saat itu (**File>>Save**)



Mencetak pada window aktif (**File>Print**)



Menyalin pilihan kedalam clipboard atau file (**Edit>>Copy To**)



Menghilangkan item yang terpilih



Menemukan item yang spesifik dalam peta (**View>>Find**)



Menjalankan Simulasi (**Project>>Run Analysis**)



Menkalankan visual query pada peta (**View>>Query**)



Membuat grafik tampilan baru dari hasil analisis (**Report>>Graph**)

















Membuat tabel baru dari hasil analisis (**Report>>Table**)



Memodifikasi pilihan dari yang sat itu aktif (**View>>Options** atau **Report>>Options**)

### Map Tollbar

Map Toolbar mengandung tombol-tombol untuk bekerja dengan Network map

	Memilih objek pada peta ( <b>Edit&gt;&gt;Select Object</b> )
	Memilih point vertex link ( <b>Edit&gt;&gt;Select Vertex</b> )
	Memilih area pada peta ( <b>Edit&gt;&gt;Select Region</b> )
	Menggeser peta ( <b>View&gt;&gt;Pan</b> )
	Memperbesar peta ( <b>View&gt;&gt;Zoom in</b> )
	Memperkecil peta ( <b>View&gt;&gt;Zoom Out</b> )
	Menampilkan full Extent ( <b>View&gt;&gt;Full Extent</b> )
	Menambah Junction pada Peta
	Menambah reservoar pada peta
	Menambah Tangki pada peta
	Menambah Pipa pada peta
	Menambah pompa pada peta
	Menambah katup pada peta
	Menambah label pada peta

#### 4.4 Status Bar

Status bar muncul pada dasar dari EPANET Workspace dan terbagi menjadi empat bagian yang nampak dan memberikan informasi sebagai berikut:

- Auto-Length – Mengindikasikan apakah perhitungan komputer otomatis pada panjang pipa sedang aktif atau tidak.
- Flow Units – Menggambarkan kondisi flow pada saat ini

## **BAB 4 RUANG KERJA EPANET**

- Zoom Level – menggambarkan kondisi perbesaran saat itu untuk gambar yang ditampilkan (100% untuk skala penuh)
- Run Status – sebuah ikon kran akan nampak :
  - Tidak mengalirkan air, jika tidak ada analisis yang terjadi
  - Mengalirkan air, jika berhasil melakukan analisis
  - Keran yang pecah, jika hasil analisis yang telah berhasil menjadi invalid karena network data mengalami perubahan.
- XY Location – menunjukkan koordinat map pada posisi saat itu oleh pointer mouse.

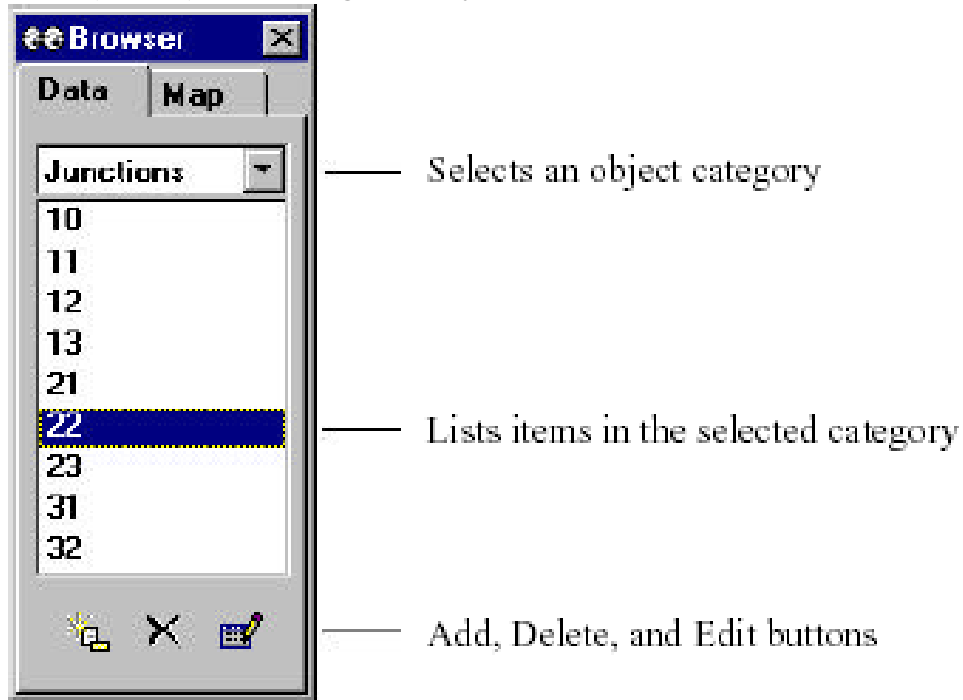
### **4.5 Peta Jaringan**

Peta Jaringan menyediakan skematik diagram secara planar yang menjelaskan tentang jaringan distribusi air. Lokasi dari objek dan jarak diantaranya tidaklah terlalu penting berkaitan dengan kenyataannya dilapangan. Pilihan Property dari obyek, seperti kualitas air pada node atau kecepatan aliran pada link, dapat ditampilkan dalam berbagai warna. Code warna disampaikan dalam Legenda yang dapat diedit. Obyek baru dapat secara langsung diedit pada peta dan obyek yang telah tergambar dapat di klik untuk di edit, dihapus, dan diatur posisinya. Gambar latar belakang (misalnya jalan atau peta topografi) dapat ditempatkan dibelakang jaringan sebagai referensi. Peta dapat di perbesar dalam berbagai skala serta digeser dari posisi satu ke yang lain. Node dan Link dapat digambar dalam berbagai ukuran, panah arah aliran dapat ditambahkan, dan symbol obyek, label ID dan nilai angka numeric dapat ditampilkan. Peta dapat di cetak, dikopy ke dalam clipboard Window, atau di eksport sebagai file DXF atau Windows Metafile.

### **4.6 Data Browser**

Data Browse (diperlihatkan di bawah) adalah akses dari Data Tab pada Browser window. Memberikan akses untuk berbagai

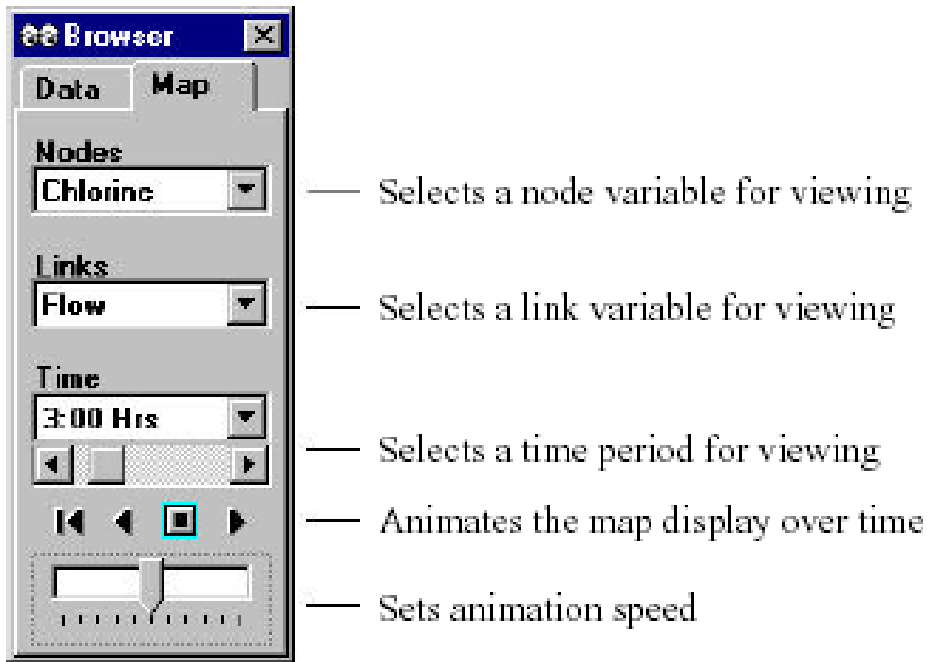
obyek, berdasarkan kategori (Juntion, Pipes, dll) yang terkandung dalam network selama dianalisa. Tombol pada dasar browser digunakan untuk menambah (add), menghapus (delete) dan mengedit obyek tersebut.







#### 4.7 Map Browser

Map Browser (lihat di bawah) diakses dari Map Tab dari Browser Windows. Untuk memilih parameter dan periode waktu yang ditampilkan dalam pengkodean warna pada Peta jaringan. Juga mengandung kontrol untuk animasi pada peta berdasarkan waktu.

## BAB 4 RUANG KERJA EPANET



Tombol tekan animasi pada map browser adalah :

-  Rewind (kembali ke waktu sebelumnya)
-  Menganimasi mundur menurut waktu.
-  Memberhentikan animasi
-  Menganimasi maju menurut waktu.

### 4.8 Property Editor

Property	Value
*Pipe ID	21
*Start Node	21
*End Node	22
Description	
Tag	1965
*Length	5280
*Diameter	10
*Roughness	100

Property Editor (terlihat di atas) digunakan untuk mengedit property dari node pada jaringan, link, label dan pilihan analisis. Muncul ketika salah satu dari obyek terpilih ( baik pada Network Map atau pada Data Browser.) dan double klik atau klik pada tombol edit Browser. Point berikut membantu menjelaskan bagaimana menggunakan Editor.

- Editor dibagi menjadi dua kolom – satu bernama Property dan lainnya Value
- Kolom dapat diatur dengan mengatur header pada bagian atas dari editor dengan mouse.
- Jendela editor dapat dipindahkan dan diatur secara normal melalui windows procedure
- Tanda asteris pada akhir nama berarti harus diisi- tidak dapat dibiarkan kosong.
- Bergantung pada property, kolom nilai dapat berupa salah satu dari hal berikut
  - Kotak teks dimana anda dapat mengetikkan nilai
  - Kotak daftar dimana anda dapat memilih dari daftar yang tersedia
  - Tombol ellipsis dimana anda dapat mengklik untuk membawa pada editor khusus.
  - Label yang hanya bias di baca, untuk menampilkan hasil perhitungan
- Property pada editor yang sedang aktif akan disorot dengan latar belakang putih
- Anda dapat menggunakan baik Mouse dan keyboard dengan tombol Up dan Down untuk bergerak diantara properties
- Untuk memulai editing property objek harus aktif, lalu mulai mengisi nilainya dan tekan tombol Enter.
- Untuk membuat EPANET menerima apa yang anda masukkan, Tekan Enter atau pindah ke property yang lain; untuk membatalkannya tekan tombol Esc
- Klik Tombol Close pada bagian atas kanan dari title bar yang akan menghilangkan Editor



## 4.9 Program Preference

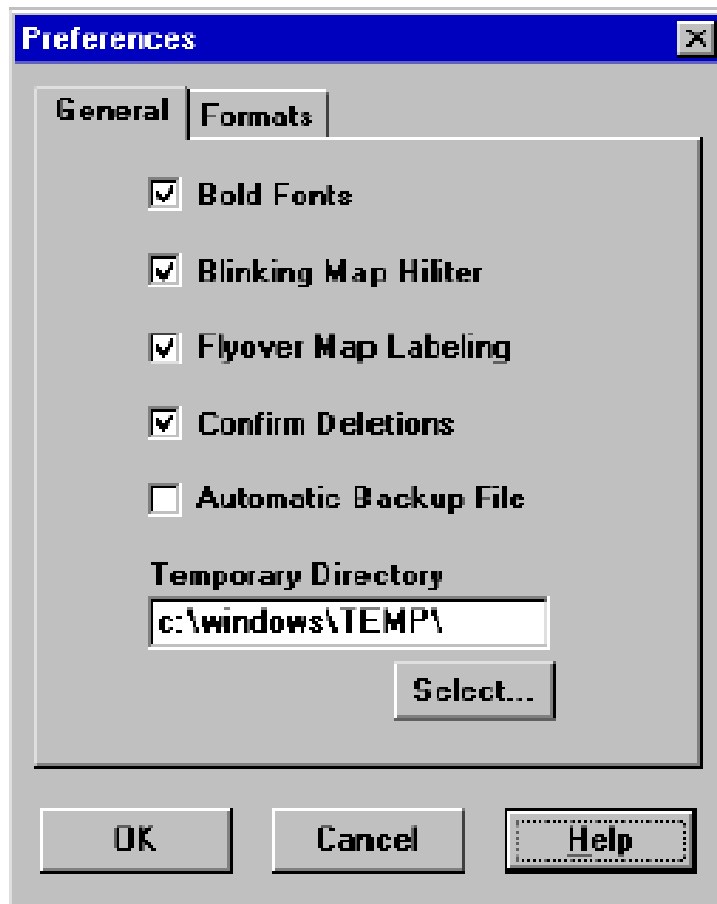
Program preference membolehkan anda untuk mengatur program. Untuk mengatur preference pilih **Preference** dari menu File. Bentuk dialog Preference akan muncul mengandung dua halaman tab – satu untuk General Preference dan satu lagi untuk Format Preferences

### General Preference

Preference dapat diatur pada General page pada Preference dialog:

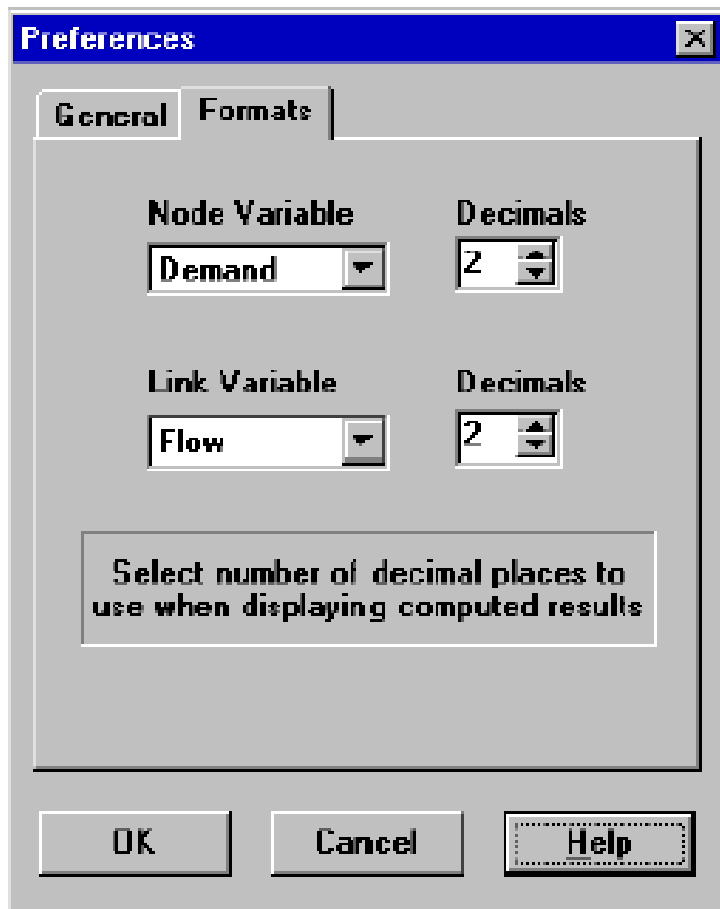
Preference	Penjelasan
Bold Fonts	Tandai untuk menggunakan font tebal pada seluruh pembuatan window baru
Blinking Map Hiliter	Tandai untuk membuat node,link atau label terpilih pada peta berkedip
Flyover Map Labelling	Tandai untuk menampilkan label ID dan p nilai parameter saat itu dalam bentuk kotak petunjuk jika mouse ditempatkan didekat node atau link pada peta jaringan
Confirm Deletion	Tandai untuk menampilkan kotak dialog konfirmasi sebelum menghapus obyek.
Automatic Backup File	Tandai untuk menyimpan backup dari proyek baru yang dibuka ke dalam disk dengan .bak ekstension
Temporary Directory	Nama dari directory/folder dimana EPANET menulis file temporarynya.

**Catatan** : Direktory temporary harus merupakan file direktori/folder dimana pengguna dapat menulis secara khusus dan pada ruang yang cukup untuk menyimpan file yang dengan mudah dapat berkembang dalam puluhan megabyte untuk jaringan dan menjalankan simulasi. Aslinya dalah direktori Windows TEMP (biasanya pada c:\windows\temp)



### Formatting Preference

Halaman Formats dari kotak dialog Preference mengontrol berapa banyak letak desimal yang akan ditampilkan ketika hasil dari perhitungan parameter dilaporkan. Gunakan kotak daftar untuk memilih parameter spesifik Node atau Link. Gunakan kotak edit berurut untuk memilih jumlah desimal yang digunakan ketika menampilkan hasil perhitungan untuk parameter tersebut. Jumlah desimal ditampilkan untuk beberapa input terpisah, seperti diameter pipa, panjang, dll berapapun yang dimasukkan pengguna.



*(halaman ini sengaja dikosongkan)*


## BAB 5 BEKERJA PADA PROYEK

*Bab ini mendiskusikan bagaimana EPANET digunakan untuk menyimpan data jaringan pipa. Juga menjelaskan untuk mengatur pilihan standard dan bagaimana melakukan kalibrasi data (hasil pengukuran lapangan) dengan proyek, untuk evaluasi model.*

### 5.1 Membuka dan menyimpan File Proyek


File Proyek mengandung seluruh informasi yang digunakan pada jaringan model. Biasanya memiliki ekstension .NET

Untuk membuat proyek baru :

1. Pilih **File>>New** dari menu bar atau klik  pada toolbar standar
2. Anda akan diberitahu untuk menyimpan eksisting proyek (jika terdapat perubahan 2) sebelum proyek baru dibuat.
3. Untuk proyek baru, yang belum memiliki nama tercipta dengan seluruh pilihan yang diatur secara standard.


Sebuah proyek baru otomatis dibentuk ketika EPANET dibuka.

Untuk membuka eksisting proyek yang tersimpan di disk :

1. Pilih **File>>Open** dari menu bar atau klik  pada Standard Toolbar
2. Anda akan diingatkan untuk men-save proyek yang sedang aktif (jika terdapat perubahan)
3. Pilih file yang ingin di buka dari Open File dialog yang muncul. Anda dapat memilih dengan menulis proyek EPANET sebelumnya (biasanya dengan ekstension .NET) atau export dari text file (biasanya dengan ekstension .INP). EPANET mengenal tipe file dari isinya, bukan dari nama-nya.
4. Klik OK untuk menutup dialog dan buka file terpilih

## BAB 5 BEKERJA PADA PROYEK

Untuk men-save proyek dengan nama yang eksisting:

- Pilih **File >> Save** dari Menu bar atau klik  pada Standard Toolbar

Untuk men-save proyek menggunakan nama yang lain

1. Pilih **File>>Save as** dari menu bar
2. Sebuah dialog file standard yang disimpan akan muncul sesuai dengan pilihan dari folder dan nama dari proyek yang seharusnya disimpan.

**Catatan** : Proyek selalu disimpan dalam format biner .NET. Untuk menyimpan data proyek agar bisa dibaca dalam format ASCII, gunakan perintah **Export>>NETWORK** dari menu File

### 5.2 Proyek Standar

Setiap proyek memiliki setting standar yang biasa digunakan oleh pengguna EPANET.

Kondisi standard ini terdiri dari tiga kategori :

- Label ID Standard (label digunakan untuk mengidentifikasi node dan link ketika baru pertamakali dibuat)
- Node/Link property Standard ( misal elevasi node, panjang pipa, diameter, dan kekasaran)
- Pilihan analisis hidrolis standard ( misal, system unit, persamaan headloss, dll)

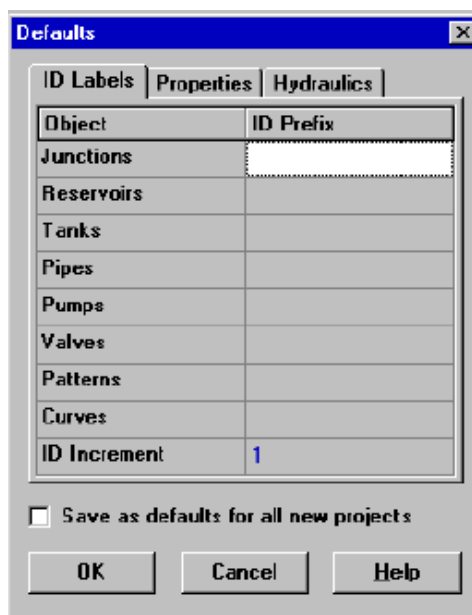
Untuk mengatur kondisi standar bagi proyek :

- 1) Pilih **Project>>Defaults** dari menu bar
- 2) Akan muncul dialog default dengan tiga halaman yang masing kategori seperti tersebut di atas
- 3) Beri tanda boks pada kiri bawah dari dialog jika kita menginginkan men-save pilihan ini untuk kondisi selanjutnya
- 4) Klik OK untuk menerima pilihan standard ini.

Item spesifik untuk setiap kategori standard akan didiskusikan selanjutnya.

## ID Label Standard

Bentuk Halaman ID Label standar dapat dilihat pada **gambar 5.1** dibawah. Digunakan untuk menjelaskan bagaimana EPANET akan menggunakan ID label standar ini pada komponen network ketika pertamakali dibentuk. Untuk setiap tipe obyek dapat diisi sebuah awalan untuk label atau membiarkan isian kosong jika ID standard itu berupa angka. Kemudian tiap-tiap item nantinya akan bertambah bersamaan dengan penambahan jumlah item sebagai angka akhirnya. Sebagai contoh, jika J digunakan sebagai awalan buat Junction yang bertambah setiap 5, maka sebagai junction akan tercipta pada label standard J5, J10, J15 dan seterusnya. Setelah objek sudah tercipta, Editor dapat digunakan untuk merubah ID label tersebut jika dikehendaki.



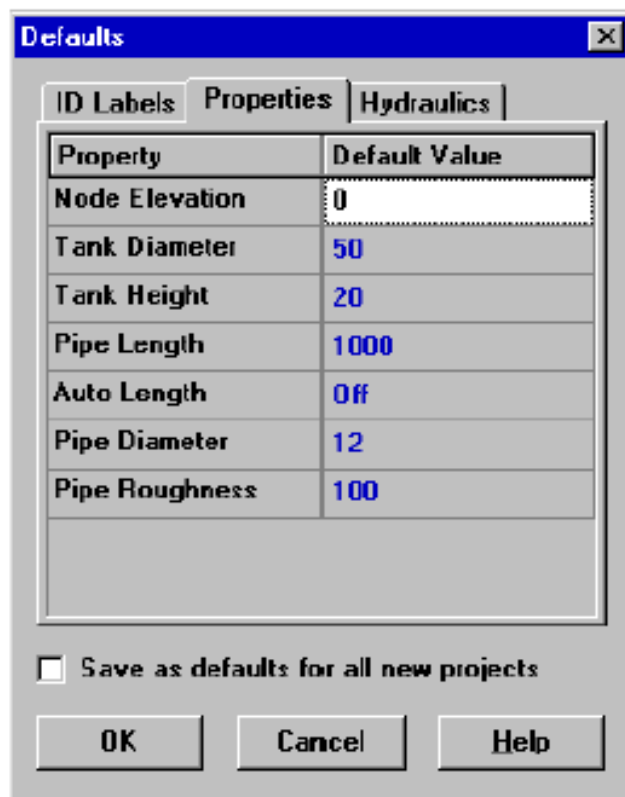
**Gambar 5.1** Halaman Label ID dari dialog Project Default

### Node/Link Standard

Halaman fasilitas terlihat pada **gambar 5.2**. Itu mengatur nilai standard untuk memengaruhi nilai standard node dan link yang baru. Fasilitas ini termasuk :

- Elevasi dari node
- Diameter buat tangki
- Maksimum level muka air buat tangki
- Panjang pipa
- Auto-length \*(perhitungan otomatis buat panjang) buat pipa
- Diameter buat pipa
- Kekasaran buat pipa

Ketika Auto-run aktif (turn on) panjang pipa akan otomatis dihitung sebagai pipa yang ditambahkan atau diposisikan pada network map. Sebuah node atau link yang dibuat dengan kondisi standard selalu dapat dimodifikasi kemudian.



**Gambar 5.2** Halaman Properties dari dialog Project Default



## Pilihan standard Hidrolis

Halaman ke tiga dari bentuk standard adalah untuk memilih pilihan analisa hidrolis. Di dalamnya terkandung pilihan yang serupa dengan pilihan hidraulic dari browser (lihat **bagian 8.1**). Hal ini berulang pada Project standard karena agar dapat di simpan untuk proyek yang lain berikutnya. Hal yang penting dari Pilihan Hidraulic ini adalah memeriksa ketika akan mengatur proyek baru adalah Unit Flow, Formula Headloss, dan Pola standard. Pilihan unit flow menjelaskan tentang seluruh kuantitas pada jaringan yang mengekspresikan pada pilihan unit US atau unit SI metrik. Pilihan pada formulasi Headloss menjelaskan tentang tipe koefisien kekasaran untuk mensuplai pada setiap pipa pada jaringan. Pola standard secara otomatis menjadikan pola waktu yang digunakan untuk variasi demand pada jangka waktu simulasi untuk seluruh junction.

## 5.3 Data Kalibrasi.

EPANET menyediakan kita untuk membandingkan hasil simulasi kepada data terukur di lapangan. Hal tersebut dapat dilakukan melalui Urutan waktu (time Series) yang diplotkan untuk lokasi terpilih pada jaringan atau oleh laporan kalibrasi khusus yang melayani lokasi-lokasi yang banyak. Sebelum EPANET dapat digunakan, data kalibrasi harus dimasukkan kedalam file dan terdaftar pada proyek.

### File Kalibrasi

Kalibrasi file adalah sebuah file teks yang mengandung data hasil pengukuran kuantitas secara terpisah pada periode yang terpisah pula di dalam sistem distribusi. File tersebut menyediakan data observasi yang dapat dibandingkan pada simulasi jaringan. File yang terpisah akan terbentuk untuk parameter yang berbeda (misal tekanan, kadar fluoride,

## BAB 5 BEKERJA PADA PROYEK

khlorine, aliran, dll) dan hasil studi dampel yang berbeda. Setiap baris dari file mengandung item sebagai berikut:

- Lokasi ID – Label ID (sebagaimana digunakan di model jaringan) dari lokasi dimana pengukuran dibuat.
- Waktu – Waktu (dalam jam) ketika pengukuran dilakukan
- Value – Hasil dari pengukuran.

Pengukuran waktu tunduk kepada waktu nol dari simulasi dimana file kalibrasi akan diaplikasikan. Dapat dimasukkan sebagai angka desimal (misal 27.5) atau dalam format jam:menit (misal 27:30). Untuk data yang akan digunakan pada analisa periode tunggal semua nilai waktu dapat 0. Komentar dapat ditambahkan pada file dengan menempatkan sebuah semicolon (;) sebelumnya. Untuk sebuah pengukuran berurutan pada lokasi yang sama, ID lokasi tidak dapat diulang. Sebuah kutipan dari File Kalibrasi ditunjukkan dibawah ini.

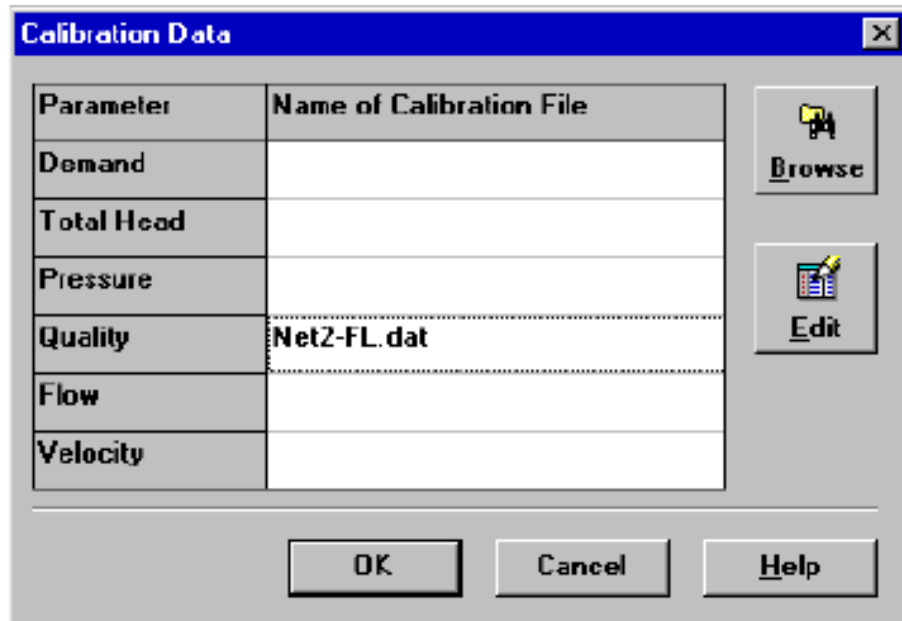
```
;Fluoride Tracer Measurements
;Location Time Value
;-----
N1          0      0.5
           6.4    1.2
           12.7   0.9
N2          0.5    0.72
           5.6    0.77
```

### Mendaftarkan Data Kalibrasi.

Untuk mendaftarkan data kalibrasi agar tinggal dalam File Kalibrasi :

1. Pilih **Project>>Calibration** Data dari Menu Bar
2. Dalam Data Kalibrasi bentuk dialog ditunjukkan dalam gambar 5.3, klik pada box setelah parameter yang diinginkan untuk didaftarkan.
3. Ketik nama parameter atau cklik tombol browse untuk mencarinya.
4. Klik tombol Edit jika anda mau membuka File Kalibrasi pada NotePad Windows untuk mengedit

5. Ulangi langkah 2-4 untuk parameter lainnya yang memiliki data kalibrasi.
6. Klik OK untuk menerima pilihannya.



Gambar 5.3 Dialog Kalibrasi data

## 5.4 Ringkasan Proyek

Untuk melihat deskripsi ringkasan untuk proyek saat itu pilih **Project>>Summary** dari menu Bar. Bentuk dialog Ringkasan Proyek akan muncul dan anda dapat mengedit sebuah deskripsi titel untuk sebuah proyek serta dapat dengan mudah menambah catatan yang menjelaskan tentang isi proyek. Ketika anda membuka file sebelumnya, dialog Open File akan menampilkan kedua item tersebut. Hal itu membuat semuanya menjadi berguna untuk menempatkan analisis secara spesifik. Form juga nampak sebagai statistik jaringan, seperti jumlah junction, pipa, pompa, etc

## BAB 6 – BEKERJA DENGAN OBJEK

*EPANET menggunakan tipe yang bervariasi untuk sistem model distribusi. Objek tersebut dapat diakses secara langsung dari peta jaringan atau dari halaman data dari browser window. Bab ini akan menjelaskan apakah objek itu dan bagaimana objek dibuat, dipilih, diedit, dihapus, dan diposisikan.*

### 6.1 Tipe Objek




EPANET mengandung dua objek fisik yang dapat muncul pada peta jaringan, dan objek non-fisik yang mencakup design dan informasi operasional. Objek tersebut dapat diklasifikasikan sebagai :

1. Nodes
  - a. Junction
  - b. Reservoir
  - c. Tanki
2. Link
  - a. Pipa
  - b. Pompa
  - c. Valve
3. Label Peta
4. Pola Waktu
5. Kurva
6. Control
  - a. Mudah (simple)
  - b. Mengikuti aturan (rule-based)

### 6.2 Menambah Objek

Menambah sebuah node


Untuk menambah sebuah node menggunakan map toolbar

1. Klik tombol untuk tipe node ( junction , reservoir , atau tangki )

## BAB 6 BEKERJA DENGAN OBYEK




2. Posisikan mouse ke posisi yang diharapkan pada map, lalu klik.

Untuk menambah node menggunakan Browser

1. Pilih tipe node (junction, reservoir atau tangki) dari daftar objek dari data browser
2. klik Tombol Add 
3. Masukkan koordinat map dengan Property Editor (tambahan)

### Menambah link

Untuk menambah garis link menggunakan Map Toolbar

1. Klik tombol untuk type link (pipa , pompa , dan valve )
2. Pada map, klik mouse pada awal node.
3. Gerakkan mouse ke arah dimana link akan berakhir pada sebuah node, klik pada pertengahan node tersebut.
4. Klik mouse sebagai akhir dari penggambaran link


Menekan tombol mouse kanan atau tombol **Esc** ketika menggambar link, akan membatalkan perintah tersebut.

Untuk menambah link menggunakan Browser.

1. Pilih tipe dari link (pipa, pompa, atau valve) dari data objek dari Data Browser.
2. Klik tombol **Add**
3. Masukkan node awal dan node akhir pada Property Editor.

### Menambah Label Map

Untuk menambah label pada map :

1. Klik tombol Text  pada map toolbar.
2. Klik mouse pada map dimana label akan dimunculkan

3. Masukkan teks untuk label
4. Tekan **Enter**.

### Menambah Kurva

Untuk menambah kurva pada database Jaringan:

1. Pilih kurva dari daftar kategori objek dari Data Browser
2. Klik Tombol **Add**
3. Edit kurva menggunakan Kurva Editor (Lihat bawah)

### Menambah Pola Waktu

Untuk menambah Pola waktu ke jaringan :


1. Pipih Pola dari kategori objek dari Data Browser
2. Klik tombol **Add**
3. Edit pola tersebut menggunakan Pattern Editor (lihat bawah)

### Menggunakan File Text

Sebagai tambahan, untuk menambah objek secara interaktif, anda dapat mengimport file text yang mengandung daftar ID node lengkap dengan koordinatnya (lihat **bagian 11.4-** Mengimpor jaringan secara terpisah)

## 6.3 Memilih Objek

Untuk memilih sebuah objek pada map :


1. Pastikan bahwa map dalam mode Selection (kursor mouse memiliki bentuk sebuah panah yang menunjuk ke atas kiri). Untuk mengubah ke mode tersebut, klik Tombol Select Object  pada Map Toolbar atau pilih **Select Object** dari menu Edit.
2. Klik Mouse pada objek yang diinginkan pada map.

Untuk memilih objek menggunakan Browser:

1. Pilih kategori objek dari daftar pada Data Browser.
2. Pilih objek yang diinginkan dari daftar

## 6.4 Mengedit Objek yang tampak

Property editor (lihat **bagian 4.8**) digunakan untuk mengedit objek dari properti yang dapat muncul pada peta jaringan (junction, Reservoir, tangki, pipa, pompa, katub atau label) . Untuk mengedit obyek tersebut, pilih objek pada peta dari data

browser, kemudian klik tombol edit  pada data browser (atau dengan mudah dapat dilakukan dengan melakukan double klik pada obyek di peta). Fasilitas ini berlaku untuk setiap tipe objek yang dijelaskan pada **tabel 6.1** hingga **6.7**

**Catatan** : Unit sistem yang muncul pada objek properties bergantung pada pilihan dari satuan bagi laju aliran (flow rate). Penggunaan laju aliran kubik feet, gallons atau acre-feet, berarti seluruh besaran yang digunakan adalah US unit. Penggunaan laju aliran liter atau kubuk meter berarti unit yang digunakan adalah SI metrik. Satuan Flow dipilih dari Hydraulic Option yang bisa di akses dari menu **Project>>Default**. Semua unit yang digunakan dirangkum dalam **Appendix A**.

**Tabel 6.1** Juntion Properties

PROPERTY	PENJELASAN
Junction ID	Sebuah laber unik yang digunakan untuk mengidentifikasi junction. Dapat terdiri dari kombinasi hingga 15 angka atau karakter. Tidak dapat disamakan dengan node lainnya. Untuk hal tersebut dibutuhkan preoperty
X-Coordinate	Lokasi secara horisontal dari junction pada peta, diukur berdasarkan unit jarak dari peta. Jika kosong, Junction tidak akan muncul pada peta jaringan.
Y-Coordinate	Lokasi secara Vartikal dari junction pada peta, diukur berdasarkan unit jarak dari peta. Jika kosong, Junction tidak akan muncul pada peta jaringan.
Description	Tambahan teks yang menjelaskan tentang

Tag	informasi yang penting tentang junction Sebuah tambahan teks (tanpa spasi) yang digunakan untuk menentukan kategori junction, seperti zone tekanan.
Elevation	Elevasi dalam feet (meters) dengan referensi yang telah ditentukan. Elevasi digunakan hanya untuk menghitung pressure dari junction. Itu tidak mempengaruhi segala macam perhitungan kuantitas.
Base Demand	Rata-rata atau kebutuhan nominal dari air. Harga Negatif mengindikasikan adanya sumber external yang masuk menuju junction. Jika tabel ini kosong, maka kebutuhan diasumsikan nol.
Demand Pattern	Label ID dari pola waktu (Time Pattern) yang digunakan untuk mengkararakteristikan variasi waktu pada demand untuk kategori utama dari pelanggan pada junction. Pola menyediakan faktor pengali yang diaplikasikan kepada kebutuhan dasar (Base Demand) yang menyatakan kebutuhan aktual yang diberikan dalam periode waktu. Jika dikosongkan maka Default Time Patterd ditetapkan pada Hydraulic Options (Lihat bagian 8.1)
Demand Categories	Banyaknya kategori yang berbeda dari pengguna air yang dijelaskan pada junction. Klik tombol ellipsis (atau tekan Enter) untuk menuju menu khusus Demand Editor. Abaikan jika hanya dilakukan perhitungan dengan periode tunggal.
Emitter Coefficient	Koefisien discharge untuk emitter (spronkler atau nozzle) yang terletak pada junction. Koefisien tersebut menyatakan aliran (dalam unit satuan saat itu) yang muncul pada penurunan tekanan 1 psi (atau meter). Biarkan kosong jika tidak ada emitter yang ada. Lihat topik tentan gemitter pada bagian 3.1 untuk lebih detail.
Initial Quality	Level kualitas air pada junction pada awal



**BAB 6 BEKERJA DENGAN OBYEK**

periode simulasi. Dapat dikosongkan jika tidak ada analisa kualitas air yang dibuat.

Source Quality Kualitas dari air yang memasuki jaringan pada lokasi tersebut. Klik tombol ellipsis (atau tekan Enter) untuk mengeluarkan Editor Source Quality (lihat bagian 6.5 dibawah)

**Tabel 6.2** Juntion Properties

<b>PROPERTY</b>	<b>PENJELASAN</b>
Reservoir ID	Sebuah label unik yang digunakan untuk mengidentifikasi reservoir. Dapat terdiri dari kombinasi hingga 15 angka atau karakter. Tidak dapat disamakan dengan node lainnya.
X-Coordinate	Untuk hal tersebut dibutuhkan preoperty Lokasi secara horisontal dari reservoir pada peta, diukur berdasarkan unit jarak dari peta. Jika kosong, Reservoir tidak akan muncul pada peta jaringan.
Y-Coordinate	Lokasi secara Vertikal dari reservoir pada peta, diukur berdasarkan unit jarak dari peta. Jika kosong, Reservoir tidak akan muncul pada peta jaringan.
Description	Tambahan teks yang menjelaskan tentang informasi yang penting tentang Reservoir
Tag	Sebuah tambahan teks (tanpa spasi) yang digunakan untuk menentukan kategori reservoir, seperti zone tekanan.
Total Head	Head Hidrolis (Elevasi+Head Pressure) dari air pada reservoir dalam feet (meter). Membutuhkan Property.
Head Pattern	Label ID dari pola waktu yang digunakan untuk membuat model dengan variasi waktu terhadap head reservoir. Biarkan kowong jika tidak diaplikasikan. Fasilitas ini berguna jika reservoir berhubungan dengan sistem lain dengan variasi tekanan terhadap waktu.
Initial Quality	Level Kualitas air pada Reservoir. Dapat dikosongkan jika tidak ada kualitas air yang

Source Quality akan dianalisa. Kualitas dari air yang memasuki jaringan pada lokasi tersebut. Klik tombol ellipsis (atau tekan Enter) untuk mengeluarkan Editor Source Quality (lihat bagian 6.5 dibawah)

**Tabel 6.3** TankProperties

PROPERTY	PENJELASAN
Tank ID	Sebuah label unik yang digunakan untuk mengidentifikasi tangki. Dapat terdiri dari kombinasi hingga 15 angka atau karakter. Tidak dapat disamakan dengan node lainnya. Untuk hal tersebut dibutuhkan preoperty
X-Coordinate	Lokasi secara horisontal dari junction pada peta, diukur berdasarkan unit jarak dari peta. Jika kosong, Junction tidak akan muncul pada peta jaringan.
Y-Coordinate	Lokasi secara Vertikal dari junction pada peta, diukur berdasarkan unit jarak dari peta. Jika kosong, Junction tidak akan muncul pada peta jaringan.
Description	Tambahan teks yang menjelaskan tentang informasi yang penting tentang Tangki
Tag	Sebuah tambahan teks (tanpa spasi) yang digunakan untuk menentukan kategori Tangki, seperti zone tekanan.
Elevation	Elevasi diatas datum dalam feet (meters) dari tangki. Membutuhkan Property
Initial Level	Tinggi dalam feet (meter) dari permukaan air diatas elevasi dasar dari tangki pada permulaan simulasi. Membutuhkan Property.
Minimum Level	Minimum Ketinggian dalam feet (meter) dari permukaan air diatas elevasi dasar yang harus dijaga. Tangki tidak boleh memiliki level air dibawah ini. Membutuhkan Property.
Maximum Level	Maksimum Ketinggian dalam feet (meter) dari permukaan air diatas elevasi dasar yang harus dijaga. Tangki tidak boleh memiliki level air

## BAB 6 BEKERJA DENGAN OBYEK

Diameter	diatas ini. Membuthkan Property Diameter dari tangki dalam feet (meters). Untuk Tangki Silinder merupakan aktuap diameter. Untuk tangki segi empat atau bujur sangkar, dapat merupakan ekivalen dari 1.128 kali dari diameter. Untuk tangki dengan bentuk kurva (lihat dibawah) dpat di atur menjadi beberapa nilai. Membutuhkan Property.
Minimum Volume	Volume dari air dalam tangki pada konsisi minimum, dalam kubik feet (kubik meter). Berguna untuk menggambarkan bentuk dasar geometris dari tangki yang tidak silinder.
Volume Curve	Label ID dari kurva yang digunakan untuk menggambarkan hubungan antara volume tangki dan level air. Jika tidak ada nilai yang disupply tangki diasumsikan silinder.
Mixing Model	Tipe dari pangadukan kualitas yang muncul dalam tangki. Pilihannya termasuk : <ul style="list-style-type: none"><li>▪ MIXED (pengadukan penuh)</li><li>▪ 2COMP (pengadukan dua kompartemen)</li><li>▪ FIFO ( aliran yang lebih dulu masuk-lebih dulu keluar)</li><li>▪ LIFO ( aliran yang terkhir masuk-lebih dulu keluar)</li></ul>
Mixing Fraction	Lihat topik pengadukan pada bagian 3.4 Fraksi dari total volume tangki yang terdiri dari kompartemen outlet-inlet dari model mixing dua kompartemen (2COMP). Dapat dibiarkan kosong jika tipe terdapat tipe pengadukan yang lain.
Reaction Coefficient	Koefisien reaksi bulk untuk reaksi kimia dalam tangki. Unit nya dalah 1/hari. Gunakan nilai positif untuk reaksi pertumbuhan, dan nilai negatif untuk peluruhan.Biarkan kosong jika koefisien bulk global dipilih pada Reaction Option. Untuk lebih jauh dapat dilihat pada bagian 3.4 Water Quality Reactions.
Initial Quality	Level kualitas air pada tangki pada awal

simulasi. Dapat dikosongkan jika tidak ada analisa tentang kualitas air.

Source Quality Kualitas dari air yang masuk ke jaringan. Klik tombol ellips (atau tekan Enter) untuk menampilkan editor Source Quality (lihat bagian 6.5 dibawah ini).

**Tabel 6.4** Pipe Properties

PROPERTY	PENJELASAN
Pipe ID	Sebuah label unik yang digunakan untuk mengidentifikasi pipa. Dapat terdiri dari kombinasi hingga 15 angka atau karakter. Tidak dapat disamakan dengan node lainnya. Untuk hal tersebut dibutuhkan preoperty
Start Node	ID dari node dimana pipa bermula. Memerlukan Property
End Node	ID dari node dimana pipa berakhir. Memerlukan Property
Description	Tambahan teks yang menjelaskan tentang informasi yang penting tentang Pipa
Tag	Sebuah tambahan teks (tanpa spasi) yang digunakan untuk menentukan kategori pipa, kemungkinan berdasarkan usia atau material..
Length	Panjang pipa aktual dalam feet (meters). Membutuhkan property
Diameter	Diamter pipa dalam inci (mm). Membutuhkan property
Roughness	Koefisien kekasaran pipa. Tidak memiliki satuan untuk formula Hazen-Willilams atau Chezy-Manning, dan memiliki astuan milifeet(mm) untuk Darcy Weisbach. Membutuhkan Property.
Loss Coefficient	Koefisien minor losses berkaitan dengan bend, fitting, dll. Jika 0 diasumsikan kosong.
Initial Status	Menjelaskan ststus pipa apakah terbuka, tertutup, atau mengandung check valve. Jika Check Valve dipilih diindikasikan aliran hanya selalu dari awal node menuju akhir node.

## BAB 6 BEKERJA DENGAN OBYEK

Bulk Coefficient	Koefisien bulk dari pipa. Unitnya dalah l/hari. Gunakan nilai positif untuk pertumbuhan dan negatif untuk peluruhan. Biarkan kosong jika reaksi bulk Global dipilih. Lihat penjelasan lebih lanjut pada bagian 4.3 Water Quality Raction.
Wall Coeffisient	Koefisien wall dari pipa. Unitnya dalah l/hari. Gunakan nilai positif untuk pertumbuhan dan negatif untuk peluruhan. Biarkan kosong jika reaksi wall Global dipilih. Lihat penjelasan lebih lanjut pada bagian 4.3 Water Quality Raction.

**Catatan :** Panjang Pipa dapat secara otomatis dihitung sebagai pipa yang ditambahkan atau diposisikan pada peta jika setting Auto-Length diaktifkan. Untuk membuat setting itu nyala/mati :

- Pilih **Project>>Default** dan edit field Auto-Length pada halaman Proprties pada dialog Default.
- Klik Kanan mouse pada seksi Auto-Length dari Status Bar dan kemudian klik popup menu yang muncul.

Yakinkan untuk menggunakan dimensi pada peta sebelum menggunakan pilihan Auto-Length (lihat **Bagian 7.2**)

**Tabel 6.5** Pompa Properties

PROPERTY	PENJELASAN
Pump ID	Sebuah laber unik yang digunakan untuk mengidentifikasikan pompa. Dapat terdiri dari kombinasi hingga 15 angka atau karakter. Tidak dapat disamakan dengan node lainnya. Untuk hal tersebut dibutuhkan property
Start Node	ID dari node dimana suction pompa bermula. Memerlukan Property
End Node	ID dari node dimana discharge pompa berakhir. Memerlukan Property
Description	Tambahan teks yang menjelaskan tentang informasi yang penting tentang Pompa
Tag	Sebuah tambahan teks (tanpa spasi) yang digunakan untuk menentukan kategori pompa,

	kemungkinan berdasarkan usia, ukuran atau lokasi.
Pump Curve	ID Label dari curva pompa yang digunakan untuk menjelaskan hubungan antara delivery head pelh pompa dan aliran yang melalui pompa. Biarkan kosong jika pompa akan menjadikan pompa dengan energi konstan (lihat dibawah)
Power	Tenaga yang disupply untuk pompa dalam horsepower (kW). Diasumsikan pompa mensupply energi yang sama tidak peduli alirannya. Biarkan kosong jika kurva pompa digunakan. Gunakan ketika kurva pompa tidak digunakan.
Speed	Pengaturan kecepatan relatif dari pompa (tidak berunit). Sebagai contoh, kecepatan diatur 1.2 mengakibatkan kecepatan rotasi dari pompa 20% lebih tinggi dari pengaturan normal.
Pattern	Label ID dari pola waktu (time Pattern) yangidgunakan untuk mengatur operasi pompa. Faktor pengali dari pola adalah ekivalen kepada pengaturan kecepatan. Faktor nol mengakibatkan pompa mati selama periode tersebut. Biarkan kosong bila tidak digunakan
Initial Status	Konsidi pompa (terbuka atau tertutup) pada paermulaan periode simulasi.
Efficiency Curve	ID label dari kurva yang menjelaskan efisiensi pompa (dalam persen) sebagai fungsi dari laju aliran. Informasi ini digunakan hanya untuk perhitungan penggunaan energi. Biarkan kososng bila tidak digunakan atau juka efisiensi pompa global digunakan (lihat bagian 8.1)
Energy Price	Rata-rata atau harga nominal dari energi per KWH. Digunakan jika hanya menghitung harga penggunaan energi. Biarkan kosong jika tidak dipergunakan atau jika nilai global digunakan (lihat bagian 8.1)
Price Pattern	ID label dari pola waktu yang digunakan,

menjelaskan tentang variasi harga energi setiap harinya. Setiap faktor pengali pada pola tersebut diaplikasikan untuk harga energi pompa. Biarkan kosong bila tidak digunakan.

**Tabel 6.6** Valve Properties

<b>PROPERTY</b>	<b>PENJELASAN</b>														
ID Label	Sebuah label unik yang digunakan untuk mengidentifikasi valve. Dapat terdiri dari kombinasi hingga 15 angka atau karakter. Tidak dapat disamakan dengan node lainnya. Untuk hal tersebut dibutuhkan preproperty														
Start Node	ID dari node dimana awal katub bermula. (PRV dan PSV menjaga aliran dalam arah tunggal). Memerlukan Property														
End Node	ID dari node dimana katub berakhir. Memerlukan Property														
Description	Tambahan teks yang menjelaskan tentang informasi yang penting tentang valve														
Tag	Sebuah tambahan teks (tanpa spasi) yang digunakan untuk menentukan kategori valve, kemungkinan berdasarkan tipe dan lokasi..														
Diameter	Diameter valve inchi (mm). membutuhkan Property														
Type	Tipe Valve (PRV,PSV,PBV,FCV,TCV, atau GPV). Lihat Valve dalam bagian 6.1 untuk berbagai tipe valve tersebut. Membutuhkan Properti.														
Setting	Membutuhkan parameter yang menjelaskan pilihan valve : <table border="1" data-bbox="617 1590 1361 1930"> <thead> <tr> <th><u>Valve Type</u></th> <th><u>Pengatur Paramter</u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PRV</td> <td>Tekanan (psi atau m)</td> </tr> <tr> <td>PSV</td> <td>Tekanan (psi atau m)</td> </tr> <tr> <td>PBV</td> <td>Takanan (psi atau m)</td> </tr> <tr> <td>FCV</td> <td>Aliran (Unit aliran)</td> </tr> <tr> <td>TCV</td> <td>Koefisien loss (tidak bersatuan)</td> </tr> <tr> <td>GPV</td> <td>ID dari kurva loss</td> </tr> </tbody> </table>	<u>Valve Type</u>	<u>Pengatur Paramter</u>	PRV	Tekanan (psi atau m)	PSV	Tekanan (psi atau m)	PBV	Takanan (psi atau m)	FCV	Aliran (Unit aliran)	TCV	Koefisien loss (tidak bersatuan)	GPV	ID dari kurva loss
<u>Valve Type</u>	<u>Pengatur Paramter</u>														
PRV	Tekanan (psi atau m)														
PSV	Tekanan (psi atau m)														
PBV	Takanan (psi atau m)														
FCV	Aliran (Unit aliran)														
TCV	Koefisien loss (tidak bersatuan)														
GPV	ID dari kurva loss														

Loss Coefficient	Koefisien minor losses yang diaplikasikan ketika valve terbuka penuh Diasumsikan 0 jika kosong.
Fixed Status	Status pada sat simulasi awal. Jika diatur OPEN atau CLOSED sementara pengaturan setting dari valve diabaikan dan valve akan sertamerta membuka dan menutup. Jika di atur NONE, valve akan tetap. Status valve yang tetap atau dengan pengaturan dapat dibuat bervariasi dengan simulasi yang idatur dengan pernyataan. Jika status valve tetap kepada OPEN/CLOSE, dapat dibuat kembali aktif menggunakan penetapan numerik.

**Tabel 6.7** Map Label Properties

PROPERTY	PENJELASAN
Text	Label Teks
X-Coordinate	Lokasi secara horisontal dari label pada peta, diukur berdasarkan kanan atas dihitung menggunakan unit skala peta. Menggunakan Property
Y-Coordinate	Lokasi secara vertikal dari label pada peta, diukur berdasarkan kanan atas dihitung menggunakan unit skala peta. Menggunakan Property
Anchor Node	ID dari node yang menyediakan poin dimana label terjangkau (Lihat catatan di bawah). Biarkan kosong maka label tidak akan terjangkau.
Meter Type	Tipe dari obyek yang diukur dari label (lihat catatan 2 dibawah). Pilihannya Nono, Node atau Link
Meter ID	ID dari obyek (Node atau Link) yang diukur
Font	Menampilkan huruf dialog yang bisa diatur jenis hurufnya, ukuran dan jenisnya.

**Catatan :**

1. Label Anchor digunakan untuk menjangkar label pada posisi yang relatif pada peta. Ketika peta dibesarkan



(zoom) label akan muncul dengan jarak yang sama dari node yang di jangkarkan. Fitur ini menjaga label agar tidak terlalu jauh dari obyek yang akan dijelaskannya, ketika gambar diperbesar.

2. Tipe Meter dan ID Properties menjelaskan tentang meter. Label Meter memunculkan nilai pada parameter sat itu (dipilih dari Map Browser). Tipe Meter dan ID harus berpatokan pada eksisting node atau lingk pada jaringan.

### **6.5 Mengedit Objek yang tidak tampak.**

Kurva, Pola Waktu, dan Kontrol memiliki editor khusus. Untuk mengedit objek tersebut, pilih objek dari Data Browser



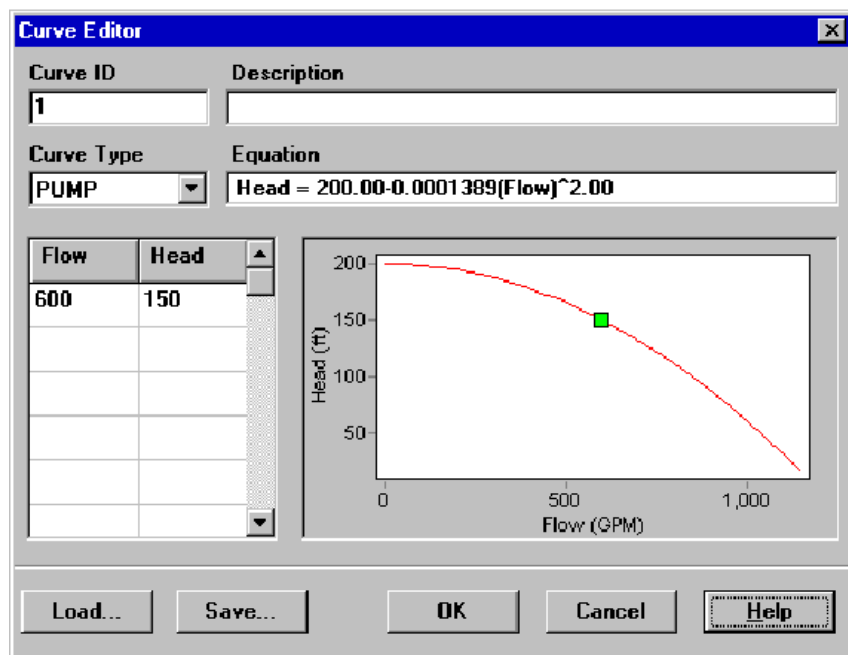
dan kemudian klik tombol edit. Sebagai tambahan, Property Editor untuk junction mengandung tombol elipsis pada baris Demand Categories yang akan membuka menuju Editor Demand khusus jika di klik. Serupa dengan itu, baris Source Quality dalam Property editor untuk junction, reservoir dan tank memiliki tombol yang akan memunculkan editor Source Quality yang khusus. Untuk editor khusus lainnya akan dijelaskan kemudian.

#### **Kurva Editor**

Kurva Editor adalah bentuk dialog yang terlihat pada **Gambar 6.1** Untuk menggunakan Curve Editor, masukkan harga untuk item berikut:

<b>Item</b>	<b>Penjelasan</b>
Curve ID	Label ID dari kurva (maksimum 15 angka tau karakter)
Description	Tambahan deskripsi yang ingin ditampilkan tentang kurva tsb
Curve Type	Tipe dari Kurva
X-Y Data	X-Y data point untuk kurva

Semua yang ditulis pada X-Y data tebal (atau dengan menekan Enter) kurva akan tergambar pada jendela preview. Untuk singel atau tiga point kurva pompa, persamaan (equation) akan muncul untuk kurva yang nampak, pada kotal Equation. Klik tombol **OK** untuk menerima kurva tersebut, atau tombol cancel untuk mmebatalkan masukan tadi. Anda juga dapat meng-klik tombol load untuk memuat data yang telah sebelumnya disimpan atau klik tombol **Save**, untuk menyimpan data.



Gambar 6.1 Editor Kurva.

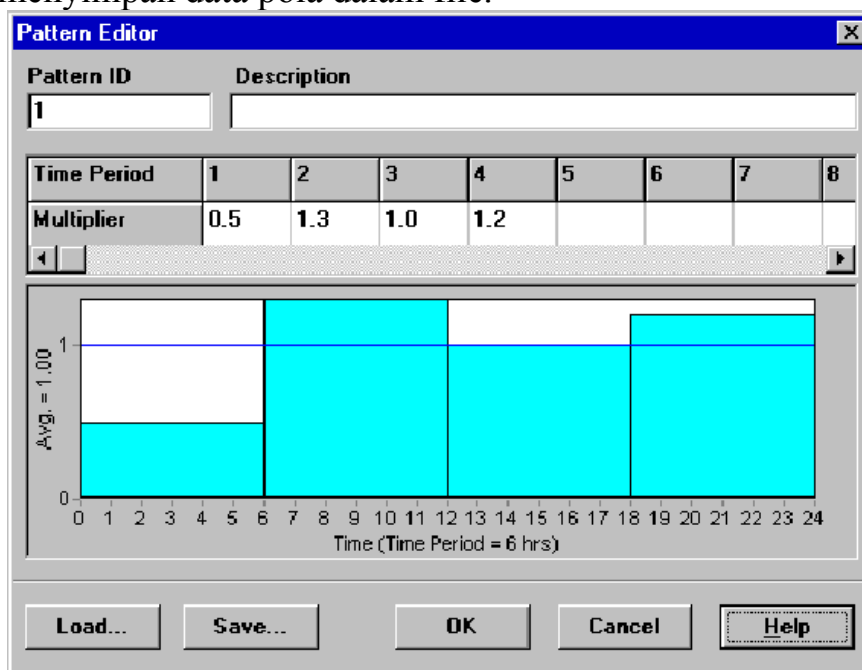
### Pattern editor

Editor pola, diperlihatkan dalam **gambar 6.2**, mengedit pola waktu (time pattern). Untuk menggunakan Pattern Editor, masukkan harg untuk item-item berikut:

Item	Penjelasan
Pattern ID	Label ID dari pola (maksimum 15 karakter atau angka)
Deksripsi	Tambahan deskripsi dari pole yang dibuat
Multipliers	Faktor untuk tiap perioda dari pattern.

## BAB 6 BEKERJA DENGAN OBYEK

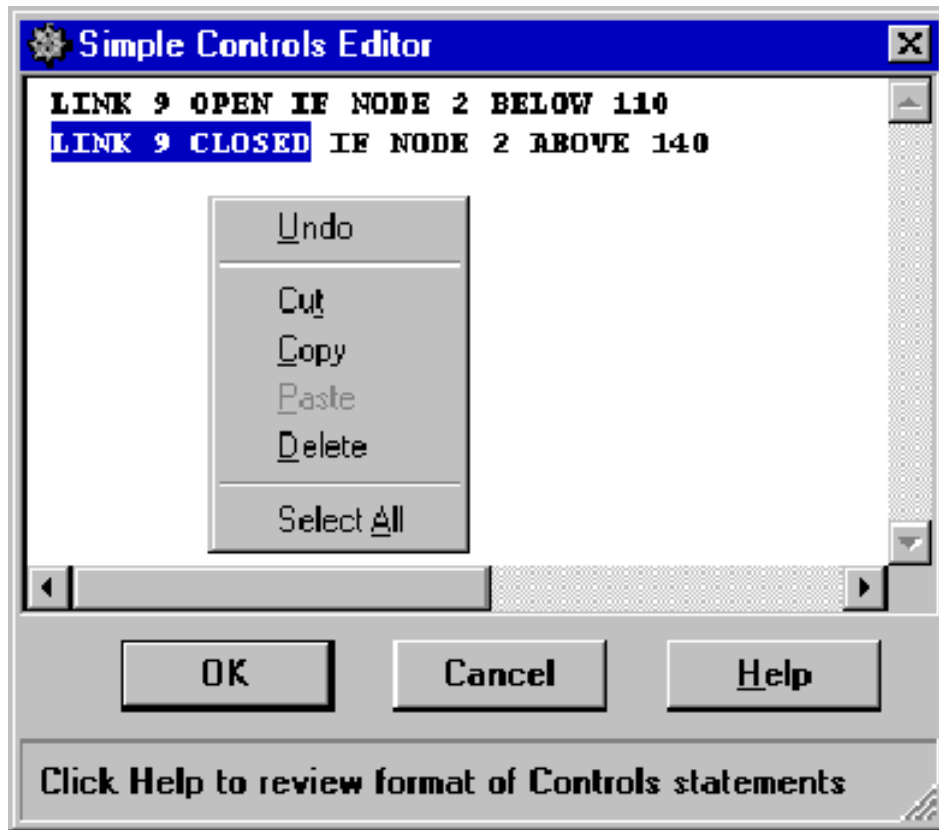
Ketika angka faktor dimasukkan, akan ditampilkan grafik yang menggambarkan pola. Jika anda telah mencapai akhir dari periode waktu yang tersedia ketika memasukkan faktor, maka tekanlah Enter untuk menambah periode selanjutnya. Ketika sudah selesai mengedit, klik tombol OK untuk menerima pola tersebut, atau tombol Cancel untuk mebatalkannya. Anda dapat juga meng-klik tombol Load untuk memuat data pola yang sebelumnya telah disimpan, atau klik tombol save untuk menyimpan data pola dalam file.



**Gambar 6.2** Editor Pola

### Editor Kontrol

Editor Kontrol, diperlihatkan dalam **gambar 6.3**, adalah sebuah editor teks yang digunakan untuk mengedit baik kontrol yang mudah (simple) dan rule-base. Memiliki menu standard editing yang diaktifkan dengan menklik kanan dimana saja dalam editor. Menu tersebut mengandung perintah-perintah untuk meng-Undo, cut, copy, paste, delete, dan select all.



Gambar 6.3 Editor Kontrol

### Editor Demand

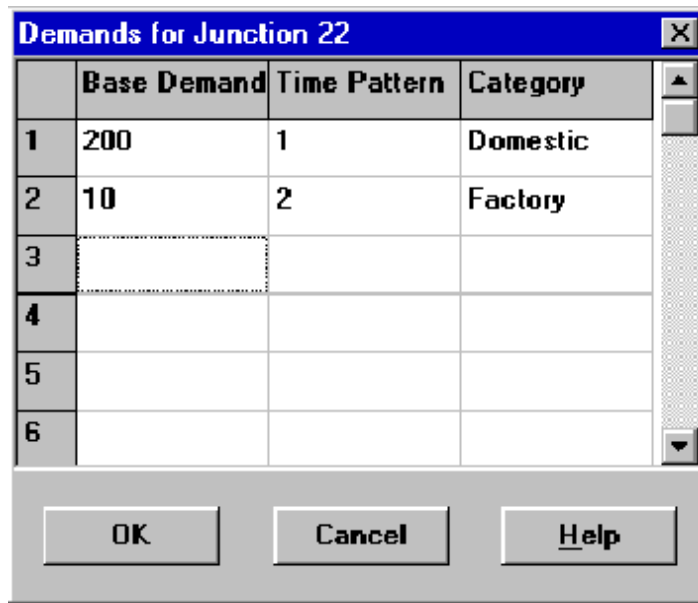
Editor Demand terlihat dalam **gambar 6.4**. Itu digunakan untuk menetapkan demand dasar dan pola waktu ketika ada lebih dari satu kategori yang digunakan pada sebuah junction. Editor tersebut berkaitan dengan Editor Property dengan mengklik tombol ellipsis (atau tekan **Enter**) ketika demand kategori dalam fokus.

Editor merupakan tabel yang mengandung tiga kolom. Tiap kategori dari demand dimasukkan sebagai baris pada tabel. Kolom mengandung informasi :

- Base Demand : dasar atau rata-rata demand untuk category (yang dibutuhkan)

## BAB 6 BEKERJA DENGAN OBYEK

- Time Pattern : Label ID dari pola waktu digunakan untuk deman yang bervariasi terhadap waktu (tambahan)
- Category : label teks yang digunakan untuk mengidentifikasi kategori demand. (optional)



	Base Demand	Time Pattern	Category
1	200	1	Domestic
2	10	2	Factory
3			
4			
5			
6			

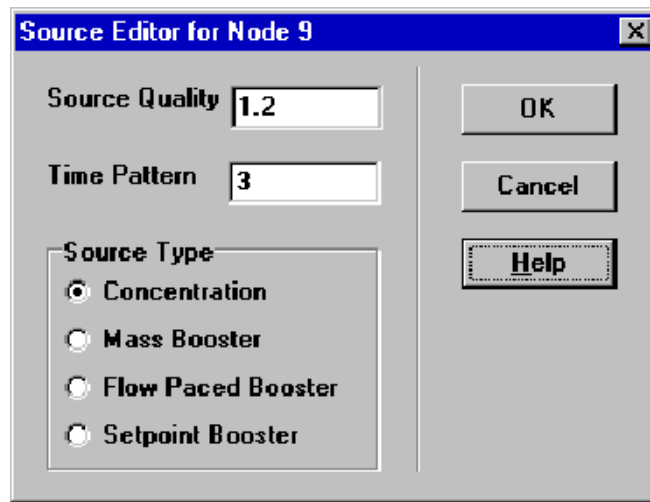
**Gambar 6.4** Editor Demand

Tabel saat ini memiliki 10 baris. Untuk menambah baris bila diperlukan, pilihlah cell pada akhir baris, dan kemudian tekan enter.

**Catatan :** berdasarkan kebiasaan, demand yang teletak pada awal baris dari editor akan sesuai dengan kategori utama dari junction tersebut dan akan muncul sebagai Base Demand dalam Editor Properti.

### Editor Sumber Kualitas

Editor sumber Kualitas adalah berupa pop-up dialog yang digunakan untuk mendeskripsikan kualitas sumber air yang masuk ke dalam jaringan. Sumber berarti pada pengolahan utama, sumur, atau fasilitas pengolahan, atau sebuah sumber intrusi yang terkontaminasi. Bentuk dialog diperlihatkan dalam **gambar 6.5**, mengandung field-field :



Gambar 6.5 Editor Sumber Kualitas

Field	Penjelasan
Source Type	Pilih diantara : - Konsentrasi - Mass Booster - Flow placed booster - Setpoint booster
Source Quality	Dasar atau rata-rata konsentrasi (atau laju per menit) dari sumber – biarkan kosong untuk menghilangkan sumber
Quality pattern	Label ID dari pola waktu digunakan untuk membuat kualitas air bervariasi terhadap waktu – biarkan kosong jika tidak diaplikasikan.

Sumber kualitas air dapat diatur berdasarkan sumber yang terkonsentrasi atau yang didorong.

- Sumber yang terkonsentrasi (*Concentration source*) adalah sumber yang tetap yang memasuki jaringan, seperti aliran dari reservoir atau dari deman yang negatif pada junction.
- Sumber yang didorong (*flow placed booster source*) adalah sumber yang didorong masuk ke dalam jaringan
- Sumber yang bolak balik (*Flow paced booster source*)
- Sumber (*setpoint booster source*)

Sumber tipe konsentrasi adalah yang terbaik digunakan untuk node yang merepresentasikan sumber air atau pengolahan (seperti reservoir atau node yang memiliki negative pressure). Type booster bagus digunakan untuk model injeksi langsung dari penambahan disinfeksi kepada jaringan pipa atau untuk pemodelan intruski kontsminan.

### 6.6. Copy dan Paste Objek.

Properties dari objek yang terlihat pada peta jaringan dapat di copy dan di paste ke dalam objek lain dengan kategori yang sama. Untuk meng-copy properties dari objek kepada internal clipboard EPANET :


1. Klik kanan pada obyek di peta
2. Pilih Copy dari pop-up menu yang muncul

Untuk mem-paste hasil copy-an ke dalam objek :

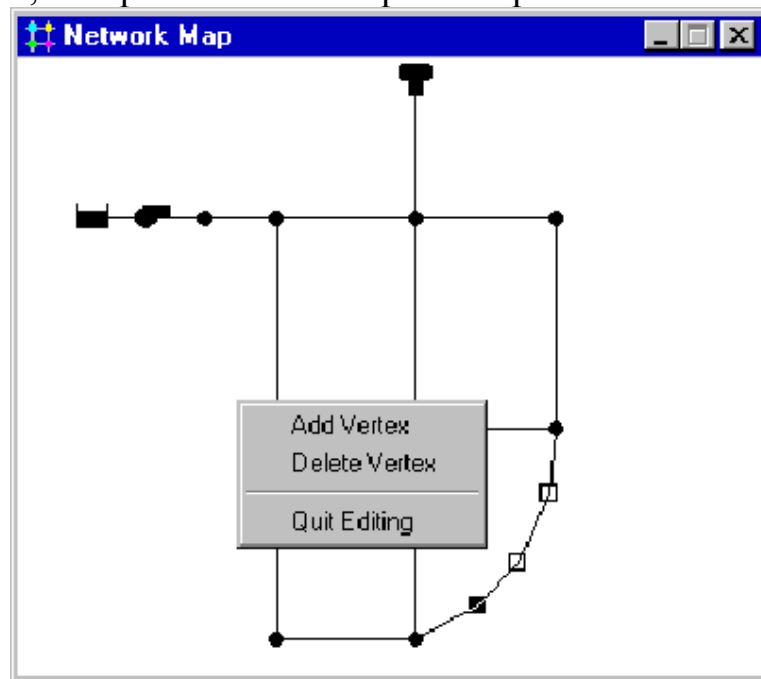
1. Klik kanan dari objek
2. Pilih Paste dari pop-up menu yang muncul

### 6.7 Membentuk dan membalik link

Link dapat digambarkan sebagai polyline yang mengandung sejumlah segmen garis yang dapat ditambahkan dalam garis tersebut. Sebuah link yang telah tergambar dalam peta, dapat ditambahkan interior poin, dihilangkan, dan digerakkan (lihat **gambar 6.6**). Untuk mengedit interior poin pada link :

1. Pilih Link yang akan di edit pada Network map dan klik  pada map Toolbar (atau pilih **Edit>>select Vertex** dari Menu bar, atau klik kanan pada link dan pilih **vertices** dari pop-up menu)
2. Moue pointer akan berubah bentuk menjadi panah, dan seluruh poin vertek eksisting pada link akan terlihat sebagai bentuk kecil mengelilinya. Untuk memilih vertex yang terpisah, klik mouse di dalamnya

3. Untuk menambah vertex baru pada link, klik kanan mouse dan pilih **add vertex** dari menu popup (atau secara gampangnya tekan insert pada key board)
4. Untuk menghapus vertex yang terpilih, klik kanan mouse dan pilih **delete vertex** dari menu popup (atau mudahnya tekan delete pada key board.)
5. Untuk memindahkan vertex ke lokasi yang lain, geser lah dengan meng-hold kanan mouse ke posisi yang baru.
6. Pada vertex selection mode, anda dapat memulai editing vertices untuk link yang lain dengan mengklik pada link-nya. Untuk meninggalkan Vertex Selection mode, klik kanan pada peta dan pilih Quit Editing dari pop up menu, atau pilih tombol lain pada Map toolbar.



**Gambar 6.6** Membentuk Link

Sebuah link dapat juga dibalik arahnya (misal diubah akhir node nya) dengan cara klik kanan pada link dan pilih **Reverse** dari pop up menu yang muncul. Hal ini berguna untuk re-orientasi pompa dan valve yang sebelumnya ditambahkan dengan arah yang salah.




## 6.8 Menghapus Objek

Untuk menghapus objek

1. Memilih objek pada map dari Data Browser
2. Lainnya :



- a. Klik  pada toolbar standar.
- b. Klik tombol yang sama pada data browser
- c. Tekan Delete dari keyboard

**Catatan :** Anda dapat menggunakan konfirmasi sebelum menghapus sebelum terjadi. Lihat halaman general Preferences dari dialog program Program Preferences yang dijelaskan pada **bagian 4.9**

## 6.9 Memindahkan Objek


Untuk memindahkan sebuah node atau label ke lokasi lain pada peta :

1. Pilihlah node atau label
2. Dengan menggunakan tombol kiri mouse tahan pada objek, geser ke lokasi yang baru
3. Lepaskan tombol

Cara lainnya, koordinat x dan Y yang baru dari objek dapat ditulis secara manual di dalam Editor Property. Bagaimanapun node akan berpindah beserta link yang terhubung dengannya.


## 6.10 Memilih group dari objek

Untuk memilih group dari objek

1. Pilih **Edit>>Select Region** atau men-klik  pada map toolbar.
2. Gambar sebuah area polygon mengelilingi daerah yang dikehendaki dengan mengklik tombol kiri mouse.
3. Tutup polygon tsb dengan mengklik tombol kanan atau menekan enter; membatalkan pilihan dengan menekan escape.

Untuk memilih seluruh objek yang terlihat pada peta pilih **Edit>>Select All** (objek di luar yang terlihat tidak akan terpilih)

Setelah group dari objek telah terpilih, anda dapat mengeditnya (lihat bab selanjutnya) atau menghapus objek yang terpilih dari

jaringan. Untuk melakukannya klik  atau tekan delete.

## 6.11 Mengedit sebuah Group Objek

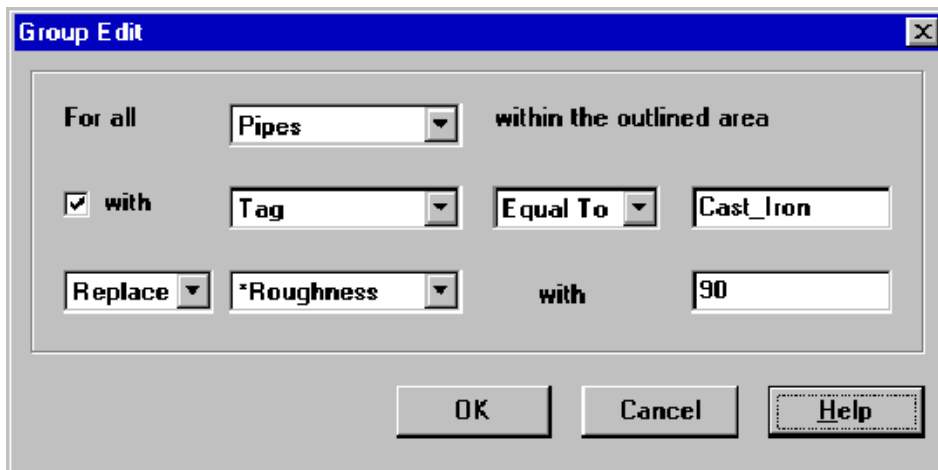
Untuk mengedit group objek :

1. Pilih area dari peta yang akan mengandung group dari objek untuk di edit menggunakan metode yang telah dijelaskan sebelumnya
2. Pilih **Edit>>Group edit** dari menu bar
3. Menetapkan apa yang diedit dalam group edit dialog dari yang terlihat

Bentuk Group Edit Dialog terlihat dalam **gambar 6.6**, itu digunakan untuk memodifikasi property untuk group objek terpilih. Untuk menggunakan bentuk dialog:

1. Pilih Kategori dari objek (junction atau pipa) untuk diedit
2. Check kotak **“with”** jika diinginkan untuk menambah filter yang akan membatasi objek terpilih yang akan di edit
3. Pilih tipe dari perubahan yang dikehendaki apakah Replace, multiply, atau Add To.
4. Pilih property untuk mengubah
5. Masukkan harga yang ingin di replace, multiply atau di tambahkan kepada eksisting value
6. Klik OK untuk mengeksekusi nya.

## BAB 6 BEKERJA DENGAN OBYEK



**Gambar 6.7** Dialog Group Edit

## Bab 7 – BEKERJA DENGAN PETA.

*EPANET menampilkan peta dari jaringan pipa yang dimodelkan. Bab ini menjelaskan bagaimana anda dapat memanipulasi peta untuk meningkatkan visualisasi dari sistem yang dimodelkan.*

### 7.1 Memilih Tampilan peta.

Satu-satunya cara menggunakan halaman peta dari Browser (**Bagian 4.7**) untuk memilih parameter node dan link pada peta. Parameter nampak pada peta engan warna, seperti yang dispesifikan dalam Legenda peta (lihat bawah), untuk melihat perbedaan nilai range.

Parameter node yang tersedia untuk ditampilkan termasuk :

- Elevasi
- Base Demand (nominal atau demand rata-rata)
- Kualitas pada saat itu (kualitas air pada jam ke 0)
- \*Demand Actual (total dmeand pada saat tersebut)
- \*Head Hidrolis (penjumlahan elevasi dengan head pressure)
- \*Pressure
- \*Kualitas Air

Parameter Link yang tersedia untuk ditampilkan termasuk :

- Panjang pipa
- Diameter
- Koefisien kekasaran
- Koefisien reaksi
- Wall reaction Coeff
- \*Laju Aliran
- \*Kecepatan
- \*Head loss (per 1000 feet (atau meter) pipa)
- \*Faktor gesekan (seperti yang digunakan dalam formula Darcy-Weisbach)
- \*Laju Reaksi (rata-rata sepanjang pipa)
- \*Kualitas Air (rata-rata sepanjang pipa)

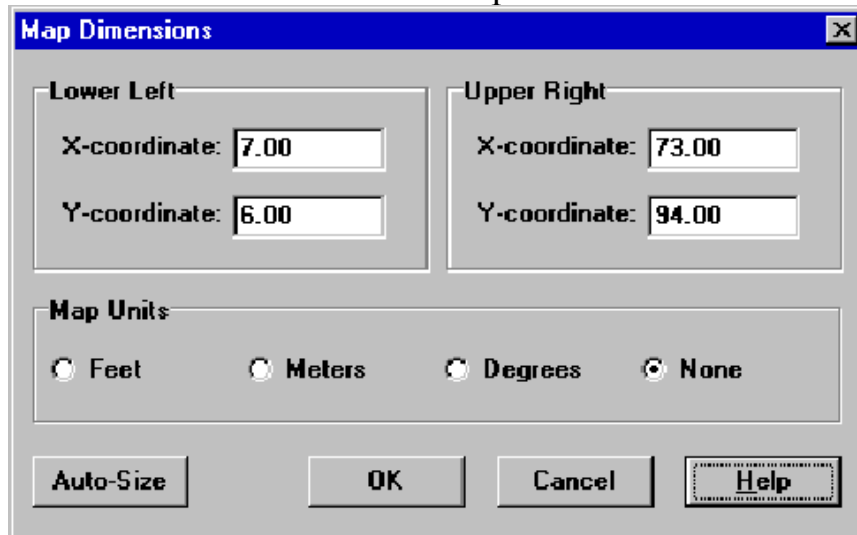
Item yang bertanda asteris (\*) adalah harga yang dihasilkan dari perhitungan komputer yang hanya muncul jika analisis

berlangsung sukses dan bisa di running dalam jaringan (lihat bab 8 – Menganalisa Jaringan)

## 7.2 Mengatur dimensi Peta

Dimesni secara fisik pada peta harus didefinisikan, juga koordinat peta dapat diskalakan sesuai dengan penampakkannya dilayar monitor. Untuk mengatur dimensi peta :

1. Pilih **View >> Dimension**
2. Masukkan informasi dimensi baru ke dalam dialog Map Dimension yang muncul (lihat **gambar 7.1**) atau klik tombol **Auto-size** untuk menyerahkan kepada EPANET mengatur dimensi berdasarkan koordinat saat itu.
3. Klik tombol OK untuk me re-size peta



**Gambar 7.1** Dialog Map Dimension

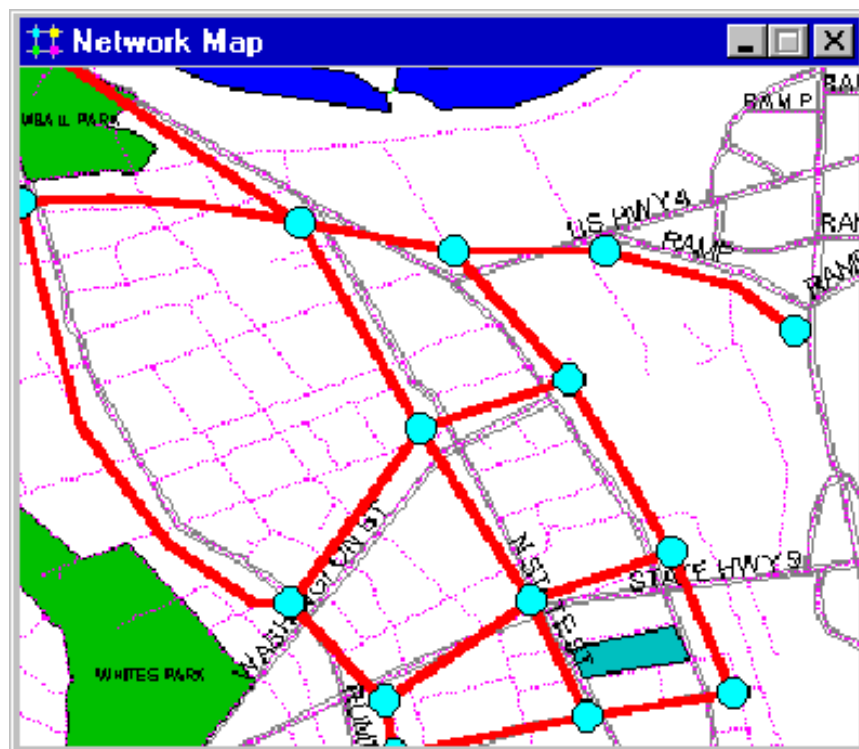
Informasi yang tersedia dalam dialog Map Dimension mengandung hal berikut :

Item	Penjelasan
Low Left Coordinatess	Koordinat X dan Y dari poin kiri bawah dari peta
Upper Right Coordinate	Koordinat X dan Y dari poin kanan atas dari peta
Map units	Unit yang digunakan untuk mengukur jarak pada peta. Pilihannya adalah feet, meters, derajat, dan none (misal unit yang berubah-ubah)

**Catatan :** Jika anda menggunakan peta dengan perhitungan panjang pipa otomatis, sangat direkomendasikan mengatur dimensi peta segera setelah membuat proyek baru. Unit jarak pada peta dapat berbeda dari unit panjang pipa. Yang terakhir (feet atau meters) bergantung pada bagaimana laju aliran terekspresikan dalam US atau metric unit. EPANET akan secara otomatis mengkonversi unit.

### 7.3 Penggunaan latar belakang pada peta.

EPANET dapat menampilkan latar belakang peta dibelakang jaringan pipa. Latar belakang dapat berupa peta jalan, peta utilitas, peta topografi, daerah reencana pengembangan, atau gambar lainnya yang berguna. Sebagai contoh, menggunakan peta jalan akan mempermudah proses penambahan pipa pada jaringan langsung pada posisi yang diinginkan.



Latar belakang haruslah berupa Windows enhance metafile atau bitmap yang dibuat diluar EPANET. Hal yang penting,

gambar tersebut tidak dapat di edit, meskipun perubahan dapat dilakukan seperti pembesaran atau penggeseran. Untuk alasan tersebut format metafiles akan bekerja lebih baik daripada bitmaps dalam hal tidak akan kehilangan resolusi ketika di skala-kan. Beberapa CAD dan GIS program memiliki kemampuan untuk men-save gambar dan peta dalam format metafiles.

Pilih **View>>Backdrop** dari menu bar akan menampilkan sebuah sub-menu dengan perintah sebagai berikut:

- Load (mengambil peta latar belakang ke dalam proyek)
- Unload (membuang latar belakang dari proyek)
- Align (meluruskan pipa dengan latar belakang)
- Show/hide (memunculkan/mematikan latar belakang)


Ketika pertama kali, latar belakang image diposisikan pada pojok kiri. Latar belakang dapat di atur posisinya relatif terhadap peta jaringan dengan memilih **View>>Backdrop>>Align**. Hal itu akan memindahkan jaringan pipa diatas latar belakang (dengan menggerakkan mouse dengan tombol kiri tertahan) hingga ke posisi yang diharapkan tepat dengan latar belakang. Nama file latar belakang dan saat terakhir perubahannya akan disave dalam data proyek ketika di save dalam file.

Untuk hasil terbaik menggunakan latar belakang:

- Menggunakan metafile, bukan bitmap
- Dimensi peta jaringan memiliki aspek rasio (perbandingan panjang dan lebar) yang sama dengan latar belakang.


### 7.4 Membesar kan peta

Untuk membesarkan peta

1. Pilih **View>>Zoom In** atau klik  pada Map Toolbar
2. Untuk membesar 100%, gerakkan mouse ke tengah-tengah dari area dan klik tombol mouse kiri.


3. Untuk memperbesar sesuai kebutuhan, gerakkan mouse dari pojok kkiri dari area zoom, dan dengan menekan kiri mouse, gambar segiempat mengelilingi daerah yang hendak si zoom. Kemudian lepaskan tombol

Untuk mengecilkan peta

1. Pilih **View>>Zom Out** atau klik  pada map toolbar
2. Gerakkan mouse ke tengah2 dari area yang hendak diperkecil dan klik kiri mouse
3. Peta akan kembali ke tingkat perbesaran semula.

## 7.5 Menggeser Peta

Untuk menggeser peta sepanjang layar :

1. Pilih **View>>Pan** atau mengklik  pada Map toolbar
2. Dengan tombol kiri mouse ditahan, pada sembarang titik pada peta, geserlah mouse ke arah yang diinginkan.
3. Lepaskan tombol mouse untuk melengkap operasi penggeseran tersebut

Untuk menggeser menggunakan Overview Map (yang akan dijelaskan pada **bagian 7.7** dibawah ini):


1. Jika belum terlihat, tampilkan overview map dengan memilih **view>>overview map**
2. Posisikan mouse pada jendela zoom yang muncul pada overview map
3. Dengan menekan dan menahan tombol kiri mouse, geser jendela zoom tadi ke posisi yang baru.
4. Lepaskan tombol mouse dan peta utama akan bergeser ke tempat yang sesuai dengan yang terlihat pada jendela zoom pada overview Map

## 7.6 Menemukan Obyek

Untuk menemukan node atau link pada peta dengan label ID yang diketahui :




## BAB 7 BEKRJA DENGAN PETA

1. Pilih **View >>Find** atau klik  pada Standard Toolbar
2. Pada dialog Map Finder yang muncul, pilih Node atau Link dan masukkan label ID
3. Klik Find

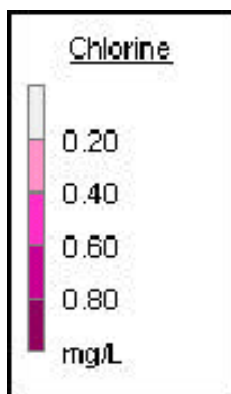
Jika node/link ada, itu akan di sorot pada peta dan di browser. Jika peta dalam kondisi diperbesar, dan node/link berada di luar batas peta saat itu. Maka peta akan menggeser hingga node/link akan terlihat. Dialog Map Finder, juga memuat Label ID dari link yang menghubungkan node yang ditemukan atau node yang terhubung dengan link yang ditemukan.

Untuk menemukan daftar dari semua node yang melayani sumber kualitas air :

1. Pilih **View>>Find** atau mengklik  pada Standard Toolbar
2. Pada dialog Map Finder yang muncul, pilih Sources
3. Klik Find

Label ID untuk seluruh node sumber kualitas air akan terdaftar pada Map Inder. Mengklik pada sebarang label ID akan tersorot node yang di maksud pada peta.

### 7.7 Legenda Peta



Terdapat tiga tipe dari legenda peta yang dapat ditampilkan. Legenda Link dan Node dilengkapi dengan warna dengan range dari harga untuk parameter yang diinginkan yang tampil dalam peta. Legenda Waktu yang memunculkan waktu sumulasi dari periode yang terlihat. Untuk menampilkan atau menghilangkan segala legenda chek dan uncheck legenda dari menu **View>>Legends** atau klik kanan dalam peta dan lakukan hal yang sama dari pop-up menu yang muncul. Double klik mouse pada legen akan menghilangkan legenda yang nampak.

Untuk menggeser legenda ke lokasi yang lain:

1. Tekan tombol kiri moue diatas legenda
2. Dengan menahan tombol, geser legenda ke posisi baru , dan lepaskan tombol

Untuk mengedit Legenda Node

1. Pilih **View>>Legends>>modify>>node** atau klik kanan pada legenda yang nampak
2. Gunakan dialog Legend Editor yang muncul (lihat **gambar 7.2**) untuk memodifikasi warna legend dan intervalnya

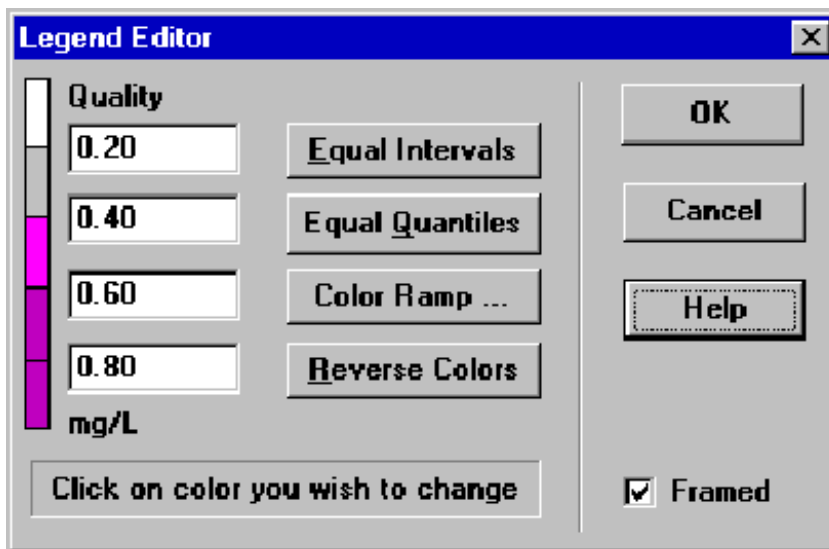
Cara yang sama digunakan untuk mengedit Link Legend

Legen Editor (**gambar 7.2**) digunakan untuk mengatur range numerik dengan warna yang berbeda yang ditetapkan untuk memperlihatkan perbedaan parameter pada jaringan peta. Hal tersebut bekerja berdasarkan :

- Nilai Numerical, dalam pertambahan, dimasukkan dalam kotak edit untuk mendefinisikan range. Tidak semua kotak memiliki values
- Untuk merubah warna, klik pada pita warna pada Editor dan pilih warna baru dari kotak Color Dialog yang akan muncul.
- Klik tombol Equal Intervals untuk menetapkan range berdasarkan pembagian dari range parameter pada periode saat ini menjadi interval yang sama.

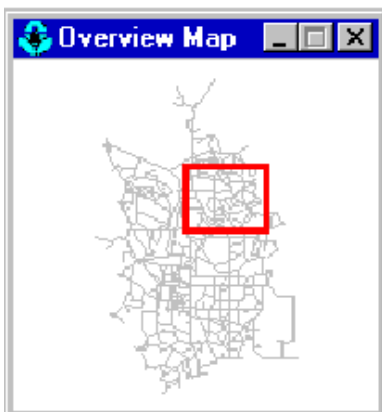
## BAB 7 BEKRJA DENGAN PETA

- Klik tombol Equal Quantiles untuk menetapkan range dengan angka yang sama dalam tiap-tiap range, berdasarkan harga yang muncul pada saat itu
- Tombol Color Ramp digunakan untuk memilih skema warna yang tersedia dalam daftar yang ada
- Tombol Reverse Color akan membalik urutan warna yang saat itu berlaku (warna pada range terendah menjadi pada posisi range tertinggi)
- Beri tanda cek pada Framed, jika anda menginginkan adanya bingkai pada legenda.



Gambar 7.2 Dialog Editor Legenda


### 7.8 Peta Overview

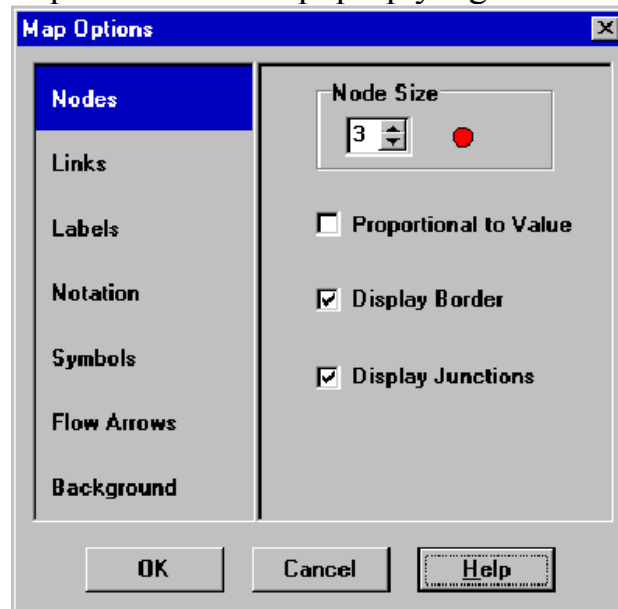


Peta Overview (overview map) membolehkan kita untuk melihat dimana posisi perhatian kita saat ini dalam keseluruhan system dalam jaringan utama. Area yang diperbesar digambarkan dalam batas segi empat dalam overview map. Sepanjang kita menggeser kotak tersebut menuju posisi lain, penampakan pada peta utama (main map) akan mengikutinya. Overview Map dapat di matikan dan ditampilkan dengan memilih **View>>Overview Map**. Meng-klik mouse pada title bar akan memperbaharui image peta untuk menyesuaikan kepada jaringan peta utama.

## 7.9 Pilihan Penampakan Peta

Banyak cara untuk menuju dialog Map Option (**gambar 7.3**) yang digunakan untuk mengubah kemunculan dari peta jaringan (Network Map)

- Pilih **View >> Option**
- Klik tombol Option  pada Standard Toolbar ketika jendela peta dalam fokus perhatian.
- Klik kanan mouse pada tempat kosong pada peta dan pilih Option dari menu pop-up yang muncul.



Gambar 7.3 Dialog Map Option

## BAB 7 BEKRJA DENGAN PETA

Dialog tersebut mengandung halaman yang terpisah, dipilih dari panel pada sisi kiri, untuk setiap pilihan kategori :

- Nodes (mengontrol ukuran dari nodes dan membuat ukurannya proporsional terhadap nilainya)
- Links (mengontrol ketebalan dari links dan membuat ketebalannya proporsional terhadap nilainya)
- Labels (menampilkan atau menghilangkan label pada peta)
- Notation (menampilkan atau menghilangkan ID node/link label dan nilai parameter)
- Symbols (menampilkan atau menghilangkan simbol dari tangki, pompa, valve)
- Flow Arrows (memilih model dari panah arah aliran)
- Background ( mengubah warna latar belakang peta)

### Node Option

Halaman Node pada dialog Map Option mengontrol bagaimana node akan ditampilkan pada Network Map

<b>Option</b>	<b>Penjelasan</b>
Node Size	Memilih diameter Node
Proportional to Value	Dipilih jika ukuran node akan bertambah sesuai dengan pertambahan nilai parameter.
Display Border	Dipilih jika ingin ada batas mengelilingi setiap node (direkomendasikan untuk yang memiliki latar belakang terang)
Display Junction	Menampilkan junction nodes ( seluruh junction/nodes akan hilang jika tidak pilihan ini di pilih)

### Link Option

Halaman Link pada Dialog Map Option mengontrol bagaimana link akan ditampilkan dalam map

<b>Option</b>	<b>Penjelasan</b>
Link Size	Mengatur ketebalan dari link yang tampil dalam map

Proportional to Value	Dipilih jika ketebalan link akan bertambah menyesuaikan pertambahan nilai parameter
-----------------------	---

### Label Option

Halaman Label dalam dialog Map Option mengontrol bagaimana label akan ditampilkan dalam map

Option	Penjelasan
Display Label	Menampilkan map label (label akan hilang jika tidak pilihan ini di pilih)
Use Transparent text	Menampilkan label dengan latar belakang transparan (sebaliknya digunakan latar belang yang tidak transparan)
At Zoom Of	Memilih perbesaran minimal dimana label akan ditampilkan; label akan hilang pada perbesaran lebih kecil dari angka yang dipilih.

### Notation Option

Halaman Notasi dari dialog Map Option menentukan jenis informasi apa yang disediakan dari node dan links pada peta

Pilihan	Penjelasan
Display Node IDs	Menampilkan label ID node
Display Node Values	Menampilkan nilai dari parameter node yang terlihat saat itu
Display Link IDs	Menampilkan label ID links
Display Link Values	Menampilkan nilai dair parameter link yang terlihat saat itu
Use Transparent Text	Menampilkan teks dengan latar belakang trasnparan (sebaliknya digunakan latar belakang yang tidak transparan)

At Zoom Of	Memilih perbesaran minimum dimana catatan akan ditampilkan; semua catatan akan hilang pada perpesaran lebih kecil darinya.
------------	--

**Catatan :** Nilai parameter yang tampak saat itu untuk node dan lingk yang khusus dapat ditampilkan dengan membuat Map Labels dengan menuju pada obyeknya. Lihat bagian 6.2 dan 6.4 dan tabel 6.7

### Symbol Option

Halaman Symbol pada dialog Map Option menentukan bagaimana tipe dari objek akan direpresentasikan dnegan simbol khusus.

<b>Pilihan</b>	<b>Penjelasan</b>
Display Tanks	Menampilkan simbol Tangki
Display Poms	Menampilkan simbol Pompa
Display Valves	Menampilkan simbol valve
Display Emitters	Menampilkan simbol Emitters
Display Sources	Menampilkan simbol + untuk sumber kualitas air
At Zoom Of	Memilih perbesaran minimal dimana simbol akan ditampilkan;simbol akan hilang pada perbesaran kurang darinya.

### Flow Arrow Option

Halaman Flow Arrows pada dialog Map Option mengontrol bagaimana panah arah aliran akan ditampilkan pada network map

<b>Pilihan</b>	<b>Penjelasan</b>
Arrow Style	Memilih model dari panah yang akan ditampilkan (pilih none untuk

---

	menghilangkan panah)
Arrow Size	Mengatur ukuran panah
At Zoom Of	Memilih perbesaran minimum dimana panah akan ditampilkan; panah akan menghilang pada perbesaran lebih kecil darinya.

---

**Catatan :** Arah Aliran hanya ditampilkan setelah berhasil dilakukan analisa (lihat bagian 8.2 Running and Analysis)

### Background Option

Halaman Background pada dialog Map Option menyediakan pilihan warna yang digunakan untuk latar belakang




## BAB 8 – MENGANALISA JARINGAN

*Setelah jaringan telah tergambar, kebiasaan hidrolis dan kualitas air sudah siap dianalisa. Bab ini menggambarkan bagaimana mengkhhususkan pilihan untuk menganalisa, bagaimana menjalankan analisa tersebut, dan bagaimana menyelesaikan permasalahan yang muncul dalam proses analisa*

### 8.1 Mengatur pilihan analisa

Ada lima kategori sebagai pilihan yang mengontrol bagaimana EPANET menganalisa jaringan: Hidrolis, Kualitas, Reaksi, Waktu, dan Energi. Untuk mengatur pilihan tersebut:

1. Pilih kategori pilihan dari Data Browser atau pilih **Project>>Analysis Option**
2. Pilih Hidraulics, Quality, Times, atau Energy dari browser.
3. Jika Property Editor tidak mnampak, klik tombol Edit  (atau tekan Enter)
4. Edit pilihan tersebut pada Property Editor

Selama kita mengedit kategori pilihan pada Property Editor, kita dapat bergerak ke kategori selanjutnya atau sebelumnya secara mudah dengan menekan kunci Page down atau Page UP.

#### Pilihan Hidrolis

Pilihan hidrolis mengontrol bagaimana perhitungan hidrolis dapat berjalan. Didalamnya terkandung item sebagai berikut:

## BAB 8 MENGANALISA JARINGAN

Pilihan	Penjelasan
Flow Unit	<p>Merupakan ekpresi dari demand dari nodal dan laju aliran dalam pipa</p> <p>Pilihan unit dalam gallons, cubic feet, atau acre-feet mengimplikasikan bahwa semua unit tersebut merupakan unit US.</p> <p>Memilih liter atau kubik meter menyebabkan semua unit menjadi SI metrik. Perlu diperhatikan ketika mengubah unit flow itu akan berakibat semua data yang ada dalam project juga berubah (lihat Appendix A, Unit of Measurement.)</p>
Headloss Formula	<p>Formula yang digunakan untuk menghitung headloss merupakan fungsi dari laju aliran dalam pipa. Pilihannya adalah :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Hazen-Willians</li><li>- Darcy-Weisbach</li><li>- Chezy-Manning</li></ul> <p>Sebab setiap formula menghitung kekasaran pipa secara berbeda, mengubah formula membutuhkan pula perubahan pada harga koefisien kekasaran pipa.</p>
Specific Gravity	<p>Rasio dari kepadatan dari fluida dalam model terhadap air pada 4 derajat Celcius (tidak bersatuan)</p>
Relative Viscosity	<p>Rasio dari kinematic ciskositasari fluida pada air 20 drajat celcius (1.0 centistokes atau 0.94 sq ft/day) (tidak bersatuan)</p>
Maximum Trials	<p>Maksimum jumlah dari trial yang digunakan untuk menyelesaikan persamaan non linear yang dilakukan dalam satu waktu</p> <p>Disarankan memberi nilai 40</p>
Accuracy	<p>Kriteria Konvergensi digunakan untuk memberi sinyal telah ditemukannya solusi terhadap perasamaan nonlinier yang membangun jaringan hidrolis. Percobaan (trial) akan berhenti ketika jumlah semua perubahan laju aliran dibagi dengan jumlah</p>

---

	semua link kurang dari nomer yang diberikan. Dianjurkan berisi nilai 0.001
If Unbalanced	Aksi yang dilakukan penyelesaian hidrolis bila tidak ditemukan dalam angka percobaan (trial) maksimum. Pilihan STOP untuk menghentikan simulasi pada pint tersebut atau CONTINUE untuk mencoba 10 percobaan (trial) dengan tidak ada status perubahan link, dengan menuju konvergensi.
Default Pattern	Label ID dari time pattern untuk diaplikasikan pada demand pada junction dimana tidak ada time pattern yang spesifik. Jika tidak ada pattern yang eksis maka demand tidak akan bervariasi pada lokasi tersebut.
Demand Multiplier	Faktor global diaplikasikan untuk semua demand untuk mmebuat system konsumsi keseluruhan yang bervariasi naik dan turun pada besaran yang pasti. Misal 2.0 untuk kebutuhan rangkap, 0.5 untuk setengahnya, dan 1.0 pada posisinya.
Emitter Exponent	Tenaga dimana pressure akan bertambah ketika menghitung flow yang melalui emitter. Nilai teksbook untuk nozzle dan sprinnkrel adalah $\frac{1}{2}$ . Tidak diaplikaiskan untuk pipa bocor. Pembahasan lebih detail tentang Emitter ada pada bagian 3.1

---

---

Status Report	<p>Status informasi bagi report setelah analisa dibuat. Pilihannya adalah :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• NONE (tidak ada status pelaporan)</li> <li>• YES (status pelaporan normal – mendata semua perubahan pada link selama simulasi)</li> <li>• FULL (pelaporan penuh-pelaporan normal ditambah dengan konvergensi erroe dari setiap trial dari analisis hidrolis setiap periode waktu)</li> </ul> <p>Status pelaporan penuh (full) hanya berguna untuk kebutuhan debugging.</p>
---------------	---

---

**Catatan :** Pilihan untuk Hydraulic Option dapat juga diatur dari menu **Project>>Default** dan simpan untuk digunakan pada proyek selanjutnya (Lihat **bagian 5.2**)

Pilihan Kualitas Air (Water Quality)\

Pilihan Kualitas air mengontrol bagaimana analisis kualitas air diperoleh. Didalamnya terkandung :

---

<b>Pilihan</b>	<b>Penjelasan</b>
Parameter	<p>Tipe dari parameter kualitas air, pilihannya termasuk</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• NONE (tidak ada analisa kualitas)</li> <li>• CHEMICAL (menghitunga konsentrasi kimia)</li> <li>• AGE (menghitung “water age”)</li> <li>• TRACE ( melacak komposisi aliran dari node yang spesifik)</li> </ul> <p>Pada CHEMICAL, anda dapat memasukkan nama actual dari bahan kimia (missal Chlorine)</p>

---

Mass Units	Unit Massa digunakan untuk mengekspresikan konsentrasi. Pilihannya dalam mg/L atau $\mu\text{g/L}$ . Unit buat Age dan Analisa Trace adalah tetap dalam jam dan persen.
Relative Diffusivity	Rasio dari diffusivity molecular dari bahan kimia yang dimodelkan dalam standar chlorine pada 20 derajat celcius (0.00112 sq ft/day). Gunakan 2 jika daya serap kimia (chemical diffuses) dua kali lebih cepat dari klorin, 0,5 jika setengah lebih cepat, dst. Digunakan ketika membuat model transfer massa untuk reaksi dinding pipa. Atur pada nol untuk mengabaikan efek transfer massa.
Quality Tolerance	Perubahan terkecil pada kualitas yang menyebabkan paket baru dari air pada pipa. Pengaturan tipikal sebaiknya 0.001 untuk bahan kimia diukur dalam mg/l, begitu juga dengan umur air dan pelacakan sumber.

**Catatan :** Toleransi Kualitas menjelaskan tatkala kualitas dari sebuah paket dari air secara esensi aman dengan paket lain. Untuk analisa kimia menandakan batasan deteksi bagi prosedur pengukuran kimia, diatur dengan factor keamanan. Penggunaan nilai yang terlalu besar dapat menoleransi akurasi simulasi. Penggunaan nilai yang terlalu kecil akan mengakibatkan efisiensi penghitungan. Beberapa percobaan dapat menemukan hasil yang tepat.

### Pilihan Reaksi

Pilihan Reaksi mengatur tipe dari reaksi yang diaplikasikan pada analisa kualitas air. Termasuk di dalamnya:

## BAB 8 MENGANALISA JARINGAN

Pilihan		Penjelasan
Bulk Reaction Order		Tenaga untuk membuat konsentrasi bertambah ketika menghitung reaksi aliran bulk. Gunakan 1 untuk reaksi orde pertama, 2 untuk orde ke dua, dst. Gunakan angka negatif untuk Michaelis-Menton kinetics. Jika tidak ada reaksi bulk yang ditetapkan, pilihan ini diabaikan.
Wall Reaction Order		Tenaga untuk membuat konsentrasi bertambah ketika menghitung reaksi aliran bulk. Pilih FIRST (1) untuk reaksi orde pertama atau ZERO (0) untuk reaksi konstan. Jika secara umum tidak ada reaksi dinding pipa yang ditetapkan pilihan ini dapat diabaikan.
Global Coefficient	Bulk	Koefisien laju reaksi ditetapkan untuk semua pipa. Koefisien global ini dapat diatur dengan mengedit untuk pipa yang spesifik. Gunakan Nagka positif untuk pertikbuan dan negatif untuk peluruhan atau 0 untuk tidak ada reaksi bulk yang muncul. Unit konsentrasi bertambah dengan $(1-n)$ dibagi dengan hari, dimana $n$ adalah orde reaksi.
Global Coefficient	Wall	Laju koefisien reaksi dinding ditatpkan untuk semua pipa. Dapat diedit untuk jenis pipa yang spesifik. Gunakan Angka positif untuk pertumbuhan, negatif untuk peluruhan, atau 0 jika tidak ada reaksi didnding yangmuncul. Unitnya dalah ft/day (US) atau m/dat (SI) untuk reaksi orde pertama dan maa/sq/t/day (US) atau mass/sq/m/day (SI) untuk orde reaksi nol.

Limiting Concentration	Konsentrasi maksimum dimana substansi dapat tumbuh ke nilai minimum dan meluruh juga. Laju reaksi bulk akan proporsional ek angka diantara konsentrasi saat itu dan angka yang diberikan. Untuk lebih jelasnya lihat diskusi tentang Bulk Reaction pada bagian 3.4. Atur menjadi nol jika tidak digunakan.
Wall Coefficient Correlation	Faktor korelasi koefisien reaksi untuk pipa kasar. Untuk lebih detail lihat diskusi reaksi dinding pada bagian 3.4, Atur menjadi nol jika tidak diaplikasikan.

### Pilihan Time

Pilihan time mengatur nilai untuk variasi langkah waktu yang digunakan untuk memperpanjang periode simulasi. Penjelasan ada di bawah ini (Time dapat dimasukkan sebagai desimal dalam jam atau notasi jam:menit):

Pilihan	Penjelasan
Total Duration	Panjang Total waktu durasi simulasi. Gunakan 0 untuk me-run simulasi dalam periode tunggal (snapshot).
Hydraulic Time Step	Interval waktu dalam perhitungan ulang dari system hidraulik. Normalnya adalah 1 jam
Quality Time Step	Interval waktu dalam perhitungan kandungan kualitas air. Normalnya 5 menit (0:05 jam)
Pattern Time Step	Interval waktu yang digunakan dalam pola. Normalnya adalah 1 jam
Pattern Time Time	Waktu dimana simulasi berawal (missal nilai 2 berarti simulasi berawal pada pola jam ke 2) Normalnya adalah 0
Reporting Time Step	Interval waktu yang akan dilaporkan. Normalnya 1 jam

## BAB 8 MENGANALISA JARINGAN

---

Report Time	Start Time	Waktu awal dalam simulasi hasil perhitungan. Normalnya adalah 0
Starting Time of Day	Time	Waktu (missal 7:30 am, 10:00 pm) dimana simulasi berawal. Standarnya 12:00 am (midnight)
Statistic		Tipe proses Statistik yang digunakan untuk merangkum hasil dari simulasi. Pilihannya adalah: <ul style="list-style-type: none"><li>• NONE (Hasil laporan untuk setiap tahapan waktu)</li><li>• AVERAGE (Hasil waktu Rata-rata yang dilaporkan)</li><li>• MINIMUM (Hasil Nilai Minimum yang dilaporkan)</li><li>• MAXIMUM (Nilai maksimum yang dilaporkan)</li><li>• RANGE (Perbedaan antara maksimum dan minimum hasil pelaporan)</li></ul>

Proses Statistik diaplikasikan untuk semua hasil perhitungan node dan link yang dicapai pada saat Report Start Time hingga Total Duration.

---

**Catatan :** Untuk menjalankan analisis hisrolis dengan periode tunggal (juga dikenal dnegan analisis Snapshot) masukkan 0 untuk Total Duration Dalam kasus memasukkan pilihan waktu yang lainnya dengan memasukkan Starting Time of Day, tidak digunakan. Analisa Kualitas Air sselalu dibutuhkan jika Total Duration ada.

### Pilihan Energi


Analisis Pilihan Energi menyediakan penggunaan standar untuk menghitung kebutuhan energi dan biaya ketika tidak ada parameter energi yang ditetapkan pada pompa. Mengandung data sebagai berikut:




Pilihan	Pemilihan
Pump Efficiency (%)	Efisiensi pompa Standar
Energy Price per KWH	Harga energi per kilowatt-jam. Unit Moneter tidak secara langsung ditampilkan.
Price Pattern	Label ID dari time pattern yang digunakan untuk menampilkan variasi harga energy terhadap waktu. Biarkan kosong jika tidak digunakan.
Demand Charge	Tambahan Energi per maksimum kilowatt.

## 8.2 Analisis Running

Untuk me-run analisis hidrolis/kualitas air :

1. Pilih **Project>>Run Analysis** atau klik  pada Standard Toolbar.
2. Progres dari analisis akan ditampilkan pada jendela Run Status
3. Klik OK ketika analisa berakhir

Jika analisa berlangsung sukses ikon  akan muncul pada bagian Run Status pada Statu Bar di dasar EPANET workspace. Beberapa pesan error error atau perhatian akan muncul pada jendela Status Report. Jika anda mengedit property dari network setelah berhasil me-run maka ikon kran akan berubah menjadi kran yang pecah yang mengindikasikan bahwa hasil perhitungan belum diaplikasikan pada jaringan yang telah dimodifikasi.

## 8.3 Hasil Trouble Shooting

EPANET akan mengeluarkan pesan Error dan Perhatian ketika masalah terlihat pada analisis hidrolis dan Kulaitas air.

## BAB 8 MENGANALISA JARINGAN

(Lihat **Appendix B** untuk daftar selengkapnya). Hal yang sering muncul akan didiskusikan di bawah ini:

Pompa tidak dapat menyalurkan Aliran atau Head (Pump Cannot Deliver Flow or Head).

EPANET akan mengeluarkan pesan error dan peringatan ketika pompa bekerja diluar kisaran kurva pompa. Jika pompa membutuhkan tenaga melebihi head yang langsung mematikan pompa, EPANET akan menutup pompa. Hal ini memberikan porsi pada jaringan sehingga terputusnya aliran dari berbagai sumber.

### Jaringan Terputus (Network Is Disconnected)

EPANET mengklasifikasi jaringan yang terputus jika tidak ada jalan bagi air untuk disalurkan ke node yang membutuhkannya. Hal tersebut dapat muncul jika tidak ada jalur terbuka diantara junction dengan demannya dan reservoir, tangki atau junction dengan negative Demand. Jika masalahnya muncul karena link yang ditutup EPANET tetap menghitung perhitungan hidrolisnya (dengan kemungkinan terdapat nilai negative pressure yang tinggi) dan menyampaikan permasalahan itu dalam Status Report. Jika tidak ada link yang terkoneksi EPANET akan membatalkan perhitungan dan kembali kepada pesan Error 110 jika dibutuhkan analisa. Dalam periode waktu simulasi yang diperpanjang ada kemungkinan bagi node untuk menjadi terputus dengan perubahan status link.

### Kemunculan Pressure Negative (Negative Pressure Exist)

Epanet akan memunculkan pesa peringatan ketika menghasilkan hitungan tekanan negatif pada junction dengan demand positif. Biasanya mengindikasikan bahwa terdapat masalah dengan jaringan yang dibuat atau dioperasikan. Tekanan Negatif dapat muncul ketika bagian dari jaringan hanya dapat menerima sebagian air, mungkin karena jaringan

tertutup. Dalam beberapa kasus pesan error tentang jaringan yang terputus juga disampaikan.

### Ketidak seimbangan system (System Unbalanced)

Kondisi system yang tidak seimbang dapat muncul ketika EPANET tidak bias mengatasi solusi hidrolis pada beberapa periode waktu dengan angka trial maksimum. Situasi tersebut dapat muncul ketika valve, Pompa atau pipa tetap berubah statusnya pada saat tiral yang satu ke yang lainnya dalam rangka mencari solusi hidrolis. Sebagai contoh, batas tekanan yang mengontrol status pompa yang akan diatur menutup bersamaan. Atau kurva head pompa yang terlalu datar menyebabkan menjaga pompa mati atau menyala.

Untuk mengatasi kondisi unbalance adalah dengan mencoba menambah angka maksimum yang dibolehkan dari trial atau kurangi kebutuhan akurasi konvergensi. Keduanya diatur dalam Hydraulic Options. Jika kondisi unbalance itu masih muncul, dan kemudian dalam polihan hidrolis dalam status “if unbalanced”, maka ditawarkan dua cara untuk mengatasinya. Satu dengan memberhentikan analisis dalam kondisi terhitung. Lainnya adalah meneruskan mencari solusi hidrolis untuk 10 trial dengan status semua link dibekukan padanilai saat itu. Jika konvergensi tercapai sementara pesan peringatan masih tetap muncul, bias dipastikan system tidak stabil. Jika konvergensi tidak tercapai maka pesan “System Unbalance” muncul. Dalam lain anaisis akan diproses pada periode selanjutnya.

Jika sebuah analisis yang diberikan dalam periode watu telah berakhir dengan system unbalance maka pengguna (user) harus mengenali bahwa hasil perhitungan hidrolis untuk periode watu itu tidak akurat. Berdasarkan hal tersebut, seperti kesalahan pada aliran memasuki aua keluar dari tangki, dapat mengakibatkan keakuratan hasil pada seluruh periode adalah baik.

## BAB 8 MENGANALISA JARINGAN

Persamaan Hidrolika tidak menemukan jawaban (Hydraulic Equations Unsolvable)

Error 110 muncul jika beberapa titik yang diatur oleh persamaan model aliran dan kesetimbangan energi dalam jaringan tidak menemukan jawaban. Hal tersebut dapat muncul jika beberapa porsi dari sistem kebutuhan air secara fisik tidak memiliki koneksi kepada beberapa sumber air. Dalam beberapa kasus EPANET juga akan mengenal pesan peringatan tentang node yang tidak terkoneksi. Persamaan juga akan tidak menemukan jawaban jika angka yang realistis digunakan langsung pada properties jaringan.

## Bab 9 – MELIHAT HASIL.

*Bab ini menjelaskan tentang cara lain untuk melihat hasil analisis dari input dasar jaringan. Termasuk juga cara lain untuk melihat peta, grafik, tabel dan report khusus.*

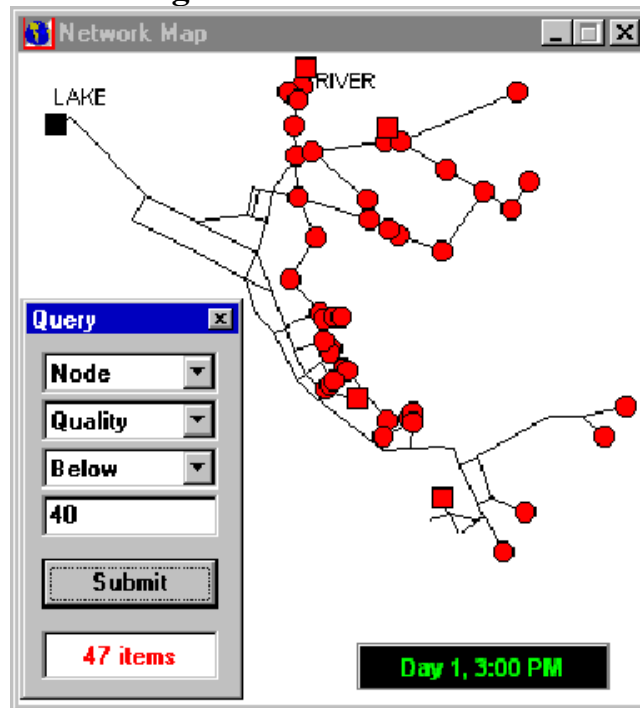
### 9.1 Melihat hasil pada peta.

Banyak cara untuk melihat langsung hasil dari simulasi dan nilai database pada map:


- Pada Map Browser (lihat **bagian 4.6**), node dan link pada peta akan diberi warna sesuai dengan kode yang digunakan dalam Map Legends (lihat **bagian 7.6**) Warna tersebut akan selalu diperbaharui sesuai dengan periode waktu yang terpilih pada browser.
- Jika pilihan program Flyover Map Labelling (lihat **bagian 4.9**) dipilih, gerakkan mouse diatas beberapa node atau link dan akan ditampilkan label ID dan nilai dari parameter yang dimaksud dalam kotak.
- Label ID dan nilai parameter dapat ditampilkan untuk semua node/link dengan memilih pilihan pada halaman Notation pada dialog Map option (lihat **Bagian 7.8**)
- Node atau link dengan spesifik kriteria dapat diidentifikasi dengan mendaftarkannya apa Map Query (lihat penjelasan berikut)
- Anda dapat menggerakkan (animate) tampilan hasil pada peta maju kedepan atau mundur berdasarkan waktu, dengan menggunakan tombol Animation pada Map Browser. Animasi ini hanya tersedia ketika node atau link menampilkan parameter hasil perhitungan (misal link flow rate dapat bergerak namun diameter tidak)
- Peta dapat dicetak (print), dicopy ke clipboard windows, atau di save sebagai DXF file atau Windows Metafile.

### Mendaftarkan Map Query

Map Query mengidentifikasi node atau link pada jaringan dengan kriteria khusus (misalnya, node dengan pressure kurang dari 20 psi, link dengan kecepatan diatas 2 ft/sec.dst). Sebagai contoh lihat **gambar 9.1**. Untuk mendaftarkannya :



**gambar 9.1** Hasil dari Map Query

1. Pilih Time Period yang berkaitan dengan query dari map browser
2. Pilih **View>>Query** atau klik  pada Map Toolbar.
3. Isi informasi pada dialog Query yang muncul :
  - a. Pilih untuk mencari node atau link
  - b. Pilih Parameter untuk pembandingan
  - c. Pilih Above, Below, atau Equals
  - d. Masukkan nilai untuk membandingkan
4. Klik tombol **Submit**. Objek yang sesuai dengan kriteria akan disorot dalam peta.
5. Sesuai dengan periode waktu yang baru pada browser, hasil query secara otomatis akan diperbaharui.

6. Anda dapat mendaftarkan query yang lain menggunakan kotak dialog atau menutupnya dengan mengklik tombol pada sudut kanan atas.

Setelah kotak Query ditutup peta kembali menampilkan tampilan aslinya.

## 9.2 Menampilkan hasil melalui grafik


Menganalisa hasil, sebagai hasil olahan parameter design, dapat ditampilkan menggunakan beberapa tipe grafik. Grafik dapat di cetak, copy ke clipboard windows, atau disimpan sebagai file data atau windows metafile. Beberapa tipe grafik dapat digunakan untuk melihat nilai dari parameter yang terpilih (lihat **gambar 9.2** untuk tiap contoh) :

<b>Tipe Plot</b>	<b>Penjelasan</b>	<b>Digunakan untuk</b>
Time Series Plot	Mem-plot nilai vs Waktu	Node atau link khusus pada semua periode waktu
Profilw Plot	Mem-pot nilai vs Jarak	Daftar dari node pada waktu yang khusus
Contour Plot	Memperlihatkan area dari peta dengan interval nilai yang khusus	Semua node pada waktu yang khusus
Frequency Plot	Mem-plot nilai vs sedikit objek atau nilai dibawahnya	Semua node atau link pada waktu khusus
System Flow	Mem-plot keseluruhan sistem produksi dan konsumsi vs waktu	Kebutuhan air untuk semua node pada seluruh periode waktu

Catatan : Ketika hanya node atau link tunggal yang tergambar pada runutan waktu, grafik akan menampilkan beberapa data terukur yang tersimpan pada Calibration File yang telah terdaftar pada proyek (lihat **bagian 5.3**)

Untuk membuat grafik :

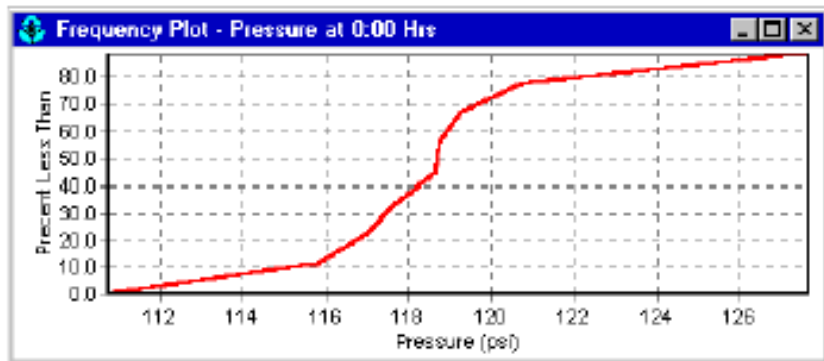
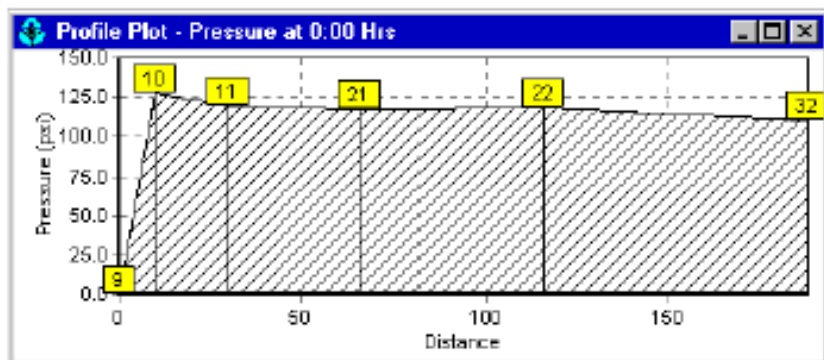
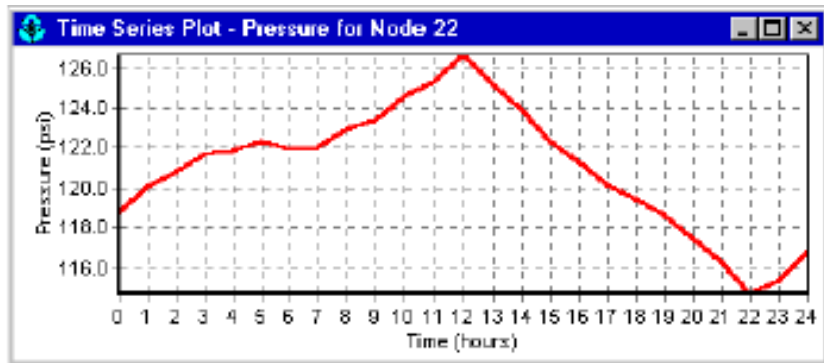
## BAB 9 MELIHAT HASIL

1. Pilih **Report>>Graph** atau klik  pada Standard Toolbar.
2. Isi pilihan pada kotak dialog Graph Selection yang muncul
3. Klik OK untuk membuat grafik

Dialog Graph Selection, seperti yang terlihat pada **gambar 9.3**, digunakan untuk memilih tipe grafik dan kandungannya untuk ditampilkan. Pilihan yang tersedia dalam dialog adalah sebagai berikut :

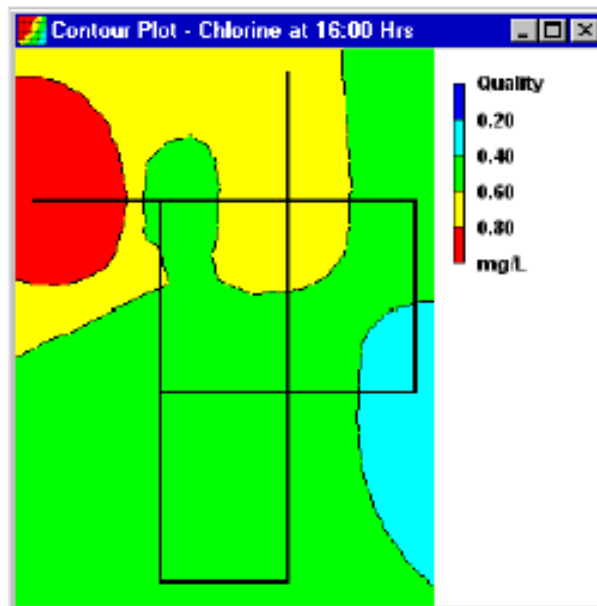
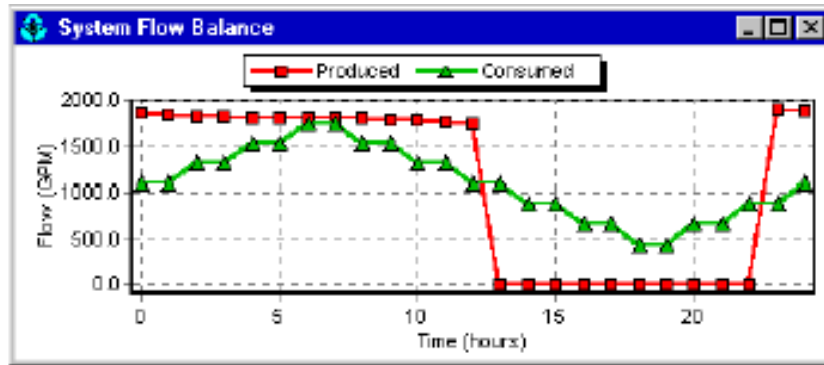
<b>Item</b>	<b>Penjelasan</b>
Graph Type	Memilih tipe grafik
Parameter	Memilih parameter untuk grafik
Time Period	Memilih periode waktu untuk grafik (tidak digunakan untuk memplot Time series)
Object Type	Memilih baik node atau ling (hanya node dapat digambarkan pada profil dan contour plot)
Items ti Graph	Memilih item untuk grafik (digunakan hanya untuk Time Series dan Profile plot)



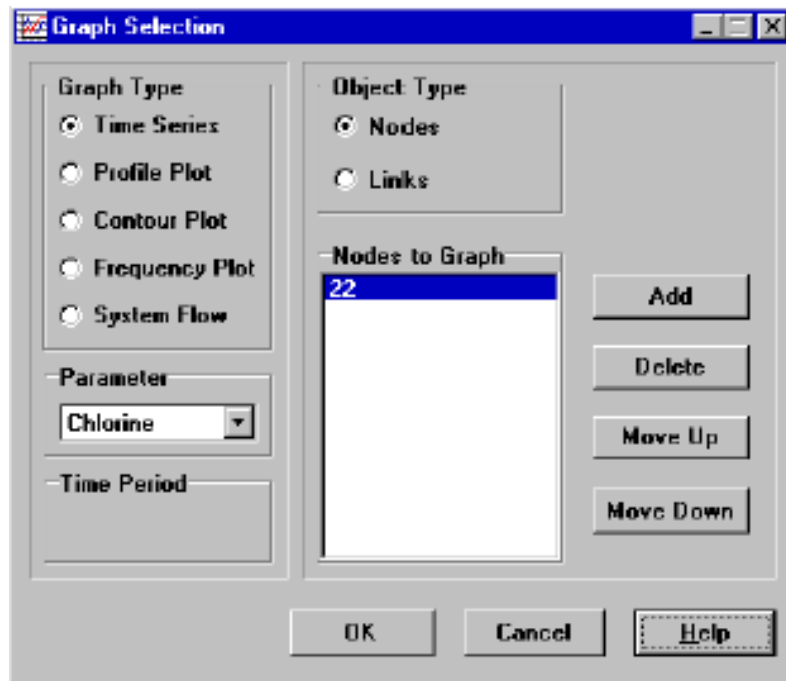


gambar 9.2 Contoh dari bermacam-macam tipe grafik

## BAB 9 MELIHAT HASIL



Gambar 9.2 (sambungan dari galaman sebelumnya)



Gambar 9.3 Dialog Graph Selection

Plot dari Time series dan Profile membutuhkan satu atau beberapa obyek terpilih. Untuk memilih item ke dalam Graphic Selection :

1. Pilih Objek (node atau link) pada Network Map atau pada Data Browser. (Dialog Graph Selection akan terlihat selama proses)
2. Klik tombol Add pada dialog Graph Selection untuk menambah pilihan item ke dalam daftar.

Pada langkah 2, anda dapat juga men-drag label obyek dari Data Browser menuju bentuk Title bar atau kedalam kotak daftar Items to Graph.

Tombol lainnya pada dialog Graph Selection digunakan untuk :


<b>Tombol</b>	<b>Kegunaan</b>
Load (Profile Plot Only)	Memuat daftar node yang sebelumnya disimpan
Save (Profile Plot Only)	Menyimpan daftar node saat itu ke dalam file
Delete	Menghapus item yang terpilih dari

---

	daftar
Move Up	Memindahkan item terpilih ke atas satu langkah
Move Down	Memindahkan item terpilih ke bawah satu langkah

---

Untuk mengatur penampakan dari grafik:

1. Buatlah windows aktif (klik pada title bar)
2. Pilih **Report>>Options**, atau klik  pada Standard Toolbar, atau klik kanan pada grafik
3. Buat Time Serries, Profile, Frequency atau System Flow plot, gunakan hasil dialog Graph Options (**gambar 9.4**) untuk mengatur penampakan grafik
4. Untuk Contour Plot, gunakan hasil dialog Contour Plot untuk mengatur plot-an.

**Catatan :** Hasil Plot Time Serries, Profile, atau Frequency dapat di perbesar dengan cara menekan kunci cltr ketika membuat kotak zoom dengan menahan tombol kiri mouse. Menggambar kotak dari kiri ke kanan untuk memperbesar, menggambar kotak dari kanan ke kiri untuk memperkecil. Hasil Plot juga dapat di Pan ke segala arah dengan menahan tombol cltr bersamaan dengan menggeser mouse dengan menekan tombol kanan.

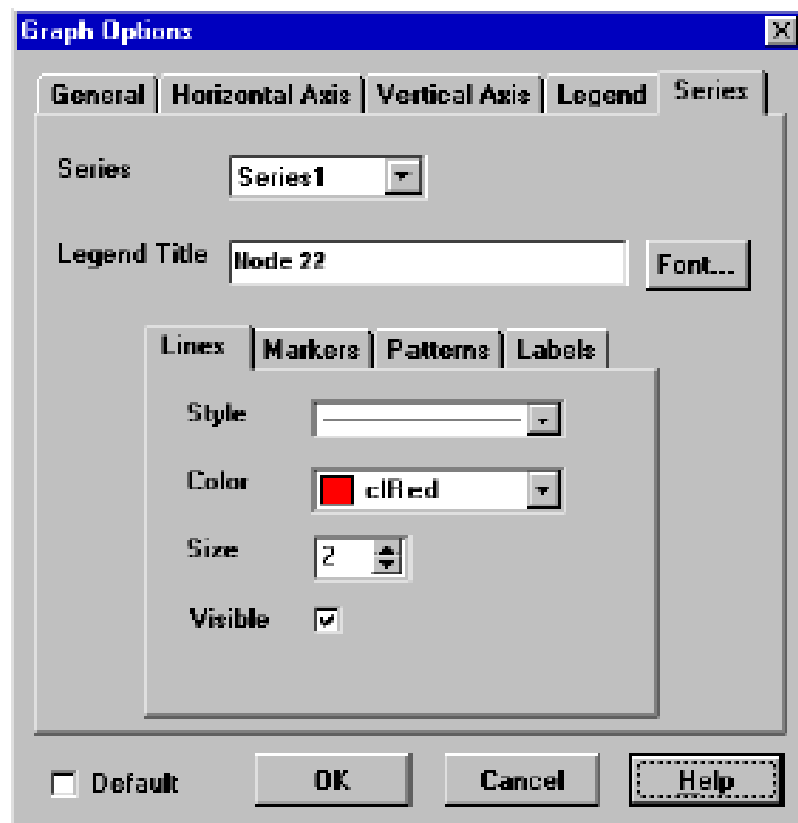
Bentuk dialog Graph Optiona (**gambar 9.4**) digunakan untuk mengatur penampakan grafik X-Y. Untuk menggunakan kotak dialog tersebut :

1. Pilih diantara lima halaman yang mengandung pilihan kategori:
  - a. General
  - b. Horizontal Axis
  - c. Vertical Axis
  - d. Legend
  - e. Series
2. Check kotak Default jika diharapkan menggunakan seting saat ini sebagai pilihan standar
3. Pilih OK untuk menerima semua pilihan tadi.

Item tadi mengandung masing-masing halaman dari dialog Graph Options berikut ini :

**General Page**

Pilihan	Penjelasan
Panel Color	Warna dari Panel disekeliling area grafik
Background Color	Warna dari plotting area grafik
View in 3D	Pilihlah jika ingin grafiknya 3D
3D Effect Percent	Tingkat efek 3D dari gambar
Main Title	Teks dari Titel Utama
Font	Mengubah jenis huruf yang diunakan pada Titel Utama



Gambar 9.4 Dialog Graph Option

**Halaman Horizontal and Vertical Axis**

<b>Pilihan</b>	<b>Penjelasan</b>
Minimum	Mengatur minimum nilai sumbu ( nilai minimum nampak dalam kurung) Dapat dikosongkan
Maximum	Mengatur maksimum nilai sumbu (nilai maksimum nampak dalam kurung). Dapat Dikosongkan
Increment	Mengatur penambahan label sumbu. Dapat dikosongkan
Auto Scale	Jika dipilih maka setting minimum, maksimum dan increment akan diabaikan
Gridlines	Pilih tipe dari garis untuk menggambar
Axis title	Teks untuk title sumbu
Font	Klik untuk memilih jenis huruf untuk title sumbu.

**Halaman Legend**

<b>Pilihan</b>	<b>Penjelasan</b>
Position	Pilih dimana akan menempatkan Legend
Color	Pilih warna untuk warna latar belaksng legenda
Symbol Width	Meilih ketebalan (dalam pixel) untuk menggambar simbol dari legenda
Framed	Menempatkan kerangka disekitar legenda
Visible	Membuat legenda nampak

**Halaman Series**

Halaman Series (**gambar 9.4**) dari dialog Graph Options mengontrol bagaimana seri data individual (atau kurva) akan ditampilkan pada grafik. Utuk menggunakan halam tersebut :

- Pilih data series dari kotak besar series
- Edit title yang digunakan, utuk mengidentifikasi series tersebut dalam legenda
- Klik tombol font untuk mengubah font yang digunakan untuk legenda (Properti legenda yang lain terpilih pada halaman legenda)

- Pilih properti dari data series yang hendak di modifikasi. Pilihannya adalah :
  - Lines
  - Markers
  - Patterns
  - Label

(tidak semua properti bisa digunakan untuk beberapa tipe grafik)

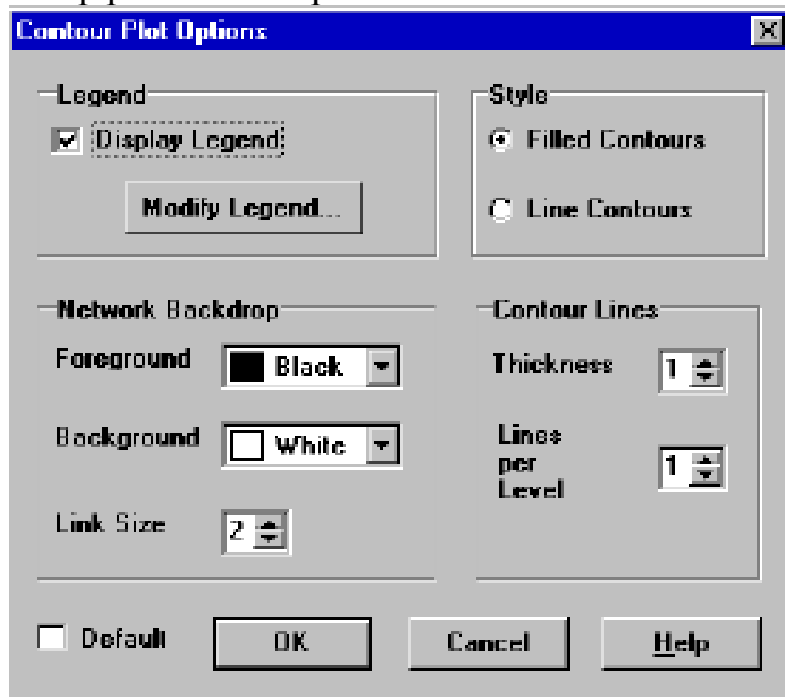
Data Series Properti yang dapat dimodifikasi termasuk :

Kategori	Pilihan	Penjelasan
Lines	Style	Memilih gaya Garis
	Color	Memilih Gaya Warna
	Size	Memilih ketebalan garis (hanya untuk tipe garis yang solid)
	Visible	Menentukan jika garisnya nampak
Markers	Style	Memilih gaya marker
	Color	Memilih warna marker
	Size	Memilih ukuran marker
	Visible	Menentukan jika markernya nampak
Pattern	Style	Memilih gaya pola
	Color	Memilih warna pola
	Stacking	Tidak digunakan dalam EPANET
Label	Style	Memilih tipe informasi yang ditampilkan dalam label
	Color	Memilih warna latar belakang dari label
	Transparent	Menjelaskan apakah grafik ditampilkan bersama label apa tidak
	Show Arrows	Menjelaskan apakah panah ditampilkan pada pie chart

**BAB 9 MELIHAT HASIL**

Visible Menjelaskan apakah label tampak apa tidak

Dialog Pilihan Contour (**gambar 9.5**) digunakan untuk mengatur penampakan dari grafik ontur. Penjelasan untuk setiap pilihan disampaikan dibawah ini :



**Gambar 9.5** Dialog Pilihan Conoour Plot

Kategori	Pilihan	Penjelasan
Legenda	Display Legend	Toggles menampilkan legenda atau tidak
	Modify Legend	Mengubah warna dan interval kontur
Network Backdrop	Foreground	Warna dari image jaringan yang tampil
	Background	Warna latarbelakang yang digunakan
	Link Size	untuk garis kontur
Style	Thickness	Ketebalan dari garis yang digunakan
	Filled Contours	Mem-plot menggunakan contour



	Line Contours	ber-area Mem-plot menggunakan contour garus berwarna
Contour Lines	Thickness	Ketebalan dari garis yang digunakan untuk interval contour
	Lines per level	Jumlah sub contour pada setiap level contour
Default		Menyimpan pilihan sebagai standard untuk plot contour selanjutnya.


### 9.3 Melihat hasil dengan Tabel

EPANET mengbolehkan kita untuk melihat data proyek dan hasil analisa dalam format tabel :

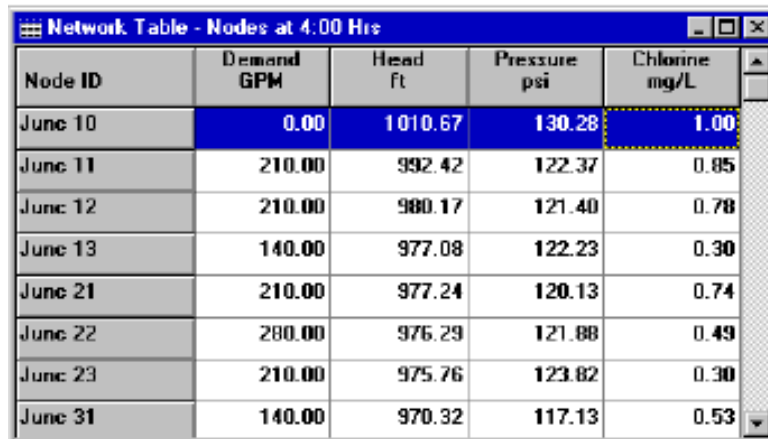
- Network Table berisi daftar properti dan hasil untuk semua node atau link pada periode waktu tertentu
- Time Serries Table berisi daftar properti dan hasil untuk node yang spesifik atau link dalam seluruh periode waktu

Tabel dapat di cetak, dikopi ke window clipboard, atau disimpan dalam file. Sebgaai contoh tabel diperlihatkan dalam **gambar 9.6**

Untuk membuat tabel :

1. Pilih **View>>Table** atau klik  pada Standard Toolbar
2. Gunakan kotak dialog Table Option yang muncul, untuk memilih :
  - a. Tipe dari tabel
  - b. Banyaknya tiap kolom yang ingin ditampilkan
  - c. Filter untuk mengaplikasikan data

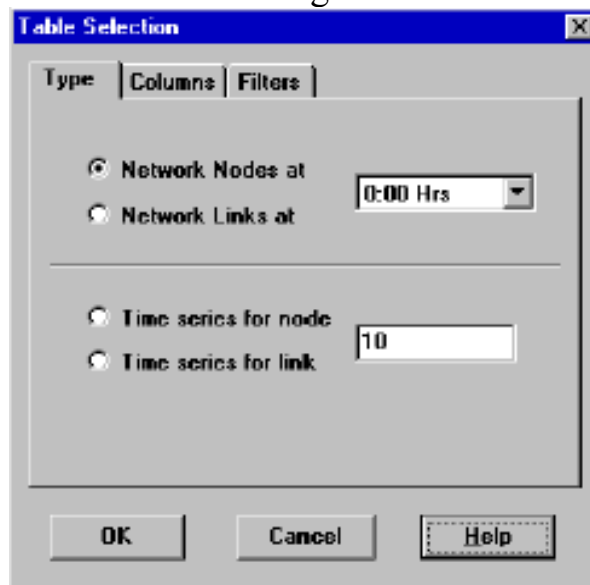
## BAB 9 MELIHAT HASIL



Node ID	Demand GPM	Head ft	Pressure psi	Chlorine mg/L
June 10	0.00	1010.67	130.28	1.00
June 11	210.00	992.42	122.37	0.85
June 12	210.00	980.17	121.40	0.78
June 13	140.00	977.08	122.23	0.30
June 21	210.00	977.24	120.13	0.74
June 22	280.00	976.29	121.88	0.49
June 23	210.00	975.76	123.82	0.30
June 31	140.00	970.32	117.13	0.53

**Gambar 9.6** Contoh Tabel Node pada Jaringan

Bentuk Dialog Table Option memiliki tiga halaman Tab yang terlihat dalam **gambar 9.7**. Ketiga halaman tab itu tersedia jika sebuah tabel pertama kali dibuat. Setelah Tabel tercipta, hanya Tab Columns dan Filters yang muncul. Pilihan yang tersedia untuk setiap halaman adalah sebagai berikut:



**Gambar 9.7** Dialog Table Selection

### Halaman Type

Halaman Type dari dialog Table Option digunakan untuk memilih tabel yang akan dibuat. Pilihannya adalah :

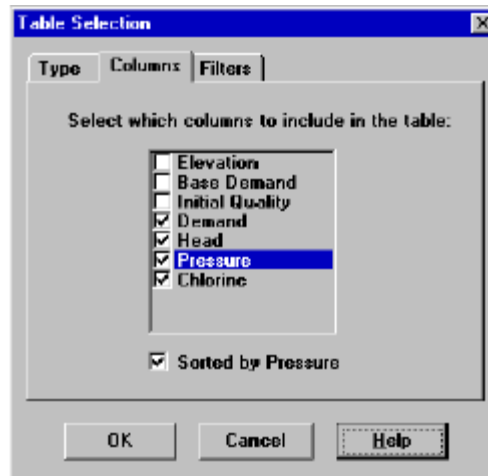
- Semua node dalam jaringan pada periode waktu yang spesifik
- Semua link dalam jaringan pada periode waktu yang spesifik
- Semua periode waktu untuk spesifik node
- Semua periode waktu untuk spesifik link

Data Field tersedia untuk dipilih berdasarkan periode waktu atau node/link sebagaimana tabel diaplikasikan.

### Halaman Columns

Halaman Columns dari bentuk dialog Table Options (**Gambar 9.8**) untuk memilih parameter yang akan ditampilkan dalam kolom tabel.

- Klik checkbox sebelum nama setiap parameter yang diinginkan tampil dalam tabel, atau jika ada yang telah terpilih, klik untuk tidak memilihnya. (Up dan Down pada keyboard dapat digunakan untuk bergerak diantara nama parameter, dan spacebar dapat digunakan untuk memilih/tidak pilihannya)
- Untuk mengurutkan tabel tipe Network dari parameter yang terpilih, pilih parameter dari daftar dan kosongkan kotak Sorted by pada bagian bawahnya. (Parameter yang diurut tidak bisa dipilih sebagai kolom dalam tabel) Tabel Time Series tidak bisa diurut.



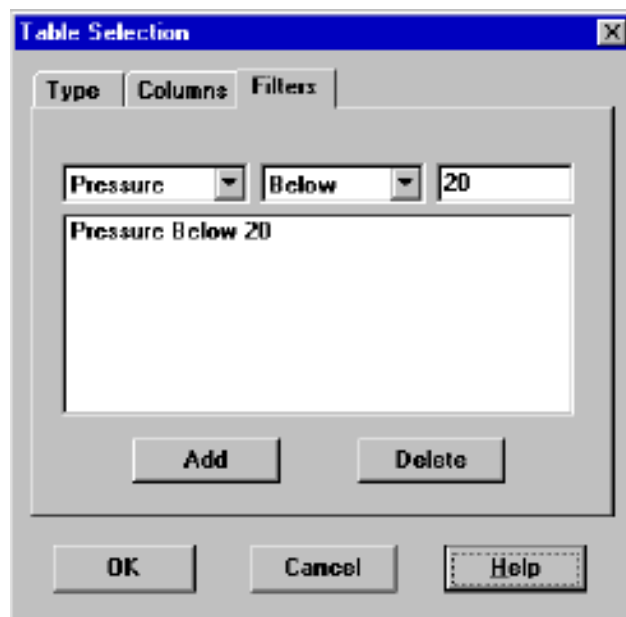
**Gambar 9.8** Halaman Columns dari dialog Table Selection

### Halaman Filter

Halaman Filter dari bentuk dialog Table Options (**Gambar 9.9**) digunakan untuk menjelaskan kondisi dari item yang dipilih untuk ditampilkan dalam tabel. Untuk mem-filter isi dari tabel :


- Gunakan kontrol pada bagian atas halaman untuk membuat kondisi (misal Pressure dibawah 20)
- Klik tombol Add untuk menambah kondisi dalam daftar
- Gunakan tombol delete untuk menghilangkan kondisi terpilih dari daftar.

Multiple kondisi digunakan dalam filter dihubungkan dengan AND's. Jika tabel telah difilter, sebuah panel akan muncul pada dasar mengindikasikan berapa banyak item yang telah dikondisikan.



**Gambar 9.9** Halaman Filter dari dialog Table Selection

Sebuah tabel yang telah terbentuk dapat ditambah/dihilangkan kolomnya atau diurutkan :

- Pilih **Report>>Options** atau klik  pada Standard Toolbar atau klik kanan pada tabel

- Gunakan halaman Columns dan Filter dari dialog Table Selection untuk memodifikasi tabel anda.

## 9.4 Melihat Laporan Khusus

Sebagai tambahan grafik dan tabel, EPANET dapat membuat beberapa laporan. Termasuk diantaranya :

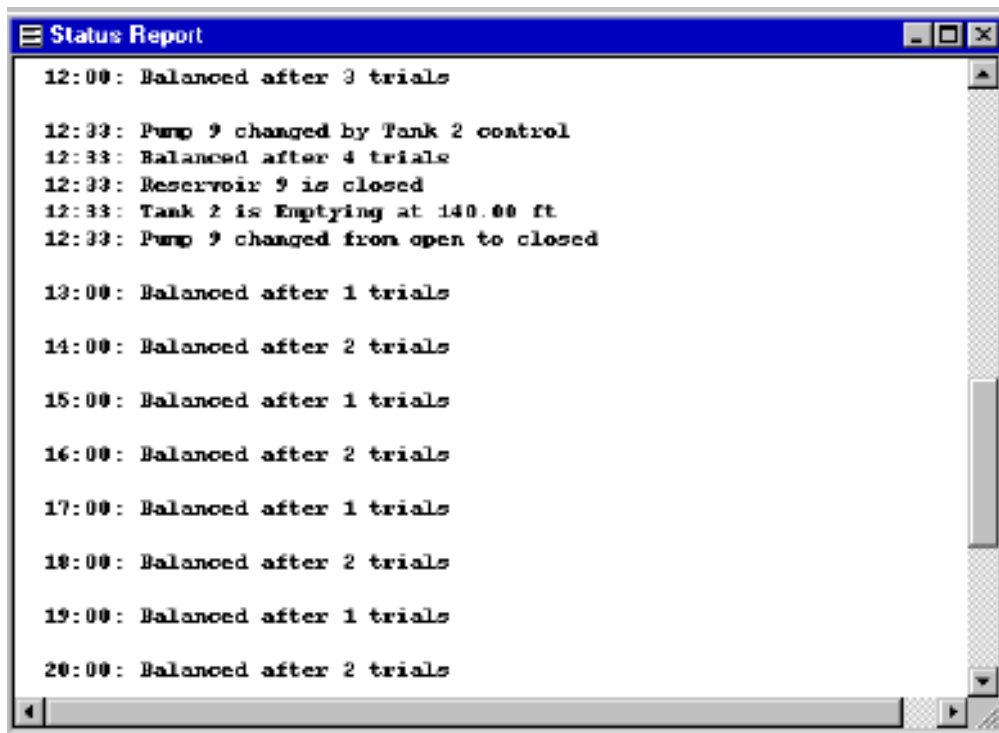
- Status Report
- Energy Report
- Calibration Report
- Reaction Report
- Full Report

Semua report dapat di cetak, copy ke file, atau dikopy ke Windows Clipboard (Tipe Full Report hanya dapat di save dalam file).

### Status Laporan

EPANET mencatat semua error dan pesan kesalahan yang tercipta selama analisa ke dalam Status Report (Lihat **gambar 9.10**). Sebagai tambahan informasi, tatkala objek jaringan berubah status, perubahannya juga tertulis pada laporan jika Pilihan Status Report pada Pilihan Hydraulics di set Yes atau Full. Untuk melihat status laporan pada kondisi tertentu secara lengkap pilih Report>>Status dari menu utama.

## BAB 9 MELIHAT HASIL



Gambar 9.10 Kutipan dari Status Report

### Laporan Energy

EPANET dapat membuat Laporan Energy yang menampilkan tentang statistik konsumsi energi setiap pompa serta biaya untuk penggunaan energi selama masa simulasi (lihat **gambar 9.11**). Untuk membuat Laporan Energy pilih **Report>>Energy** dari menu utama. Laporan tersebut terdiri dari dua halaman Tab. Satu menampilkan penggunaan energy oleh pompa dalam format tabel. Kedua, membandingkan energi yang terpilih dengan penggunaan pompa menggunakan diagram batang.

The screenshot shows a window titled 'Energy Report' with a blue title bar. It has two tabs: 'Table' and 'Chart'. The 'Table' tab is selected, displaying the following data:

Pump	Percent Utilization	Average Efficiency	Kw-hr /Mgal	Average Kwatts	Peak Kwatts	Cost /day
10	58.33	75.00	314.07	62.01	62.73	0.00
335	29.51	75.00	394.83	309.49	310.86	0.00
Total Cost						0.00
Demand Charge						0.00

Gambar 9.11 Contoh Laporan Energy

## Laporan Kalibrasi

Sebuah Laporan Kalibrasi dapat menunjukkan sebagaimana baik simulasi EPANET memiliki kesesuaian dengan data terukur di lapangan. Untuk membuat Laporan Kalibrasi :

1. Pertama-tama yakinkan bahwa Data Kalibrasi telah didaftarkan pada proyek (Lihat **bagian 5.3**)
2. Pilih **Report>>Calibration** dari menu utama
3. Pada pilihan Laporan Kalibrasi yang muncul (lihat **gambar 9.12**) :
  - a. Pilih parameter untuk kalibrasi
  - b. Pilih lokasi pengukuran untu digunakan dlam laporan
4. Pilih OK untuk membuat report

Setelah laporan terbentuk, bentuk pilihan Laoran Kalibrasi dapat dipanggil lagi untuk mekalukan perubahan pada laporan dengan memilih **Report>>Options** atau dengan mengklik



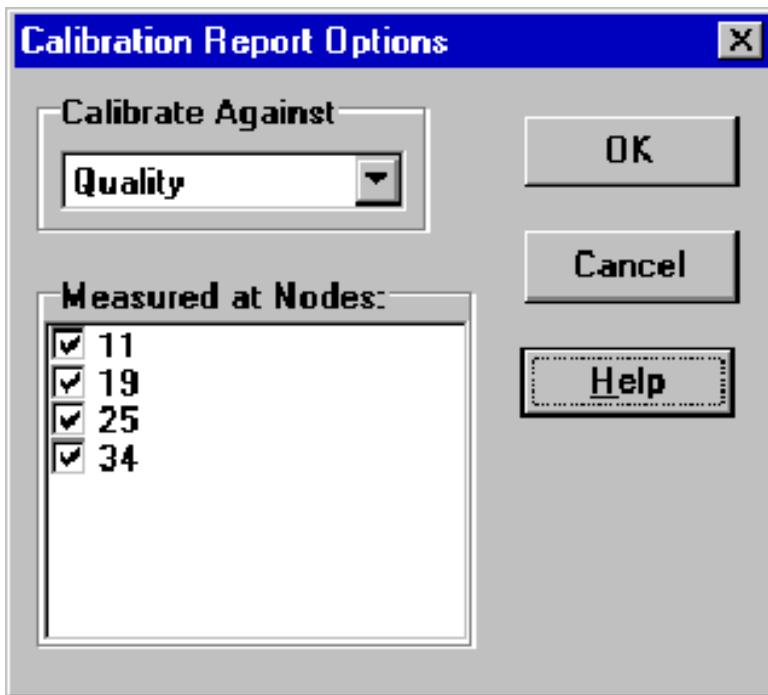
pada Standard Toolbar ketika laporan tersebut sedang aktif pada Workspace EPANET.

Contoh Laporan Kalibrasi ditampilkan dalam **gambar 9.13** Mengandung tiga halaman Tab: Statistics, Colleration Plot, dan Mean Comparison.

### Statistic Page

Halaman Statistik pada Laoran kalibrasi ini memuat daftar dari variasi error antara simulasi dan nilai pengamatan pada setiap lokasi pengukuran dan pada jaringan. Jika nilai pengukuran pada sebuah lokasi ditetapkan pada suatu waktu, sementara laporan simulasi interval waktu, maka nilai simuasi waktu dapat diperoleh dengan menginterpolasi antara nilai simulasi dengan akhir dari intervalnya.

## BAB 9 MELIHAT HASIL



Gambar 9.12 Dialog Pilihan Laporan Kalibrasi

The 'Calibration Report - Fluoride' window shows the 'Statistics' tab. It contains a table of calibration statistics for Fluoride. The table has columns for Location, Num Obs, Obs Mean, Comp Mean, Mean Error, and RMS Error. Below the table, it states 'Correlation Between Means: 0.395'.

Location	Num Obs	Obs Mean	Comp Mean	Mean Error	RMS Error
11	19	0.49	0.44	0.064	0.102
19	20	0.75	0.54	0.254	0.377
25	20	0.75	0.69	0.084	0.145
34	19	0.92	0.95	0.104	0.180
Network	78	0.73	0.65	0.127	0.229

Correlation Between Means: 0.395

Gambar 9.13 Contoh Laporan Kalibrasi

Daftar Statistik untuk setiap lokasi pengukuran adalah:

- Jumlah observasi
- Titik tengah nilai observasi
- Titik tengah Nilai simulasi



- Titik tengah error mutlak diantara setiap nilai observasi dan simulasi
- Root Mean Square Error (Square root dari nilai tengah dari square error antara nilai observasi dengan simulasi)

Statistik tersebut juga tersedia untuk seluruh jaringan (misal seluruh kesalahan perhitungan dan model). Juga daftar hubungan antara nilai tengah (koefisien korelasi antara nilai tengah observasi dengan nilai tengah simulasi untuk setiap lokasi)

#### Halaman Correlation Plot

Halaman Correlation Plot dari Laporan Kalibrasi menampilkan plotting garis dari nilai observasi dan nilai simulasi untuk setiap pengukuran yang dibuat. Setiap lokasi ditetapkan dengan warna yang berbeda. Akhir dari poin berbentuk garis dengan sudut 45 derajat menunjukkan kesesuaian antara nilai observasi dengan simulasi.

#### Halaman Nilai tengah Perbandingan (Mean Comparison)

Halaman Mean Comparison dari Laporan Kalibrasi menampilkan diagram batang yang membandingkan nilai tengah observasi dan nilai tengah simulasi untuk parameter yang dikalibrasi pada setiap lokasi yang diukur.

#### Laporan Reaksi

Laporan Reaksi tersedia jika dilakukan pemodelan dari nasib kandungan kualitas air reaktif, secara grafik menggambarkan rata-rata laju reaksi yang muncul pada jaringan :

- The bulk flow
- The pipe wall
- Within storage tanks


Diagram pie akan menampilkan berapa persen dari laju reaksi keseluruhan yang muncul pada setiap lokasi. Legenda diagram

## BAB 9 MELIHAT HASIL

menampilkan rata-rata laju dalam unit masa per jam. Catatan dalam diagram menampilkan laju inflow dari reaktan masuk ke dalam sistem


Informasi dalam Laporan Reaksi dapat menunjukkan sejara garis besar bagaimana mekanisme tersebut turut andil dalam pertumbuhan dan peluruhan dari substansi dalam jaringan. Sebagai contoh, jika dalam sebuah observasi ada peluruhan khlorin dalam sistem yang muncul dalam tangki penyimpanan dan tidak pada dinding pipa yang akan membutuhkan strategi pembersihan pipa dan penggantian, akan memiliki efek yang kecil dalam menanggulangi buangan khlorin.

Kotak dialog Graph Option dapat dimunculkan untuk memodifikasi penampakan dari diagram pie dengan memilih

**Report>>Option** atau mengklik  pada standard toolbar, atau dengan mengklik kanan pada semua tempat pada diagram.

### Laporan Penuh (Full Report)



Ketika ikon  muncul pada Run Status pada Status Bar, sebuah laporan dari hasil perhitungan untuk semua node, links dan periode waktu dapat di simpan dalam file dengan memilih Full dari menu Report. Laporan tersebut dapat dilihat atau dicetak diluar EPANET menggunakan editor teks atau pengolah kata lainnya, mengandung informasi sebagai berikut:

- Titel Proyek dan catatannya
- Daftar dari node, panjang, dan diameter dari setiap link
- Daftar dari energy yang digunakan untuk setiap pompa
- Tabel untuk setiap periode waktu yang dihitung untuk setiap node (demand, head, pressure, dan kualitas) dan setiap link (flow, velocity, headloss dan status)

Fasilitas ini sangat berguna sebagai dokumentasi dari hasil akhir dari analisa jaringan dari yang terkecil hingga terbesar (laporan penuh untuk jaringan yang besar dan dalam periode

waktu yang panjang membutuhkan ruang penyimpan disk yang besar pula).

## Bab 10 – MENCETAK DAN MENYALIN

*Bab ini menjelaskan bagaimana mencetak, mengkopi ke windows clipboard, atau mengkopi ke file segala yang terkandung dalam EPANET Workspace. Termasuk juga peta jaringan, grafik, tabel, laporan atau segala hal dari obyek yang terpilih dari browser.*

### 10.1 Memilih Printer.

Untuk memilih printer diantara printer yang telah terinstall dalam windows dan mengaturnya :

1. Pilih **File >> Page Setup** dari menu utama
2. Klik tombol **Printer** pada dialog Page Setup yang muncul (lihat **gambar 10.1**)
3. Pilih printer dari pilihan yang tersedia pada kotak dari dialog kemudian yang muncul
4. Klik tombol **Properties** untuk memilih printer ( dengan berbagai variasi pilihan)
5. Klik OK pada setiap kotak dialog untuk menerima pilihan anda.

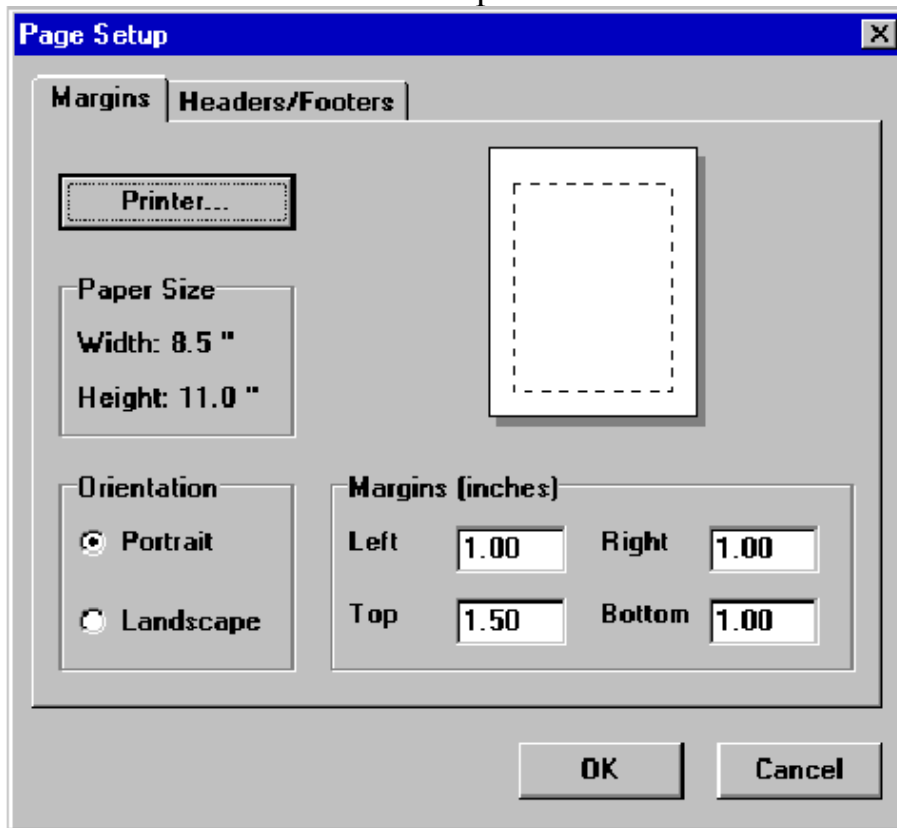
### 10.2 Mengatur Format Halaman.

Untuk mengatur halaman yang dicetak :

1. Pilih **File>>Page Setup** dari menu utama
2. Gunakan Margin pada dialog Page Setup yang muncul (**gambar 10.1**) untuk:
  - a. Memilih printer
  - b. Memilih orientasi kertas (Portrait atau landscape)
  - c. Mengatur margin kiri, kanan, atas dan bawah
3. Menggunakan halaman Headers/footer dari kotak dialog untuk
  - a. Menyediakan teks untuk header yang akan nampak untuk setiap halaman
  - b. Mengindikasikan apakah header akan di cetak atau tidak

## BAB 10 MENCETAK DAN MENYALIN

- c. Menyediakan teks untuk footer yang akan muncul pada setiap halaman
  - d. Mengindikasikan apakah footer akan dicetak apa tidak
  - e. Mengindikasikan apakah halaman akan diberi nomer
4. Klik OK untuk menerima pilihan




Gambar 10.1 Dialog Page Setup

### 10.3 Print Preview

Untuk melihat terlebih dahulu hasil print, pilih **File>>Print Preview** dari menu utama. Sebuah penampakan akan muncul menunjukkan bagaimana setiap halaman dari obyek yang akan di cetak nantinya.

## 10.4 Mencetak yang nampak saat ini


Untuk mencetak apa yang terlihat dalam window dalam

EPANET, pilih **File>>Print** dari menu utama atau klik  pada Standard Toolbar. Yang ikut tercetak adalah :

- Data Browser (properti dari objek yang terpilih)
- Network Map (pada level perbesaran saat itu)
- Grafik (Time Series, Profile, kontur, Frekuensi dan sistem aliran)
- Tabel (Network dan waktu)
- Status, Energy kalibrasi dan laoran Reaksi.

## 10.5 Mengkopy ke Clipboard atau ke file

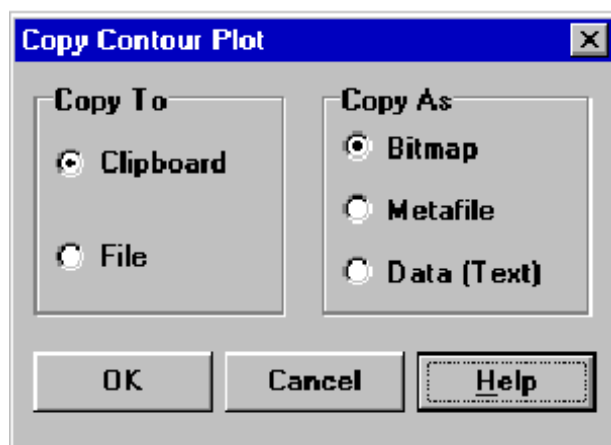
EPANET dapat mengkopi teks dan grafik dari yang nampak kepada Windows klipboard atau ke file. Yang nampak yang dapat di copy termasuk Network map, grafik, tabel, dan laporan-laporan. Untuk mengkopi apa yang terlihat saat itu menuju clipboard dan file :

1. Pilih **Edit>>Copy to** dari menu utama atau klik 
2. Pilih pilihan dari dialog copy yang muncul (lihat gambar 10.2) dan klik tombol OK.
3. Jika anda memilih copy-to file, masukkan nama dari file pada kotak dialog Save As yang muncul dan klik OK

Gunakan dialog Copy untuk menyatakan bagaimana anda ingin mengkopi data dan ditunjukan ke mana :

1. Pilih tujuan untuk materi yang akan dikopi (Clipboard atau file)
2. Pilih format untuk di kopy dalam :
  - a. Bitmap (hanya grafik)
  - b. Metafile (hanya grafik)
  - c. Data (text, pilihan cell pada tabel, atau data yang digunakan untuk membentuk grafik)
3. Klik OK untuk menerima pilihan atau Cancel untuk membatalkan permintaan copy

## BAB 10 MENCETAK DAN MENYALIN



Gambar 10.2 Dialog copy

## **Bab 11 – MELAKUKAN IMPORT DN EKSPORT**

*Bab ini memperkenalkan konsep Skenario proyek dan menjelaskan bagaimana EPANET dapat Meng-import dan eksport data-datanya, seperti sebagai Peta jaringan dan ke dalam databasenya.*

### **11.1 Skenario Proyek (Project Scenario)**

Project Scenario terdiri dari bagian dari data yang memiliki karakteristik dari kondisi terakhir dalam pipa pada saat dianalisa. Skenario dapat terdiri dari sebuah atau lebih ketagero data :

- Demand (kebutuhan dasar dan pola waktunya untuk semua kategori) pada semua node
- Kualitas air pada saat awal, untuk semua node
- Diameter pipa untuk semua pipa
- Koefisien kekasaran untuk semua pipa.
- Koefisien reaksi (bulk dan wall) untuk semua pipa
- Kontrol mudah dan pengaturan (simple and rule-base controls)

EPANET dapat mengkompilasi skenario berdasarkan dari beberapa atau keseluruhan kategori data yang disebut diatas, simpan file skenario, dan bacalah skenario kembali pada waktunya nanti.

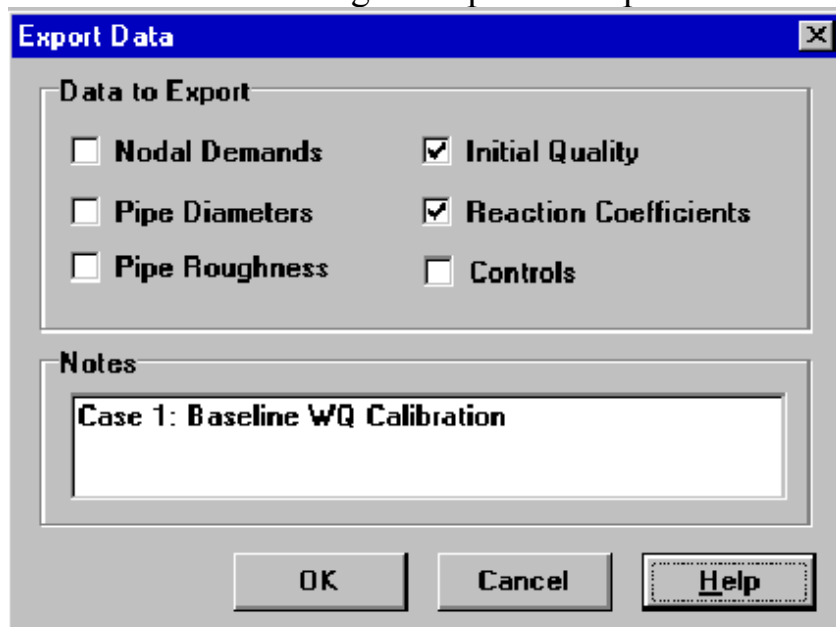
Skenario dapat membuat design dan alternatif operasi menjadi lebih efisien dan sistematis. Dapat juga digunakan untuk memeriksa dari pengaruh dari kondisi yang berbeda, mencari estimasi parametr yang optimal, dan mengevaluasi perubahan dalam pengoperasian. File Skenario di simpan dalam teks ASCII dan dapat diubah atau dimodifikasi diluar EPANET menggunakan editor teks apau program spreadsheet.



## 11.2 Mengekspor Skenario

Untuk mengekspor skenario proyek menjadi file teks:

1. Pilih **File>>Eksport>>Skenario** dari menu utama
2. Pada dialog Export Data yang muncul (lihat **gambar 11.1**) pilih tipe dari data yang ingin anda simpan
3. Masukkan keterangan tambahan dari skenario yang di simpan, pada kolom Notes memo
4. Pilih tombol **OK** untuk menerima pilihan tadi
5. Pada kotak dialog Save yang muncul selanjutnya, pilihlah folder dan nama untuk skenario file tersebut. File Skenario menggunakan ekstension standard .SCN
6. Klik OK untuk mengakhiri proses ekspor



Gambar 11.1 Dialog Eksport data

Skenario yang telah di ekspor dapat di import kembali de dalam proyek sewaktu-waktu yang akan dijelaskan dalam penjelasan selanjutnya.

## 11.3 Meng-import Skenario

Untuk mengimport skenario proyek dari sebuah file:

1. Pilih **File>>Import>>Scenario** dari menu utama

2. Gunakan kotak dialog Open File yang muncul, untuk memilih file skenario yang akan diimport. Sebuah panel dialog akan menampilkan isi dari sebagian dari file yang terpilih, untuk membantu mengetahui lokasi dari file yang dimaksud.
3. Klik tombol OK untuk menerima pilihan kita

Data yang terkandung dalam file skenario akan digantikan oleh data eksisting dengan tipe yang sama dalam proyek saat itu.

## 11.4 Meng-import sebagian Jaringan

EPANET memiliki kemampuan untuk meng-import deksripsi geometris dari jaringan pipa dalam format teks sederhana. Keterangan sederhana itu mengandung Label ID dan koordinat peta dari node dan label ID dan node akhir dari link. Ini memberi kemudahan memproses menggunakan program lain, seperti CAD dan Paket GIS, untuk men-digitize data jaringan geometris dan mentransfernya menuju EPANET.

Format dari teks partial Network akan diberikan berikut ini, dimana teks diantara kurung (< >) menjelaskan tipe informasi apa ygn muncul dalam file:

[TITLE]  
<keterangan tambahan dari file>

[JUNCTIONS]  
<Label ID untuk setiap junction>

[PIPES]  
<Label ID untuk setiap pipa diikuti dengan label ID untuk junctionnya>

[COORDINATES]  
<ID junction dan koordinat X-Y nya>

[VERTICES]  
<ID pipa dan koordinat XY-nya dari poin vertex>

Hanya junction dan pipa yang ditampilkan. Elemen jaringan lainnya seperti reservoir dan pompa, dapat diimport sebagai junction atau pipa dan dapat diubah atau dimodifikasi nanti. Pengguna hanya fokus terlebih dahulu pada proses transfer data yang dibuat dari CAD atau paket GIS ke dalam file teks dengan format yang ditunjukkan diatas.

Sebagai tambahan bagi yang telah ditampilkan di atas, spesifikasi yang lengkap dari jaringan dapat diletakkan dalam file seperti yang terlihat pada Appendix C. Memiliki format EPANET yang sama tatkala proyek diekspor menuju file (lihat **bagian 11.7** dibawah). Dalam hal ini filenya harus mengandung informasi node dan link seperti elevasi, demand, diameter, kekasaran, dll.

### 11.5 Meng-import Peta Jaringan.

Untuk mengimport koordinat dari peta jaringan yang tersimpan dalam file teks :

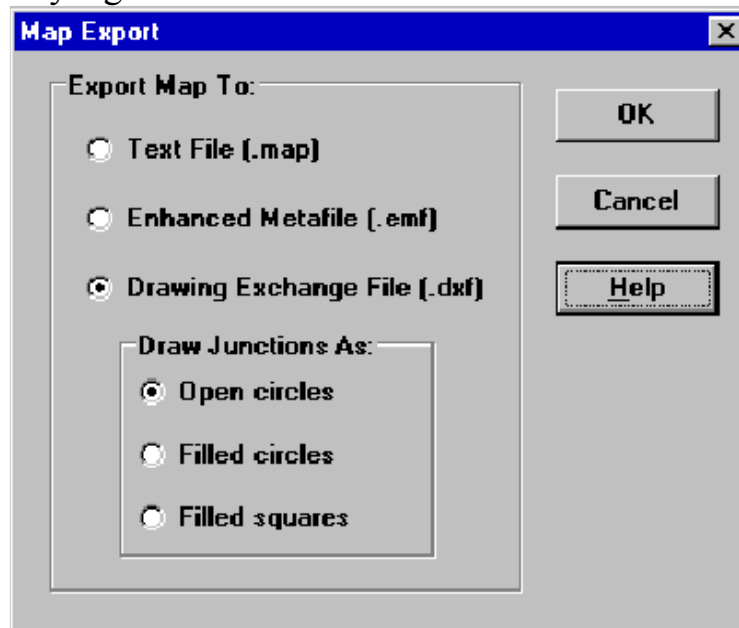
1. Pilih **File>>Import>>Map** dari menu utama
2. Pilih file yang mengandung informasi peta dari dialog Open File yang muncul.
3. Klik OK untuk mengganti peta saat itu dnegan hal yang sesuai dengan isi file.

### 11.6 Meng-eksport Jaringan Peta.

Apa yang terlihat pada jaringan dapat disimpan ke dalam file menggunakan format DXF (Drawing Exchange Format), format Eindows Enhanced Metafile (EMF), atau format EPANET sendiri dalam bentuk ASCII. Format DXF dapat dibaca oleh beberapa program Computer Aided Design (CAD). Metafiles dapat diselipkan ke dalam dokumen lain, dan di-load ke dalam program gambar untuk di edit dan diatur skala-nya. Kedua format berbasis pada vektor (vector-based) dan tidak akan mengubah resolusi ketika ditampilkan dalam skala yang berbeda.

Untuk mengekspor jaringan pipa menjadi file DXF, metafile atau teks :

1. Pilih **File>>Eksport>>Map** dari menu utama
2. Pada dialog Map Export yang muncul (Lihat **gambar 11.2**) pilih format untuk menyimpan peta
3. Jika anda memilih format DXF, anda dihadapkan pada pilihan bagaimana junction akan di tampilkan dalam file DXF. Dapat ditampilkan sebagai open circle, filed circles, atau filled squares. Tidak semua pembaca DXF dapat menerima perintah menggambar dengan filled circle.
4. Setelah memilih format, klik OK dan masukkan nama dari file yang akan di simpan dalam kotak dialog Save As yang muncul.



Gambar 11.2 Dialog Map Export.

## 11.7 Meng-ekspor ke File Teks

Untuk mengekspor data proyek menjadi file teks:

1. Pilih **File>>Export>>Network** dari menu utama
2. Pada dialog Save yang muncul masukkan nama filenya (Extenson standar .INP)
3. Klik OK untuk mengakhiri ekspor.

## BAB 11 MELAKUKAN IMPORT DAN EKSPORT

File hasil akan ditulis dalam format ASCII teks, dengan variasi kategori data dan label property yang diidentifikasi. Dapat dibaca kembali dalam EPANET untuk menganalisis pada lain waktu dengan menggunakan **File>>Open** atau perintah **File>>Import>>Network**. Keterangan lengkap menggunakan format input juga dapat dibuat diluar EPANET, menggunakan berbagai editor teks atau program spreadsheet. Spesifikasi lengkap dari format file .INP diberikan dalam **Appendix C**.

Adalah ide yang baik untuk menyimpan database dalam versi format yang dapat dibaca oleh semua orang. Bagaimanapun untuk penggunaan EPANET sehari-hari akan lebih efisien menyimpan data menggunakan file khusus EPANET (file .NET) menggunakan perintah **File>>Save** atau **File>>Save As**. Format tersebut mengandung informasi tambahan, seperti warna dan pilihan range untuk legenda peta, pengaturan penampilan peta, nama dari file kalibrasi yang terdaftar, dan berbagai pilihan pencetakan yang terpilih.

## **Bab 12 – PERTANYAAN YANG SERING MUNCUL.**

Bagaimana saya dapat meng-import- jaringan pipa yang dibuat dengan Program CAD atau GIS?

Lihat Bagian 11.4

Bagaimana cara saya membuat model pompa sumur dalam?

Gantikan sumur sebagai sebuah reservoir yang memiliki head sama dengan piezometrik head dari akuifer air tanannya. Kemudian hubungkan pompa dari reservoir ke jaringan. Anda dapat menambah pipa sebelum pompa untuk menggambarkan kehilangan lokal disekitar pompa.

Jika kamu tau laju dimana sumur sedang dipompa maka pendekatan alternatif adalah membuang kombinasi sumur-pompa dengan junction yang memiliki negative demand sama dengan laju /debit pompa. Pola waktu dapat juga di tetapkan kepada pola demand jika pola pemompaan juga bervariasi.

Bagaimana saya mengukur pompa untuk mendapatkan aliran yang spesifik?

Atur status pompa pada CLOSED. Pada bagian node inlet dari pompa, tambahkan demand sesuai dengan yang dibutuhkan pompa dan letakkan negative demand pada node keluar (discharge). Setelah Menganalisa jaringan, perbedaan nilai antara dua node tersebut adalah kapasitas yang dibutuhkan oleh pompa untuk dialirkan.

## BAB 12 PERTANYAAN YANG SERING MUNCUL

Bagaimana saya mengukur pompa untuk mendapatkan Head yang Specific?

Ganti pompa dengan Pressure Breaker Valve dengan posisi terbalik. Ubah head design menjadi Tekanan yang ekuivalen dan gunakan untuk mengatur valve. Setelah analisis berhasil dilakukan, Aliran yang melewati valve adalah harga yang dimaksud pompa.

Bagaimana saya dapat melaksanakan skedul yang spesifik dari sumber aliran menuju jaringan dari reservoir?

Ganti reservoir dengan junction dengan negative demand yang sama dengan skedule dari aliran sumber. (Pastikan sedikitnya tersisa tangki atau reservoir dalam jaringan, jika tidak EPANET akan mengeluarkan pesan error).

Bagaimana Saya dapat menganalisa kondisi pemadam api untuk junction node yang terpisah?:

Untuk menentukan pressure tertinggi yang tersedia pada sebuah node ketika sedang dibutuhkan sehingga dapat memadamkan api, tambahkan aliran untuk pemadam api kepada kebutuhan normal pada node, jalankan analisis, dan catat hasil pressure pada node tersebut.

Untuk menentukan aliran tertinggi pada tekanan yang berbeda, atur koefisien emitter pada node dengan angka yang besar (misal 100 kali dari angka tertinggi yang diharapkan) dan tambahkan tekanan yang dikehendaki (2.3 kali dalam psi) kepada elevasi node. Setelah me-running analisis, aliran untuk pemadam api yang tersedia adalah sama dengan kebutuhan aktual yang dilaporkan

bagi node, dikurangi dengan berbagai kebutuhan yang diambil dari itu.

Bagaimana saya memodelkan katub pencegahan backflow

Secara umum penggunaan valve dengan kurva valve memperlihatkan penambahan head loss pada pengurangan aliran. Informasi dari pabrik valve harus tersedia untuk membangun kurva tersebut. Tempatkan check valve (misal dengan pipa pendek dengan status CV) secara seri dengan valve untuk mencegah aliran langsung.

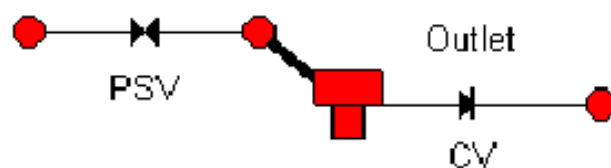
Bagaimana Saya membuat model tangki bertekanan pneumatik?

Jika variasi tekanan pada tangki diabaikan, gunakan tangki dengan ukuran amat rendah dan lebar silinder paling lebar dengan elevasi diatur tertutup untuk rate tekanan dari tangki. Pilih dimensi tangki sementara perubahan volume sekecil mungkin terhadap elevasinya.

Jika pressure dibangun pada kisaran H1 dan H2, dengan mengikat pada volume V1 dan V2, maka penggunaan tangki silinder dengan bagian silang sebanding dengan  $(V2-V1)/(H2-H1)$ .

Bagaimana saya membuat model pipa keluar tangki diatas permukaan air?

Gunakan konfigurasi seperti terlihat dibawah ini :





## BAB 12 PERTANYAAN YANG SERING MUNCUL

Inlet pada tangki terdiri dari Pressure Sustaining Valve (PSV) yang diikuti dengan pipa pendek dengan diameter besar. Tekanan diatur oleh PSV menjadi 0, dan elevasinya pada akhir node diatur sebanding dengan elevasi dimana pipa sebenarnya terkoneksi ke tangki. Gunakan sebuah Check Valve pada outlet tangki untuk mencegah air kembali.

Bagaimana saya menjelaskan kondisi inisial bagi analisa kualitas air?

Jika kondisi simulasi eksisting termonitor sebagai bagian dari studi kalibrasi, tetapkan nilai pengukuran tersebut pada node dimana pengukuran dilakukan, dan lakukan interpolasi (dengan mata) untuk menetapkan nilai pada lokasi yang lain. Sangat direkomendasikan bahwa tangki penampungan dan lokasi sumber sudah termasuk dalam lokasi dimana pengukuran dilakukan.

Untuk mensimulasi kondisi dimasa depan mulailah dengan nilai yang telah ditetapkan (kecuali pada tangki) dan jalankan (run) analisis dengan berbagai pola demand. Sejumlah dari hasil pengulangan dapat dikurangi jika telah didapat estimasi kualitas air pada tangki. Sebagai contoh, jika modeling usia air dimulai dengan nilai yang di atur pada tangki dengan waktu tinggal tertentu, maka pendekatan bagi fraksi dari volume itu akan berubah setiap hari.

Bagaimana saya mengestimasi nilai dari koefisien bulk dan wall?

Koefisien reaksi bulk dapat diestimasi dengan test botol di laboratorium (lihat Bulk Reaction pada bagian 3.4). Laju reaksi wall tidak dapat

langsung diukur. Hal itu haruslah dari hasil kalibrasi dari data yang terkumpul dari studi lapangan (misal menggunakan cara trial and error untuk menetapkan nilai koefisien yang menghasilkan simulasi terbaik.) Pipa Plastik dan pipa besi yang baru dilapis tidak diharapkan memiliki pengaruh signifikan terhadap desinfeksi seperti chlorine dan chloramines.

**Bagaimana saya dapat memodelkan stasiun booster chlorine?**

Tempatkan stasiun booster pada junction dengan kebutuhan nol atau positif atau pada tangki. Pilih node pada Property Editor dan klik tombol ellipsis pada Source Quality untuk menampilkan Editor Source Quality. Pada Editor, atur Source Type ke SETPOINT BOOSTER dan atur Source Quality kepada konsentrasi khlorine pada air tinggal dengan node yang akan di boost. Sebagai alternatif, jika stasiun booster akan digunakan untuk menambah chlorin langdung pada aliran, atur Source Type pada FLOW PACED BOOSTER dan Source Quality kepada konsentrasi sebesar konsentrasi yang akan meninggalkan node. Khusus tambahkan ID pola waktu pada bagan Time Pattern jika diinginkan adanya variasi lenel booster terhadap waktu.

**Bagaimana saya membuat model pertumbuhan THM dalam jaringan?**

Pertumbuhan THM (Trihalometan) dapat di modelkan menggunakan orde pertama kinetik larutan. Pilih Option>>Reaction dari Data Browser. Atur orde reaksi bulk pada angka 1 dan batasi konsentrasi THM menjadi Maksimum, berikan cukup waktu yang panjang. Atur coefisien reaksi bulk pada angka positif yang

## BAB 12 PERTANYAAN YANG SERING MUNCUL

merefleksikan laju produksi THM (misal 0,7 dibagi terhadap waktu THM). Perkiraan dari koefisien reaksi dan konsentrasi yang terbatas dapat dihasilkan dari test laboratorium. Koefisien reaksi akan bertambah dengan bertambahnya temperatur air. Konsentrasi saat itu pada semua node jaringan harus setidaknya sebanding dengan konsentrasi THM yang memasuki jaringan dari node sumber.

Dapatkah saya menggunakan text editor untuk mengedit properti jaringan ketika menjalankan EPANET?

Save jaringan menjadi file teks ASCII (pilih File>>Eksport>>Network). Dalam keadaan EPANET tetap berjalan, buka program editor teks. Load file jaringan yang tadi disimpan ke dalam teks editor. Ketika melakukan editing, simpanlah dalam disk. Pindah ke EPANET dan baca file tersebut (Pilih File>>Open). Anda dapat tetap berpindah-pindah antara Program Editor dan EPANET, sebanyak perubahan yang terjadi. Perlu diingat untuk mensave file setelah memodifikasi pada editor, dan membuka kembali file tersebut setelah berpindah ke EPANET. Jika anda menggunakan word processor (seperti WordPad) atau spreadsheet, selalu simpan file dalam format teks ASCII.

Dapatkah saya menjalankan EPANET secara multiple dalam waktu yang sama?

YA, dapat. Terbukti dapat membuat perbaneingan secara berdampingan untuk dua atau lebih disain yang berbeda uantuk skenario operasional.

## APPENDIX A - UNITS OF MEASUREMENT

<i>PARAMETER</i>	<i>US CUSTOMARY</i>	<i>SI METRIC</i>
Concentration	mg/L or $\sigma$ g/L	mg/L or $\sigma$ g/L
Demand	(see Flow units)	(see Flow units)
Diameter (Pipes)	inches	millimeters
Diameter (Tanks)	feet	meters
Efficiency	percent	percent
Elevation	feet	meters
Emitter Coefficient	flow units / (psi) <sup>1/2</sup>	flow units / (meters) <sup>1/2</sup>
Energy	kilowatt - hours	kilowatt - hours
Flow	CFS (cubic feet / sec) GPM (gallons / min) MGD (million gal / day) IMGD (Imperial MGD) AFD (acre-feet / day)	LPS (liters / sec) LPM (liters / min) MLD (megaliters / day) CMH (cubic meters / hr) CMD (cubic meters / day)
Friction Factor	unitless	unitless
Hydraulic Head	feet	meters
Length	feet	meters
Minor Loss Coeff.	unitless	unitless
Power	horsepower	kilowatts
Pressure	pounds per square inch	meters
Reaction Coeff. (Bulk)	1/day (1st-order)	1/day (1st-order)
Reaction Coeff. (Wall)	mass / L / day (0-order) ft / day (1st-order)	mass / L / day (0-order) meters / day (1st-order)
Roughness Coefficient	10 <sup>-3</sup> feet (Darcy-Weisbach), unitless otherwise	millimeters (Darcy-Weisbach), unitless otherwise
Source Mass Injection	mass / minute	mass / minute
Velocity	feet / second	meters / second
Volume	cubic feet	cubic meters
Water Age	hours	hours

**Note:** US Customary units apply when CFS, GPM, AFD, or MGD is chosen as flow units. SI Metric units apply when flow units are expressed using either liters or cubic meters.

(This page intentionally left blank.)

## APPENDIX B - ERROR MESSAGES

<i>ID</i>	<i>Explanation</i>
101	An analysis was terminated due to insufficient memory available.
110	An analysis was terminated because the network hydraulic equations could not be solved. Check for portions of the network not having any physical links back to a tank or reservoir or for unreasonable values for network input data.
200	One or more errors were detected in the input data. The nature of the error will be described by the 200-series error messages listed below.
201	There is a syntax error in a line of the input file created from your network data. This is most likely to have occurred in .INP text created by a user outside of EPANET.
202	An illegal numeric value was assigned to a property.
203	An object refers to undefined node.
204	An object refers to an undefined link.
205	An object refers to an undefined time pattern.
206	An object refers to an undefined curve.
207	An attempt is made to control a check valve. Once a pipe is assigned a Check Valve status with the Property Editor, its status cannot be changed by either simple or rule-based controls.
208	Reference was made to an undefined node. This could occur in a control statement for example.
209	An illegal value was assigned to a node property.
210	Reference was made to an undefined link. This could occur in a control statement for example.
211	An illegal value was assigned to a link property.
212	A source tracing analysis refers to an undefined trace node.
213	An analysis option has an illegal value (an example would be a negative time step value).
214	There are too many characters in a line read from an input file. The lines in the .INP file are limited to 255 characters.
215	Two or more nodes or links share the same ID label.
216	Energy data were supplied for an undefined pump.
217	Invalid energy data were supplied for a pump.
219	A valve is illegally connected to a reservoir or tank. A PRV, PSV or FCV cannot be directly connected to a reservoir or tank. Use a length of pipe to separate the two.

- 220 A valve is illegally connected to another valve. PRVs cannot share the same downstream node or be linked in series, PSVs cannot share the same upstream node or be linked in series, and a PSV cannot be directly connected to the downstream node of a PRV.
- 221 A rule-based control contains a misplaced clause.
- 223 There are not enough nodes in the network to analyze. A valid network must contain at least one tank/reservoir and one junction node.
- 224 There is not at least one tank or reservoir in the network.
- 225 Invalid lower/upper levels were specified for a tank (e.g., the lower level is higher than the upper level).
- 226 No pump curve or power rating was supplied for a pump. A pump must either be assigned a curve ID in its Pump Curve property or a power rating in its Power property. If both properties are assigned then the Pump Curve is used.
- 227 A pump has an invalid pump curve. A valid pump curve must have decreasing head with increasing flow.
- 230 A curve has non-increasing X-values.
- 233 A node is not connected to any links.
- 302 The system cannot open the temporary input file. Make sure that the EPANET Temporary Folder selected has write privileges assigned to it (see Section 4.9).
- 303 The system cannot open the status report file. See Error 302.
- 304 The system cannot open the binary output file. See Error 302.
- 308 Could not save results to file. This can occur if the disk becomes full.
- 309 Could not write results to report file. This can occur if the disk becomes full.

## APPENDIX C - COMMAND LINE EPANET

### C.1 General Instructions

EPANET can also be run as a console application from the command line within a DOS window. In this case network input data are placed into a text file and results are written to a text file. The command line for running EPANET in this fashion is:

```
epanet2d inpfile rptfile outfile
```

Here **inpfile** is the name of the input file, **rptfile** is the name of the output report file, and **outfile** is the name of an optional binary output file that stores results in a special binary format. If the latter file is not needed then just the input and report file names should be supplied. As written, the above command assumes that you are working in the directory in which EPANET was installed or that this directory has been added to the PATH statement in your AUTOEXEC.BAT file. Otherwise full pathnames for the executable **epanet2d.exe** and the files on the command line must be used. The error messages for command line EPANET are the same as those for Windows EPANET and are listed in Appendix B.

### C.2 Input File Format

The input file for command line EPANET has the same format as the text file that Windows EPANET generates from its **File >> Export >> Network** command. It is organized in sections, where each section begins with a keyword enclosed in brackets. The various keywords are listed below.

<i>Network Components</i>	<i>System Operation</i>	<i>Water Quality</i>	<i>Options and Reporting</i>	<i>Network Map/Tags</i>
[TITLE]	[CURVES]	[QUALITY]	[OPTIONS]	[COORDINATES]
[JUNCTIONS]	[PATTERNS]	[REACTIONS]	[TIMES]	[VERTICES]
[RESERVOIRS]	[ENERGY]	[SOURCES]	[REPORT]	[LABELS]
[TANKS]	[STATUS]	[MIXING]		[BACKDROP]
[PIPES]	[CONTROLS]			[TAGS]
[PUMPS]	[RULES]			
[VALVES]	[DEMANDS]			
[EMITTERS]				

The order of sections is not important. However, whenever a node or link is referred to in a section it must have already been defined in the [JUNCTIONS], [RESERVOIRS], [TANKS], [PIPES], [PUMPS], or [VALVES] sections. Thus it is recommended that these sections be placed first, right after the [TITLE] section. The network map and tags sections are not used by command line EPANET and can be eliminated from the file.



Each section can contain one or more lines of data. Blank lines can appear anywhere in the file and the semicolon (;) can be used to indicate that what follows on the line is a comment, not data. A maximum of 255 characters can appear on a line. The ID labels used to identify nodes, links, curves and patterns can be any combination of up to 15 characters and numbers.

Figure C.1 displays the input file that represents the tutorial network discussed in Chapter 2.

```
[TITLE]
EPANET TUTORIAL

[JUNCTIONS]
;ID Elev Demand
;-----
2 0 0
3 710 650
4 700 150
5 695 200
6 700 150

[RESERVOIRS]
;ID Head
;-----
1 700

[TANKS]
;ID Elev InitLvl MinLvl MaxLvl Diam Volume
;-----
7 850 5 0 15 70 0

[PIPES]
;ID Node1 Node2 Length Diam Roughness
;-----
1 2 3 3000 12 100
2 3 6 5000 12 100
3 3 4 5000 8 100
4 4 5 5000 8 100
5 5 6 5000 8 100
6 6 7 7000 10 100

[PUMPS]
;ID Node1 Node2 Parameters
;-----
7 1 2 HEAD 1
```

**Figure C.1** Example EPANET Input File (continued on next page)

```

[PATTERNS]
;ID Multipliers
;-----
1      0.5  1.3  1  1.2
[CURVES]
;ID X-Value Y-Value
;-----
1      1000    200

[QUALITY]
;Node InitQual
;-----
1      1

[REACTIONS]
Global Bulk -1
Global Wall 0

[TIMES]
Duration                24:00
Hydraulic Timestep     1:00
Quality Timestep       0:05
Pattern Timestep       6:00

[REPORT]
Page      55
Energy    Yes
Nodes     All
Links     All

[OPTIONS]
Units          GPM
Headloss       H-W
Pattern        1
Quality        Chlorine mg/L
Tolerance      0.01

[END]

```

**Figure C.1** Example EPANET Input File (continued from previous page)

On the pages that follow the contents and formats of each keyword section are described in alphabetical order.

## [BACKDROP]

### Purpose:

Identifies a backdrop image and dimensions for the network map.

### Formats:

<b>DIMENSIONS</b>	<i>LLx LLy URx URy</i>
<b>UNITS</b>	<b>FEET/METERS/DEGREES/NONE</b>
<b>FILE</b>	<i>filename</i>
<b>OFFSET</b>	<i>X Y</i>

### Definitions:

**DIMENSIONS** provides the X and Y coordinates of the lower-left and upper-right corners of the map's bounding rectangle. Defaults are the extents of the nodal coordinates supplied in the [COORDINATES] section.

**UNITS** specifies the units that the map's dimensions are given in. Default is NONE.

**FILE** is the name of the file that contains the backdrop image.

**OFFSET** lists the X and Y distance that the upper-left corner of the backdrop image is offset from the upper-left corner of the map's bounding rectangle. Default is zero offset.

### Remarks:

- a. The [BACKDROP] section is optional and is not used at all when EPANET is run as a console application.
- b. Only Windows Enhanced Metafiles and bitmap files can be used as backdrops.

## [CONTROLS]

### Purpose:

Defines simple controls that modify links based on a single condition.

### Format:

One line for each control which can be of the form:

```
LINK linkID status IF NODE nodeID ABOVE/BELOW value
```

```
LINK linkID status AT TIME time
```

```
LINK linkID status AT CLOCKTIME clocktime AM/PM
```

where:

linkID	=	a link ID label
status	=	OPEN or CLOSED, a pump speed setting, or a control valve setting
nodeID	=	a node ID label
value	=	a pressure for a junction or a water level for a tank
time	=	a time since the start of the simulation in decimal hours or in hours:minutes format
clocktime	=	a 24-hour clock time (hours:minutes)

### Remarks:

- Simple controls are used to change link status or settings based on tank water level, junction pressure, time into the simulation or time of day.
- See the notes for the [STATUS] section for conventions used in specifying link status and setting, particularly for control valves.

### Examples:

```
[CONTROLS]
;Close Link 12 if the level in Tank 23 exceeds 20 ft.
LINK 12 CLOSED IF NODE 23 ABOVE 20

;Open Link 12 if pressure at Node 130 is under 30 psi
LINK 12 OPEN IF NODE 130 BELOW 30

;Pump PUMP02's speed is set to 1.5 at 16 hours into
;the simulation
LINK PUMP02 1.5 AT TIME 16

;Link 12 is closed at 10 am and opened at 8 pm
;throughout the simulation
LINK 12 CLOSED AT CLOCKTIME 10 AM
LINK 12 OPEN AT CLOCKTIME 8 PM
```

## [COORDINATES]

### **Purpose:**

Assigns map coordinates to network nodes.

### **Format:**

One line for each node containing:

## Node ID label

## X-coordinate

## Y-coordinate

### **Remarks:**

- a. Include one line for each node displayed on the map.
- b. The coordinates represent the distance from the node to an arbitrary origin at the lower left of the map. Any convenient units of measure for this distance can be used.
- c. There is no requirement that all nodes be included in the map, and their locations need not be to actual scale.
- d. A [COORDINATES] section is optional and is not used at all when EPANET is run as a console application.

### **Example:**

```
[COORDINATES]
;Node      X-Coord.   Y-Coord
;-----
  1         10023    128
  2         10056    95
```

## [CURVES]

### Purpose:

Defines data curves and their X,Y points.

### Format:

One line for each X,Y point on each curve containing:

## Curve ID label

## X value

## Y value

### Remarks:

- a. Curves can be used to represent the following relations:
  - ## Head v. Flow for pumps
  - ## Efficiency v. Flow for pumps
  - ## Volume v. Depth for tanks
  - ## Headloss v. Flow for General Purpose Valves
- b. The points of a curve must be entered in order of increasing X-values (lower to higher).
- c. If the input file will be used with the Windows version of EPANET, then adding a comment which contains the curve type and description, separated by a colon, directly above the first entry for a curve will ensure that these items appear correctly in EPANET's Curve Editor. Curve types include PUMP, EFFICIENCY, VOLUME, and HEADLOSS. See the examples below.

### Example:

```
[CURVES]
;ID Flow Head
;PUMP: Curve for Pump 1
C1 0 200
C1 1000 100
C1 3000 0

;ID Flow Effic.
;EFFICIENCY:
E1 200 50
E1 1000 85
E1 2000 75
E1 3000 65
```

## [DEMANDS]

### Purpose:

Supplement to [JUNCTIONS] section for defining multiple water demands at junction nodes.

### Format:

One line for each category of demand at a junction containing:

- ## Junction ID label
- ## Base demand (flow units)
- ## Demand pattern ID (optional)
- ## Name of demand category preceded by a semicolon (optional)

### Remarks:

- a. Only use for junctions whose demands need to be changed or supplemented from entries in [JUNCTIONS] section.
- b. Data in this section replaces any demand entered in [JUNCTIONS] section for the same junction.
- c. Unlimited number of demand categories can be entered per junction.
- a. If no demand pattern is supplied then the junction demand follows the Default Demand Pattern specified in the [OPTIONS] section or Pattern 1 if no default pattern is specified. If the default pattern (or Pattern 1) does not exist, then the demand remains constant.

### Example:

```
[DEMANDS]
;ID      Demand   Pattern   Category
;-----
J1       100      101      ;Domestic
J1       25       102      ;School
J256    50        101      ;Domestic
```

## [EMITTERS]

### **Purpose:**

Defines junctions modeled as emitters (sprinklers or orifices).

### **Format:**

One line for each emitter containing:

## Junction ID label

## Flow coefficient, flow units at 1 psi (1 meter) pressure drop

### **Remarks:**

- a. Emitters are used to model flow through sprinkler heads or pipe leaks.
- b. Flow out of the emitter equals the product of the flow coefficient and the junction pressure raised to a power.
- c. The power can be specified using the EMITTER EXPONENT option in the [OPTIONS] section. The default power is 0.5, which normally applies to sprinklers and nozzles.
- d. Actual demand reported in the program's results includes both the normal demand at the junction plus flow through the emitter.
- e. An [EMITTERS] section is optional.



## [ENERGY]

### Purpose:

Defines parameters used to compute pumping energy and cost.

### Formats:

```
GLOBAL          PRICE/PATTERN/EFFIC  value
PUMP  PumpID    PRICE/PATTERN/EFFIC  value
DEMAND CHARGE  value
```

### Remarks:

- c. Lines beginning with the keyword **GLOBAL** are used to set global default values of energy price, price pattern, and pumping efficiency for all pumps.
- d. Lines beginning with the keyword **PUMP** are used to override global defaults for specific pumps.
- e. Parameters are defined as follows:
  - ⚡ **PRICE** = average cost per kW-hour,
  - ⚡ **PATTERN** = ID label of time pattern describing how energy price varies with time,
  - ⚡ **EFFIC** = either a single percent efficiency for global setting or the ID label of an efficiency curve for a specific pump,
  - ⚡ **DEMAND CHARGE** = added cost per maximum kW usage during the simulation period.
- f. The default global pump efficiency is 75% and the default global energy price is 0.
- g. All entries in this section are optional. Items offset by slashes (/) indicate allowable choices.

### Example:

```
[ENERGY]
GLOBAL PRICE      0.05      ;Sets global energy price
GLOBAL PATTERN    PAT1      ;and time-of-day pattern
PUMP  23  PRICE    0.10      ;Overrides price for Pump 23
PUMP  23  EFFIC    E23       ;Assigns effc. curve to Pump 23
```

## [JUNCTIONS]

### Purpose:

Defines junction nodes contained in the network.

### Format:

One line for each junction containing:

- ## ID label
- ## Elevation, ft (m)
- ## Base demand flow (flow units) (optional)
- ## Demand pattern ID (optional)

### Remarks:

- b. A [JUNCTIONS] section with at least one junction is required.
- c. If no demand pattern is supplied then the junction demand follows the Default Demand Pattern specified in the [OPTIONS] section or Pattern 1 if no default pattern is specified. If the default pattern (or Pattern 1) does not exist, then the demand remains constant.
- d. Demands can also be entered in the [DEMANDS] section and include multiple demand categories per junction.

### Example:

```
[JUNCTIONS]
;ID      Elev.   Demand   Pattern
;-----
J1      100     50       Pat1
J2      120     10
J3      115
```

;Uses default demand pattern  
;No demand at this junction

## [LABELS]

### Purpose:

Assigns coordinates to map labels.

### Format:

One line for each label containing:

- ## X-coordinate
- ## Y-coordinate
- ## Text of label in double quotes
- ## ID label of an anchor node (optional)

### Remarks:

- a. Include one line for each label on the map.
- b. The coordinates refer to the upper left corner of the label and are with respect to an arbitrary origin at the lower left of the map.
- c. The optional anchor node anchors the label to the node when the map is re-scaled during zoom-in operations.
- d. The [LABELS] section is optional and is not used at all when EPANET is run as a console application.

### Example:

```
[ LABELS ]
;X-Coord.   Y-Coord.   Label                Anchor
;-----
   1230      3459      "Pump 1"
   34.57     12.75     "North Tank"        T22
```

## [MIXING]

### Purpose:

Identifies the model that governs mixing within storage tanks.

### Format:

One line per tank containing:

- ⚡ Tank ID label
- ⚡ Mixing model (MIXED, 2COMP, FIFO, or LIFO)
- ⚡ Compartment volume (fraction)

### Remarks:

- a. Mixing models include:
  - ⚡ Completely Mixed (MIXED)
  - ⚡ Two-Compartment Mixing (2COMP)
  - ⚡ Plug Flow (FIFO)
  - ⚡ Stacked Plug Flow (LIFO)
- b. The compartment volume parameter only applies to the two-compartment model and represents the fraction of the total tank volume devoted to the inlet/outlet compartment.
- c. The [MIXING] section is optional. Tanks not described in this section are assumed to be completely mixed.

### Example:

```
[MIXING]
;Tank      Model
;-----
T12        LIFO
T23        2COMP      0.2
```

## [OPTIONS]

### Purpose:

Defines various simulation options.

### Formats:

<b>UNITS</b>	<b>CFS/GPM/MGD/IMGD/AFD/ LPS/LPM/MLD/CMH/CMD</b>
<b>HEADLOSS</b>	<b>H-W/D-W/C-M</b>
<b>HYDRAULICS</b>	<b>USE/SAVE filename</b>
<b>QUALITY</b>	<b>NONE/CHEMICAL/AGE/TRACE id</b>
<b>VISCOSITY</b>	value
<b>DIFFUSIVITY</b>	value
<b>SPECIFIC GRAVITY</b>	value
<b>TRIALS</b>	value
<b>ACCURACY</b>	value
<b>UNBALANCED</b>	<b>STOP/CONTINUE/CONTINUE n</b>
<b>PATTERN</b>	id
<b>DEMAND MULTIPLIER</b>	value
<b>EMITTER EXPONENT</b>	value
<b>TOLERANCE</b>	value
<b>MAP</b>	filename

### Definitions:

**UNITS** sets the units in which flow rates are expressed where:

<b>CFS</b>	=	cubic feet per second
<b>GPM</b>	=	gallons per minute
<b>MGD</b>	=	million gallons per day
<b>IMGD</b>	=	Imperial MGD
<b>AFD</b>	=	acre-feet per day
<b>LPS</b>	=	liters per second
<b>LPM</b>	=	liters per minute
<b>MLD</b>	=	million liters per day
<b>CMH</b>	=	cubic meters per hour
<b>CMD</b>	=	cubic meters per day

For **CFS**, **GPM**, **MGD**, **IMGD**, and **AFD** other input quantities are expressed in US Customary Units. If flow units are in liters or cubic meters then Metric Units must be used for all other input quantities as

well. (See Appendix A. Units of Measurement). The default flow units are **GPM**.

**HEADLOSS** selects a formula to use for computing head loss for flow through a pipe. The choices are the Hazen-Williams (**H-W**), Darcy-Weisbach (**D-W**), or Chezy-Manning (**C-M**) formulas. The default is **H-W**.

The **HYDRAULICS** option allows you to either **SAVE** the current hydraulics solution to a file or **USE** a previously saved hydraulics solution. This is useful when studying factors that only affect water quality behavior.

**QUALITY** selects the type of water quality analysis to perform. The choices are **NONE**, **CHEMICAL**, **AGE**, and **TRACE**. In place of **CHEMICAL** the actual name of the chemical can be used followed by its concentration units (e.g., **CHLORINE mg/L**). If **TRACE** is selected it must be followed by the ID label of the node being traced. The default selection is **NONE** (no water quality analysis).

**VISCOSITY** is the kinematic viscosity of the fluid being modeled relative to that of water at 20 deg. C (1.0 centistoke). The default value is 1.0.

**DIFFUSIVITY** is the molecular diffusivity of the chemical being analyzed relative to that of chlorine in water. The default value is 1.0. Diffusivity is only used when mass transfer limitations are considered in pipe wall reactions. A value of 0 will cause EPANET to ignore mass transfer limitations.

**SPECIFIC GRAVITY** is the ratio of the density of the fluid being modeled to that of water at 4 deg. C (unitless).

**TRIALS** are the maximum number of trials used to solve network hydraulics at each hydraulic time step of a simulation. The default is 40.

**ACCURACY** prescribes the convergence criterion that determines when a hydraulic solution has been reached. The trials end when the sum of all flow changes from the previous solution divided by the total flow in all links is less than this number. The default is 0.001.

**UNBALANCED** determines what happens if a hydraulic solution cannot be reached within the prescribed number of **TRIALS** at some hydraulic time step into the simulation. "**STOP**" will halt the entire analysis at that point. "**CONTINUE**" will continue the analysis with a warning message issued. "**CONTINUE n**" will continue the search for a solution for another "n" trials with the status of all links held fixed at their current settings. The simulation will be continued at this point with a message issued about whether convergence was achieved or not. The default choice is "**STOP**".

**PATTERN** provides the ID label of a default demand pattern to be applied to all junctions where no demand pattern was specified. If no such pattern exists in the [PATTERNS] section then by default the pattern consists of a single multiplier equal to 1.0. If this option is not used, then the global default demand pattern has a label of "1".

The **DEMAND MULTIPLIER** is used to adjust the values of baseline demands for all junctions and all demand categories. For example, a value of 2 doubles all baseline demands, while a value of 0.5 would halve them. The default value is 1.0.

**EMITTER EXPONENT** specifies the power to which the pressure at a junction is raised when computing the flow issuing from an emitter. The default is 0.5.

**MAP** is used to supply the name of a file containing coordinates of the network's nodes so that a map of the network can be drawn. It is not used for any hydraulic or water quality computations.

**TOLERANCE** is the difference in water quality level below which one can say that one parcel of water is essentially the same as another. The default is 0.01 for all types of quality analyses (chemical, age (measured in hours), or source tracing (measured in percent)).

**Remarks:**

- a. All options assume their default values if not explicitly specified in this section.
- b. Items offset by slashes (/) indicate allowable choices.

**Example:**

```
[ OPTIONS ]  
UNITS      CFS  
HEADLOSS   D-W  
QUALITY     TRACE  Tank23  
UNBALANCED CONTINUE 10
```

## [PATTERNS]

### **Purpose:**

Defines time patterns.

### **Format:**

One or more lines for each pattern containing:

⚡# Pattern ID label

⚡# One or more multipliers

### **Remarks:**

- a. Multipliers define how some base quantity (e.g., demand) is adjusted for each time period.
- a. All patterns share the same time period interval as defined in the [TIMES] section.
- b. Each pattern can have a different number of time periods.
- c. When the simulation time exceeds the pattern length the pattern wraps around to its first period.
- d. Use as many lines as it takes to include all multipliers for each pattern.

### **Example:**

```
[PATTERNS]
;Pattern P1
P1    1.1    1.4    0.9    0.7
P1    0.6    0.5    0.8    1.0
;Pattern P2
P2    1      1      1      1
P2    0      0      1
```



## [PIPES]

### Purpose:

Defines all pipe links contained in the network.

### Format:

One line for each pipe containing:

- ## ID label of pipe
- ## ID of start node
- ## ID of end node
- ## Length, ft (m)
- ## Diameter, inches (mm)
- ## Roughness coefficient
- ## Minor loss coefficient
- ## Status (OPEN, CLOSED, or CV)

### Remarks:

- a. Roughness coefficient is unitless for the Hazen-Williams and Chezy-Manning head loss formulas and has units of millifeet (mm) for the Darcy-Weisbach formula. Choice of head loss formula is supplied in the [OPTIONS] section.
- b. Setting status to CV means that the pipe contains a check valve restricting flow to one direction.
- c. If minor loss coefficient is 0 and pipe is OPEN then these two items can be dropped from the input line.

### Example:

```
[PIPES]
;ID   Node1  Node2  Length  Diam.  Roughness  Mloss  Status
;-----
P1    J1     J2     1200    12     120        0.2    OPEN
P2    J3     J2     600     6      110        0      CV
P3    J1     J10    1000    12     120
```

## [PUMPS]

### Purpose:

Defines all pump links contained in the network.

### Format:

One line for each pump containing:

- ## ID label of pump
- ## ID of start node
- ## ID of end node
- ## Keyword and Value (can be repeated)

### Remarks:

- a. Keywords consists of:
  - ## **POWER** – power value for constant energy pump, hp (kW)
  - ## **HEAD** - ID of curve that describes head versus flow for the pump
  - ## **SPEED** - relative speed setting (normal speed is 1.0, 0 means pump is off)
  - ## **PATTERN** - ID of time pattern that describes how speed setting varies with time
- b. Either **POWER** or **HEAD** must be supplied for each pump. The other keywords are optional.

### Example:

```
[ PUMPS ]
; ID      Node1      Node2      Properties
; -----
Pump1     N12         N32         HEAD Curve1
Pump2     N121        N55         HEAD Curve1  SPEED 1.2
Pump3     N22         N23         POWER 100
```

## [QUALITY]

**Purpose:**

Defines initial water quality at nodes.

**Format:**

One line per node containing:

$\#$  Node ID label

$\#$  Initial quality

**Remarks:**

- a. Quality is assumed to be zero for nodes not listed.
- b. Quality represents concentration for chemicals, hours for water age, or percent for source tracing.
- c. The [QUALITY] section is optional.

## [REACTIONS]

### Purpose:

Defines parameters related to chemical reactions occurring in the network.

### Formats:

**ORDER BULK/WALL/TANK** value  
**GLOBAL BULK/WALL** value  
**BULK/WALL/TANK** pipeID value  
**LIMITING POTENTIAL** value  
**ROUGHNESS CORRELATION** value

### Definitions:

**ORDER** is used to set the order of reactions occurring in the bulk fluid, at the pipe wall, or in tanks, respectively. Values for wall reactions must be either 0 or 1. If not supplied the default reaction order is 1.0.

**GLOBAL** is used to set a global value for all bulk reaction coefficients (pipes and tanks) or for all pipe wall coefficients. The default value is zero.

**BULK**, **WALL**, and **TANK** are used to override the global reaction coefficients for specific pipes and tanks.

**LIMITING POTENTIAL** specifies that reaction rates are proportional to the difference between the current concentration and some limiting potential value.

**ROUGHNESS CORRELATION** will make all default pipe wall reaction coefficients be related to pipe roughness in the following manner:

<u>Head Loss Equation</u>	<u>Roughness Correlation</u>
Hazen-Williams	F / C
Darcy-Weisbach	F / log(e/D)
Chezy-Manning	F*n

where F = roughness correlation, C = Hazen-Williams C-factor, e = Darcy-Weisbach roughness, D = pipe diameter, and n = Chezy-Manning roughness coefficient. The default value computed this way can be overridden for any pipe by using the **WALL** format to supply a specific value for the pipe.

### Remarks:

- Remember to use positive numbers for growth reaction coefficients and negative numbers for decay coefficients.
- The time units for all reaction coefficients are 1/days.
- All entries in this section are optional. Items offset by slashes (/) indicate allowable choices.

**Example:**

```
[REACTIONS]
ORDER WALL      0      ;Wall reactions are zero-order
GLOBAL BULK    -0.5    ;Global bulk decay coeff.
GLOBAL WALL    -1.0    ;Global wall decay coeff.
WALL   P220    -0.5    ;Pipe-specific wall coeffs.
WALL   P244    -0.7
```

## [REPORT]

### Purpose:

Describes the contents of the output report produced from a simulation.

### Formats:

<b>PAGESIZE</b>	value
<b>FILE</b>	filename
<b>STATUS</b>	<b>YES/NO/FULL</b>
<b>SUMMARY</b>	<b>YES/NO</b>
<b>ENERGY</b>	<b>YES/NO</b>
<b>NODES</b>	<b>NONE/ALL/node1 node2 ...</b>
<b>LINKS</b>	<b>NONE/ALL/link1 link2 ...</b>
parameter	<b>YES/NO</b>
parameter	<b>BELOW/ABOVE/PRECISION</b> value

### Definitions:

**PAGESIZE** sets the number of lines written per page of the output report. The default is 0, meaning that no line limit per page is in effect.

**FILE** supplies the name of a file to which the output report will be written (ignored by the Windows version of EPANET).

**STATUS** determines whether a hydraulic status report should be generated. If **YES** is selected the report will identify all network components that change status during each time step of the simulation. If **FULL** is selected, then the status report will also include information from each trial of each hydraulic analysis. This level of detail is only useful for de-bugging networks that become hydraulically unbalanced. The default is **NO**.

**SUMMARY** determines whether a summary table of number of network components and key analysis options is generated. The default is **YES**.

**ENERGY** determines if a table reporting average energy usage and cost for each pump is provided. The default is **NO**.

**NODES** identifies which nodes will be reported on. You can either list individual node ID labels or use the keywords **NONE** or **ALL**. Additional **NODES** lines can be used to continue the list. The default is **NONE**.

**LINKS** identifies which links will be reported on. You can either list individual link ID labels or use the keywords **NONE** or **ALL**. Additional **LINKS** lines can be used to continue the list. The default is **NONE**.

The “parameter” reporting option is used to identify which quantities are reported on, how many decimal places are displayed, and what kind of filtering should be used to limit output reporting. Node parameters that can be reported on include:

`# Elevation`

`# Demand`

`# Head`

`# Pressure`

`# Quality.`

Link parameters include:

`# Length`

`# Diameter`

`# Flow`

`# Velocity`

`# Headloss`

`# Position` (same as status – open, active, closed)

`# Setting` (Roughness for pipes, speed for pumps, pressure/flow setting for valves)

`# Reaction` (reaction rate)

`# F-Factor` (friction factor).

The default quantities reported are **Demand**, **Head**, **Pressure**, and **Quality** for nodes and **Flow**, **Velocity**, and **Headloss** for links. The default precision is two decimal places.

#### Remarks:

- a. All options assume their default values if not explicitly specified in this section.
- b. Items offset by slashes (/) indicate allowable choices.
- c. The default is to not report on any nodes or links, so a **NODES** or **LINKS** option must be supplied if you wish to report results for these items.
- d. For the Windows version of EPANET, the only [REPORT] option recognized is **STATUS**. All others are ignored.

#### Example:

The following example reports on nodes N1, N2, N3, and N17 and all links with velocity above 3.0. The standard node parameters (Demand, Head, Pressure, and Quality) are reported on while only Flow, Velocity, and F-Factor (friction factor) are displayed for links.

```
[REPORT]
NODES N1 N2 N3 N17
LINKS ALL
FLOW YES
VELOCITY PRECISION 4
F-FACTOR PRECISION 4
VELOCITY ABOVE 3.0
```

## [RESERVOIRS]

### Purpose:

Defines all reservoir nodes contained in the network.

### Format:

One line for each reservoir containing:

## ID label

## Head, ft (m)

## Head pattern ID (optional)

### Remarks:

- Head is the hydraulic head (elevation + pressure head) of water in the reservoir.
- A head pattern can be used to make the reservoir head vary with time.
- At least one reservoir or tank must be contained in the network.

### Example:

```
[RESERVOIRS]
; ID      Head      Pattern
;-----
R1      512
R2      120      Pat1      ;Head stays constant
                          ;Head varies with time
```



## [RULES]

### **Purpose:**

Defines rule-based controls that modify links based on a combination of conditions.

### **Format:**

Each rule is a series of statements of the form:

```
RULE ruleID
IF condition_1
AND condition_2
OR condition_3
AND condition_4
etc.
THEN action_1
AND action_2
etc.
ELSE action_3
AND action_4
etc.
PRIORITY value
```

where:

ruleID	=	an ID label assigned to the rule
condition_n	=	a condition clause
action_n	=	an action clause
Priority	=	a priority value (e.g., a number from 1 to 5)

### **Condition Clause Format:**

A condition clause in a Rule-Based Control takes the form of:

```
object id attribute relation value
```

where

object	=	a category of network object
id	=	the object's ID label
attribute	=	an attribute or property of the object
relation	=	a relational operator
value	=	an attribute value

Some example conditional clauses are:

JUNCTION 23 PRESSURE > 20  
TANK T200 FILLTIME BELOW 3.5  
LINK 44 STATUS IS OPEN  
SYSTEM DEMAND >= 1500  
SYSTEM CLOCKTIME = 7:30 AM

The Object keyword can be any of the following:

<b>NODE</b>	<b>LINK</b>	<b>SYSTEM</b>
<b>JUNCTION</b>	<b>PIPE</b>	
<b>RESERVOIR</b>	<b>PUMP</b>	
<b>TANK</b>	<b>VALVE</b>	

When **SYSTEM** is used in a condition no ID is supplied.

The following attributes can be used with Node-type objects:

**DEMAND**  
**HEAD**  
**PRESSURE**

The following attributes can be used with Tanks:

**LEVEL**  
**FILLTIME** (hours needed to fill a tank)  
**DRAINTIME** (hours needed to empty a tank)

These attributes can be used with Link-Type objects:

**FLOW**  
**STATUS** (**OPEN**, **CLOSED**, or **ACTIVE**)  
**SETTING** (pump speed or valve setting)

The **SYSTEM** object can use the following attributes:

**DEMAND** (total system demand)  
**TIME** (hours from the start of the simulation expressed either as a decimal number or in hours:minutes format)  
**CLOCKTIME** (24-hour clock time with **AM** or **PM** appended)

Relation operators consist of the following:

=	IS
<>	NOT
<	BELOW
>	ABOVE
<=	>=

**Action Clause Format:**

An action clause in a Rule-Based Control takes the form of:

```
object id STATUS/SETTING IS value
```

where

object	=	<b>LINK, PIPE, PUMP,</b> or <b>VALVE</b> keyword
id	=	the object's ID label
value	=	a status condition ( <b>OPEN</b> or <b>CLOSED</b> ), pump speed setting, or valve setting

Some example action clauses are:

```
LINK 23 STATUS IS CLOSED
PUMP P100 SETTING IS 1.5
VALVE 123 SETTING IS 90
```

**Remarks:**

- a. Only the **RULE**, **IF** and **THEN** portions of a rule are required; the other portions are optional.
- b. When mixing **AND** and **OR** clauses, the **OR** operator has higher precedence than **AND**, i.e.,

```
IF A or B and C
```

is equivalent to

```
IF (A or B) and C.
```

If the interpretation was meant to be

```
IF A or (B and C)
```

then this can be expressed using two rules as in

```
IF A THEN ...
```

```
IF B and C THEN ...
```

- c. The **PRIORITY** value is used to determine which rule applies when two or more rules require that conflicting actions be taken on a link. A rule without a priority value always has a lower priority than one with a value. For two rules with the same priority value, the rule that appears first is given the higher priority.

**Example:**

```
[RULES]
RULE 1
IF TANK 1 LEVEL ABOVE 19.1
THEN PUMP 335 STATUS IS CLOSED
AND PIPE 330 STATUS IS OPEN

RULE 2
IF SYSTEM CLOCKTIME >= 8 AM
AND SYSTEM CLOCKTIME < 6 PM
AND TANK 1 LEVEL BELOW 12
THEN PUMP 335 STATUS IS OPEN

RULE 3
IF SYSTEM CLOCKTIME >= 6 PM
OR SYSTEM CLOCKTIME < 8 AM
AND TANK 1 LEVEL BELOW 14
THEN PUMP 335 STATUS IS OPEN
```

## [SOURCES]

### Purpose:

Defines locations of water quality sources.

### Format:

One line for each water quality source containing:

- ## Node ID label
- ## Source type (**CONCEN**, **MASS**, **FLOWPACED**, or **SETPOINT**)
- ## Baseline source strength
- ## Time pattern ID (optional)

### Remarks:

- a. For **MASS** type sources, strength is measured in mass flow per minute. All other types measure source strength in concentration units.
- b. Source strength can be made to vary over time by specifying a time pattern.
- c. A **CONCEN** source:
  - ## represents the concentration of any external source inflow to the node
  - ## applies only when the node has a net negative demand (water enters the network at the node)
  - ## if the node is a junction, reported concentration is the result of mixing the source flow and inflow from the rest of the network
  - ## if the node is a reservoir, the reported concentration is the source concentration
  - ## if the node is a tank, the reported concentration is the internal concentration of the tank
  - ## is best used for nodes that represent source water supplies or treatment works (e.g., reservoirs or nodes assigned a negative demand)
  - ## should not be used at storage tanks with simultaneous inflow/outflow.
- d. A **MASS**, **FLOWPACED**, or **SETPOINT** source:
  - ## represents a booster source, where the substance is injected directly into the network irregardless of what the demand at the node is
  - ## affects water leaving the node to the rest of the network in the following way:
    - a **MASS** booster adds a fixed mass flow to that resulting from inflow to the node
    - a **FLOWPACED** booster adds a fixed concentration to the resultant inflow concentration at the node
    - a **SETPOINT** booster fixes the concentration of any flow leaving the node (as long as the concentration resulting from the inflows is below the setpoint)
  - ## the reported concentration at a junction or reservoir booster source is the concentration that results after the boosting is applied; the reported concentration for a tank with a booster source is the internal concentration of the tank

⊘ is best used to model direct injection of a tracer or disinfectant into the network or to model a contaminant intrusion.

e. A [SOURCES] section is not needed for simulating water age or source tracing.

**Example:**

```
[SOURCES]
;Node  Type      Strength  Pattern
;-----
  N1    CONCEN    1.2      Pat1    ;Concentration varies with time
  N44   MASS      12       ;Constant mass injection
```

## [STATUS]

### Purpose:

Defines initial status of selected links at the start of a simulation.

### Format:

One line per link being controlled containing:

```
## Link ID label
## Status or setting
```

### Remarks:

- a. Links not listed in this section have a default status of **OPEN** (for pipes and pumps) or **ACTIVE** (for valves).
- b. The status value can be **OPEN** or **CLOSED**. For control valves (e.g., PRVs, FCVs, etc.) this means that the valve is either fully opened or closed, not active at its control setting.
- c. The setting value can be a speed setting for pumps or valve setting for valves.
- d. The initial status of pipes can also be set in the [PIPES] section.
- e. Check valves cannot have their status be preset.
- f. Use [CONTROLS] or [RULES] to change status or setting at some future point in the simulation.
- g. If a **CLOSED** or **OPEN** control valve is to become **ACTIVE** again, then its pressure or flow setting must be specified in the control or rule that re-activates it.

### Example:

```
[STATUS]
; Link   Status/Setting
;-----
L22      CLOSED          ;Link L22 is closed
P14      1.5             ;Speed for pump P14
PRV1     OPEN           ;PRV1 forced open
                        ;(overrides normal operation)
```

## [TAGS]

### Purpose:

Associates category labels (tags) with specific nodes and links.

### Format:

One line for each node and link with a tag containing

- ## the keyword NODE or LINK
- ## the node or link ID label
- ## the text of the tag label (with no spaces)

### Remarks:

- a. Tags can be useful for assigning nodes to different pressure zones or for classifying pipes by material or age.
- b. If a node or link's tag is not identified in this section then it is assumed to be blank.
- c. The [TAGS] section is optional and has no effect on the hydraulic or water quality calculations.

### Example:

```
[TAGS]
;Object  ID      Tag
;-----
NODE    1001    Zone_A
NODE    1002    Zone_A
NODE     45     Zone_B
LINK     201    UNCI-1960
LINK     202    PVC-1985
```



## [TANKS]

### Purpose:

Defines all tank nodes contained in the network.

### Format:

One line for each tank containing:

- # ID label
- # Bottom elevation, ft (m)
- # Initial water level, ft (m)
- # Minimum water level, ft (m)
- # Maximum water level, ft (m)
- # Nominal diameter, ft (m)
- # Minimum volume, cubic ft (cubic meters)
- # Volume curve ID (optional)

### Remarks:

- a. Water surface elevation equals bottom elevation plus water level.
- b. Non-cylindrical tanks can be modeled by specifying a curve of volume versus water depth in the [CURVES] section.
- c. If a volume curve is supplied the diameter value can be any non-zero number
- d. Minimum volume (tank volume at minimum water level) can be zero for a cylindrical tank or if a volume curve is supplied.
- e. A network must contain at least one tank or reservoir.

### Example:

```
[TANKS]
;ID Elev. InitLvl MinLvl MaxLvl Diam MinVol VolCurve
;-----
;Cylindrical tank
T1 100 15 5 25 120 0
;Non-cylindrical tank with arbitrary diameter
T2 100 15 5 25 1 0 VC1
```

## [TIMES]

### Purpose:

Defines various time step parameters used in the simulation.

### Formats:

<b>DURATION</b>	Value (units)
<b>HYDRAULIC TIMESTEP</b>	Value (units)
<b>QUALITY TIMESTEP</b>	Value (units)
<b>RULE TIMESTEP</b>	Value (units)
<b>PATTERN TIMESTEP</b>	Value (units)
<b>PATTERN START</b>	Value (units)
<b>REPORT TIMESTEP</b>	Value (units)
<b>REPORT START</b>	Value (units)
<b>START CLOCKTIME</b>	Value (AM/PM)
<b>STATISTIC</b>	<b>NONE/AVERAGED/ MINIMUM/MAXIMUM RANGE</b>

### Definitions:

**DURATION** is the duration of the simulation. Use 0 to run a single period snapshot analysis. The default is 0.

**HYDRAULIC TIMESTEP** determines how often a new hydraulic state of the network is computed. If greater than either the **PATTERN** or **REPORT** time step it will be automatically reduced. The default is 1 hour.

**QUALITY TIMESTEP** is the time step used to track changes in water quality throughout the network. The default is 1/10 of the hydraulic time step.

**RULE TIMESTEP** is the time step used to check for changes in system status due to activation of rule-based controls between hydraulic time steps. The default is 1/10 of the hydraulic time step.

**PATTERN TIMESTEP** is the interval between time periods in all time patterns. The default is 1 hour.

**PATTERN START** is the time offset at which all patterns will start. For example, a value of 6 hours would start the simulation with each pattern in the time period that corresponds to hour 6. The default is 0.

**REPORT TIMESTEP** sets the time interval between which output results are reported. The default is 1 hour.

**REPORT START** is the length of time into the simulation at which output results begin to be reported. The default is 0.

**START CLOCKTIME** is the time of day (e.g., 3:00 PM) at which the simulation begins. The default is 12:00 AM midnight.

**STATISTIC** determines what kind of statistical post-processing should be done on the time series of simulation results generated. **AVERAGED** reports a set of time-averaged results, **MINIMUM** reports only the minimum values, **MAXIMUM** the maximum values, and **RANGE** reports the difference between the minimum and maximum values. **NONE** reports the full time series for all quantities for all nodes and links and is the default.

**Remarks:**

- a. Units can be **SECONDS (SEC)**, **MINUTES (MIN)**, **HOURS**, or **DAYS**. The default is hours.
- b. If units are not supplied, then time values can be entered as decimal hours or in hours:minutes notation.
- c. All entries in the [TIMES] section are optional. Items offset by slashes (/) indicate allowable choices.

**Example:**

```
[TIMES]
DURATION          240 HOURS
QUALITY TIMESTEP  3 MIN
REPORT START      120
STATISTIC         AVERAGED
START CLOCKTIME   6:00 AM
```

## [TITLE]

**Purpose:**

Attaches a descriptive title to the network being analyzed.

**Format:**

Any number of lines of text.

**Remarks:**

The [TITLE] section is optional.

## [VALVES]

### **Purpose:**

Defines all control valve links contained in the network.

### **Format:**

One line for each valve containing:

- ## ID label of valve
- ## ID of start node
- ## ID of end node
- ## Diameter, inches (mm)
- ## Valve type
- ## Valve setting
- ## Minor loss coefficient

### **Remarks:**

- a. Valve types and settings include:

<u>Valve Type</u>	<u>Setting</u>
PRV (pressure reducing valve)	Pressure, psi (m)
PSV (pressure sustaining valve)	Pressure, psi (m)
PBV (pressure breaker valve)	Pressure, psi (m)
FCV (flow control valve)	Flow (flow units)
TCV (throttle control valve)	Loss Coefficient
GPV (general purpose valve)	ID of head loss curve

- b. Shutoff valves and check valves are considered to be part of a pipe, not a separate control valve component (see [PIPES])

## [VERTICES]

### **Purpose:**

Assigns interior vertex points to network links.

### **Format:**

One line for each point in each link containing such points that includes:

## Link ID label

## X-coordinate

## Y-coordinate

### **Remarks:**

- a. Vertex points allow links to be drawn as polylines instead of simple straight-lines between their end nodes.
- b. The coordinates refer to the same coordinate system used for node and label coordinates.
- c. A [VERTICES] section is optional and is not used at all when EPANET is run as a console application.

### **Example:**

```
[COORDINATES]
;Node      X-Coord.   Y-Coord
;-----
  1         10023    128
  2         10056    95
```

### C.3 Report File Format

Statements supplied to the [REPORT] section of the input file control the contents of the report file generated from a command-line run of EPANET. A portion of the report generated from the input file of Figure C.1 is shown in Figure C.2. In general a report can contain the following sections:

- ⌘ Status Section
- ⌘ Energy Section
- ⌘ Nodes Section
- ⌘ Links Section

#### Status Section

The Status Section of the output report lists the initial status of all reservoirs, tanks, pumps, valves, and closed pipes as well as any changes in the status of these components as they occur over time in an extended period simulation. The status of reservoirs and tanks indicates whether they are filling or emptying. The status of links indicates whether they are open or closed and includes the relative speed setting for pumps and the pressure/flow setting for control valves. To include a Status Section in the report use the command **STATUS YES** in the [REPORT] section of the input file.

Using **STATUS FULL** will also produce a full listing of the convergence results for all iterations of each hydraulic analysis made during a simulation. This listing will also show which components are changing status during the iterations. This level of detail is only useful when one is trying to debug a run that fails to converge because a component's status is cycling.

#### Energy Section

The Energy Section of the output report lists overall energy consumption and cost for each pump in the network. The items listed for each pump include:

- ⌘ Percent Utilization (percent of the time that the pump is on-line)
- ⌘ Average Efficiency
- ⌘ Kilowatt-hours consumed per million gallons (or cubic meters) pumped
- ⌘ Average Kilowatts consumed
- ⌘ Peak Kilowatts used
- ⌘ Average cost per day

Also listed is the total cost per day for pumping and the total demand charge (cost based on the peak energy usage) incurred. To include an Energy Section in the report the command **ENERGY YES** must appear in the [REPORT] section of the input file.

```

*****
*                               E P A N E T                               *
*                               Hydraulic and Water Quality                 *
*                               Analysis for Pipe Networks                   *
*                               Version 2.0                                 *
*****

EPANET TUTORIAL

Input Data File ..... tutorial.inp
Number of Junctions..... 5
Number of Reservoirs..... 1
Number of Tanks ..... 1
Number of Pipes ..... 6
Number of Pumps ..... 1
Number of Valves ..... 0
Headloss Formula ..... Hazen-Williams
Hydraulic Timestep ..... 1.00 hrs
Hydraulic Accuracy ..... 0.001000
Maximum Trials ..... 40
Quality Analysis ..... Chlorine
Water Quality Time Step ..... 5.00 min
Water Quality Tolerance ..... 0.01 mg/L
Specific Gravity ..... 1.00
Relative Kinematic Viscosity ..... 1.00
Relative Chemical Diffusivity ..... 1.00
Demand Multiplier ..... 1.00
Total Duration ..... 24.00 hrs
Reporting Criteria:
  All Nodes
  All Links

Energy Usage:
-----
Pump      Usage   Avg.    Kw-hr    Avg.    Peak    Cost
          Factor  Effic.  /Mgal   Kw      Kw      /day
-----
7         100.00  75.00   746.34   51.34   51.59   0.00
-----
                                Demand Charge:  0.00
                                Total Cost:    0.00

```

**Figure C.2** Excerpt from a Report File (continued on next page)



Node Results at 0:00 hrs:					
Node	Demand gpm	Head ft	Pressure psi	Chlorine mg/L	
2	0.00	893.37	387.10	0.00	
3	325.00	879.78	73.56	0.00	
4	75.00	874.43	75.58	0.00	
5	100.00	872.69	76.99	0.00	
6	75.00	872.71	74.84	0.00	
1	-1048.52	700.00	0.00	1.00	Reservoir
7	473.52	855.00	2.17	0.00	Tank
Link Results at 0:00 hrs:					
Link	Flow gpm	Velocity fps	Headloss /1000ft		
1	1048.52	2.97	4.53		
2	558.33	1.58	1.41		
3	165.19	1.05	1.07		
4	90.19	0.58	0.35		
5	-9.81	0.06	0.01		
6	473.52	1.93	2.53		
7	1048.52	0.00	-193.37		Pump
Node Results at 1:00 hrs:					
Node	Demand gpm	Head ft	Pressure psi	Chlorine mg/L	
2	0.00	893.92	387.34	1.00	
3	325.00	880.42	73.84	0.99	
4	75.00	875.12	75.88	0.00	
5	100.00	873.40	77.30	0.00	
6	75.00	873.43	75.15	0.00	
1	-1044.60	700.00	0.00	1.00	Reservoir
7	469.60	855.99	2.59	0.00	Tank
Link Results at 1:00 hrs:					
Link	Flow gpm	Velocity fps	Headloss /1000ft		
1	1044.60	2.96	4.50		
2	555.14	1.57	1.40		
3	164.45	1.05	1.06		
4	89.45	0.57	0.34		
5	-10.55	0.07	0.01		
6	469.60	1.92	2.49		
7	1044.60	0.00	-193.92		Pump

Figure C.2 Excerpt from a Report File (continued from previous page)

## Nodes Section

The Nodes Section of the output report lists simulation results for those nodes and parameters identified in the [REPORT] section of the input file. Results are listed for each reporting time step of an extended period simulation. The reporting time step is specified in the [TIMES] section of the input file. Results at intermediate times when certain hydraulic events occur, such as pumps turning on or off or tanks closing because they become empty or full, are not reported.

To have nodal results reported the [REPORT] section of the input file must contain the keyword **NODES** followed by a listing of the ID labels of the nodes to be included in the report. There can be several such **NODES** lines in the file. To report results for all nodes use the command **NODES ALL**.

The default set of reported quantities for nodes includes Demand, Head, Pressure, and Water Quality. You can specify how many decimal places to use when listing results for a parameter by using commands such as **PRESSURE PRECISION 3** in the input file (i.e., use 3 decimal places when reporting results for pressure). The default precision is 2 decimal places for all quantities. You can filter the report to list only the occurrences of values below or above a certain value by adding statements of the form **PRESSURE BELOW 20** to the input file.

## Links Section

The Links Section of the output report lists simulation results for those links and parameters identified in the [REPORT] section of the input file. The reporting times follow the same convention as was described for nodes in the previous section.

As with nodes, to have any results for links reported you must include the keyword **LINKS** followed by a list of link ID labels in the [REPORT] section of the input file. Use the command **LINKS ALL** to report results for all links.

The default parameters reported on for links includes Flow, Velocity, and Headloss. Diameter, Length, Water Quality, Status, Setting, Reaction Rate, and Friction Factor can be added to these by using commands such as **DIAMETER YES** or **DIAMETER PRECISION 0**. The same conventions used with node parameters for specifying reporting precision and filters also applies to links.

## C.4 Binary Output File Format

If a third file name is supplied to the command line that runs EPANET then the results for all parameters for all nodes and links for all reporting time periods will be saved to this file in a special binary format. This file can be used for special post-processing purposes. Data written to the file are 4-byte integers, 4-byte floats, or fixed-size strings whose size is a multiple of 4 bytes. This allows the file to be divided conveniently into 4-byte records. The file consists of four sections of the following sizes in bytes:

<i>Section</i>	<i>Size in bytes</i>
Prolog	$852 + 20*Nnodes + 36*Nlinks + 8*Ntanks$
Energy Use	$28*Npumps + 4$
Extended Period	$(16*Nnodes + 32*Nlinks)*Nperiods$
Epilog	28

where

Nnodes	=	number of nodes (junctions + reservoirs + tanks)
Nlinks	=	number of links (pipes + pumps + valves)
Ntanks	=	number of tanks and reservoirs
Npumps	=	number of pumps
Nperiods	=	number of reporting periods

and all of these counts are themselves written to the file's Prolog or Epilog sections.

#### Prolog Section

The prolog section of the binary Output File contains the following data:

<b>Item</b>	<b>Type</b>	<b>Number of Bytes</b>
Magic Number (= 516114521)	Integer	4
Version (= 200)	Integer	4
Number of Nodes (Junctions + Reservoirs + Tanks)	Integer	4
Number of Reservoirs & Tanks	Integer	4
Number of Links (Pipes + Pumps + Valves)	Integer	4
Number of Pumps	Integer	4
Number of Valves	Integer	4
Water Quality Option 0 = none 1 = chemical 2 = age 3 = source trace	Integer	4
Index of Node for Source Tracing	Integer	4
Flow Units Option 0 = cfs 1 = gpm 2 = mgd 3 = Imperial mgd 4 = acre-ft/day 5 = liters/second 6 = liters/minute 7 = megaliters/day 8 = cubic meters/hour 9 = cubic meters/day	Integer	4

Pressure Units Option 0 = psi 1 = meters 2 = kPa	Integer	4
Statistics Flag 0 = no statistical processing 1 = results are time-averaged 2 = only minimum values reported 3 = only maximum values reported 4 = only ranges reported	Integer	4
Reporting Start Time (seconds)	Integer	4
Reporting Time Step (seconds)	Integer	4
Simulation Duration (seconds)	Integer	4
Problem Title (1st line)	Char	80
Problem Title (2nd line)	Char	80
Problem Title (3rd line)	Char	80
Name of Input File	Char	260
Name of Report File	Char	260
Name of Chemical	Char	16
Chemical Concentration Units	Char	16
ID Label of Each Node	Char	16
ID Label of Each Link	Char	16
Index of Start Node of Each Link	Integer	4*Nlinks
Index of End Node of Each Link	Integer	4*Nlinks
Type Code of Each Link 0 = Pipe with CV 1 = Pipe 2 = Pump 3 = PRV 4 = PSV 5 = PBV 6 = FCV 7 = TCV 8 = GPV	Integer	4*Nlinks
Node Index of Each Tank	Integer	4*Ntanks
Cross-Sectional Area of Each Tank	Float	4*Ntanks
Elevation of Each Node	Float	4*Nnodes
Length of Each Link	Float	4*Nlinks
Diameter of Each Link	Float	4*Nlinks

There is a one-to-one correspondence between the order in which the ID labels for nodes and links are written to the file and the index numbers of these components. Also, reservoirs are distinguished from tanks by having their cross-sectional area set to zero.

### Energy Use Section

The Energy Use section of the binary output file immediately follows the Prolog section. It contains the following data:

Item	Type	Number of Bytes
Repeated for each pump:		
▪ Pump Index in List of Links	Float	4
▪ Pump Utilization (%)	Float	4
▪ Average Efficiency (%)	Float	4
▪ Average Kwatts/Million Gallons (/Meter <sup>3</sup> )	Float	4
▪ Average Kwatts	Float	4
▪ Peak Kwatts	Float	4
▪ Average Cost Per Day	Float	4
Overall Peak Energy Usage	Float	4

The statistics reported in this section refer to the period of time between the start of the output reporting period and the end of the simulation.

#### Extended Period Section

The Extended Period section of the binary Output File contains simulation results for each reporting period of an analysis (the reporting start time and time step are written to the Output File's Prolog section and the number of steps is written to the Epilog section). For each reporting period the following values are written to the file:

Item	Type	Size in Bytes
Demand at Each Node	Float	4*Nnodes
Hydraulic Head at Each Node	Float	4*Nnodes
Pressure at Each Node	Float	4*Nnodes
Water Quality at Each Node	Float	4*Nnodes
Flow in Each Link (negative for reverse flow)	Float	4*Nlinks
Velocity in Each Link	Float	4*Nlinks
Headloss per 1000 Units of Length for Each Link (Negative of head gain for pumps and total head loss for valves)	Float	4*Nlinks
Average Water Quality in Each Link	Float	4*Nlinks
Status Code for Each Link 0 = closed (max. head exceeded) 1 = temporarily closed 2 = closed 3 = open 4 = active (partially open) 5 = open (max. flow exceeded) 6 = open (flow setting not met) 7 = open (pressure setting not met)	Float	4*Nlinks
Setting for Each Link: Roughness Coefficient for Pipes Speed for Pumps Setting for Valves	Float	4*Nlinks
Reaction Rate for Each Link (mass/L/day)	Float	4*Nlinks
Friction Factor for Each Link	Float	4*Nlinks

## Epilog Section

The Epilog section of the binary output file contains the following data:

<b>Item</b>	<b>Type</b>	<b>Number of Bytes</b>
Average bulk reaction rate (mass/hr)	Float	4
Average wall reaction rate (mass/hr)	Float	4
Average tank reaction rate (mass/hr)	Float	4
Average source inflow rate (mass/hr)	Float	4
Number of Reporting Periods	Integer	4
Warning Flag: 0 = no warnings 1 = warnings were generated	Integer	4
Magic Number (= 516114521)	Integer	4

The mass units of the reaction rates both here and in the Extended Period output depend on the concentration units assigned to the chemical being modeled. The reaction rates listed in this section refer to the average of the rates seen in all pipes (or all tanks) over the entire reporting period of the simulation.

(This page intentionally left blank.)

## APPENDIX D - ANALYSIS ALGORITHMS

### D.1 Hydraulics

The method used in EPANET to solve the flow continuity and headloss equations that characterize the hydraulic state of the pipe network at a given point in time can be termed a hybrid node-loop approach. Todini and Pilati (1987) and later Salgado et al. (1988) chose to call it the "Gradient Method". Similar approaches have been described by Hamam and Brameller (1971) (the "Hybrid Method") and by Osiadacz (1987) (the "Newton Loop-Node Method"). The only difference between these methods is the way in which link flows are updated after a new trial solution for nodal heads has been found. Because Todini's approach is simpler, it was chosen for use in EPANET.

Assume we have a pipe network with  $N$  junction nodes and  $NF$  fixed grade nodes (tanks and reservoirs). Let the flow-headloss relation in a pipe between nodes  $i$  and  $j$  be given as:

$$H_i - H_j = h_{ij} = rQ_{ij}^n + mQ_{ij}^2 \quad \text{D.1}$$

where  $H$  = nodal head,  $h$  = headloss,  $r$  = resistance coefficient,  $Q$  = flow rate,  $n$  = flow exponent, and  $m$  = minor loss coefficient. The value of the resistance coefficient will depend on which friction headloss formula is being used (see below). For pumps, the headloss (negative of the head gain) can be represented by a power law of the form

$$h_{ij} = -4\omega^2 (h_0 + r (Q_{ij} / \omega)^n)$$

where  $h_0$  is the shutoff head for the pump,  $\omega$  is a relative speed setting, and  $r$  and  $n$  are the pump curve coefficients. The second set of equations that must be satisfied is flow continuity around all nodes:

$$\sum_j Q_{ij} - D_i = 0 \quad \text{for } i = 1, \dots, N. \quad \text{D.2}$$

where  $D_i$  is the flow demand at node  $i$  and by convention, flow into a node is positive. For a set of known heads at the fixed grade nodes, we seek a solution for all heads  $H_i$  and flows  $Q_{ij}$  that satisfy Eqs. (D.1) and (D.2).

The Gradient solution method begins with an initial estimate of flows in each pipe that may not necessarily satisfy flow continuity. At each iteration of the method, new nodal heads are found by solving the matrix equation:

$$\mathbf{AH} = \mathbf{F} \quad \text{D.3}$$



where  $\mathbf{A}$  = an (NxN) Jacobian matrix,  $\mathbf{H}$  = an (Nx1) vector of unknown nodal heads, and  $\mathbf{F}$  = an (Nx1) vector of right hand side terms

The diagonal elements of the Jacobian matrix are:

$$A_{ii} = -\sum_j p_{ij}$$

while the non-zero, off-diagonal terms are:

$$A_{ij} = 4 p_{ij}$$

where  $p_{ij}$  is the inverse derivative of the headloss in the link between nodes i and j with respect to flow. For pipes,

$$p_{ij} = \frac{1}{nr |Q_{ij}|^{n-1} 2 m |Q_{ij}|}$$

while for pumps

$$p_{ij} = \frac{1}{n \omega^2 r (Q_{ij} / \omega)^{n-1}}$$

Each right hand side term consists of the net flow imbalance at a node plus a flow correction factor:

$$F_i = \sum_j Q_j - D_i - \sum_j y_{ij} - \sum_f p_{if} H_f$$

where the last term applies to any links connecting node i to a fixed grade node f and the flow correction factor  $y_{ij}$  is:

$$y_{ij} = p_{ij} / r |Q_{ij}|^{n-1} 2 m |Q_{ij}|^2 \text{sgn}(Q_{ij})$$

for pipes and

$$y_{ij} = 4 p_{ij} \omega^2 / h_0 4 r (Q_{ij} / \omega)^n$$

for pumps, where  $\text{sgn}(x)$  is 1 if  $x > 0$  and -1 otherwise. ( $Q_{ij}$  is always positive for pumps.)

After new heads are computed by solving Eq. (D.3), new flows are found from:

$$Q_{ij} = Q_j / y_{ij} 4 p_{ij} / H_i 4 H_j \quad \text{D.4}$$

If the sum of absolute flow changes relative to the total flow in all links is larger than some tolerance (e.g., 0.001), then Eqs. (D.3) and (D.4) are solved once again. The flow update formula (D.4) always results in flow continuity around each node after the first iteration.

EPANET implements this method using the following steps:

1. The linear system of equations D.3 is solved using a sparse matrix method based on node re-ordering (George and Liu, 1981). After re-ordering the nodes to minimize the amount of fill-in for matrix A, a symbolic factorization is carried out so that only the non-zero elements of A need be stored and operated on in memory. For extended period simulation this re-ordering and factorization is only carried out once at the start of the analysis.
2. For the very first iteration, the flow in a pipe is chosen equal to the flow corresponding to a velocity of 1 ft/sec, while the flow through a pump equals the design flow specified for the pump. (All computations are made with head in feet and flow in cfs).
3. The resistance coefficient for a pipe ( $r$ ) is computed as described in Table 3.1. For the Darcy-Weisbach headloss equation, the friction factor  $f$  is computed by different equations depending on the flow's Reynolds Number (Re):

Hagen – Poiseuille formula for  $Re < 2,000$  (Bhave, 1991):

$$f = \frac{64}{Re}$$

Swamee and Jain approximation to the Colebrook - White equation for  $Re > 4,000$  (Bhave, 1991):

$$f = \frac{0.25}{\left( \ln \left( \frac{\kappa}{3.7d} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right)^2}$$

Cubic Interpolation From Moody Diagram for  $2,000 < Re < 4,000$  (Dunlop, 1991):

$$f = (X1 + 2R(X2 + 2R(X3 + 2X4)))$$

$$R = \frac{Re}{2000}$$

$$X1 = 7FA + 4FB$$

$$X2 = 0.128 + 4.17FA + 2.25FB$$

$$X3 = 40.128 + 2.13FA + 4.2FB$$

$$X4 = R/0.032 + 4.3FA + 2.05FB$$

$$FA = 1/Y3^{0.42}$$

$$\begin{aligned}
 FB &= FA \left( \frac{0.00514215}{Y20Y30} \right)^4 \\
 Y2 &= \frac{\kappa}{3.7d} \left( \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \\
 Y3 &= 40.86859 \ln \left( \frac{\kappa}{3.7d} \left( \frac{5.74}{4000^{0.9}} \right) \right)
 \end{aligned}$$

where  $\kappa$  = pipe roughness and  $d$  = pipe diameter.

- The minor loss coefficient based on velocity head ( $K$ ) is converted to one based on flow ( $m$ ) with the following relation:

$$m = \frac{0.02517K}{d^4}$$

- Emitters at junctions are modeled as a fictitious pipe between the junction and a fictitious reservoir. The pipe's headloss parameters are  $n = (1/\sqrt[3]{r} = (1/C)^n$ , and  $m = 0$  where  $C$  is the emitter's discharge coefficient and  $v$  is its pressure exponent. The head at the fictitious reservoir is the elevation of the junction. The computed flow through the fictitious pipe becomes the flow associated with the emitter.
- Open valves are assigned an  $r$ -value by assuming the open valve acts as a smooth pipe ( $f = 0.02$ ) whose length is twice the valve diameter. Closed links are assumed to obey a linear headloss relation with a large resistance factor, i.e.,  $h = 10^8 Q$ , so that  $p = 10^{-8}$  and  $y = Q$ . For links where  $(r+m)Q < 10^{-7}$ ,  $p = 10^7$  and  $y = Q/n$ .
- Status checks on pumps, check valves (CVs), flow control valves, and pipes connected to full/empty tanks are made after every other iteration, up until the 10th iteration. After this, status checks are made only after convergence is achieved. Status checks on pressure control valves (PRVs and PSVs) are made after each iteration.
- During status checks, pumps are closed if the head gain is greater than the shutoff head (to prevent reverse flow). Similarly, check valves are closed if the headloss through them is negative (see below). When these conditions are not present, the link is re-opened. A similar status check is made for links connected to empty/full tanks. Such links are closed if the difference in head across the link would cause an empty tank to drain or a full tank to fill. They are re-opened at the next status check if such conditions no longer hold.
- Simply checking if  $h < 0$  to determine if a check valve should be closed or open was found to cause cycling between these two states in some networks due to limits on numerical precision. The following procedure was devised to provide a more robust test of the status of a check valve (CV):

```

if  $|h| > H_{tol}$  then
  if  $h < -H_{tol}$  then      status = CLOSED
  if  $Q < -Q_{tol}$  then     status = CLOSED
  else                      status = OPEN
else
  if  $Q < -Q_{tol}$  then     status = CLOSED
  else                      status = unchanged

```

where  $H_{tol} = 0.0005$  ft and  $Q_{tol} = 0.001$  cfs.

10. If the status check closes an open pump, pipe, or CV, its flow is set to  $10^{-6}$  cfs. If a pump is re-opened, its flow is computed by applying the current head gain to its characteristic curve. If a pipe or CV is re-opened, its flow is determined by solving Eq. (D.1) for  $Q$  under the current headloss  $h$ , ignoring any minor losses.
11. Matrix coefficients for pressure breaker valves (PBVs) are set to the following:  $p = 10^8$  and  $y = 10^8 H_{set}$ , where  $H_{set}$  is the pressure drop setting for the valve (in feet). Throttle control valves (TCVs) are treated as pipes with  $r$  as described in item 6 above and  $m$  taken as the converted value of the valve setting (see item 4 above).
12. Matrix coefficients for pressure reducing, pressure sustaining, and flow control valves (PRVs, PSVs, and FCVs) are computed after all other links have been analyzed. Status checks on PRVs and PSVs are made as described in item 7 above. These valves can either be completely open, completely closed, or active at their pressure or flow setting.
13. The logic used to test the status of a PRV is as follows:

```

If current status = ACTIVE then
  if  $Q < -Q_{tol}$            then new status = CLOSED
  if  $H_i < H_{set} + H_{ml} - H_{tol}$  then new status = OPEN
  else new status = ACTIVE

```

```

If current status = OPEN then
  if  $Q < -Q_{tol}$            then new status = CLOSED
  if  $H_i > H_{set} + H_{ml} + H_{tol}$  then new status = ACTIVE
  else new status = OPEN

```

```

If current status = CLOSED then
  if  $H_i > H_j + H_{tol}$ 
  and  $H_i < H_{set} - H_{tol}$    then new status = OPEN
  if  $H_i > H_j + H_{tol}$ 
  and  $H_j < H_{set} - H_{tol}$    then new status = ACTIVE
  else new status = CLOSED

```

where  $Q$  is the current flow through the valve,  $H_i$  is its upstream head,  $H_j$  is its downstream head,  $H_{set}$  is its pressure setting converted to head,  $H_{ml}$  is the minor loss when the valve is open ( $= mQ^2$ ), and  $H_{tol}$  and  $Q_{tol}$  are the same values used for check valves in

item 9 above. A similar set of tests is used for PSVs, except that when testing against Hset, the i and j subscripts are switched as are the > and < operators.

14. Flow through an active PRV is maintained to force continuity at its downstream node while flow through a PSV does the same at its upstream node. For an active PRV from node i to j:

$$\begin{aligned} p_{ij} &= 0 \\ F_j &= F_i + 10^8 H_{set} \\ A_{ij} &= A_{ij} + 10^8 \end{aligned}$$

This forces the head at the downstream node to be at the valve setting Hset. An equivalent assignment of coefficients is made for an active PSV except the subscript for F and A is the upstream node i. Coefficients for open/closed PRVs and PSVs are handled in the same way as for pipes.

15. For an active FCV from node i to j with flow setting Qset, Qset is added to the flow leaving node i and entering node j, and is subtracted from  $F_i$  and added to  $F_j$ . If the head at node i is less than that at node j, then the valve cannot deliver the flow and it is treated as an open pipe.
16. After initial convergence is achieved (flow convergence plus no change in status for PRVs and PSVs), another status check on pumps, CVs, FCVs, and links to tanks is made. Also, the status of links controlled by pressure switches (e.g., a pump controlled by the pressure at a junction node) is checked. If any status change occurs, the iterations must continue for at least two more iterations (i.e., a convergence check is skipped on the very next iteration). Otherwise, a final solution has been obtained.
17. For extended period simulation (EPS), the following procedure is implemented:
  - a. After a solution is found for the current time period, the time step for the next solution is the minimum of:
    - ∅# the time until a new demand period begins,
    - ∅# the shortest time for a tank to fill or drain,
    - ∅# the shortest time until a tank level reaches a point that triggers a change in status for some link (e.g., opens or closes a pump) as stipulated in a simple control,
    - ∅# the next time until a simple timer control on a link kicks in,
    - ∅# the next time at which a rule-based control causes a status change somewhere in the network.

In computing the times based on tank levels, the latter are assumed to change in a linear fashion based on the current flow solution. The activation time of rule-based controls is computed as follows:

- ⚡ Starting at the current time, rules are evaluated at a rule time step. Its default value is 1/10 of the normal hydraulic time step (e.g., if hydraulics are updated every hour, then rules are evaluated every 6 minutes).
  - ⚡ Over this rule time step, clock time is updated, as are the water levels in storage tanks (based on the last set of pipe flows computed).
  - ⚡ If a rule's conditions are satisfied, then its actions are added to a list. If an action conflicts with one for the same link already on the list then the action from the rule with the higher priority stays on the list and the other is removed. If the priorities are the same then the original action stays on the list.
  - ⚡ After all rules are evaluated, if the list is not empty then the new actions are taken. If this causes the status of one or more links to change then a new hydraulic solution is computed and the process begins anew.
  - ⚡ If no status changes were called for, the action list is cleared and the next rule time step is taken unless the normal hydraulic time step has elapsed.
- b. Time is advanced by the computed time step, new demands are found, tank levels are adjusted based on the current flow solution, and link control rules are checked to determine which links change status.
  - c. A new set of iterations with Eqs. (D.3) and (D.4) are begun at the current set of flows.

## D.2 Water Quality

The governing equations for EPANET's water quality solver are based on the principles of conservation of mass coupled with reaction kinetics. The following phenomena are represented (Rossman et al., 1993; Rossman and Boulos, 1996):

### Advective Transport in Pipes

A dissolved substance will travel down the length of a pipe with the same average velocity as the carrier fluid while at the same time reacting (either growing or decaying) at some given rate. Longitudinal dispersion is usually not an important transport mechanism under most operating conditions. This means there is no intermixing of mass between adjacent parcels of water traveling down a pipe. Advective transport within a pipe is represented with the following equation:

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} = -u_i \frac{\partial C_i}{\partial x} + r(C_i) \quad \text{D.5}$$

where  $C_i$  = concentration (mass/volume) in pipe  $i$  as a function of distance  $x$  and time  $t$ ,  $u_i$  = flow velocity (length/time) in pipe  $i$ , and  $r$  = rate of reaction (mass/volume/time) as a function of concentration.

### Mixing at Pipe Junctions

At junctions receiving inflow from two or more pipes, the mixing of fluid is taken to be complete and instantaneous. Thus the concentration of a substance in water leaving the junction is simply the flow-weighted sum of the concentrations from the inflowing pipes. For a specific node  $k$  one can write:

$$C_{i|x|0} = \frac{\sum_{j \in I_k} Q_j C_{j|x|L_j} + Q_{k,ext} C_{k,ext}}{\sum_{j \in I_k} Q_j + Q_{k,ext}} \quad D.6$$

where  $i$  = link with flow leaving node  $k$ ,  $I_k$  = set of links with flow into  $k$ ,  $L_j$  = length of link  $j$ ,  $Q_j$  = flow (volume/time) in link  $j$ ,  $Q_{k,ext}$  = external source flow entering the network at node  $k$ , and  $C_{k,ext}$  = concentration of the external flow entering at node  $k$ . The notation  $C_{i|x=0}$  represents the concentration at the start of link  $i$ , while  $C_{i|x=L}$  is the concentration at the end of the link.

### Mixing in Storage Facilities

It is convenient to assume that the contents of storage facilities (tanks and reservoirs) are completely mixed. This is a reasonable assumption for many tanks operating under fill-and-draw conditions providing that sufficient momentum flux is imparted to the inflow (Rossman and Grayman, 1999). Under completely mixed conditions the concentration throughout the tank is a blend of the current contents and that of any entering water. At the same time, the internal concentration could be changing due to reactions. The following equation expresses these phenomena:

$$\frac{\partial (V_s C_s)}{\partial t} = \sum_{i \in I_s} Q_i C_{i|x|L_i} - \sum_{j \in O_s} Q_j C_s + r(C_s) \quad D.7$$

where  $V_s$  = volume in storage at time  $t$ ,  $C_s$  = concentration within the storage facility,  $I_s$  = set of links providing flow into the facility, and  $O_s$  = set of links withdrawing flow from the facility.

### Bulk Flow Reactions

While a substance moves down a pipe or resides in storage it can undergo reaction with constituents in the water column. The rate of reaction can generally be described as a power function of concentration:

$$r = kC^n$$

where  $k$  = a reaction constant and  $n$  = the reaction order. When a limiting concentration exists on the ultimate growth or loss of a substance then the rate expression becomes

$$R = K_b(C_L - C)^{n+1} \quad \text{for } n > 0, K_b > 0$$

$$R = K_b(C - C_L)^{n+1} \quad \text{for } n > 0, K_b < 0$$

where  $C_L$  = the limiting concentration.

Some examples of different reaction rate expressions are:

☞ *Simple First-Order Decay* ( $C_L = 0, K_b < 0, n = 1$ )

$$R = K_b C$$

The decay of many substances, such as chlorine, can be modeled adequately as a simple first-order reaction.

☞ *First-Order Saturation Growth* ( $C_L > 0, K_b > 0, n = 1$ ):

$$R = K_b(C_L - C)$$

This model can be applied to the growth of disinfection by-products, such as trihalomethanes, where the ultimate formation of by-product ( $C_L$ ) is limited by the amount of reactive precursor present.

☞ *Two-Component, Second Order Decay* ( $C_L \neq 0, K_b < 0, n = 2$ ):

$$R = K_b C(C - C_L)$$

This model assumes that substance A reacts with substance B in some unknown ratio to produce a product P. The rate of disappearance of A is proportional to the product of A and B remaining.  $C_L$  can be either positive or negative, depending on whether either component A or B is in excess, respectively. Clark (1998) has had success in applying this model to chlorine decay data that did not conform to the simple first-order model.

☞ *Michaelis-Menton Decay Kinetics* ( $C_L > 0, K_b < 0, n < 0$ ):

$$R = \frac{K_b C}{C_L - C}$$

As a special case, when a negative reaction order  $n$  is specified, EPANET will utilize the Michaelis-Menton rate equation, shown above for a decay reaction. (For growth reactions the denominator becomes  $C_L + C$ .) This rate equation is often used to describe enzyme-catalyzed reactions and microbial growth. It produces first-order behavior at low concentrations and zero-order behavior at higher concentrations. Note that for decay reactions,  $C_L$  must be set higher than the initial concentration present.



Koechling (1998) has applied Michaelis-Menton kinetics to model chlorine decay in a number of different waters and found that both  $K_b$  and  $C_L$  could be related to the water's organic content and its ultraviolet absorbance as follows:

$$K_b \mid 40.32UVA^{1.365} \frac{(100UVA)}{DOC}$$

$$C_L \mid 4.98UVA + 1.91DOC$$

where UVA = ultraviolet absorbance at 254 nm (1/cm) and DOC = dissolved organic carbon concentration (mg/L).

**Note: These expressions apply only for values of  $K_b$  and  $C_L$  used with Michaelis-Menton kinetics.**

☞ *Zero-Order growth* ( $C_L = 0, K_b = 1, n = 0$ )

$$R = 1.0$$

This special case can be used to model water age, where with each unit of time the "concentration" (i.e., age) increases by one unit.

The relationship between the bulk rate constant seen at one temperature (T1) to that at another temperature (T2) is often expressed using a van't Hoff - Arrhenius equation of the form:

$$K_{b2} \mid K_{b1} \chi^{T24T1}$$

where  $\chi$  is a constant. In one investigation for chlorine,  $\chi$  was estimated to be 1.1 when T1 was 20 deg. C (Koechling, 1998).

### Pipe Wall Reactions

While flowing through pipes, dissolved substances can be transported to the pipe wall and react with material such as corrosion products or biofilm that are on or close to the wall. The amount of wall area available for reaction and the rate of mass transfer between the bulk fluid and the wall will also influence the overall rate of this reaction. The surface area per unit volume, which for a pipe equals 2 divided by the radius, determines the former factor. The latter factor can be represented by a mass transfer coefficient whose value depends on the molecular diffusivity of the reactive species and on the Reynolds number of the flow (Rossman et. al, 1994). For first-order kinetics, the rate of a pipe wall reaction can be expressed as:

$$r \mid \frac{2k_w k_f C}{R(k_w + 2k_f)}$$

where  $k_w$  = wall reaction rate constant (length/time),  $k_f$  = mass transfer coefficient (length/time), and  $R$  = pipe radius. For zero-order kinetics the reaction rate cannot be any higher than the rate of mass transfer, so

$$r \mid \text{MIN}(k_w, k_f C)(2/R)$$

where  $k_w$  now has units of mass/area/time.

Mass transfer coefficients are usually expressed in terms of a dimensionless Sherwood number ( $Sh$ ):

$$k_f \mid Sh \frac{D}{d}$$

in which  $D$  = the molecular diffusivity of the species being transported (length<sup>2</sup>/time) and  $d$  = pipe diameter. In fully developed laminar flow, the average Sherwood number along the length of a pipe can be expressed as

$$Sh \mid 3.65 + \frac{0.0668(d/L) Re Sc}{1 + 0.04 \sqrt{(d/L) Re Sc}}^{1/3}$$

in which  $Re$  = Reynolds number and  $Sc$  = Schmidt number (kinematic viscosity of water divided by the diffusivity of the chemical) (Edwards et.al, 1976). For turbulent flow the empirical correlation of Notter and Sleicher (1971) can be used:

$$Sh \mid 0.0149 Re^{0.88} Sc^{1/3}$$

### System of Equations

When applied to a network as a whole, Equations D.5-D.7 represent a coupled set of differential/algebraic equations with time-varying coefficients that must be solved for  $C_i$  in each pipe  $i$  and  $C_s$  in each storage facility  $s$ . This solution is subject to the following set of externally imposed conditions:

- ⊘ initial conditions that specify  $C_i$  for all  $x$  in each pipe  $i$  and  $C_s$  in each storage facility  $s$  at time 0,
- ⊘ boundary conditions that specify values for  $C_{k,ext}$  and  $Q_{k,ext}$  for all time  $t$  at each node  $k$  which has external mass inputs
- ⊘ hydraulic conditions which specify the volume  $V_s$  in each storage facility  $s$  and the flow  $Q_i$  in each link  $i$  at all times  $t$ .

## Lagrangian Transport Algorithm

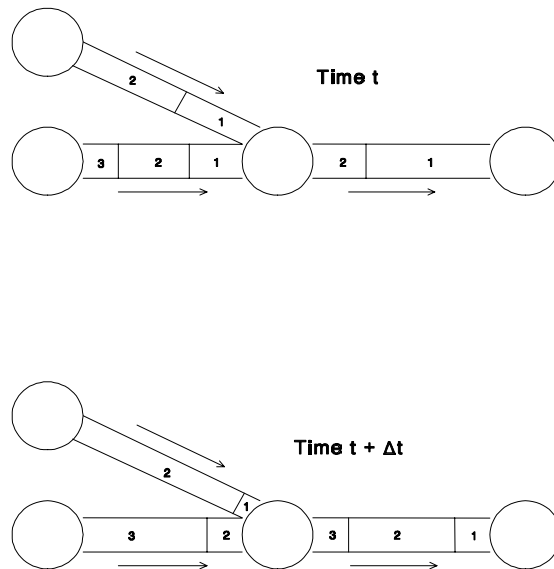
EPANET's water quality simulator uses a Lagrangian time-based approach to track the fate of discrete parcels of water as they move along pipes and mix together at junctions between fixed-length time steps (Liou and Kroon, 1987). These water quality time steps are typically much shorter than the hydraulic time step (e.g., minutes rather than hours) to accommodate the short times of travel that can occur within pipes. As time progresses, the size of the most upstream segment in a pipe increases as water enters the pipe while an equal loss in size of the most downstream segment occurs as water leaves the link. The size of the segments in between these remains unchanged. (See Figure D.1).

The following steps occur at the end of each such time step:

1. The water quality in each segment is updated to reflect any reaction that may have occurred over the time step.
2. The water from the leading segments of pipes with flow into each junction is blended together to compute a new water quality value at the junction. The volume contributed from each segment equals the product of its pipe's flow rate and the time step. If this volume exceeds that of the segment then the segment is destroyed and the next one in line behind it begins to contribute its volume.
3. Contributions from outside sources are added to the quality values at the junctions. The quality in storage tanks is updated depending on the method used to model mixing in the tank (see below).
4. New segments are created in pipes with flow out of each junction, reservoir, and tank. The segment volume equals the product of the pipe flow and the time step. The segment's water quality equals the new quality value computed for the node.

To cut down on the number of segments, Step 4 is only carried out if the new node quality differs by a user-specified tolerance from that of the last segment in the outflow pipe. If the difference in quality is below the tolerance then the size of the current last segment in the outflow pipe is simply increased by the volume flowing into the pipe over the time step.

This process is then repeated for the next water-quality time step. At the start of the next hydraulic time step the order of segments in any links that experience a flow reversal is switched. Initially each pipe in the network consists of a single segment whose quality equals the initial quality assigned to the upstream node.



**Figure D.1** Behavior of Segments in the Lagrangian Solution Method

### D.3 References

- Bhave, P.R. 1991. *Analysis of Flow in Water Distribution Networks*. Technomic Publishing. Lancaster, PA.
- Clark, R.M. 1998. "Chlorine demand and Trihalomethane formation kinetics: a second-order model", *Jour. Env. Eng.*, Vol. 124, No. 1, pp. 16-24.
- Dunlop, E.J. 1991. *WADI Users Manual*. Local Government Computer Services Board, Dublin, Ireland.
- George, A. & Liu, J. W-H. 1981. *Computer Solution of Large Sparse Positive Definite Systems*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Hamam, Y.M, & Brameller, A. 1971. "Hybrid method for the solution of piping networks", *Proc. IEE*, Vol. 113, No. 11, pp. 1607-1612.

- Koechling, M.T. 1998. *Assessment and Modeling of Chlorine Reactions with Natural Organic Matter: Impact of Source Water Quality and Reaction Conditions*, Ph.D. Thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, University of Cincinnati, Cincinnati, Ohio.
- Liou, C.P. and Kroon, J.R. 1987. "Modeling the propagation of waterborne substances in distribution networks", *J. AWWA*, 79(11), 54-58.
- Notter, R.H. and Sleicher, C.A. 1971. "The eddy diffusivity in the turbulent boundary layer near a wall", *Chem. Eng. Sci.*, Vol. 26, pp. 161-171.
- Osiadacz, A.J. 1987. *Simulation and Analysis of Gas Networks*. E. & F.N. Spon, London.
- Rossman, L.A., Boulos, P.F., and Altman, T. (1993). "Discrete volume-element method for network water-quality models", *J. Water Resour. Plng. and Mgmt.*, Vol. 119, No. 5, 505-517.
- Rossman, L.A., Clark, R.M., and Grayman, W.M. (1994). "Modeling chlorine residuals in drinking-water distribution systems", *Jour. Env. Eng.*, Vol. 120, No. 4, 803-820.
- Rossman, L.A. and Boulos, P.F. (1996). "Numerical methods for modeling water quality in distribution systems: A comparison", *J. Water Resour. Plng. and Mgmt.*, Vol. 122, No. 2, 137-146.
- Rossman, L.A. and Grayman, W.M. 1999. "Scale-model studies of mixing in drinking water storage tanks", *Jour. Env. Eng.*, Vol. 125, No. 8, pp. 755-761.
- Salgado, R., Todini, E., & O'Connell, P.E. 1988. "Extending the gradient method to include pressure regulating valves in pipe networks". *Proc. Inter. Symposium on Computer Modeling of Water Distribution Systems*, University of Kentucky, May 12-13.
- Todini, E. & Pilati, S. 1987. "A gradient method for the analysis of pipe networks". *International Conference on Computer Applications for Water Supply and Distribution*, Leicester Polytechnic, UK, September 8-10.