

# **Teknik Penyediaan Air Minum Perpipaan**

ugmpress.ugm.ac.id

**Radianta Triatmadja**

# **Teknik Penyediaan Air Minum Perpipaan**



**Gadjah Mada University Press**

## **TEKNIK PENYEDIAAN AIR MINUM PERPIAAN**

**Penulis:**

Radianta Triatmadja

**Korektor:**

Andayani

**Desain sampul:**

Pram's

**Tata letak isi:**

Didi

**Penerbit:**

Gadjah Mada University Press  
Anggota IKAPI

**Ukuran :** 15,5 × 23 cm; xx + 292 hlm

**ISBN :** 978-602-386-106-4

1810261-B5E

**Redaksi:**

Jl. Grafika No. 1, Bulaksumur  
Yogyakarta, 55281  
Telp./Fax.: (0274) 561037  
[www.ugmpress.ugm.ac.id](http://www.ugmpress.ugm.ac.id) | [gmupress@ugm.ac.id](mailto:gmupress@ugm.ac.id)

**Cetakan pertama:** September 2016

**Cetakan kedua:** Mei 2018

Cetakan ketiga: Januari 2019

2765.006.01.19

**Hak Penerbitan © 2018 Gadjah Mada University Press**

*Dilarang mengutip dan memperbanyak tanpa izin tertulis dari penerbit, sebagian atau seluruhnya dalam bentuk apa pun, baik cetak, photoprint, microfilm, dan sebagainya.*

## PENGANTAR

Buku tentang air minum, air bersih, dan teknik penyediaannya sudah banyak tersedia. Buku-buku tersebut ditulis berdasarkan pengetahuan dan pengalaman penulisnya sehingga masing-masing mempunyai kekurangan dan kelebihannya. Di Indonesia, buku yang membahas teknik penyediaan air minum secara lengkap belum tersedia. Buku atau publikasi dalam bidang tersebut masih sangat kurang dan terpisah-pisah. Oleh karena itu, penulis merasa terpanggil untuk menulis tentang teknik penyediaan air minum walaupun hanya mempunyai pengetahuan yang sangat terbatas. Buku ini ditulis berdasarkan pengalaman dan pengetahuan penulis tentang teknik penyediaan air minum dan ditambah berbagai informasi untuk kelengkapan bahasan. Buku ini diawali dengan membahas kebutuhan air domestik dan ketersedianya pada Bab 1 dan 2. Bab 3, 4, dan 5 membahas lebih teknis tentang penyediaan air minum meliputi jaringan dan aksesorinya. Bab 6 membahas tentang survei atau pemetikan data yang diperlukan dalam mendukung perencanaan. Buku ini diakhiri dengan metode komputasi sistem jaringan perpipaan untuk air minum serta simulasinya. Pembaca bisa mempelajari secara urut maupun hanya membaca per bagian sesuai dengan kebutuhan.

Buku *Teknik Penyediaan Air Minum Perpipaan* ini ditujukan sebagai bahan rujukan atau untuk membantu para profesional dalam merencanakan jaringan penyedia air minum. Buku ini juga diharapkan bermanfaat bagi para mahasiswa di perguruan tinggi, terutama program Teknik Sipil, program Teknik Lingkungan, dan program-program lain yang terkait dengan penyediaan air minum.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Prof. Dr. Ir. Bambang Triatmodjo, C.E.S., D.E.A. yang berkenan membaca buku ini, memberikan koreksi, dan komentar yang sangat membangun. Kesalahan dan kekurangan yang tersisa dalam buku ini adalah tanggung jawab penulis. Terima kasih juga disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu hingga penulis dapat menyelesaikan buku ini. Secara khusus penulis mengucapkan terima kasih kepada Pemerintah Republik Indonesia yang mendanai penerbitan buku ini melalui Universitas Gadjah Mada.

Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Dra. Triwidanti Laksmini Kisdiarsi dan Daniel Laksmana Abdonian Radianta yang telah

memberikan kesempatan dan merelakan waktu kebersamaan bersama penulis demi terselesaikannya buku ini.

Penulis menyadari bahwa buku ini mempunyai banyak kekurangan karena keterbatasan pengetahuan penulis dalam bidang teknik penyediaan air minum yang saat ini sangat luas dan sangat *advance* (lanjut). Oleh karena itu, pembaca dianjurkan untuk membaca buku lain yang pasti memberikan pengetahuan tambahan yang memperkaya pengetahuan. Pada edisi perdana ini kesalahan ketik masih terjadi di sana-sini yang lolos dari pengamatan penulis, walaupun penulis telah berusaha membacanya berkali-kali. Kritik dan saran yang membangun dapat dialamatkan ke radiantatoo@yahoo.com.

Yogyakarta, Desember 2014

Penulis

## DAFTAR ISI

PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
<b>BAB 1 KEBUTUHAN AIR DOMESTIK .....</b>	<b>1</b>
1.1 Berbagai Faktor yang Memengaruhi Kebutuhan Air Domestik .....	2
1.2 Kebutuhan Air Domestik Menurut Jenis Pemanfaatannya	7
1.3 Kebutuhan Air Domestik di Beberapa Lokasi di Indonesia dan Standar untuk Perencanaan .....	9
1.4 Fluktuasi Kebutuhan Air Domestik .....	13
1.5 Kebutuhan untuk Pemadaman Kebakaran.....	16
<b>BAB 2 KETERSEDIAAN DAN SISTEM PENYEDIAAN AIR DOMESTIK .....</b>	<b>21</b>
2.1 Ketersediaan Air .....	21
2.2 Sumber Air Bersih sebagai Air Minum .....	25
2.3 Kualitas Air dan Persyaratan Kualitas Air Minum .....	32
2.4 Pelayanan Air Bersih di Dunia .....	43
2.5 Pelayanan Air Bersih di Indonesia.....	47
<b>BAB 3 INSTALASI PENANGKAPAN, PENGOLAHAN AIR, DAN KUALITAS AIR .....</b>	<b>62</b>
3.1 Sumber Air Dan Penangkap Mata Air ( <i>PMA, Broncapturing</i> ) .....	64
3.2 Instalasi Pengolahan Air (IPA) .....	73
<b>BAB 4 JARINGAN TRANSMISI DAN DISTRIBUSI PENYEDIAAN AIR MINUM PERPIPAAN .....</b>	<b>104</b>
4.1 Jaringan Transmisi Saluran Terbuka.....	104
4.2 Jaringan Pipa Transmisi dan Distribusi .....	112
4.3 Jenis Pipa .....	116
4.4 Kebocoran Pipa.....	124

4.5 Pengukuran Kebocoran dan Kehilangan Air Secara Fisik	127
BAB 5 KOMPONEN POMPA, TANGKI, DAN KATUP.....	129
5.1 Pompa .....	129
5.2 Tangki .....	158
5.3 Katup .....	184
5.4 Pengukur Debit Air ( <i>Flow Meter</i> ) .....	190
BAB 6 SURVEI UNTUK PERENCANAAN SISTEM PENYEDIAAN AIR MINUM PERPIPAAN .....	192
6.1 Tahapan Perencanaan .....	194
6.2 Survei untuk Penyediaan Air Bersih secara Umum.....	196
BAB 7 KOMPUTASI HIDRAULIKA DALAM JARINGAN PIPA	226
7.1 Aliran dalam Saluran Terbuka .....	226
7.2 Aliran Bertekanan dalam Pipa .....	228
7.3 Metode Komputasi Hidraulika dalam Jaringan Pipa.....	236
BAB 8 SIMULASI SISTEM PENYEDIAAN AIR MINUM PERPIPAAN .....	245
8.1 Perkiraan Awal Diameter Pipa.....	247
8.2 Simulasi Sisa Tekanan pada Node .....	248
8.3 Kebutuhan Energi dan Pengaturan Energi Air dalam Pipa .....	276
8.4 Energi Air yang Tersedia .....	278
8.5 Energi Air yang Dibutuhkan Masyarakat .....	279
8.6 Pengaturan Energi dan Aliran.....	279
8.7 Perencanaan Lokasi Tangki .....	283
DAFTAR PUSTAKA .....	287

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Kebutuhan air untuk kegiatan sehari-hari .....	8
Tabel 1.2	Pemakaian air menurut penggunaannya di Amerika Serikat dan Jepang.....	8
Tabel 1.3	Kebutuhan air di daerah Sleman, Yogyakarta.....	10
Tabel 1.4	Kebutuhan minimum air bersih (domestik dan nondomestik).....	10
Tabel 1.5	Kebutuhan minimum air bersih (domestik dan nondomestik).....	11
Tabel 1.6	Contoh koefisien kebutuhan saat jam puncak.....	14
Tabel 1.7	Kebutuhan air untuk pemadaman kebakaran pada permukiman (satu atau dua lantai) di Amerika Serikat.....	19
Tabel 2.1	Estimasi besaran kebutuhan air minimum .....	24
Tabel 2.2	Persyaratan air minum .....	33
Tabel 2.3	Patogen tertularkan melalui air minum .....	35
Tabel 2.4	Perbandingan kinerja dan jumlah PDAM sekitar tahun 2000 dan 2010.....	49
Tabel 2.5	Kesenjangan (gap) antara kebutuhan air minum dan ketersediaan air minum serta usaha yang diperlukan .....	52
Tabel 3.1	Karakter filter pasir cepat dan filter pasir lambat .....	91
Tabel 3.2	Kriteria perencanaan unit filter pasir cepat .....	91
Tabel 3.3	Sebagian Standar Nasional Indonesia untuk filter pasir lambat.....	97
Tabel 3.4	Harga CT (mg min./l) untuk 99,9% nonaktivasi kista <i>Giardia lamblia</i> dengan klorin pada suhu 25°C.....	100
Tabel 3.5	Karakter beberapa bahan pengolah air (disinfektan) .....	103
Tabel 4.1	Hasil hitungan debit aliran untuk berbagai lebar saluran (B)	108
Tabel 4.2	Kriteria pipa transmisi dan distribusi menurut Kepmenpu No. 18 Tahun 2007.....	113

Tabel 4.3	Beberapa jenis pipa, keuntungan dan kerugiannya secara sepintas.....	117
Tabel 4.4	Perbandingan antara pipa PVC dan pipa baja.....	118
Tabel 4.5	Contoh pipa jenis PVC (diproduksi di dalam negeri).....	119
Tabel 4.6	Contoh <i>Ductile Iron Pipe</i> (DIP) (Standar ISO 2531 dan BS EN 545).....	119
Tabel 4.7	Bocoran yang diperkenankan tiap kilometer .....	127
Tabel 5.1	Contoh berbagai aplikasi pompa dan jenisnya yang sesuai untuk aplikasi air kotor .....	136
Tabel 5.2	Viskositas air dan tekanan uapnya pada berbagai temperatur	154
Tabel 5.3	Volume suplai, pengambilan, dan kebutuhan volume tangki dengan suplai konstan dan pengambilan berupa kurva sinusoidal .....	161
Tabel 5.4	Hitungan <i>input-output</i> serta selisih volume yang terjadi jika <i>output</i> berupa kurva segitiga dengan <i>input</i> konstan.....	163
Tabel 5.5	Perbandingan antara tangki terbuka dan tangki bertekanan	176
Tabel 5.6	Beberapa contoh jumlah putaran untuk membuka-menutup katup.....	187
Tabel 6.1	Data yang diperlukan untuk pengembangan SPAM .....	197
Tabel 6.2	Contoh formulir pertanyaan tentang pemanfaatan air untuk responden.....	199
Tabel 6.3	Contoh daftar tingkat pemakaian air.....	200
Tabel 6.4	Tingkat pemanfaatan air tiap jam.....	201
Tabel 6.5	Koefisien tingkat pemakaian air tiap jam.....	201
Tabel 6.6	Contoh hasil analisis kualitas air minum .....	222
Tabel 7.1	Diameter kekasaran (e) beberapa bahan (material) pipa baru	233
Tabel 8.1	Data pipa pada Gambar 8.2.....	249
Tabel 8.2	Kebutuhan maksimum pada node Gambar 8.2 .....	250
Tabel 8.3	Ringkasan data sistem jaringan air minum Kota Luwuk ....	262

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Kebutuhan air domestik di beberapa kota di Turki .....	6
Gambar 1.2	Kebutuhan air domestik menurut jenis pemanfaatannya .....	9
Gambar 1.3	Fluktuasi kebutuhan air bersih Kota Batang, $Q_r$ : kebutuhan rerata harian, $Q_t$ : kebutuhan saat jam t .....	14
Gambar 1.4	Koefisien fluktuasi layanan air atau layanan dari SPAM pada kondisi layanan terbatas (sumber air atau kapasitas jaringan terbatas) .....	16
Gambar 1.5	Perumahan padat dengan gang (jalan) kecil lebar kurang dari 2 meter; hampir tidak ada jarak antara rumah satu dengan rumah yang lain .....	18
Gambar 1.6	Lokasi perumahan padat di Yogyakarta; tanda anak panah menunjukkan lokasi pemotretan foto pada Gambar 1.5 ..	18
Gambar 2.1	Sumber air baku .....	26
Gambar 2.2	Erbung sebagai tampungan air hujan di Kabupaten Gunung Kidul, DIY .....	27
Gambar 2.3	Tampungan air hujan di Kabupaten Gunung Kidul, DIY27	
Gambar 2.4	Pemanenan air hujan .....	28
Gambar 2.5	Salah satu kemungkinan terjadinya mata air di daerah pegunungan .....	29
Gambar 2.6	Mata air di daerah pegunungan kapur. (a) Air keluar dari kaki bukit batuan; (b) Mata air digunakan untuk mandi, cuci (pakaian, tikar, sapi), air minum (ada puluhan pipa plastik yang dipasang), irigasi (ada saluran irigasi), dan kebutuhan lain .....	30
Gambar 2.7	Contoh alur transmisi beberapa patogen terkait dengan air minum .....	36

Gambar 2.8	Air bersih kualitas air minum pegunungan menjadi tempat mandi yang mengasyikkan bagi masyarakat setempat .....	38
Gambar 2.9	Air buangan industri rumah tangga (pabrik tahu di daerah Kabupaten Magelang) .....	41
Gambar 2.10	Pencemaran air tanah; air sumur resapan WC/KM masuk terlalu dalam dan dekat dengan muka air tanah sehingga tidak terjadi filtering yang baik .....	41
Gambar 2.11	Skema sistem sumber dan penyediaan air bersih sepanjang sungai .....	42
Gambar 2.12	Reservoir kecil ( $2 \text{ m}^3$ ) untuk tampungan sementara (bantuan dari Departemen Pekerjaan Umum untuk air minum nonpemerintah) .....	47
Gambar 2.13	Jaringan air minum nonpemerintah sampai di pelanggan dengan meter air.....	48
Gambar 2.14	Faktor yang berpengaruh pada harga layanan air .....	53
Gambar 2.15	Kebocoran air pada <i>air-valve</i> yang sudah tidak sempurna	56
Gambar 2.16	Hubungan antara kebocoran dan selisih antara pengeluaran dan pendapatan PDAM di Indonesia tahun 2000 .....	57
Gambar 3.1	Komponen jaringan perpipaan air minum secara makro .	64
Gambar 3.2	Pengambilan air dari sumber: (a) mata air ditampung, (b) waduk/sungai, (c) pemompaan dari sumur galeri (sekitar 10 m dari Sungai Progo), (d) PMA dari mata air, (e) pompa hidram yang langsung mengambil air dan energinya, (f) <i>intake</i> pada Waduk Sermo diletakkan di atas pelampung.....	66
Gambar 3.3	Kaptering ( <i>capturing</i> ) untuk mata air .....	67
Gambar 3.4	(a) PMA untuk SPAMS (Sistem Penyediaan Air Minum Sederhana) sedang dibangun, dan (b) sebuah PMA SPAMS yang sudah siap dioperasionalkan .....	68
Gambar 3.5	<i>Gallery</i> atau sumur di dekat sungai untuk pengambilan (PMA) sumber air .....	68
Gambar 3.6	Cara pengeringan sumur galeri .....	70
Gambar 3.7	<i>Intake</i> untuk air minum di Kalijoho, Sungai Progo .....	70

Gambar 3.8	Contoh potongan melintang bangunan <i>intake</i> langsung dari sumber air (sungai) .....	71
Gambar 3.9	Perlindungan pada <i>intake</i> untuk mengurangi sampah yang masuk ke dalam <i>intake</i> .....	71
Gambar 3.10	Pengambilan air dari Sungai Progo oleh masyarakat saat musim kemarau .....	72
Gambar 3.11	Contoh <i>ground tank</i> untuk menampung air sementara ....	73
Gambar 3.12	Tangki sederhana dengan volume $2 \times 5 \text{ m}^3$ cukup untuk penampungan sementara sekitar 0,75 l/s atau untuk kebutuhan 750 orang di pedesaan .....	73
Gambar 3.13	Skema alur pengolahan air minum .....	75
Gambar 3.14	Skema aerasi air berkadar Fe tinggi melalui pelat bergelombang.....	77
Gambar 3.15	Sistem aerasi sederhana oleh masyarakat untuk mengurangi Fe.....	77
Gambar 3.16	Cara aerasi sederhana menggunakan energi air (karya Prof. Hardjoso Prodjopangarso): (a) saat kincir beroperasi, dan (b) kincir dilihat dari atas serta posisi pengaturan lubang aerasi.....	79
Gambar 3.17	Beberapa metode pencampuran bahan koagulan dengan air.....	81
Gambar 3.18	Flokulator dilanjutkan dengan kolam pengendapan (sedimentasi) .....	82
Gambar 3.19	Hasil pengujian dosis koagulan.....	83
Gambar 3.20	(a) Air minum dalam kemasan, (b) air Selokan Mataram setelah diendapkan 1 hari, (c) air Selokan Mataram sebelum diendapkan.....	84
Gambar 3.21	Peristiwa <i>hindered settling</i> : (a) <i>hindered settling</i> pada sedimen yang berkelompok dalam air, (b) <i>hindered settling</i> pada benda dijatuhkan dengan parasit di udara, (c) <i>hindered settling</i> pada kondisi (a), tetapi konsentrasi partikel sangat besar di seluruh tabung sehingga pengendapan semakin lambat .....	86
Gambar 3.22	Kurva tipikal kecepatan jatuh ( <i>fall velocity</i> ) terhadap konsentrasi .....	87

Gambar 3.23 Saluran/kolam pengendapan sederhana .....	87
Gambar 3.24 Saluran pengendapan sederhana ( <i>appropriate technology</i> ) .....	88
Gambar 3.25 Kolam pengendapan aliran vertikal ke atas .....	89
Gambar 3.26 Skema filter pasir cepat; notasi untuk katup: T = Tutup, B = Buka .....	93
Gambar 3.27 Skema operasional filter pasir cepat dan pencuciannya ( <i>backwashing</i> ) .....	94
Gambar 3.28 Filter pasir di PDAM Kabupaten Kulon Progo (Clereng)	95
Gambar 3.29 (a) Perubahan kehilangan energi ( <i>head/loss</i> ) dalam material filter selama proses filtrasi, (b) Perubahan kekeruhan selama proses filtrasi .....	95
Gambar 3.30 Situasi yang membuat filter pasir cepat bertekanan lebih menguntungkan.....	98
Gambar 4.1 Saluran terbuka persegi.....	106
Gambar 4.2 Tipikal kontur kecepatan aliran pada tampang lintang aliran dalam saluran terbuka .....	107
Gambar 4.3 Saluran sedimen <i>trap</i> (pengendapan sedimen) sebelum memasuki saluran induk irigasi Sapon.....	109
Gambar 4.4 Skema bangunan pengambilan air irigasi di Bendung Sapon, Sungai Progo .....	109
Gambar 4.5 Contoh saluran terbuka sebagai saluran transmisi air baku (bersama-sama dengan saluran irigasi) .....	111
Gambar 4.6 Skema jaringan perpipaan air minum PDAM Perwitasari Purworejo .....	115
Gambar 4.7 Pipa HDPE (perhatikan kelenturannya) .....	120
Gambar 4.8 Dukungan pada pipa lurus.....	121
Gambar 4.9 Pipa GI melintasi saluran irigasi yang lebarnya sekitar dua kali panjang satu unit pipa.....	122
Gambar 4.10 Dukungan pipa: (a) pipa melalui lembah bukit kapur; (b) <i>close up</i> dukungan pipa .....	122
Gambar 4.11 Pipa didukung di dekat sambungan .....	123
Gambar 4.12 Jembatan pipa yang sangat panjang dan sangat efisien....	123

Gambar 4.13 Blok beton penahan air saat membelok (kiri belokan horizontal, kanan belokan vertikal).....	124
Gambar 4.14 Longsoran tanah yang memutuskan pipa (jalur pipa).....	125
Gambar 4.15 Lokasi pengukuran debit untuk memperkirakan kebocoran.....	128
Gambar 5.1 Pengaliran air dari reservoir tekanan rendah ke reservoir tinggi dengan pompa (P).....	131
Gambar 5.2 Kehilangan energi dari <i>ground tank</i> hingga <i>elevated tank</i>	132
Gambar 5.3 Klasifikasi pompa sentrifugal.....	134
Gambar 5.4 Pompa sentrifugal ( <i>single stage</i> ) tanpa motor penggerak: A = As penggerak <i>impeller</i> , as ini digerakkan oleh as motor; B = <i>Impeller</i> ; C = <i>Casing</i> pompa; D = <i>Inlet</i> untuk air memasuki pompa; E = Saluran <i>outlet</i> .....	135
Gambar 5.5 Kurva karakteristik pompa dan sistem jaringan pipa.....	138
Gambar 5.6 Sebuah contoh kurva Q-H dari berbagai pompa produksi sebuah industri pompa terkenal.....	140
Gambar 5.7 (a) Pemasangan pompa secara paralel dan karakteristik pompa gabungannya, (b) pemasangan pompa seri dan karakteristik gabungannya .....	142
Gambar 5.8 Skema aliran daya dari listrik hingga air .....	144
Gambar 5.9 Efisiensi pompa pada berbagai titik operasional.....	145
Gambar 5.10 Karakteristik kinerja pompa dan daerah operasional pompa yang dibutuhkan.....	146
Gambar 5.11 Garis operasional pompa yang diperlukan dan garis kinerja pompa yang ditawarkan serta selisih tinggi tekanan sisa yang terbuang .....	147
Gambar 5.12 Karakteristik pompa untuk dua macam (ukuran) <i>impeller</i>	148
Gambar 5.13 Contoh karakteristik berbagai pompa produksi pabrik ....	150
Gambar 5.14 Bagan alir hitungan biaya operasi pompa.....	152
Gambar 5.15 Kurva masa suplai, kebutuhan, dan fluktuasi muka air dalam tangki.....	162
Gambar 5.16 Fluktuasi volume air dalam tangki sebagai fungsi dari <i>input</i> dan <i>output</i> .....	164

Gambar 5.17 Hubungan antara kebutuhan puncak dibanding kebutuhan rerata dengan volume tangki yang diperlukan .....	165
Gambar 5.18 Kurva debit kebutuhan dan suplai serta saat pengisian dan pengosongan tangki.....	166
Gambar 5.19 Kurva kebutuhan trapesium .....	166
Gambar 5.20 (a) Bentuk tangki persegi milik Perusahaan Kereta Api, dan (b) bentuk tangki silinder di Fakultas Kedokteran Gigi UGM .....	172
Gambar 5.21 Bentuk tangki kerucut terpancung milik PDAM Klaten..	173
Gambar 5.22 Tangki silinder milik PDAM Kota Magelang.....	173
Gambar 5.23 Tangki dengan kemungkinan layanan berbeda karena fluktuasi permukaan airnya .....	175
Gambar 5.24 Siklus kerja tangki bertekanan .....	176
Gambar 5.25 Tata letak tangki bertekanan yang dihubungkan dengan pompa dan jaringan distribusi. Inset A: foto tangki bertekanan; B: foto pompa dengan tangki bertekanan.....	177
Gambar 5.26 Perubahan volume kantung udara jika udara dalam kantung berkurang.....	180
Gambar 5.27 Waktu relatif yang diperlukan untuk pengisian tangki ....	180
Gambar 5.28 Tipikal kurva pengisian dan pengosongan tangki bertekanan .....	182
Gambar 5.29 Sisa tekanan sebelum dan sesudah instalasi bak pelepas tekan .....	183
Gambar 5.30 Sketsa bak pelepas tekan ukuran kecil .....	183
Gambar 5.31 Bak pelepas tekan pada sistem penyediaan air minum Karanganyar .....	184
Gambar 5.32 Jaringan pipa dengan contoh posisi katup.....	185
Gambar 5.33 <i>Gate Valve</i> : a) skema dan b) foto .....	186
Gambar 5.34 Hubungan antara persentase bukaan terhadap persentase penutupan ( $h/D.100\%$ ) .....	186
Gambar 5.35 <i>Gate valve</i> .....	189

Gambar 5.36 <i>Check valve</i> : (a) terpasang dengan tutup terbuka (dalam perbaikan), (b) <i>close up</i> dari atas, (c) <i>close up</i> lebih dekat dengan pintu <i>check valve</i> diangkat sedikit.....	189
Gambar 5.37 <i>Air valve</i> tunggal .....	190
Gambar 6.1 Alternatif skema dan bagan alir pola pikir tahapan perencanaan.....	195
Gambar 6.2 Tahapan Perencanaan Pengembangan SPAM, Permenpu No. 18 Tahun 2007 .....	196
Gambar 6.3 Fluktuasi kebutuhan air minum selama 24 jam .....	202
Gambar 6.4 Fluktuasi kebutuhan air minum selama 24 jam di suatu zona distribusi dan rerata fluktuasinya.....	203
Gambar 6.5 Salah satu mata air yang sangat fluktuatif.....	204
Gambar 6.6 Posisi pengukuran secara vertikal di saluran terbuka (sungai, selokan) .....	206
Gambar 6.7 Posisi pengukuran secara horizontal (dilihat dari atas) dengan 4 pias; lingkaran putih menunjukkan lokasi <i>current meter</i> (alat ukur kecepatan aliran) .....	207
Gambar 6.8 Posisi pengukuran (perspektif) dengan 4 pias; lingkaran putih menunjukkan lokasi <i>current meter</i> (alat ukur kecepatan aliran) .....	207
Gambar 6.9 Pengukuran air dengan <i>current meter</i> ; alat-alat ukur berupa deteksi arus (baling-baling) serta alat pencatat putaran baling-baling terlihat pada inset.....	208
Gambar 6.10 Posisi pelampung pada pengukuran debit.....	210
Gambar 6.11 Pengukuran dengan energi kinetik .....	211
Gambar 6.12 Pengukuran air dengan tampungan (Foto: Rizaldi) .....	211
Gambar 6.13 Pengukuran debit melalui ambang lebar dan ambang tipis	212
Gambar 6.14 Pancaran air dapat digunakan untuk memperkirakan debit melalui pipa.....	213
Gambar 6.15 Fluktuasi muka air di waduk W (hipotesis) .....	216
Gambar 6.16 <i>Rating curve</i> (kurva debit) pelimpah ( <i>spillway</i> ) waduk W	218
Gambar 6.17 Hubungan antara air dan volume air dalam waduk W.....	219

Gambar 6.18	Fluktuasi muka air di waduk W dengan pengambilan air untuk PDAM diperkenankan hingga elevasi mencapai +130 m .....	220
Gambar 6.19	Perbandingan fluktuasi muka air jika pengambilan PDAM diperkenankan hingga +130 m untuk debit pengambilan sebesar 250 l/detik, 400 l/detik, dan 500 l/detik .....	221
Gambar 7.1	Saluran air baku terbuka .....	228
Gambar 7.2	Grafik Moody yang menghubungkan kekasaran relatif ( $\varepsilon/D$ ), angka Reynold ( $Re$ ), dan koefisien kekasaran ( $f$ ) ..	232
Gambar 7.3	Aliran dalam pipa dan kehilangan tinggi tenaga mayor (utama) maupun minor (sekunder); semua energi air saat keluar dalam bentuk energi kinetik .....	235
Gambar 7.4	Aliran dalam pipa dan kehilangan tinggi tenaga mayor (utama) maupun sekunder; air keluar dengan masih menyisakan energi potensial (terhadap datum) .....	235
Gambar 7.5	Contoh jaringan pipa campuran antara jaringan tertutup dan terbuka .....	242
Gambar 7.6	Anggapan jaringan setelah node akhir dihilangkan sementara .....	243
Gambar 7.7	Anggapan jaringan setelah semua bagian jaringan terbuka dihilangkan sementara .....	243
Gambar 8.1	Contoh sistem jaringan dengan 4 <i>loop</i> .....	246
Gambar 8.2	Jaringan perpipaan dengan 4 <i>loop</i> yang akan dihitung ....	249
Gambar 8.3	Sistem jaringan air minum dalam <i>software</i> WaterNet.....	252
Gambar 8.4	Sistem jaringan air minum setelah dieksekusi .....	252
Gambar 8.5	Sisa tekanan seluruh node ditampilkan dalam grafik yang secara langsung dapat dilihat secara kuantitatif dan bandingannya antarnode .....	253
Gambar 8.6	Sisa tekanan seluruh node ditampilkan dalam bentuk skala warna untuk melihat posisi node dengan sisa tekanan masing-masing .....	253
Gambar 8.7	Sisa tekanan pada semua node dengan tanda lingkaran garis putus-putus untuk sisa tekanan di atas 70 m .....	254

Gambar 8.8	Sisa tekanan pada sebuah jalur pipa digambarkan oleh energi dan elevasi node sepanjang jalur pipa.....	254
Gambar 8.9	Sisa tekanan pada setiap node setelah pipa nomor 17 ditutup .....	256
Gambar 8.10	Sisa tekanan pada seluruh node sebelum dan sesudah pipa 17 ditutup .....	257
Gambar 8.11	Sisa tekanan pada semua node setelah pipa nomor 8 ditutup .....	257
Gambar 8.12	Kondisi sisa tekanan pada jalur pipa 1, 10, 9 dan 16, 17, 18, 36, dan 35.....	258
Gambar 8.13	Perbandingan antara kehilangan energi sekunder dengan kehilangan energi mayor pada pipa halus, dengan aksesori 5 katup terbuka penuh dan kecepatan konstan 1,0 m/s.....	260
Gambar 8.14	Jaringan PDAM Kota Luwuk, Sulawesi Tengah .....	261
Gambar 8.15	Selisih ( $\Delta$ ) sisa energi pada setiap node antara simulasi mengabaikan energi sekunder dan simulasi dengan memperhatikan energi sekunder pada sistem jaringan air minum Kota Luwuk .....	262
Gambar 8.16	Jaringan sederhana tanpa <i>loop</i> .....	264
Gambar 8.17	Jaringan sederhana dengan <i>loop</i> .....	266
Gambar 8.18	Jaringan sederhana tanpa <i>loop</i> dengan <i>Link Importance-range</i> .....	267
Gambar 8.19	Skema Metode Lagrangian mengikuti aliran elemen .....	274
Gambar 8.20	Energi air dari mata air, IPA hingga ke konsumen tanpa menggunakan bak pelepas tekan.....	277
Gambar 8.21	Energi air dari mata air, IPA hingga ke konsumen dengan menggunakan bak pelepas tekan.....	278
Gambar 8.22	Jaringan distribusi air sederhana.....	281
Gambar 8.23	Pemasangan katup untuk membatasi debit yang masuk ke daerah B.....	282
Gambar 8.24	Pompa dipasang untuk memberikan layanan ke C yang elevasinya lebih tinggi dibanding lokasi sumber air.....	282

Gambar 8.25 Skenario jaringan distribusi air untuk seluruh area tanpa pembagian zona (zonasi).....	284
Gambar 8.26 Skenario jaringan distribusi air untuk zona A dan zona B .....	284
Gambar 8.27 Skenario jaringan distribusi air untuk zona A dan zona B, dengan tangki 3 untuk optimasi investasi pipa transmisi. ....	285
Gambar 8.28 Skenario jaringan distribusi air untuk zona A dan zona B dengan tangki 3 di hilir daerah distribusi untuk optimasi investasi pipa transmisi .....	286

ugmpress.ugm.ac.id