



YAYASAN PENDIDIKAN DAYANG SUMBI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

Jl. PHH Mustapa 23, Bandung 40124 Indonesia, Telepon: +62-22-7272215 ext 157, Fax:022-720 2892
Web site: <http://www.itenas.ac.id>, e-mail: lpp@itenas.ac.id

SURAT KETERANGAN
MELAKUKAN KEGIATAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
423/A.01/TL-FTSP/Itenas/VIII/2023

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Dr. M. Rangga Sururi, S.T., M.T.
Jabatan : Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Itenas
NPP : 40909

Menerangkan bahwa,

Nama : Ibrahim K Ardhi
NRP : 25-2018-004

Telah melakukan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat sebagai berikut:

Nama Kegiatan : Praktik Kerja Penetapan Nilai NRW (*Non Revenue Water*) Pada Sistem Distribusi Air Minum Sumber Mata Air Cigadog PDAM Tirta Bumi Wibawa Kota Sukabumi
Tempat : PDAM Tirta Bumi Wibawa Kota Sukabumi
Waktu : 14 Juni 2021 – 9 September 2021
Sumber Dana : Mandiri

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Bandung, 28 Agustus 2023

Ketua Program Studi Teknik Lingkungan
Itenas,

(Dr. M. Rangga Sururi, S.T., M.T.)
NPP. 40909

LAPORAN PRAKTIK KERJA
TLA-490
PENETAPAN NILAI NRW (*NON REVENUE WATER*) PADA
SISTEM DISTRIBUSI AIR MINUM SUMBER MATA AIR
CIGADOG PDAM TIRTA BUMI WIBAWA KOTA SUKABUMI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan program
pendidikan strata satu (S1) Jurusan Teknik Lingkungan ITENAS

TLA-490

Disusun Oleh:

Nama : Ibrahim Kusuma Ardhi
NRP : 25-2018-004
Dosen Pembimbing : Iwan Juwana, S.T., M.EM., Ph.D



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
BANDUNG
2022

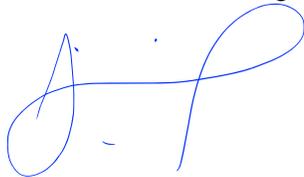
LEMBAR PENGESAHAN

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan
Mata Kuliah Praktik Kerja (TLA - 490) pada
Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Nasional Bandung

Disusun oleh:
Ibrahim Kusuma Ardhi
25-2018-004
Bandung, Juni 2022
Semester Ganjil 2021/2022

Mengetahui/Menyetujui

Dosen Pembimbing



(Iwan Juwana, S.T., M.EM., Ph.D.)
NIP : 120010601

Koordinator Kerja Praktik



(Mila Dirgawati, S.T, M.T, PhD.)
NIP : 120030102

Ketua Program Studi



(Dr. M. Ranga Sururi, S.T., M.T.)
NIP : 120040909

PRAKATA

Dengan ini penulis mengucapkan syukur atas kehadiran Allah SWT atas segala rahmat, taufiq, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Kerja Praktik yang berjudul “Penetapan Nilai NRW (*Non Revenue Water*) Pada Sistem Distribusi Air Minum Sumber Mata Air Cigadog Pdam Tirta Bumi Wibawa Kota Sukabumi” dengan baik. Laporan Kerja Praktik ini dapat terselesaikan tidak lepas dari dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, atas segala limpahan rahmat dan kasih sayang-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan kerja praktik dan menyelesaikan laporan kerja praktik ini
2. Ibu Peggy Gumilang dan Bapak Joko Indratmo sebagai kedua orang tua saya serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan dan semangat baik secara langsung maupun tidak langsung.
3. Bapak Iwan Juwana, S.T., M.EM., Ph.D selaku dosen pembimbing kerja praktik di Jurusan Teknik Lingkungan ITENAS yang selalu membimbing serta mengarahkan saya selama masa pelaksanaan kerja praktik dan menyusun laporan kerja praktik ini.
4. Seluruh *staff* di PDAM Tirta Bumi Wibawa Khususnya Almarhum Pak Dudi Rusyadi, A.Md dan Ibu Ila Rahayu, S.T sebagai pembimbing lapangan saya dan Bapak Ir. Abdul Kholik Fajdawani, M.M selaku direktur PDAM Tirta Bumi Wibawa yang telah memberikan izin untuk melaksanakan kerja praktik di PDAM Tirta Bumi Wibawa.
5. Teman - teman di Jurusan Teknik Lingkungan ITENAS angkatan 2018 yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan laporan kerja praktik ini.

Penyusunan laporan ini telah dilaksanakan dengan usaha semaksimal mungkin, namun penulis menyadari masih terdapat kekurangan dan kesalahan didalamnya. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Semoga laporan kerja praktik ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pihak lain yang bersangkutan

Bandung, 14 April 2022

Ibrahim Kusuma Ardhi

(25-2018-004)

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Topik Kerja Praktik	2
1.3 Maksud dan Tujuan Kerja Praktik.....	2
1.3.1 Maksud Kerja Praktik	2
1.3.2 Tujuan Kerja Praktik	3
1.4 Waktu dan Tempat Pelaksanaan.....	3
1.5 Ruang Lingkup	3
1.6 Metodologi	4
BAB 2 GAMBARAN UMUM INSTANSI	8
2.1 Sejarah Singkat PDAM Tirta Bumi Wibawa	8
2.2 Visi dan Misi PDAM Tirta Bumi Wibawa.....	9
2.3 Tugas Pokok dan Fungsi PDAM Tirta Bumi Wibawa.....	10
2.4 Tata Nilai dan Wilayah Kerja PDAM Tirta Bumi Wibawa	11
BAB 3 TINJAUAN PUSTAKA	13
3.1 Sistem Penyediaan Air Minum.....	13
3.1.1 Unit Air Baku.....	15
3.1.2 Unit Produksi	15
3.1.3 Unit Distribusi.....	16
3.1.4 Unit Pelayanan	16
3.2 Persyaratan SPAM	16
3.3.1 Kualitas	16
3.3.2 Kuantitas & Kontinuitas.....	16

3.3	Kebutuhan Air	17
3.4	Sumber Air	18
3.5	<i>Intake</i>	Error! Bookmark not defined.
3.5.1	Fungsi <i>Intake</i>	21
3.5.2	Letak <i>Intake</i>	21
3.6	Reservoir	22
3.7	Sistem Transmisi	23
3.7.1	Jenis Saluran Transmisi	23
3.7.2	Perlengkapan Sistem Transmisi	24
3.8	Sistem Distribusi	25
3.8.1	Sistem Distribusi	25
3.8.2	Pola Sistem Distribusi	26
3.8.3	Sistem Perpipaan Distribusi Air Minum	28
3.8.4	Jenis Pipa	29
3.8.5	Komponen Sistem Distribusi dalam Pengendalian Kebocoran	31
3.9	<i>Non Revenue Water</i> (NRW)	32
3.9.1	Dampak Kehilangan Air Fisik	37
3.9.2	Penyebab Kehilangan Air	40
3.9.3	Pencegahan Kehilangan Air Fisik	41
3.9.4	Pengendalian Kehilangan Air Fisik	43
3.9.5	Penggantian dan Rehabilitasi	46
3.9.6	Pencegahan Kebocoran Non-Fisik	46
3.10	Kondisi Eksisting	52
3.10.1	Sistem Distribusi Mata Air Cigadog	52
3.10.2	Aksesoris Yang Terpasang Pada Jaringan Pipa Distribusi	56
3.10.3	Pelayanan Mata Air Cigadog	58
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN		60
4.1	Analisis Kualitas Air	60

4.1.1	Analisis Kualitas di Sumber.....	60
4.1.2	Analisis Kualitas di Pelanggan.....	61
4.2	Analisis Non Revenue Water Mata Air Cigadog	64
4.3	Analisis Jaringan Distribusi Sumber Mata Air Cigadog	68
BAB 5 PENUTUP.....		72
5.1	Kesimpulan.....	72
5.2	Saran.....	73
DAFTAR PUSTAKA		

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Kondisi Eksisting Sumber Mata Air Cigadog	54
Tabel 3. 2 Data Pipa Jaringan Distribusi Utama	56
Tabel 3. 3 Data Pipa Jaringan Distribusi Pembagi	56
Tabel 3. 4 Data Pipa Jaringan Distribusi Pelayanan.....	56
Tabel 3. 5 Data Pelanggan Mata Air Cigadog.....	58
Tabel 4. 1 Data Kualitas Air Sumber Mata Air Cigadog	60
Tabel 4. 2 Hasil Pengukuran Kualitas Air di Pelanggan	61
Tabel 4. 3 Data Produksi Air pada Sumber Mata Air Cigadog.....	65
Tabel 4. 4 Rekapitulasi Data Kubikasi di Pelanggan Sumber Mata Air Cigadog.....	66
Tabel 4. 5 Perhitungan NRW Sumber Mata Air Cigadog.....	66
Tabel 4. 6 Tabel NRW Total Kota Sukabumi	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Metodologi Pelaksanaan Kerja Praktik.....	4
Gambar 2. 1 Logo PDAM Tirta Bumi Wibawa	8
Gambar 3. 1 Skema SPAM.....	14
Gambar 3. 2 Pola Jaringan Branch	27
Gambar 3. 3 Pola Jaringan Loop	28
Gambar 3. 4 Neraca Air yang Menunjukkan Komponen NRW.....	33
Gambar 3. 5 Efek Syphon pada Kebocoran Pipa	38
Gambar 3. 6 Grafik Hubungan antara Tekanan vs Pemakaian Air (Kebocoran).....	39
Gambar 3. 7 Prinsip Kerja PRV	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 8 Strategi Pengendalian Kebocoran Fisik.....	45
Gambar 3. 9 Strategi Penurunan Kebocoran Non-Fisik	47
Gambar 3. 10 Skema Distribusi Sumber Mata Air Cigadog	53
Gambar 3. 11 Fire Hydrant Jl.Cisarua	57
Gambar 3. 12 Fire Hydrant depan Pochajang Jl.Siliwangi.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 13 Data Pelanggan Mata Air Cigadog	58
Gambar 3. 14 Peta Persebaran Pelanggan Sumber Mata Air Cigadog PDAM Tirta Bumi Wibawa Kota Sukabumi.....	59
Gambar 4. 1 Grafik NRW Sumber Mata Air Cigadog	67
Gambar 4. 2 Jalur Distribusi Air Minum Sumber Mata Air Cigadog	70
Gambar 4. 3 Peta Jaringan Distribusi Sumber Mata Air Cigadog Berdasarkan Kontur	71

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air bersih merupakan kebutuhan pokok manusia dan setiap kehidupan lainnya selain makanan. Lebih luas dari sekedar makanan dan minuman, air diperlukan untuk berbagai kepentingan yang saat ini merupakan kebutuhan pokok seperti memasak, mandi dan mencuci atau berbagai bentuk kebersihan lingkungan lainnya. Kesehatan lingkungan dapat terwujud jika didukung oleh kesehatan air di lingkungan tersebut. Oleh karenanya air benar-benar menjadi kebutuhan pokok dalam kehidupan yang sehat.

Air Tak Berekening (ATR) atau Kehilangan Air (*Non Revenue Water*/NRW) saat ini merupakan masalah utama dalam pengelolaan pelayanan air bersih atau air minum perpipaan (PAM), bukan saja di Indonesia tetapi juga di seluruh dunia. Volume ATR atau NRW di tingkat global mencapai 35% dari air yang sudah diolah dan masuk ke dalam sistem jaringan distribusi (World Bank Paper, 2006). Sementara angka ATR/NRW di Indonesia berkisar antara 20-70% dengan rata-rata nasional mencapai 37% (Kementrian PU, 2013).

Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) merupakan Badan Usaha Milik Daerah (BUMD) yang dimiliki oleh pemerintah daerah. BUMD tersebut bergerak di bidang pengelolaan air minum yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan para konsumen dan memberikan pelayanan yang terbaik. Salah satu usaha yang dilakukan yaitu dengan meningkatkan pelayanan sistem jaringan distribusi yang baik dan mampu untuk melayani kebutuhan air bersih bagi penduduk yang tinggal di daerah cakupan PDAM. Tidak hanya peningkatan ketersediaan air minum dengan peningkatan pelayanan sistem distribusi air minum, diperlukan pula peningkatan kualitas air minum untuk memadai penyediaan air bersih. Peningkatan kualitas air minum dilaksanakan dengan memproses air PDAM

menjadi air siap minum yang akan langsung di distribusi ke setiap rumah pelanggan.

PDAM Kota Tirta Bumi Wibawa mendistribusikan air dari 10 titik sumber air yang berasal dari 7 sumur bor dalam, 2 titik mata air, dan 1 air permukaan dengan total sebanyak 11.709.105 m³ dan yang tercatat pada rekening pelanggan sebesar 3.107.454 m³ sehingga terdapat kehilangan air sebesar 73,46%. Kehilangan air ini masih sangat tinggi dibandingkan dengan yang ditargetkan yaitu sebesar 25%. Berdasarkan identifikasi sementara kehilangan air fisik sebanyak 8.353.477 m³ atau 71,34% dan kehilangan non fisik sebesar 2,12% atau 248.477 m³ dari total kehilangan sebanyak 11.709.105 m³ pada tahun 2020 (PDAM Tirta Bumi Wibawa, 2020).

1.2 Topik Kerja Praktik

Topik kerja Praktik yang diambil adalah Teknik Penyediaan Air Minum (TPAM). Topik ini membahas bagaimana sistem pendistribusian air minum. Secara umum sistem distribusi air bersih adalah pendistribusian atau pembagian air melalui sistem perpipaan dari bangunan pengolahan (reservoir) ke daerah pelayanan (konsumen). Dalam perencanaan sistem distribusi air bersih, beberapa faktor yang harus diperhatikan antara lain daerah layanan dan jumlah penduduk yang akan dilayani, kebutuhan air, letak topografi daerah layanan, jenis sambungan sistem, pipa distribusi, tipe pengaliran, pola jaringan, perlengkapan sistem distribusi air bersih, dan dekteksi kebocoran. Fokus dari praktik kerja ini kebocoran yang dapat dipengaruhi dengan faktor-faktor lainnya.

1.3 Maksud dan Tujuan Kerja Praktik

1.3.1 Maksud Kerja Praktik

Maksud dari pelaksanaan Kerja Praktik ini adalah untuk menentukan nilai air tak berekening atau kehilangan air selama tahun bulan Januari hingga bulan September tahun 2021 dari sistem distribusi Sumber Mata Air Cigadog serta

menganalisis penyebab kehilangan air berdasarkan kondisi eksisting dan operasional pada sumber air dan jaringan.

1.3.2 Tujuan Kerja Praktik

1. Mengukur tingkat kehilangan air pada Sumber Mata Air Cigadog dengan memanfaatkan data kubikasi air pada sumber produksi dengan data kubikasi di pelanggan
2. Menganalisis kualitas air pada Sumber Mata Air Cigadog dan di pelanggan
3. Menganalisis faktor-faktor yang dapat menyebabkan kehilangan air pada Sumber Mata Air Cigadog
4. Mengidentifikasi persentase air tak berekening pada Sumber Mata Air Cigadog terhadap nilai air tak berekening total di Kota Sukabumi .

1.4 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

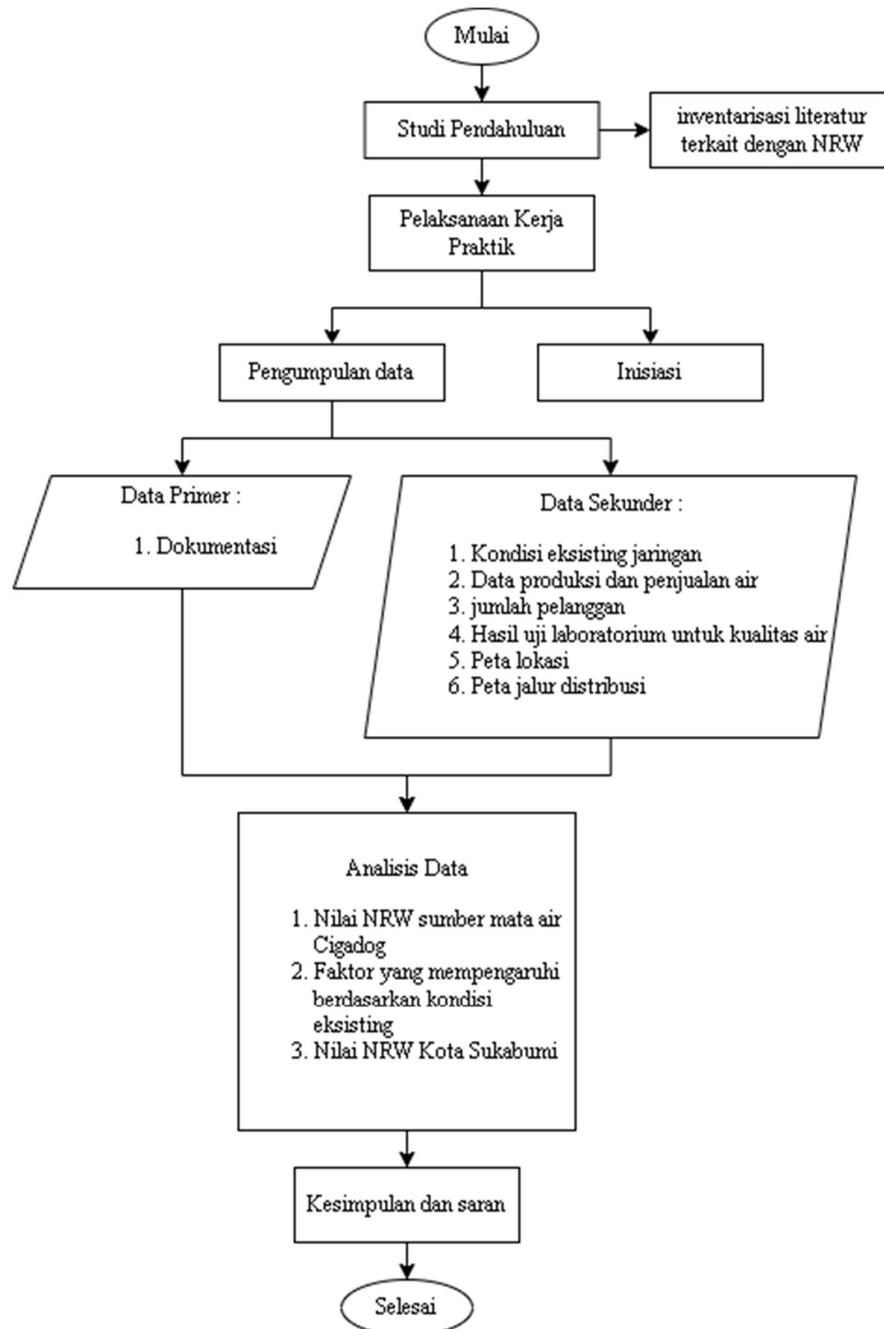
Nama Instansi : PDAM Tirta Bumi Wibawa
Alamat Instansi : Jl. Bhayangkara No.207, Karamat, Gn. Puyuh, Sukabumi
Waktu : 3 September 2021 – 13 Oktober 2021

1.5 Ruang Lingkup

Berdasarkan topik yang diambil dengan judul “Penetapan Nilai NRW (*Non Revenue Water*) Pada Sistem Distribusi Air Minum Sumber Mata Air Cigadog PDAM Tirta Bumi Wibawa Kota Sukabumi, batasan pembahasan kerja praktik ini adalah sebagai berikut:

- Penetapan nilai NRW dilakukan dengan perhitungan selisih air yang diproduksi dengan yang terjual di pelanggan
- Analisis faktor penyebab NRW berdasarkan kondisi eksisting dan kegiatan operasional jaringan distribusi Mata Air Cigadog
- Data yang digunakan dalam kerja praktik ini menggunakan data sekunder
- Lokasi kerja praktik ini berlokasi di sekitar Sumber Mata Air Cigadog

1.6 Metodologi



Gambar 1. 1 Metodologi Pelaksanaan Kerja Praktik

Sumber: Hasil Analisis, 2021

a. Persiapan Praktik Kerja

Meliputi pemahaman tujuan kerja praktik dan persiapan topik dan judul yang akan dipelajari serta mempersiapkan materi atau teori yang menjadi dasar dari judul yang akan diambil pada praktik kerja, dan pembahasan lainnya antara lain:

- Lokasi pelaksanaan kerja praktik
- Jadwal pelaksanaan kerja praktik
- Ruang lingkup tema atau topik kerja praktik
- Mengidentifikasi data-data yang diperlukan untuk kerja praktik

b. Studi Pendahuluan

Merupakan kegiatan menginventarisasi literatur terkait dengan *Non Revenue Water* (NRW) dan Sistem Distribusi Air Minum baik berupa *softcopy*, *hardcopy*, arsip, dan informasi yang berada di perusahaan.

c. Pelaksanaan Kerja Praktik

Pelaksanaan kerja praktik yang direncanakan meliputi:

- Inisiasi pada tahap ini dilakukan pengenalan umum dan penyesuaian dengan kondisi perusahaan serta orientasi permasalahan atau judul kerja praktik yang diajukan
- Observasi
Mengamati lokasi kerja praktik yaitu Sumber Mata Air Cigadog dan mengambil dokumentasi di lokasi tersebut.
- Pengumpulan Data
Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data. Data yang dikumpulkan adalah data kubikasi air di sumber dan kubikasi air di pelanggan selama lima tahun kebelakang, selain itu data-data operasional yang terkait dengan Sumber Mata Air Cigadog. Data sekunder didapat dari arsip-arsip PDAM Tirta Bumi Wibawa sedangkan untuk data primer didapat dari wawancara dan *record* video.

d. Pengolahan Data

Pada tahap ini dilakukan pengolahan data dari data yang sudah dikumpulkan sehingga menghasilkan output data yang siap untuk di analisis.

e. Analisis

Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap tren nilai NRW lima tahun kebelakang dan mengidentifikasi penyebab.

f. Penyusunan Laporan Kerja Praktik

Pada tahap ini dilakukan penyusunan laporan praktik kerja yang merupakan bentuk dari tanggung jawab mahasiswa bahwa telah melaksanakan kerja praktik.

g. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan kerja praktik ini disusun sedemikian rupa sehingga tidak menyimpang dari pedoman yang telah ditentukan. Adapun hal – hal yang diuraikan dalam laporan ini adalah sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Dalam bab ini diuraikan tentang Latar Belakang, Alasan Pemilihan Judul, Definisi Istilah, Maksud dan Tujuan, Rumusan Masalah, Batasan Masalah, serta Sistematika Penulisan.

Bab II Gambaran Umum

.Bab ini menjelaskan gambaran umum tentang instansi kerja praktik yang berisi sejarah singkat PDAM Tirta Bumi Wibawa, visi dan misi PDAM Tirta Bumi Wibawa, Struktur Organisasi, Tugas Pokok, Fungsi, tata nilai, dan wilayah PDAM Tirta Bumi Wibawa

Bab III Tinjauan Pustaka

Dalam bab ini membahas dasar teori tentang hal-hal yang mendasar terkait dengan Non Revenue Water (NRW) serta hal lain yang terkait dengan sistem distribusi air minum yang merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi keberadaan NRW

Bab IV Data dan Pembahasan

Dalam bab ini memaparkan karakteristik data penelitian, hasil pengolahan data penelitian dan membahas tentang hasil dari penelitian dibandingkan dengan studi literatur, untuk mengetahui kondisi yang ada di daerah studi.

Bab V Penutup

Bab ini adalah penutup dalam penyusunan laporan kerja praktik, yang berisikan tentang kesimpulan dan saran.

BAB 2

GAMBARAN UMUM INSTANSI

2.1 Sejarah Singkat PDAM Tirta Bumi Wibawa

Usaha penyediaan Air Minum Kota Sukabumi dimulai pada tahun 1926 yang didirikan Oleh Pemerintah Hindia Belanda. Pengelolaan Air Minum disini dikerjakan menurut tata niaga (*Waterleidtnghedrif*) yang mana terpisah dari anggaran umum Pemerintah Daerah (*Stadsgemenie*). Situasi ini berlangsung cukup lama yaitu Sampai awal perang dunia ke II (1942) dan pada waktu itu sudah tercatat 1.250 langganan/sambungan (PDAM Tirta Bumi Wibawa, 2018).



Gambar 2. 1 Logo PDAM Tirta Bumi Wibawa

Sumber: Profile Company PDAM Tirta Bumi Wibawa

Pada periode pendudukan Jepang (1942-1945), tata laksananya diubah sehingga pengelolaannya dilaksanakan oleh Pemerintah Daerah dan termasuk dalam anggaran umum Pemerintah Daerah. Setelah periode pendudukan Jepang berakhir dan semenjak kemerdekaan Republik Indonesia diproklamkan yaitu tanggal 17 Agustus 1945, keadaan ini tetap berlangsung dan Perusahaan Daerah Air Minum merupakan Salah satu bagian dari Dinas Pekerjaan Urnum Kotamadya Sukabumi. Setelah dikeluarkan Surat Keputusan (SK) Walikotaamadya Daerah Tingkat II Sukabumi, tanggal 31 Agustus 1966 No. 89/kpts/66, maka status tersebut akhirnya diubah sehingga Perusahaan Daerah Air Minum merupakan salah satu unit dari Perusahaan Daerah Kotamadya

Sukabumi yang pengelolaannya secara administratif masih tetap menggunakan anggaran umum Pemerintah Daerah. Hal ini dilaksanakan berdasarkan dengan pertimbangan bahwa penerimaan Perusahaan Daerah Air Minum belum mampu membiayai sendiri (PDAM Tirta Bumi Wibawa, 2018).

Setelah Pemerintah Pusat (Proyek Ekstensifikasi Rehabilitasi Air Minum) memberikan bantuan berupa penambahan debit air minum dari 35 liter/detik menjadi 135 liter/detik, maka Pemerintah Daerah menyetujui untuk mengusahakan Peraturan Daerah tentang Pendirian Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) sebagai perusahaan daerah yang berdiri sendiri dan terlepas dari administrasi anggaran umum Pemerintah Daerah Kotamadya Sukabumi. Dalam Surat Keputusan DPRD Kotamadya Sukabumi tanggal 28 Agustus 1975 no. 3/kpts/PD/75 dan sesuai pula dengan diterimanya surat edaran dari Mendagri tanggal 31 Juli 1971 No. EKBANG 8/10/71. Maka secara formal Perusahaan Daerah Air Minum Kotamadya Sukabumi telah menjadi suatu perusahaan yang berdiri sendiri dan berbentuk badan hukum, terlepas dari administrasi anggaran umum pemerintah daerah Kotamadya Sukabumi. Adapun tujuan pembentukan PDAM adalah:

- Memberikan pelayanan air minum yang memenuhi syarat kesehatan bagi masyarakat.
- Merupakan salah satu sumber pendapatan asli daerah dan sarana pengembangan perekonomian dalam rangka pembangunan daerah.

2.2 Visi dan Misi PDAM Tirta Bumi Wibawa

Visi dan Misi PDAM Tirta Bumi Wibawa Kota Sukabumi adalah:

*“MENJADI PENYEDIA AIR BERSIH UTAMA DENGAN KUALITAS
PELAYANAN YANG PRIMA DAN MANAJEMEN PROFESIONAL”*

Visi tersebut mempunyai makna yang sangat mendalam yaitu: PDAM Tirta Bumi Wibawa Kota Sukabumi bercita-cita menjadi penyedia air bersih utama dimana

Saat ini masyarakat lebih banyak memakai sumur swakelola (sumur artesis dan sumur pompa) untuk dapat bersaing dengan sumur masyarakat.

Untuk mewujudkan visi tersebut PDAM Tirta Bumi Wibawa Kota Sukabumi telah menetapkan misinya sebagai berikut

- Mewujudkan tercapainya Pemulihan Biaya Penuh (*full cost recovery*)
- Meningkatkan Kualitas, Kuantitas, dan Kontinuitas Produksi serta Distribusi Air Bersih untuk memenuhi kebutuhan masyarakat
- Meningkatkan cakupan pelayanan air bersih di wilayah Kota Sukabumi dan sekitarnya sampai dengan minimal 30% serta menurunkan tingkat kehilangan air sampai dengan kisaran 30%
- Menciptakan pelayanan yang profesional dan berorientasi terhadap kepuasan pelanggan
- Membangun Sumber Daya Manusia Karyawan PDAM Tirta Bumi Wibawa Kota Sukabumi yang profesional dan kompeten

2.3 Tugas Pokok dan Fungsi PDAM Tirta Bumi Wibawa

Tugas pokok PDAM Tirta Bumi Wibawa Kota Sukabumi adalah sebagai berikut

- a. Memenuhi pendistribusian kebutuhan air minum masyarakat Kota Sukabumi Secara memadai, adil dan merata serta berkesinambungan yang memenuhi persyaratan untuk setiap jenis pemakai;
- b. Memberikan air yang cukup pada setiap tempat dan sistem penyediaan untuk mencegah kebakaran;
- c. Mengkoordinir pembangunan air minum yang diintegrasikan Pada aktifitas perkembangan ekonomi di daerah;
- d. Menjadikan perusahaan daerah ini benar-benar menguntungkan dan mampu mengembangkan diri sesuai tugas dan fungsi sehingga menambah pendapatan daerah secara tidak langsung;
- e. Melakukan usaha-usaha pengembangan perusahaan daerah serta mengusulkan dan mencari modal;

PDAM Tirta Bumi Wibawa Kota Sukabumi memiliki fungsi sebagai berikut:

a. Fungsi Ekonomi

Sebagai *public utility* senantiasa dituntut untuk meningkatkan kemampuan pelayanan dan memenuhi kewajiban-kewajiban lainnya dengan cara pengelolaan perusahaan yang Sehat berdasarkan asas ekonomi perusahaan.

b. Fungsi Sosial

Sebagai *public utility* Yang memproduksi air minum yang merupakan kebutuhan pokok manusia senantiasa dituntut untuk dapat memenuhi kebutuhan seluruh lapisan masyarakat dari semua golongan masyarakat dengan memberlakukan tarif air minum yang disesuaikan dengan kondisi/fungsi tempat pelanggan dan juga memberikan subsidi silang.

2.4 Tata Nilai dan Wilayah Kerja PDAM Tirta Bumi Wibawa

Untuk tercapainya Visi perusahaan, telah dikeluarkan SK Walikota Nomor 30 tahun 2008 tentang etos kerja PDAM Tirta Bumi Wibawa Kota Sukabumi, Yang menyepakati: "BUMI WIBAWA" akan meningkatkan kinerja perusahaan yang mempunyai makna sebagai berikut:

- a. Budayakan kerja keras, kerja cerdas dan kerja ikhlas didasari disiplin yang tinggi;
- b. Miliki kondisi fisik sena mental yang sehat dan kuat
- c. Wirausaha harus dikembangkan dalam jiwa setiap pegawai
- d. Bangun terus kebersamaan dan kekeluargaan

Wawasan keilmuan dilandasi Iman dan Taqwa Kepada Tuhan Yang Maha Esa harus sentiasa ditingkatkan dan diamalkan demi kemajuan perusahaan. Wilayah pelayanan PDAM Tirta Bumi Wibawa berada di Kota Sukabumi dan Kabupaten Sukabumi dengan cakupan sebagai berikut:

Kota Sukabumi:

1. Kecamatan Cikole
2. Kecamatan Gunung Puyuh

3. kecamatan Citamiang
4. Kecamatan Lembur Situ
5. Kecamatan Baros
6. Kecamatan Cibeureum

Kabupaten Sukabumi

1. Kecamatan Sukabumi
2. Kecamatan Sukaraja
3. Kecamatan Kadudampit
4. Kecamatan Cisaat

BAB 3

TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Sistem Penyediaan Air Minum

Menurut Keputusan Gubernur Jawa Barat No. 536, SPAM (Sistem Penyediaan Air Minum) adalah suatu sistem yang mengurus proses penyediaan air minum mulai dari perencanaan sumber air baku (kualitas & kuantitas), transmisi air baku dari *intake* (sumber air baku) ke instalasi pengolahan air (IPA), teknologi Instalasi Pengolahan Air/ IPA yang efektif dari segi performance dan biaya, transmisi air olahan (air minum) dari lokasi IPA ke reservoir (*offtake*), sampai distribusi air minum ke masyarakat atau daerah pelayanan. Hal-hal teknis maupun administrasi yang terkait dengan proses penyediaan air minum dimasukkan dalam sistem pengelolaan SPAM.

Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) merupakan satu kesatuan sarana dan prasarana penyediaan air minum, yang diselenggarakan untuk memberikan pelayanan air minum kepada masyarakat untuk memenuhi hak rakyat atas air minum.

Jenis SPAM, gambar dibawah ini meliputi:

- a. SPAM jaringan perpipaan; atau
- b. SPAM bukan jaringan perpipaan.

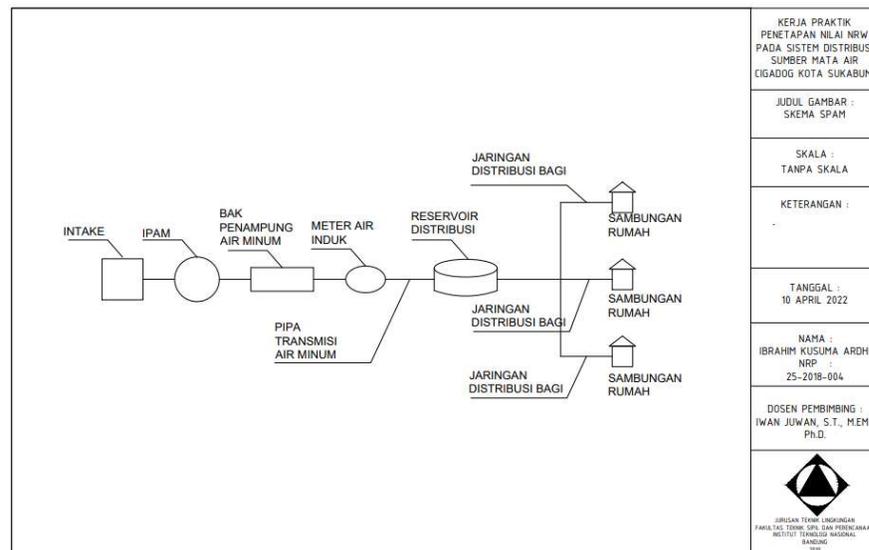
1. SPAM Jaringan Perpipaan

SPAM jaringan perpipaan merupakan rangkaian proses penyediaan air minum dimana didalamnya terdapat unit-unit:

- a. Unit air Baku;
Unit air baku merupakan sarana pengambilan dan /atau penyedia air baku, antara lain *intake*, *broncaptering* dan lain-lain.
- b. Unit produksi

Unit produksi adalah merupakan infrastruktur yang dapat digunakan untuk proses pengolahan air baku menjadi air minum melalui proses fisika, kimia, dan/atau biologi, terdiri atas:

- Bangunan pengolahan dan perlengkapannya atau Instalasi Pengolahan Air (IPA)
 - Pipa transmisi
 - Alat pengukuran dan peralatan pemantauan seperti meter induk
 - Bangunan penampungan air minum seperti reservoir
 - Unit distribusi dimana terdiri dari jaringan perpipaan distribusi dan perlengkapannya
- c. Unit pelayanan yaitu sambungan pelanggan / sambungan rumah (SR) yang dilengkapi dengan water meter SR SPAM jaringan perpipaan ini diselenggarakan untuk menjamin kepastian kuantitas dan kualitas air minum yang dihasilkan serta kontinuitas pengaliran air minum.



Gambar 3. 1 Skema SPAM

Sumber: Gambar Pribadi, 2022

2. SPAM Bukan Jaringan Perpipaan

SPAM bukan jaringan perpipaan terdiri atas:

- a. Sumur dangkal;
- b. Sumur pompa;
- c. Bak penampungan air hujan;
- d. Terminal air; dan
- e. Bangunan penangkap mata air.

Penyelenggaraan SPAM di Indonesia telah diatur dalam Peraturan Pemerintah Nomor 122 Tahun 2015 tentang Sistem Penyediaan Air Minum, disingkat SPAM. Didalamnya disebutkan bahwa Penyelenggaraan SPAM adalah serangkaian kegiatan dalam melaksanakan pengembangan dan pengelolaan sarana dan prasarana yang mengikuti proses dasar manajemen untuk penyediaan Air Minum kepada masyarakat.

3.1.1 Unit Air Baku

Terdiri dari bangunan penampungan air, bangunan pengambilan / penyadapan, alat pengukuran, peralatan pemantauan, sistem pemompaan, dan bangunan sarana pembawa serta perlengkapannya. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 122 Tahun 2015 tentang Sistem Penyediaan Air Minum unit air baku, merupakan sarana pengambilan dan penyediaan air baku. Air baku wajib memenuhi baku mutu yang ditetapkan untuk penyediaan air minum sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan

3.1.2 Unit Produksi

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 122 Tahun 2015 tentang Sistem Penyediaan Air Minum, unit produksi merupakan prasarana dan sarana yang dapat digunakan untuk mengolah air baku menjadi air minum melalui proses fisik, kimiawi dan biologi. Unit produksi, dapat terdiri dari bangunan pengolahan

dan perlengkapannya, perangkat operasional, alat pengukuran dan peralatan pemantauan serta bangunan penampungan air minum

3.1.3 Unit Distribusi

Unit distribusi terdiri dari sistem perpompaan, jaringan distribusi, bangunan penampungan, alat ukur dan peralatan pemantauan. Pengaliran air pada unit distribusi dapat dilakukan menggunakan sistem pemompaan dan/atau secara gravitasi.

3.1.4 Unit Pelayanan

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 122 Tahun 2015 tentang Sistem Penyediaan Air Minum, unit pelayanan terdiri dari sambungan rumah, hidran umum dan hidran kebakaran. Untuk mengukur besaran pelayanan pada sambungan rumah dan hidran umum harus dipasang alat ukur berupa meter air

3.2 Persyaratan SPAM

3.3.1 Kualitas

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, air minum aman bagi kesehatan apabila memenuhi persyaratan fisika, mikrobiologis, kimiawi, dan radioaktif yang dimuat dalam parameter wajib dan parameter tambahan.

3.3.2 Kuantitas & Kontinuitas

Persyaratan kuantitas dalam penyediaan air bersih adalah dilihat dari banyaknya air baku yang tersedia. Artinya air baku tersebut dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan daerah dan jumlah penduduk yang akan dilayani. Persyaratan kuantitas juga dapat ditinjau dari standar debit air bersih yang dialirkan ke konsumen sesuai dengan jumlah kebutuhan air bersih.

Standar kuantitas yang memenuhi standar kebutuhan air 60 l/orang/hari, standar kontinuitas yang dapat menjamin pelayanan 24 jam, & standar keterjangkauan yang harganya mudah dijangkau dan ekonomis (tarif $\leq 4\%$ pendapatan perKK).

Untuk mencapai sasaran tersebut tidak mudah karena masih ada beberapa hambatan teknis yang perlu diatasi yaitu masalah tingginya kehilangan air (NRW) dan masalah efisiensi energi yang mengakibatkan pemborosan biaya operasi dan pemeliharaan (Kementrian PUPR, 2018).

3.3 Kebutuhan Air

Kebutuhan air bersih adalah banyaknya air yang diperlukan untuk melayani penduduk yang dibagi dalam dua klasifikasi pemakaian air, yaitu untuk keperluan domestik (rumah tangga) dan non domestik. Dalam melayani jumlah cakupan 9 pelayanan penduduk akan air bersih sesuai target, maka direncanakan kapasitas sistem penyediaan air bersih yang dibagi dalam dua klasifikasi pemakaian air, yaitu untuk keperluan domestik (rumah tangga) dan non domestik.

A. Kebutuhan Air Bersih Untuk Domestik (Rumah Tangga).

Menurut Dirjen Cipta Karya (1990), menyatakan bahwa kebutuhan domestik dimaksudkan adalah untuk memenuhi kebutuhan air bersih bagi keperluan rumah tangga yang dilakukan melalui Sambungan Rumah (SR) dan kebutuhan umum yang disediakan melalui fasilitas Hidran Umum (HU).

B. Kebutuhan Air Bersih Untuk Non Domestik

Menurut Dirjen Cipta Karya (1990), kebutuhan air bersih non domestik dialokasikan pada pelayanan untuk memenuhi kebutuhan air bersih berbagai fasilitas sosial dan komersial yaitu fasilitas pendidikan, peribadatan, pusat pelayanan kesehatan, instansi pemerintahan dan perniagaan. Besarnya pemakaian air untuk kebutuhan non domestik diperhitungkan 20% dari kebutuhan domestik.

a. Kebutuhan Air Rata-Rata

Menurut Dirjen Cipta Karya (1990), dalam Standar Kriteria Desain Sistem Penyediaan Air Bersih menyatakan bahwa kebutuhan rata-rata distribusi air bersih perharinya adalah jumlah

kebutuhan air untuk keperluan domestik (rumah tangga) ditambahkan dengan kebutuhan air untuk keperluan non domestik.

b. Kebutuhan Sistem dan Kapasitas Desain

Menurut Dirjen Cipta Karya (1990), dalam Standar Kriteria Desain Sistem Penyediaan Air Bersih, kapasitas desain adalah kapasitas produksi yang dibutuhkan oleh sistem penyediaan air yang direncanakan terhadap kebutuhan air di daerah perencanaan. Standar Kriteria Desain Sistem Penyediaan Air Bersih, memberikan rumusan untuk menghitung kapasitas produksi yaitu:

$$Q_{\text{prod}} = Q_m + Q_h$$

Keterangan:

Q_{prod} = Kapasitas produksi (ltr/dt).

Q_m = Kapasitas air hari maksimum (ltr/dt).

Q_h = Kehilangan air (ltr/dt).

3.4 Sumber Air

Air yang diperuntukan bagi konsumsi manusia harus berasal dari sumber yang bersih dan aman. Batasa-batasan sumber air yang bersih dan aman tersebut, antara lain:

- a) Bebas dari kontaminan atau bibit penyakit
- b) Bebas dari substansi kimia yang berbahaya dan beracun
- c) Tidak berasa dan berbau
- d) Dapat dipergunakan untuk mencukupi kebutuhan domestik dan rumah tangga.
- e) Memenuhi standar minimal yang ditentukan oleh WHO atau Departemen Kesehatan RI.

Air dinyatakan tercemar bila mengandung bibit penyakit, parasit, bahan-bahan kimia berbahaya, dan sampah atau limbah industri. Air yang berada dari permukaan bumi ini dapat berasal dari berbagai sumber. Berdasarkan

letak sumbernya, air dapat dibagi menjadi air angkasa (hujan), air permukaan, dan air tanah (Chandra, 2012)

A. Air Angkasa

Air angkasa atau air hujan merupakan sumber air utama di bumi. Walau pada saat pretisipasi merupakan air yang paling bersih, Air tersebut cenderung mengalami pencemaran ketika berada di atmosfer. Pencemaran yang berlangsung di atmosfer itu dapat disebabkan oleh partikel debu, mikroorganisme, dan gas, misalnya, karbon dioksida, nitrogen, dan amonia.

B. Air Permukaan

Air permukaan yang meliputi badan-badan air semacam sungai, danau, telaga, waduk, rawa, terjun, dan sumur permukaan, sebagian besar berasal dari air hujan yang jatuh ke permukaan bumi. Air hujan tersebut kemudian akan mengalami pencemaran baik oleh tanah, sampah, maupun lainnya.

C. Air tanah

Air tanah (ground water) berasal dari air hujan yang jatuh ke permukaan bumi yang kemudian mengalami perkolasi atau penyerapan ke dalam tanah dan mengalami proses filtrasi secara alamiah. Proses-proses yang telah dialami air hujan tersebut, didalam perjalannya ke bawah tanah, membuat tanah menjadi lebih baik dan lebih murni dibandingkan air permukaan. Air tanah memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan sumber lain. Pertama, air tanah biasanya bebas dari kuman penyakit dan tidak perlu proses purifikasi atau penjernihan. Persediaan air tanah juga cukup tersedia sepanjang tahun, saat musim kemarau sekalipun. Sementara itu, air tanah juga memiliki beberapa kerugian atau kelemahan dibandingkan sumber lainnya. Air tanah mengandung zat- 12 zat mineral dalam konsentrasi yang tinggi. Konsentrasi yang tinggi dari zat-zat mineral semacam magnesium, kalium, dan logam berat seperti besi.

D. Mata Air

Mata air merupakan air tanah yang keluar dengan sendirinya ke permukaan tanah. Mata air yang berasal dari dalam tanah hampir tidak terpengaruhi oleh musim dan kualitasnya sama dengan air tanah dalam. Berdasarkan cara keluarnya mata air, dapat dibedakan menjadi mata air rembesan yaitu mata air yang keluar dari lereng-lereng dan mata air umbul yaitu mata air yang keluar dari suatu daratan (Suciastuti dan Sutrisno, 2002)

3.5 Intake

Bangunan penyadap atau *intake* adalah suatu unit yang berfungsi untuk menyadap atau mengambil air baku dari badan air sesuai dengan debit yang diperlukan untuk pengolahan. Variasi kualitas air permukaan sangat berarti dalam menentukan titik pengambilan air. Dimana terdapat adanya variasi yang konstan (tidak berfluktuasi), di tempat seperti inilah merupakan titik pengambilan yang diharapkan (Al-Layla, 1980).

Analisis kualitas air permukaan pada setiap bagian penampang dititik yang dinilai cocok untuk pengambilan air sangat penting bagi penetapan lokasi *intake*, terutama *intake* langsung. Dan analisa kualitas pada bagian air permukaan horizontal sangat pokok untuk menetapkan titik pengambilan semua jenis *intake* (Al-Layla, 1980).

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan *intake*:

- a. *Intake* sebaiknya terletak ditempat dimana tidak ada aliran deras yang bias membahayakan *intake*.
- b. Tanah disekitar *intake* seharusnya cukup stabil dan tidak mudah terkena erosi.
- c. *Inlet*, sebaiknya berada dibawah permukaan badan air untuk mencegah masuknya benda – benda terapung. Disamping itu inlet sebaiknya terletak cukup diatas air.
- d. *Intake* seharusnya terletak jauh sebelum sumber kontaminasi.

- e. *Intake* sebaiknya terletak di hulu sungai suatu kota.
- f. *Intake* sebaiknya dilengkapi dengan saringan kasar yang selalu dibersihkan. Ujung pipa pengambilan air yang berhubungan dengan pompa sebaiknya juga diberi saringan (*striner*).
- g. Untuk muka air yang berfluktuasi, inlet yang ke sumur pengumpul sebaiknya dibuat pada beberapa level.
- h. Jika permukaan badan air selalu konstan dan tebing sungai terendam air, maka *intake* dapat dibuat di dekat sungai

3.5.1 Fungsi Intake

Beberapa fungsi *intake* menurut Al-Layla (1980), sebagai berikut:

- Mengumpulkan air yang diperoleh dari sumber agar kuantitas debit air yang dibutuhkan oleh instalasi tetap terjaga.
- Menyaring partikel-partikel yang kasar menggunakan bar screen.
- mengambil air baku sesuai debit yang di butuhkan instalasi pengolahan demi menjaga kontinuitas penyediaan dan pengambilan air dari sumber

3.5.2 Letak Intake

Untuk menentukan letak *intake*, perlu mempertimbangkan beberapa hal menurut Al-Layla (1980) adalah sebagai berikut:

- Berlokasi di tempat dimana tidak terdapat arus atau aliran kuat yang dapat merusak *intake* yang menyebabkan terhambatnya suplai air.
- Sebaiknya sedekat mungkin dengan stasiun pemompaan.
- Lokasi harus mudah dijangkau dan dekat tempat pengolahan sehingga meminimalkan biaya perpipaan.
- Lokasi sebaiknya tidak berada di wilayah cekungan.
- Tanah tempat di bangunnya *intake* harus stabil.
- Sebaiknya terletak agak jauh dari bahu sungai untuk mencegah kemungkinan pencemaran.

- Sebaiknya terletak pada bagian hulu sungai.

3.6 Reservoir

Reservoir adalah salah satu bagian unit sistem penyediaan air minum yang memiliki fungsi sebagai *control sistem supply* pada pelayanan distribusi dimana bekerja selama 24 jam, terjadi pemakaian minimum saat dimalam hari dan tengah hari sedangkan pada pagi hari dan sore hari terjadi pemakaian maksimum, karena aktivitas penggunaan air meningkat pada saat mandi yaitu pagi hari dan sore hari. Reservoir transmisi adalah cara pengaliran air dari sumber ke reservoir. Reservoir merupakan bangunan penampungan air minum sebelum dilakukan pendistribusian ke pelanggan/masyarakat, yang dapat ditempatkan di bawah tanah atau di atas tanah dalam bentuk menara atau *tower* (Maulidhyanti, 2017)

Reservoir mempunyai peran penting bagi sitem penyediaan air bersih. Saat pemakaian air di bawah rata-rata reservoir akan menampung kelebihan air untuk digunakan saat pemakaian maksimum dan merupakan bagian dari pengelolaan distribusi air di masyarakat. Beberapa fungsi reservoir yang lain diantaranya yaitu

1. Penampungan terakhir kali air yang telah diolah dan memenuhi syarat kualitas air minum.
2. Sebagai sarana vital penyaluran air ke masyarakat dan sebagai cadangan air.
3. Sebagai tempat penyimpanan kelebihan air agar dapat tercapai keseimbangan antara kebutuhan dan suplai.
4. Keperluan instalasi, seperti pencucian filter, dan pembubuhan alum.
5. Tempat penyimpanan air saat desifektan.
6. Sebagai pengaman untuk gelombang tekanan balik.

3.7 Sistem Transmisi

Sistem perpipaan transmisi ini bertujuan untuk menyalurkan air dari sumber air baku, misalnya mata air menuju ke bangunan pengolahan, serta mengalirkan air hasil olahan menuju ke reservoir induk. Sistem transmisi air bersih dapat dilakukan dengan beberapa cara tergantung kondisi topografi yang menghubungkan sumber air dengan reservoir induk. Sistem perpipaan yang digunakan tergantung topografi dari wilayahnya, dan dapat dilakukan secara gravitasi, pemompaan maupun kombinasi pemompaan dan gravitasi (Peavy, 1985).

3.7.1 Jenis Saluran Transmisi

Berikut ini jenis saluran yang terdapat pada sistem transmisi.

a. Saluran Tanpa Tekanan (Saluran Terbuka)

Contoh saluran tanpa tekanan adalah sebagai berikut:

- Kanal;
- *Flumes* dan saluran air;
- Saluran gravitasi; dan
- *Grade Tunnels*.

Hal yang harus diperhatikan dalam mendesain saluran tanpa tekanan:

- Hidrolika;
- Perlindungan akan kualitas air;
- Kontrol erosi; dan
- Memperhitungkan kehilangan air akibat evaporasi.

b. Saluran Bertekanan (Perpipaan)

Saluran bertekanan mengalir pada saluran tertutup umumnya pada pipa. Berlaku hukum Darcy Weisbach dan Hazen Williams .

- Persamaan Darcy Weisbach

$$h_f = f \times \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g}$$

Dimana:

h_f = Kehilangan energi (m)

- f = Faktor gesekan
 L = Panjang pipa (m)
 v = kecepatan aliran fluida dalam pipa (m/s)
 d = Diameter pipa (m)
 g = Gaya gravitasi (m/s^2)

- Persamaan Hazen Williams

$$Q = 0,2785 \times C \times d^{2,63} \times S^{0,54}$$

$$S = \frac{h_1}{L}$$

Dimana:

- S = Kemiringan hidrolis (m)
 h₁ = Kehilangan tekanan (m)
 L = Panjang pipa (m)
 Q = (m^3/detik)
 C = Koefisien Hazen Williams
 d = Diameter pipa (m)

3.7.2 Perlengkapan Sistem Transmisi

Perencanaan teknis unit transmisi harus mengoptimalkan jarak antara unit air baku menuju unit produksi. Berfungsi menghantarkan air dari bangunan penyadap air baku ke unit pengolahan dan atau langsung ke reservoir.

1. Aksesoris pipa dalam sistem transmisi air baku air minum antara lain sebagai berikut:
 - Katup pelepas udara, berfungsi melepaskan udara yang terakumulasi dalam pipa transmisi
 - Katup pelepas tekanan, berfungsi melepas atau mereduksi tekanan berlebih dalam pipa transmisi
 - Katup penguras (*wash – out valve*), berfungsi menguras akumulasi lumpur atau pasir dalam pipa transmisi - Katup ventilasi udara, berfungsi menghindari terjadinya kerusakan pada pipa dalam kondisi vakum udara

2. Pipa/jaringan transmisi, menghubungkan unit air baku dengan unit produksi air minum. Jaringan transmisi tergantung pada topografi (perubahan elevasi) sehingga mungkin diperlukan pompa (Departemen Pekerjaan Umum, 2009).

3.8 Sistem Distribusi

Jaringan pipa distribusi air bersih/air minum berfungsi untuk mengalirkan air dari unit produksi (Reservoir) ke pelanggan. Jaringan distribusi menggunakan pipa dengan aliran yang bertekanan, dimana disepanjang perpipaannya dihubungkan dengan sambungan pelanggan. Jenis sambungan pelanggan dapat berupa Sambungan Rumah (SR), sambungan Hidran Umum (HU) maupun sambungan untuk pelanggan usaha komersial. Jalur pipa distribusi biasanya ditanam mengikuti jalur jalan yang ada (BPSDM, 2018).

3.8.1 Sistem Distribusi

Sistem distribusi air bersih dapat dilakukan dengan cara gravitasi, pemompaan, ataupun kombinasi dari kedua cara tersebut. Berikut penjelasan dan gambar dari masingmasing sistem pengaliran distribusi air bersih (Al Layla,1980):

1. Cara Gravitasi
Cara gravitasi dapat digunakan apabila elevasi sumber air mempunyai perbedaan cukup besar dengan elevasi daerah pelayanan, sehingga tekanan yang diperlukan dapat dipertahankan.
2. Cara Pemompaan
Pada cara ini pompa digunakan untuk meningkatkan tekanan yang diperlukan untuk mendistribusikan air dari reservoir distribusi ke konsumen.
3. Cara Gabungan
Pada cara gabungan, reservoir digunakan untuk mempertahankan tekanan yang diperlukan selama periode pemakaian tinggi dan pada kondisi darurat, misalnya saat terjadi kebakaran, atau tidak adanya energi. Karena reservoir distribusi digunakan sebagai cadangan air selama periode

pemakaian tinggi atau pemakaian puncak, maka pompa dapat dioperasikan pada kapasitas debit rata-rata.

3.8.2 Pola Sistem Distribusi

Pola jaringan yang sesuai untuk diterapkan pada suatu daerah perencanaan ditentukan oleh beberapa aspek seperti:

- Jenis pengaliran sistem distribusi.
- Pola jaringan jalan.
- Letak dan kondisi topografi seluruh kota.
- Tingkat dan jenis pengembangan kota.
- Lokasi instalasi dan reservoirnya.
- Luas daerah pelayanan.

Dalam sistem distribusi terdapat tiga pola sistem, yaitu sistem pola cabang (*Branch*) sistem pola lingkaran (*loop*), dan sistem pola Gabungan (Departemen Pekerjaan Umum, 2009):

1. Pola Cabang (*Branch Pattern*)

Sistem Cabang atau *Branch* Pada sistem ini, air hanya mengalir dari satu arah dan pada setiap ujung pipa akhir daerah pelayanan terdapat titik akhir (*dead end*). Sistem ini biasanya digunakan pada daerah dengan sifat-sifat sebagai berikut:

- Perkembangan kota ke arah memanjang
- Sarana jaringan jalan tidak saling berhubungan
- Topografi dengan kemiringan medan yang menuju satu arah

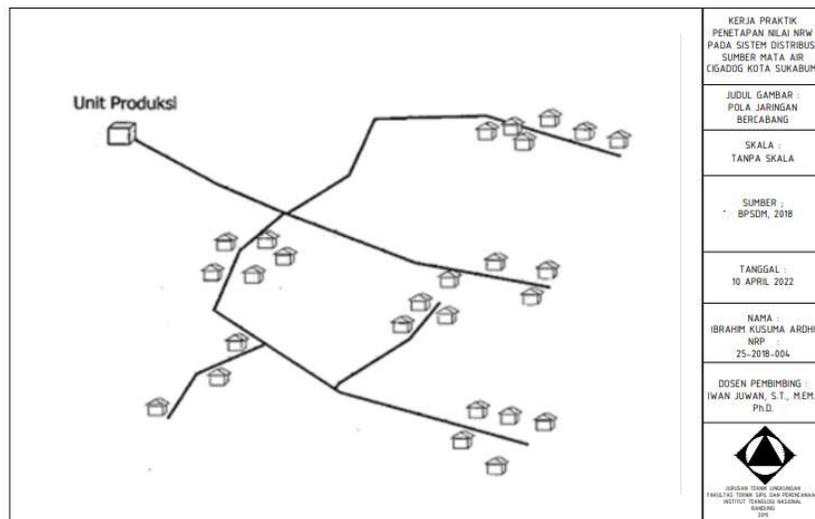
Keuntungan pola jaringan ini:

- Sangat baik untuk daerah pelayanan dengan kontur menurun (pegunungan)
- Jalur relatif pendek, sehingga cukup ekonomis
- Tekanan air cukup tinggi sehingga dapat dimanfaatkan untuk pengaliran air

- Mudah dalam pengoperasiannya, karena ada titik mati, kotoran yang terbawa selama pengaliran bisa dibuang pada akhir pipa cabang
- Gradasi ukuran pipa terlihat jelas
- Mudah dalam perhitungan dimensi
- Perkembangan sistem dapat disesuaikan dengan perkembangan kota

Kerugian pola jaringan ini:

- Kemungkinan terjadinya penimbunan kotoran dan pengendapan di ujung pipa tidak dapat dihindari sehingga setidaknya perlu dilakukan pembersihan
- Bila terjadi kerusakan dan kebakaran pada salah satu bagian sistem maka suplay air akan terganggu
- Kemungkinan tekanan air yang diperlukan tidak cukup jika ada sambungan baru
- Keseimbangan sistem pengaliran kurang terjamin, terutama jika terjadi tekanan kritis pada bagian pipa yang terjauh



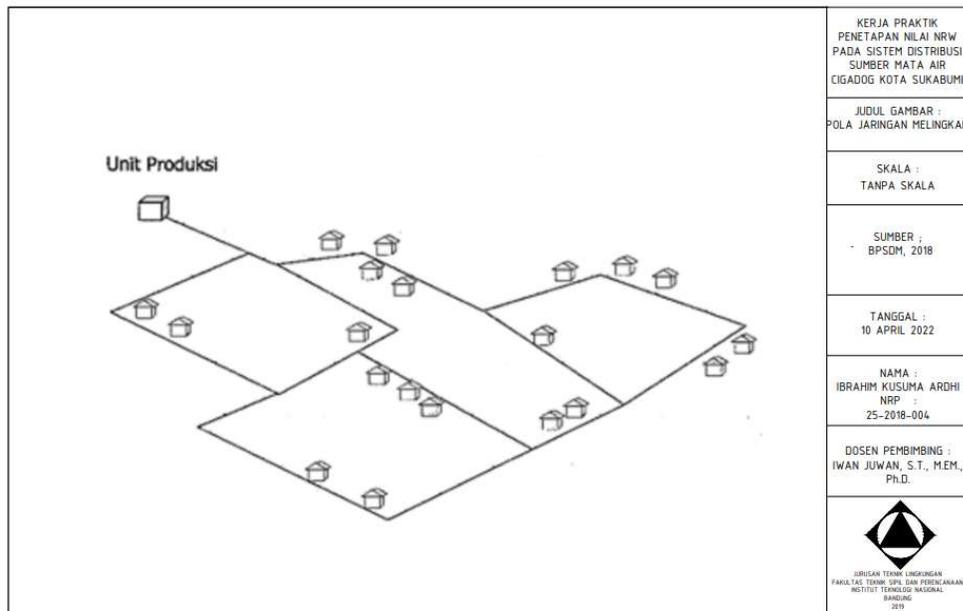
Gambar 3. 2 Pola Jaringan Branch
Sumber: BPSDM, 2018

2. Pola Lingkaran (*Loop*)

Pada sistem ini, jaringan pipa induk distribusi saling berhubungan satu dengan yang lain membentuk lingkaran-lingkaran, sehingga pada pipa induk tidak ada titik mati (*dead end*) dan air akan mengalir ke suatu titik yang dapat melalui beberapa arah (BPPSPAM Kementerian PU, 2009).

Sistem ini biasa diterapkan pada:

- Daerah dengan jaringan jalan yang saling berhubungan
- Daerah yang perkembangan kotanya cenderung ke segala arah
- Keadaan topografi yang relatif datar



Gambar 3. 3 Pola Jaringan Loop
Sumber: BPSDM, 2018

3.8.3 Sistem Perpipaan Distribusi Air Minum

Pada umumnya, macam-macam pipa yang ada dan digunakan dalam perencanaan sistem distribusi air minum menurut buku “Teori dan Konsep SPAM Jurusan Teknik Sipil ITS (2010), adalah sebagai berikut:

a. Pipa Primer

Pipa ini merupakan pipa yang berfungsi membawa air minum dari instalasi pengolahan atau reservoir distribusi ke suatu daerah pelayanan. Pipa primer ini memiliki diameter yang relatif besar.

b. Pipa Sekunder

Pipa sekunder merupakan pipa yang disambungkan langsung pada pipa primer dan mempunyai diameter yang sama atau lebih kecil dari pipa primer.

c. Pipa Tersier

Pipa ini berfungsi untuk melayani pipa servis karena pemasangan langsung pipa servis pada pipa primer sangat tidak menguntungkan, mengingat dapat terganggunya pengaliran air dalam pipa dan lalu lintas di daerah pemasangan. Pipa tersier dapat disambungkan langsung pada pipa sekunder atau primer.

d. Pipa Servis

Pipa servis merupakan pipa yang dihubungkan langsung pada pipa sekunder atau tersier, yang kemudian dihubungkan pada sambungan rumah (konsumen). Pipa ini memiliki diameter yang relatif kecil.

3.8.4 Jenis Pipa

Jenis Pipa ditentukan berdasarkan material pipanya, seperti CI, beton (concrete), baja (steel), AC, GI, Plastik dan PVC (Tri Joko 2010)

1. *Cast Iron Pipa (CIP)*

Pipa CI tersedia untuk ukuran panjang 3,7 dan 5,5 dengan diameter 50-900 mm, serta dapat menahan tekanan air hingga 240 m tergantung besar diameter pipa.

Kelebihan:

- a) Harga tidak terlalu mahal
- b) Ekonomis karena berumur panjang (bisa mencapai 100 tahun)
- c) Kuat dan tahan lama
- d) Tahan korosi jika dilapisi
- e) Mudah disambung

- f) Dapat menahan tekanan tanpa mengalami kerusakan

Kekurangan:

- a) Bagian dalam pipa lama kelamaan menjadi kasar sehingga kapasitas pengangkutan berkurang
- b) Pipa berdiameter besar berat dan tidak ekonomis
- c) Cenderung patah selama pengangkutan atau penyambungan.

2. *Asbestos Cement Pipe (ACP)*

Pipa ini dibuat dengan mencampurkan serat asbes dengan semen pada tekanan tinggi. Diameternya berkisar antara 50 – 900 mm dan dapat menahan tekanan antara 50 – 250 mka tergantung kelas dan tipe pembuatan.

Kelebihan:

- a) Ringan dan mudah digunakan
- b) Tahan terhadap air yang asam dan basa
- c) Bagian dalamnya halus dan tahan terhadap korosi
- d) Tersedia untuk ukuran yang panjang sehingga sambungannya lebih sedikit
- e) Dapat dipotong menjadi berbagai ukuran panjang dan disambungkan seperti pipa CI

Kekurangan:

- a) Rapuh dan mudah patah
- b) Tidak dapat digunakan untuk tekanan tinggi

3. *Plastic Pipe*

Pipa plastik memiliki banyak kelebihan, seperti tahan terhadap korosi, ringan dan murni. Pipa Polythene tersedia dalam warna hitam. Pipa ini lebih tahan terhadap bahan kimia, kecuali asam nitrat dan asam kuat, lemak dan minyak. Pipa plastik terdiri atas 2 (dua) tipe:

- a) *Low-Density Polythene pipe*

Pipa ini lebih fleksibel, diameter yang tersedia mencapai 63 mm, digunakan untuk jalur panjang dan tidak cocok untuk penyediaan air minum dalam gedung.

b) High-Density Polythene Pipe

Pipa ini lebih kuat dibandingkan *lowdensity polythene pipe*. Diameter pipa berkisar antara 16–400 mm tetapi pipa berdiameter besar hanya digunakan jika terdapat kesulitan menyambung pipa berdiameter kecil. Pipa ini juga bisa dipakai untuk mengangkut air dalam jalur yang panjang.

Pipa plastik tidak bisa memenuhi standar lingkungan, yaitu jika terjadi kontak dengan bahan-bahan seperti asam organik, keton, ester, alkohol dan sebagainya. *High-density pipe* lebih buruk dibandingkan *low-density* dalam permasalahan ini

4. PVC Pipe

Kekakuan pipa PVC (*polyvinyl chloride*) adalah tiga kali kekakuan pipa polythene biasa. Pipa PVC lebih kuat dan dapat menahan tekanan lebih tinggi. Sambungan lebih mudah dibuat dengan car las. Pipa PVC tahan terhadap asam organik, alkali dan garam, senyawa organik serta korosi. Pipa ini banyak digunakan untuk penyediaan air dingin di dalam maupun di luar sistem penyediaan air minum, sistem pembuangan dan drainase bawah tanah. Pipa PVC tersedia dalam ukuran yang bermacam-macam.

3.8.5 Komponen Sistem Distribusi dalam Pengendalian Kebocoran

Menurut PerMen PU No. 18 Tahun 2007, jaringan pipa distribusi harus terdiri dari beberapa komponen untuk memudahkan pengendalian kehilangan air.

- a) Zona distribusi suatu sistem penyediaan air minum adalah suatu area pelayanan dalam wilayah pelayanan air minum yang dibatasi oleh pipa jaringan distribusi utama (distribusi primer).

- b) Jaringan Distribusi Utama (JDU) atau distribusi primer, yaitu rangkaian pipa distribusi yang membentuk zona distribusi dalam suatu wilayah pelayanan SPAM
- c) Jaringan distribusi pembawa atau distribusi sekunder adalah jalur pipa yang menghubungkan antara JDU dengan sel utama
- d) Jaringan distribusi pembagi (JDB) atau distribusi tertier adalah rangkaian pipa yang membentuk jaringan tertutup sel utama
- e) Pipa pelayanan (JDL) adalah pipa yang menghubungkan antara jaringan distribusi pembagi dengan Sambungan Rumah (SR).
- f) Sel utama (*primary cell*) merupakan suatu area pelayanan dalam sebuah zona distribusi dan dibatasi oleh jaringan distribusi pembagi yang membentuk suatu jaringan tertutup. Setiap sel utama akan membentuk beberapa sel dasar dengan jumlah sekitar 5-10 sel dasar. Sel utama biasanya dibentuk bila jumlah sambungan rumah (SR) sekitar 10.000 SR
- g) Sel dasar (*Elementary zone*) merupakan suatu area pelayanan dalam sebuah sel utama dan dibatasi oleh pipa pelayanan. Sel dasar adalah rangkaian pipa yang membentuk jaringan tertutup dan biasanya dibentuk bila jumlah sambungan rumah (SR) mencapai 1.000-2.000 SR.

Perpipaan distribusi yang baik, memiliki penyangga yang kokoh dan dilengkapi dengan meter induk distribusi, katup udara (*air valve*)

3.9 Non Revenue Water (NRW)

Non Revenue Water atau disebut juga dengan NRW atau ATR (Air Tak Berekening) adalah perbedaan jumlah air yang masuk ke sistem distribusi dengan air yang tercatat di rekening. NRW merupakan jumlah dari air yang dikonsumsi tak berekening (*unbilled consumption*) dan kehilangan air (*water loss*) (Kementrian PUPR, 2018).

Konsumsi tak berekening terbagi menjadi dua kategori yaitu

- Konsumsi Tak Berekening Bermeter (*unbilled Metered Consumption*)

- Konsumsi Tak Berekening Tak Bermeter (*unbilled unmetered consumption*)

Sedangkan kehilangan air terbagi menjadi dua yakni

- Kehilangan Non Fisik atau Semu (*Apparent Losess*)
- Kehilangan Fisik atau Nyata (*Real Losess*)

Untuk mengetahui jika terjadi kehilangan air yang tidak tepat misalnya air rembesan dari keretakan pipa, dapat diatasi dengan alat pendeteksi kehilangan air yang disebut leak detector. Sedangkan upaya untuk mengurangi terjadinya kehilangan air yang lebih besar dalam perencanaan sistem distribusi air dilakukan pembagian wilayah atau zoning untuk memudahkan pengontrolan kehilangan air pipa, serta pemasangan meteran air.

Langkah pertama dalam mengurangi kehilangan air adalah dengan mengembangkan satu pemahaman mengenai gambaran besar tentang sistem air yang mencakup penyusunan satu neraca air (*water balance*). Proses ini membantu untuk memahami besaran, sumber, dan biaya kehilangan air. Asosiasi Air Internasional (*International Water Association*) telah mengembangkan satu struktur dan terminologi baku untuk neraca air internasional yang telah diadopsi oleh asosiasi-asosiasi nasional di banyak Negara.

Volume Input Sistem	Konsumsi Resmi	Konsumsi Resmi Berekening	Konsumsi Bermeter Berekening	Air Berekening
		Konsumsi Resmi Tak Berekening	Konsumsi Tak Bermeter Berekening	
	Kehilangan Air	Kehilangan Air Non-Fisik	Konsumsi Bermeter Tak Berekening	Air Tak Berekening (NRW)
			Konsumsi Tak Bermeter Tak Berekening	
		Kehilangan Air Fisik	Konsumsi Tak Resmi	
			Ketidakakuratan Meter Pelanggan dan Kesalahan Penanganan Data	
			Kebocoran pada Pipa Distribusi dan Transmisi	
			Kebocoran dan Luapandari Tangki-Tangki Penyimpanan Perusahaan Air Minum	
Kebocoran di Pipa Dinas hingga ke Meter Pelanggan				

Gambar 3. 4 Neraca Air yang Menunjukkan Komponen NRW

Sumber: Kementerian PUPR, 2018

Air Tak Berekening (*Non-revenue water*) setara dengan jumlah total air yang mengalir ke jaringan layanan air minum dari sebuah instalasi pengolahan air bersih (volume input sistem) minus jumlah total air yang resmi bisa digunakan industri dan pelanggan rumah tangga (konsumsi resmi). Rumus yang dipakai dalam menghitung air tak berekening adalah:

$$NRW = Volume\ Input\ Sistem - Konsumsi\ Resmi\ Berekening$$

Dimana:

NRW : Air Tak Berekening (Non Revenue Water).

Vol. Input Sistem : Input volume tahunan ke dalam sistem penyediaan air bersih.

Konsumsi Resmi : Volume tahunan air bermeter dan tidak bermeter yang diambil oleh pelanggan yang terdaftar.

Langkah-langkah untuk menghitung NRW dengan menggunakan neraca air dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Langkah 1: Menentukan volume input sistem.
2. Langkah 2: Menentukan konsumsi resmi.
 - Berekening: Total volume air yang ditagih rekeningnya oleh PDAM.
 - Tak Berekening: Total volume air yang tersedia tanpa dipungut biaya.
3. Langkah 3: Memperkirakan kerugian nonfisik/komersial.
 - Pencurian air dan pemalsuan.
 - Sedikitnya meter yang terdaftar. - Kesalahan penanganan data.
4. Langkah 4: Menghitung kerugian fisik
 - Kehilangan air pada pipa transmisi.
 - Kehilangan air pada pipa distribusi.
 - Kehilangan air pada tempat penampungan air dan luapan.
 - Kehilangan air pada sambungan pipa pelanggan.

Pada hakekatnya neraca air merupakan kerangka untuk menilai kondisi kehilangan air di suatu PDAM. Perhitungan neraca air berarti juga:

- Mengungkap ketersediaan/keandalan data dan tingkat pemahaman terhadap situasi Air Tak Berekening (ATR).
- Menciptakan kesadaran tentang adanya masalah Air Tak Berekening (ATR).
- Petunjuk langsung menuju perbaikan.

Neraca air juga menjadi alat untuk komunikasi dan *benchmarking*, karena menggunakan indikator-indikator yang disepakati, seragam dan dapat diperbandingkan di seluruh dunia. Memahami neraca air hukumnya wajib untuk penyusunan prioritas perhatian dan investasi (BPPSPAM, 2013).

1. Kehilangan Air Fisik

Kehilangan Air Fisik terjadi di semua jaringan distribusi, bahkan di jaringan baru. Kehilangan fisik mencakup total volume kehilangan air dikurangi kehilangan nonfisik/komersial dikarenakan kebocoran pipa transmisi dan distribusi. Kebocoran ini mudah dideteksi dan perbaikan relatif lebih cepat. Selain itu, kebocoran disebabkan adanya kebocoran pipa dinas sampai meter pelanggan, serta kebocoran atau luapan air pada reservoir dimana kebocoran lebih sulit dideteksi dan dengan demikian membuat lebih besarnya volume kehilangan fisik (Kementrian PUPR,2018).

2. Kehilangan Air Non Fisik/Komersial

Kehilangan Air Non Fisik/Komersial yaitu mencakup air yang dikonsumsi namun tidak dibayar oleh pengguna. Dalam banyak kasus, air sudah melalui meter namun tidak dicatat dengan akurat. Kebalikan dari kebocoran fisik air yang hilang tidak nampak sehingga membuat banyak perusahaan penyedia layanan air minum mengabaikan kehilangan nonfisik dan sebaliknya konsentrasi pada kehilangan fisik. Perusahaan-perusahaan air minum harus

menargetkan kehilangan non fisik yang tidak lebih dari 4- 6% dari konsumsi resmi. Mengurangi kehilangan nonfisik/komersial memerlukan investasi tingkat rendah dengan jangka waktu pengembalian investasi yang pendek. Perusahaan-perusahaan air minum harus fokus pada kehilangan nonfisik di awal program pengurangan NRW karena aktivitas-aktivitas dapat dilakukan di dalam perusahaan dengan sedikit upaya dan hasilnya bisa segera terlihat. Kehilangan air secara non-fisik dipahami sebagai kehilangan air tidak dalam bentuk fisiknya tetapi berakibat sama seperti kehilangan air dalam bentuk teknis, yaitu hilangnya pendapatan atas pengelolaan air. Oleh karena itu, kehilangan air dalam bentuk non-teknis disebut pula kehilangan air komersial atau *apparent losses* (Thornton, et.al, 2005). Kehilangan air komersial termasuk di dalamnya adalah meter air yang tidak akurat baik di meter air produksi maupun meter air pelanggan, ditambah konsumsi tidak resmi seperti pencurian atau pemakaian ilegal.

Suatu PDAM dapat dikatakan sehat apabila memenuhi toleransi tingkat kehilangan air yang telah ditentukan oleh pemerintah, menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 20 Tahun 2006 angka minimum kehilangan air sebesar 20 %, sedangkan menurut Standar Pelayanan Bidang Air Minum Departemen Pekerjaan Umum Tahun 2004 toleransi kebocoran air sebesar 25%. Jadi PDAM dikatakan sehat apabila memiliki persentase tingkat kebocoran dibawah 20%, dan dikatakan buruk apabila persentase kebocoran diatas 25%. Definisi dari kehilangan air adalah selisih antara jumlah air yang dipasok kedalam jaringan perpipaan air dengan jumlah air yang dikonsumsi pelanggan. Tingkat kehilangan air adalah persentase perbandingan antara kehilangan air dan jumlah air yang dipasok ke dalam jaringan perpipaan air. Rumus untuk menghitung Persentase Kehilangan Air (Thornton,2005):

$$H = \frac{D-K}{D} \times 100\%$$

Dimana:

- H : Kehilangan (%)
 D : Jumlah air yang didistribusikan (m³)
 K : Jumlah air yang tercatat dalam rekening

Menurut Dirjen Cipta Karya (2018), jika ditinjau dari sistem penyediaan, kehilangan air dapat dibedakan menjadi:

1. Kehilangan Air Produksi

Selisih air yang diproduksi ke reservoir dari sumber-sumber air yang ada dengan air yang didistribusikan kepada pelanggan melalui jaringan distribusi.

2. Kehilangan Air Distribusi

Selisih antara jumlah air yang didistribusikan kepada pelanggan lewat reservoir dengan jumlah air yang terjual kepada pelanggan.

3. Kehilangan Air Total

Kehilangan produksi ditambah dengan kehilangan air distribusi atau selisih antara air produksi dengan jumlah pemakaian air yang terjual.

3.9.1 Dampak Kehilangan Air Fisik

Menurut Dirjen Cipta Karya (2018), kehilangan air fisik secara langsung berdampak terhadap sistem penyediaan air minum. Adapun beberapa akibat dari kebocoran fisik adalah:

1. Terhadap Kuantitas

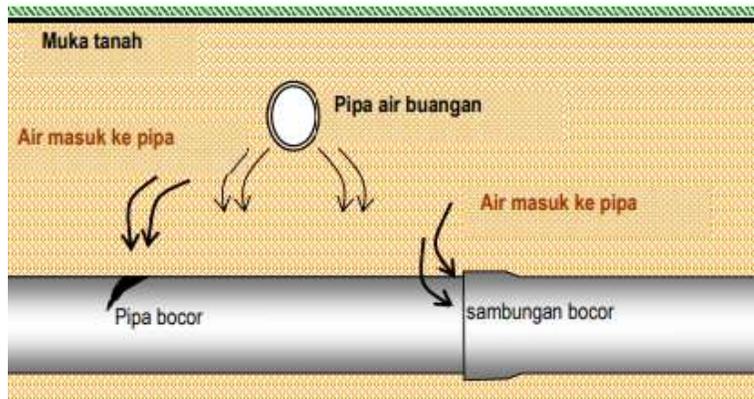
Air terbuang percuma sehingga debit air tidak dapat memenuhi kebutuhan pelayanan terhadap masyarakat. Kebocoran menurunkan efisiensi sistem dan kapasitas efektif reservoir, sehingga dapat menimbulkan:

- Kekurangan air pada waktu beban puncak karena jaringan tidak mampu mengalirkan air yang cukup
- Kekurangan air akibat reservoir kosong

2. Terhadap Kualitas

Kebocoran pada pipa / sambungan pada saat pemakaian maksimum (jam puncak) di mana terjadi tekanan minimum dapat mengakibatkan efek

syphon, yaitu air dari luar pipa tersedot masuk ke dalam pipa karena ada tekanan negatif di dalam pipa sehingga mengakibatkan kualitas air menurun karena tercampur dengan air dari luar pipa (Kementrian PUPR, 2018).

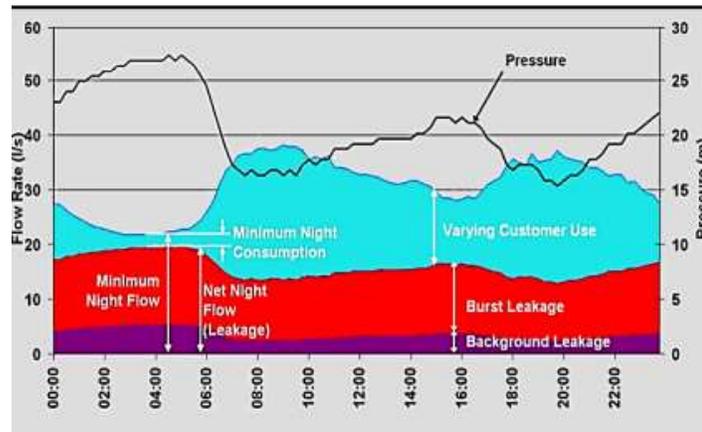


Gambar 3. 5 Efek Syphon pada Kebocoran Pipa

Sumber: Kementrian PUPR, 2018

3. Terhadap Kontinuitas

Kebocoran menyebabkan air mengalir keluar sistem sehingga penggunaan air tidak terkendali dan mengakibatkan tekanan menjadi turun dan keberlangsungan aliran air di beberapa tempat terhambat. Dalam hal ini sistem menganggap kebocoran adalah sebagai konsumsi air oleh pelanggan diluar perencanaan. Karena itu sistem menjadi terganggu kontinuitasnya (Kementrian PUPR, 2018). Untuk grafik hubungan tekanan dengan kebocoran ditunjukkan pada **Gambar 3.6**.



Gambar 3. 6 Grafik Hubungan antara Tekanan dan Pemakaian Air (Kebocoran)

Sumber: Kementrian PUPR, 2018

4. Terhadap Faktor Ekonomi

Kebocoran meningkatkan biaya operasi terutama pada sistem pemompaan dan pengolahan lengkap. Konsekuensi logisnya adalah bahwa kebocoran akan menurunkan pendapatan Perusahaan (PDAM).

5. Terhadap Faktor Sosial

Secara psikologis, tingginya angka kebocoran dapat mempengaruhi kepercayaan sehingga pelanggan enggan membayar rekening dan memacu sambungan liar atau pencurian air, sebagai dampak buruknya pelayanan.

6. Terhadap Faktor Lingkungan Hidup

Bocoran air bertekanan tinggi yang keluar dari pipa sangat berpotensi merusak susunan tanah di sekitarnya. Tanah menjadi terkikis, jalan (aspal) di atasnya menjadi rusak. Jika kebocoran ini terjadi pada tanah yang miring/tebing/lereng, maka dapat menyebabkan longsor.

3.9.2 Penyebab Kehilangan Air

Kehilangan Air Fisik adalah kebocoran yang secara nyata (fisik) / *real losses* yang menyebabkan air tidak dapat disalurkan (dijual) kepada pelanggan karena air keluar dari pipa oleh sebab-sebab tertentu (Kementrian PUPR, 2018).

1. Kehilangan Air Fisik dapat disebabkan oleh beberapa hal sebagai berikut:
 - Cacat pada pipa (retak, dll)
 - Konstruksi yang tidak sesuai dengan ketentuan standar (galian, perakitan, urugan, dll)
 - *Water hammer*
 - Tekanan internal tinggi (terutama saat tekanan statis maksimum)
 - Tekanan eksternal tinggi (karena aktivitas di atas pipa)
 - Kecepatan air yang tinggi
 - Kualitas air yang disalurkan
 - Kualitas tanah disekitar timbunan
 - Kualitas bahan pipa dan aksesoris
 - Usia jaringan
 - Pemeliharaan yang tidak terencana
2. Kebocoran Pipa Dinas:
 - Kebocoran pada badan pipa
 - Kebocoran pada sambungan dan asesories
 - Kebocoran pada water meter
 - Perbaikan pipa
3. Kebocoran pada Reservoir atau Tangki:
 - Kebocoran pada bangunan reservoir
 - *Overflow* (limpahan)
 - Pengurusan Kebocoran pada peralatan

Kehilangan air komersial disebabkan oleh meter air yang tidak akurat baik di meter air produksi maupun meter air pelanggan, ditambah konsumsi tidak resmi seperti pencurian atau pemakaian illegal.(Kementrian PUPR, 2018).

3.9.3 Pencegahan Kehilangan Air Fisik

Upaya pencegahan dan pengendalian kebocoran fisik merupakan suatu keharusan bagi Perusahaan Air Minum (PDAM) karena masalah kebocoran air dalam sistem jaringan air bersih sangat merugikan baik dari segi teknik maupun segi administrasi. Tujuan pencegahan dan pengendalian kebocoran fisik adalah:

1. Menjaga Kontinuitas, Kuantitas dan Kualitas air yang didistribusikan kepada pelanggan. Jumlah air yang cukup, tekanan yang memadai serta mutu air yang memenuhi syarat kesehatan.
2. Menjaga kredibilitas perusahaan dan kepercayaan masyarakat terhadap perusahaan. Karena penanganan terhadap masalah kebocoran menunjukkan kualitas manajemen perusahaan.
3. Menunda kenaikan tarif karena ada peningkatan jumlah air yang terjual dengan biaya produksi yang sama, sehingga mengurangi konflik sosial dengan masyarakat.
4. Mengurangi biaya produksi yang meliputi biaya bahan kimia, energi (listrik, pompa) dan tenaga kerja (untuk air yang hilang).
5. Meningkatkan pendapatan air melalui peningkatan jumlah air yang dapat dijual serta penambahan sambungan baru.
6. Menunda investasi bagi sarana produksi baru atau perlindungan sumber air, karena tersedia "Air Tambahan".

Upaya yang dapat dilakukan untuk pencegahan kehilangan air yang dapat dilakukan antara lain:

1. Pada tahap konstruksi galian pipa (*trenching*) sedapat mungkin dikerjakan sesuai dengan standar galian yang dipersyaratkan seperti, kedalaman, lapisan dasar, pemadatan lapisan tanah, dan pengurugan parit.
2. Pada tahap perakitan pipa (*pipe assembling*) diwajibkan memenuhi kaidah teknik dalam pemotongan, penyambungan, pemasangan dan perletakkan pipa.

3. Pemilihan jenis pipa yang tepat berdasarkan fungsi dan ketahanannya terhadap tekanan. Mempertimbangkan pula kekuatan pipa terhadap kualitas air dan tanah penyebab korosi.
4. Pemasangan asesoris atau perangkat pencegah kebocoran pada bagian-bagian yang rawan, seperti *check valve*, Bak Pelepas Tekan (untuk transmisi) dan PRV (*Pressure Reducing Valve*) (untuk pipa distribusi) untuk mencegah water hammer dan tekanan yang berlebihan.
5. Melakukan pemeliharaan rutin dan periodik yang terencana dengan baik, seperti melakukan *network cleaning & flushing* untuk mencegah karat dan endapan.
6. Penggantian secara bertahap pipa-pipa tua yang berusia kurang lebih > 30 tahun.

Upaya pencegahan tersebut sebaiknya diikuti dengan merancang dan merencanakan jaringan pipa yang telah dilengkapi dengan perangkat pemeliharaan. Rancangan jaringan pipa pada waktu perencanaan setidaknya memiliki perangkat pemeliharaan untuk pengawasan dalam rangka pencegahan dan pendeteksian kebocoran, antara lain:

1. Terpasangnya *valve* pada setiap percabangan untuk memudahkan isolasi jaringan dalam upaya pendeteksian kebocoran. Perlu diperhatikan pula perletakkan *valve box street* agar posisi *valve* terlihat jelas dan tidak hilang.
2. Tersedianya tempat untuk memasang alat ukur debit, baik itu water meter maupun *Ultrasonic Flowmeter* dan sejenisnya pada setiap distrik untuk pengukuran debit.
3. Tersedianya lubang kontrol tekanan untuk memasang manometer atau *pressure logger*

Pada prinsipnya beberapa hal yang telah diuraikan diatas merupakan upaya-upaya untuk meminimalkan kebocoran fisik pada jaringan pipa (Kementrian PUPR, 2018).

3.9.4 Pengendalian Kehilangan Air Fisik

Pengendalian kebocoran fisik bertujuan untuk menurunkan angka kehilangan air fisik. Terdapat banyak metode yang ditawarkan. Untuk itu dalam rangka memilih metode penurunan kebocoran fisik yang paling efektif perlu diperhatikan rasio antara biaya yang dikeluarkan untuk melaksanakan suatu metode dengan biaya yang akan (dapat) diselamatkan akibat penurunan kebocoran yang diperoleh. Secara garis besar terdapat beberapa metode pengendalian kebocoran fisik, yaitu:

1. Pengendalian Tekanan

Penurunan kebocoran pada sistem distribusi dengan menggunakan metode pengendalian tekanan mungkin merupakan cara yang paling sederhana dan cepat, karena tidak meliputi deteksi kebocoran. Untuk itu perlu dilakukan penyelidikan lebih dahulu. Penurunan tekanan ini dapat dicapai dengan beberapa cara seperti mengurangi tekanan pompa, memasang rem tekan pada tangki, dan yang paling umum menggunakan katup pengatur tekanan (*Pressure Reducing Valve*)

Prinsip kerja PRV adalah mengatur tekanan yang masuk ke dalam sistem dengan memperbesar *headloss* sehingga tekanan dibagian hilir menjadi turun dan lebih kecil daripada bagian hulunya setelah melewati PRV. Penurunan tekanan dapat diatur sesuai dengan kebutuhan sistem dengan memperhatikan wilayah kritis dengan tekanan terendah.

2. Penurunan Kebocoran Secara Pasif

Metode ini adalah metode yang paling populer saat ini karena tidak memerlukan kajian khusus sehingga relatif mudah dan murah. Metode ini hanya mengandalkan laporan masyarakat atau petugas dan temuan langsung di lapangan. Laporan dari masyarakat dapat berupa temuan kebocoran atau keluhan tentang turunnya tekanan air/debit di wilayah mereka.

3. Penurunan Kebocoran Secara Aktif

Penurunan kebocoran secara aktif adalah upaya terpadu untuk menemukan sumber dan lokasi kebocoran melalui perencanaan yang sistematis dan

terintegrasi dengan melibatkan seluruh sumber daya yang ada. Metode ini terbukti efektif dalam menekan angka kebocoran. Walau harus disadari bahwa setiap upaya aktif dalam pengendalian kebocoran ini tidak tiba-tiba menurunkan tingkat kehilangan air fisik, tetapi dibutuhkan waktu yang untuk mengintegrasikan seluruh tahapan dalam pengendalian ini. Pengendalian aktif dilaksanakan melalui tahapan tingkat pengendalian yakni:

a) Tahap Pertama

Deteksi kebocoran yang nampak/ muncul. Upaya yang dilakukan adalah dengan mendeteksi dan melaporkan kebocoran – kebocoran yang kelihatan melalui kewaspadaan umum dan melaporkan dengan hubungan telepon yang langsung dan cepat. Memanfaatkan pembaca meter mencari tanda – tanda kebocoran baik pada pipa distribusi maupun pada pipa dinas. Serta melalui pemeriksaan sistem secara rutin.

b) Tahap Kedua

deteksi, lokalisasi dan perkiraan kebocoran yang tak nampak melalui peralatan akustik dan elektronik. Tahap ini dilakukan melalui program rutin untuk menemukan dan mengetahui kebocoran dengan metode yang jelas dan sistematis. Banyak teknik dan peralatan yang digunakan:

- Tongkat Pendengar
- Mikrofon Tanah
- *Leak Noise Correlator*
- *Noise Loggers*

c) Tahap Ketiga

deteksi kebocoran melalui pengukuran aliran dan tekanan yang sistematis, serta pemodelan kebocoran pada zona meter (DMA –

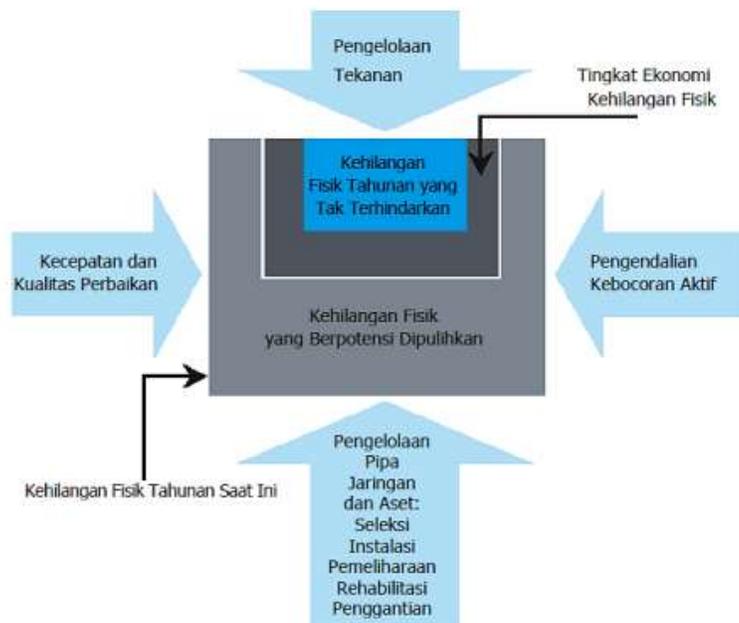
District Metered Area) Yang menjadi dasar pendekatan DMA adalah:

- Pembagian jaringan kedalam zona-zona hidrolis kecil berdasarkan wilayah
- Pengukuran secara terus menerus terhadap pengaliran dan tekanan

Pengendalian kehilangan air fisik (kebocoran) yang efektif dituangkan ke dalam 4 pilar strategi yakni:

1. Pengendalian secara aktif (*Sounding*, *Distrik Metering*, Model Blok Renovasi, dan Model *House to House*/HOTOHO)
2. Pengelolaan tekanan
3. Kecepatan dan kualitas perbaikan
4. Pengelolaan pipa jaringan dan asset

(Kementrian PUPR, 2018).



Gambar 3. 7 Strategi Pengendalian Kebocoran Fisik

Sumber: Kementrian PUPR, 2018

3.9.5 Penggantian dan Rehabilitasi

Menurut PerMen PUPR No.18 Tahun 2007 tentang Penyelenggaraan SPAM, rehabilitasi SPAM adalah perbaikan atau penggantian sebagian/seluruh unit SPAM yang perlu dilakukan agar dapat berfungsi secara normal kembali. Rehabilitasi SPAM adalah tanggung jawab Penyelenggara SPAM dan bertujuan untuk menjamin pelayanan air minum kepada masyarakat yang berkesinambungan. Rehabilitasi dilaksanakan apabila unit-unit dan komponen SPAM sudah tidak dapat beroperasi secara optimal. Rehabilitasi dapat memperoleh bantuan teknis dari Pemerintah dan Pemerintah Daerah apabila diperlukan. Rehabilitasi SPAM meliputi rehabilitasi sebagian dan rehabilitasi keseluruhan

1. Rehabilitasi Sebagian

Rehabilitasi sebagian adalah perbaikan unit tertentu SPAM agar berfungsi sesuai dengan ketentuan yang direncanakan. Rehabilitasi sebagian dilakukan apabila salah satu komponen dalam unit air baku, unit produksi dan jaringan transmisi, unit distribusi, serta unit pelayanan mengalami penurunan fungsi dan memerlukan perbaikan atau penggantian suku cadang.

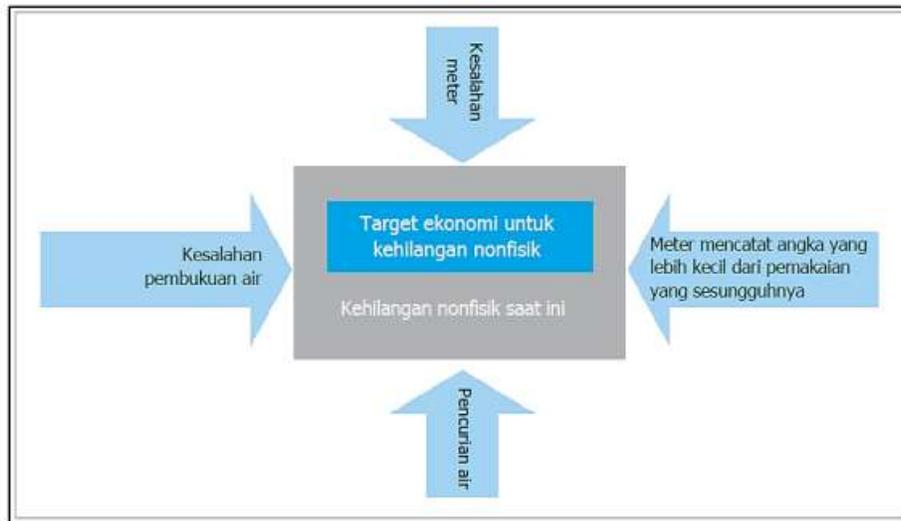
2. Rehabilitasi Keseluruhan

Rehabilitasi keseluruhan meliputi penggantian salah satu atau seluruh unit SPAM agar berfungsi secara normal. Rehabilitasi keseluruhan dilakukan apabila salah satu atau seluruh unit air baku, unit produksi dan jaringan transmisi, unit distribusi, serta unit pelayanan mengalami penurunan fungsi dan/atau sudah melebihi umur teknis.

3.9.6 Pencegahan Kebocoran Non-Fisik

Masalah non fisik biasanya menyangkut kebiasaan (sikap/budaya), baik itu karyawan PDAM atau masyarakat. Untuk mengubah atau menekan kehilangan air pada sisi ini harus menggunakan instrumen dan pendekatan hukum/legal serta penyuluhan yang terprogram, baik untuk karyawan maupun masyarakat. Strategi

pengendalian/penurunan kehilangan air nonfisik dapat ditempuh dengan beberapa cara yang telah dijelaskan diatas yang dapat digambarkan melalui alur strategi yang ditunjukkan oleh **Gambar 3.9**.



Gambar 3. 8 Strategi Penurunan Kebocoran Non-Fisik

Sumber: Kementrian PUPR, 2018

Tindakan strategis untuk mencegah dan mengurangi kehilangan air nonfisik dapat dilakukan dengan beberapa cara baik melalui sektor administratif maupun hukum antara lain:

- Peraturan untuk memberikan sanksi kepada pencuri/ yang melakukan kecurangan
- Memberikan sanksi untuk sambungan illegal
- Pemutusan pelanggan yang tidak membayar
- Pemeriksaan mendadak secara rutin untuk pelanggan besar, tempat – tempat pembangunan
- Memberi izin, mengatur truk tangki air
- Menjaga agar pembaca meter jujur
- Selalu menjaga catatan tetap baik

- Memberi perhatian khusus pada perusahaan besar seringkali menjadi pencuri air paling besar
- Memeriksa pemakaian bulanan untuk mendeteksi keganjilan/ penyimpangan Pada kasus yang mencurigakan: menetapkan suatu DMA sementara dan ukuran selama beberapa hari

Ada beberapa macam pengendalian kehilangan air non fisik, antara lain:

1. Pengendalian Pencurian Air

A. Penanganan Konsumsi Ilegal

Pencurian air yang dilakukan oleh konsumen atau pelanggan resmi PDAM dengan cara merusak water meter atau membuat water meter menjadi tidak akurat. Persentase konsumsi illegal consumption tidak sebesar *illegal connection*, karena pelanggan tersebut (*illegal consumption*) tetap akan menggunakan air yang melewati water meter. Pelacakan *illegal consumption* dilakukan dengan cara survei meter air 0 m³ dan survei meter di bawah pemakaian 10 m³.

B. Penanganan Sambungan Liar

Adanya sambungan liar dan pencurian yang dilakukan oleh masyarakat baik konsumen maupun non konsumen (bukan pelanggan) bisa terjadi akibat adanya kelemahan dalam prosedur-prosedur yang ada di PDAM. Prosedur-prosedur tersebut meliputi:

- Prosedur pembuatan rekening air
- Prosedur sambungan baru
- Prosedur keputusan sambungan
- Prosedur penyambungan kembali
- Prosedur penggantian meter

Upaya untuk memprediksi adanya unsur kehilangan air non-fisik dapat dilakukan dengan berbagai cara. *Illegal connection* dapat dilacak melalui:

- Inspeksi langsung di lapangan untuk menyimak hal yang dapat dilihat langsung pada sambungan (survei pelanggan) dan bekerjasama dengan pelanggan untuk peduli terhadap upaya pemberantasan *illegal connection*
- Memeriksa kekurangan, keanehan dalam catatan rekening
- Analisis spasial menggunakan pemetaan pelanggan dan non pelanggan melalui penginderaan jauh (*remote sensing*) dengan program GIS (foto udara/citra) dengan menyimak keberadaan kelompok pelanggan dan kelompok non pelanggan.

2. Penanganan Kehilangan Air Akibat Kesalahan Pencatatan Angka Meter

Kesalahan pencatatan bacaan meter air seringkali terjadi disebabkan oleh faktor manusia (*human error*) dan faktor meter air.

1. Faktor Manusia (pembaca meter):
 - Kesalahan membaca angka meter air
 - Kesalahan mencatat pembacaan meter air
 - Kesengajaan (tidak dibaca/ menaksir pembacaan)
2. Faktor Meter Air:
 - Meter air buram
 - Meter air rusak
 - Angka register tidak jelas

Beberapa hal yang dapat dilakukan untuk menangani kehilangan air akibat kesalahan pembacaan atau pencatatan angka meter ini antara lain:

- Penggantian atau relokasi meter air yang secara fisik menghambat pembacaan
- Penggunaan sistem baca meter yang sesuai
- Pelatihan pembacaan meter air untuk petugas
- Rotasi petugas

- Pengawasan dengan sistem random sampling (pengambilan sampel secara acak)
- Menghindari penaksiran pembacaan meter

3. Penganganan Meter Air Akibat Menurunnya Akurasi Meter Air

Umur kerja rata-rata sebuah meter air adalah 3 tahun, oleh karena itu untuk menjamin akurasi meter air yang terpasang perlu dilakukan pengecekan ulang secara berkala. Mengingat cukup besarnya sumbangan kehilangan air yang diakibatkan oleh tidak akuratnya penunjukan angka meter, maka water meter pelanggan yang dipasang harus sesuai dengan yang disyaratkan .

4. Penanganan Kehilangan Air Akibat Kesalahan pada Administrasi

Terdapat beberapa kesalahan administrasi yang dapat berpengaruh terhadap nilai kehilangan air, kesalahan tersebut yaitu:

a) Kesalahan Administrasi Pembaca Meter

Adapun upaya dalam mengatasi masalah pembacaan meter dapat dilakukan dengan cara:

- Pengawasan yang efektif, rotasi pembaca meter, inspeksi mendadak
- Penggunaan peralatan pembaca meter elektronik
- Pemeriksaan periodik terhadap seluruh pembaca meter , *data processing*, pengajuan rekening, rangkaian penagihan
- Analisa statistik, *monitoring*, verifikasi catatan angka meter dan akurasi meter
- Mencocokkan sistem pengajuan rekening yang dilakukan oleh manajemen dan pegawai yang kompeten.
- Melakukan relokasi meter air SR pada pelanggan dengan rumah yang memiliki akses yang sulit untuk pembacaan meter air (rumah terkunci, rumah kosong dll). Meter air

dipindah dekat pagar dan menggunakan meter air vertikal untuk memudahkan pembacaan dari luar pagar.

b) Kesalahan Pembuatan Rekening

Hal-hal berikut ini dapat dilakukan untuk menghindari terjadinya kesalahan pada administrasi rekening:

- Data base pelanggan dimutakhirkan secara berkala.
- Penggunaan suatu sistem pengolahan data yang baik namun cukup mudah cara pengoperasiannya.
- Pemberian pelatihan yang berkesinambungan kepada petugas administrasi untuk meningkatkan kapasitas dan kinerjanya dalam melakukan pembuatan rekening pemakaian air.

3. Kesalahan Data Base Pelanggan

Dinamika perubahan data base pelanggan sangat tinggi frekuensinya. Penambahan sambungan, pemutusan sambungan, perubahan golongan, dan sebagainya sangat sering terjadi. Kehilangan informasi tentang data pelanggan sangat berpotensi menyebabkan kerugian bagi perusahaan. Oleh karena itu, data pelanggan (dan jaringan) wajib untuk selalu di perbaharui (update) sesuai perkembangan dan perubahan yang terjadi. Upaya yang dapat dilakukan dalam meminimalisasi kesalahan data base pelanggan adalah:

- Menjaga koordinasi antara bagian administrasi pelanggan dan bagian GIS dengan petugas lapangan
- Secara berkala melakukan survei pelanggan dan jaringan
- Melakukan inspeksi melalui petugas pembaca meter air

4. Kesalahan Pengumpulan dan Transfer Data

Kesalahan pada tahap pengumpulan dan transfer data menjadi awal kesalahan-kesalahan berikutnya. Jika data yang dipakai untuk

analisis adalah data yang keliru atau manipulasi maka hasilnya juga akan menyimpang dan menyesatkan. Upaya yang dapat dilakukan dalam meminimalisasi kesalahan pengumpulan dan transfer data adalah:

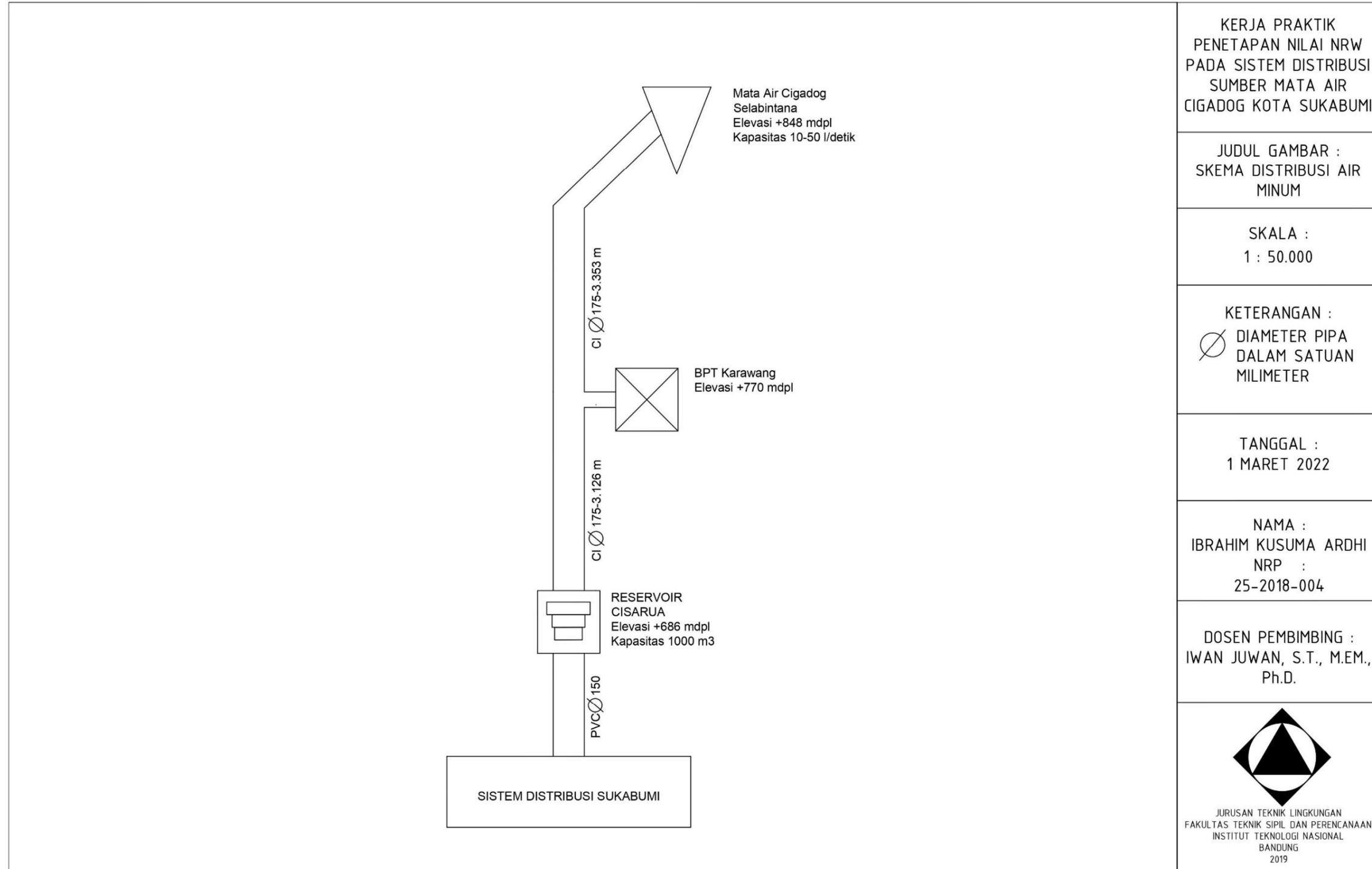
- Membuat program pencatatan dan pengumpulan data yang terintegrasi dengan sistem data base
- Pengumpulan menggunakan tools yang sesuai dan valid
- Verifikasi data
- Melatih dan membina petugas survei dan bagian data base

3.10 Kondisi Eksisting

Mata air Cigadog ini terletak di Desa Sukajaya Girang Kec. Sukabumi, Kab. Sukabumi, tahun pembangunan 1926, kapasitas 50 l/det. *Broncaptering*/ bak penangkap berupa bangunan, panjang pipa transmisi dari *broncaptering* ke reservoir sepanjang ± 3 km, mempunyai kapasitas reservoir 1000 m³ sistem pengaliran dari *broncaptering* ke reservoir sampai dengan pelayanan adalah gravitasi. Cakupan pelayanan sistem ini adalah Wilayah Selabintana kota dan kabupaten, Kel. Kebonjati, Kel. Cikole, Kel. Gunung Parung dan Kel. Selabatu (PDAM Tirta Bumi Wibawa, 2015). Skematik untuk sistem MA Cigadog dapat dilihat pada gambar **3.10**.

3.10.1 Sistem Distribusi Mata Air Cigadog

Sistem pendistribusian *Branch Sistem* yaitu sistem jaringan perpipaan distribusi, dimana pengaliran air hanya menuju ke satu arah saja dan terdapat titik akhir yang merupakan ujung pipa, sistem pengaliran ini digunakan karena elevasi sumber air mempunyai perbedaan cukup besar dengan elevasi daerah pelayanan, sehingga tekanan yang diperlukan dapat dipertahankan (PDAM Tirta Bumi Wibawa, 2020). Kondisi eksisting dari SPAM Mata Air Cigadog ditunjukkan pada **Tabel 3.1**.



KERJA PRAKTIK
PENETAPAN NILAI NRW
PADA SISTEM DISTRIBUSI
SUMBER MATA AIR
CIGADOG KOTA SUKABUMI

JUDUL GAMBAR :
SKEMA DISTRIBUSI AIR
MINUM

SKALA :
1 : 50.000

KETERANGAN :
Ø DIAMETER PIPA
DALAM SATUAN
MILIMETER

TANGGAL :
1 MARET 2022

NAMA :
IBRAHIM KUSUMA ARDHI
NRP :
25-2018-004

DOSEN PEMBIMBING :
IWAN JUWAN, S.T., M.EM.,
Ph.D.



Gambar 3. 9 Skema Distribusi Sumber Mata Air Cigadog
Sumber: Gambar Pribadi, 2022

Tabel 3. 1 Kondisi Eksisting Sumber Mata Air Cigadog

1	Lokasi	Mata Air Cigadog	
	Elevasi	854	mdpl
2	Luas Area Terbangun	206,62	m ²
	Luas Kepemilikan	18,19	m ²
3	Deskripsi dan Asset Unit Operasi	<i>Broncaptering</i>	
		<i>Valve Room</i>	
4	Deskripsi dan Asset Unit proses	hanya pembubuhan chlor/desinfeksi	3,5 lt/3,5 m ³
	Debit terpasang	50	lt/dt
5	Debit Operasional	25	lt/dt
6	Curah Hujan	3000-4000	mm/tahun
7	Kualitas Air Baku	Sesuai Permenkes 492/2010	
8	Jam Operasi	24	jam
9	Pemeliharaan	Penanaman pohon Pemagaran lokasi Pengecatan Bangunan broncaptering penyempurnaan unit pembubuhan chlor pemasangan water meter induk diameter 150 mm	
10	Bangunan Reservoir	kondisi baik	
	Kapasitas	1000 m ³	
11	Perpipaan	Kondisi	baik

		tahun pemasangan	1926
		Material	DCIP, CI, ACP, PVC
		Diameter	200 mm 175 mm 159 mm 50 mm
12	Aksesoris	<i>Gate Valve</i>	200 mm (2 unit)
		<i>Watermeter induk</i>	150 mm (1 unit)
		<i>Giboult Joint</i>	200 mm (1 unit)
		<i>Flock tee</i>	200 mm (2 unit)
		<i>Bend flange</i>	200 mm 2 unit)

Sumber: PDAM Tirta Bumi Wibawa, 2021

Perumda Air Minum Tirta Bumi Wibawa Kota Sukabumi memanfaatkan air dari sumber air Mata Air Cigadog di distribusikan ke masyarakat pelanggan melalui BPT Karawang selanjutnya di alirkan ke Reservoir Cisarua. Sistem Pelayanan Air Minum SPAM Cigadog di bangun pada tahun 1926 dengan panjang jaringan pipa distribusi sepanjang 21.628 meter ,jumlah tersebut merupakan akumulasi dari mulai tahun pembangunan sampai dengan kondisi saat ini (PDAM Tirta Bumi Wibawa, 2020).

A. BPT Karawang

Pembangunan bak Pelepas tekan pada Tahun 1953, luas area 7 x 10 /luas bangunan 3 x 6, Elevasi 770 Mdpl, dengan kapasitas 36 m² atau sebesar 20 l/det.

B. Jaringan Distribusi

1. Jaringan Distribusi Utama (JDU)

Tabel 3. 2 Data Pipa Jaringan Distribusi Utama

Diameter (mm)	Jenis Pipa	Panjang Pipa (m)	Tahun Pemasangan
150	CIP	1585	1927
150	CIP	1490	1953
175	CIP	3550	1986
150	ACP	1100	1986

Sumber: PDAM Tirta Bumi Wibawa, 2020

2. Jaringan Distribusi Pembagi (JDB)

Tabel 3. 3 Data Pipa Jaringan Distribusi Pembagi

Diameter (mm)	Jenis Pipa	Panjang Pipa (m)
65	GI	1057
50	PVC	5410
65	PVC	203
50	GI	137

Sumber: PDAM Tirta Bumi Wibawa, 2020

3. Jaringan Distribusi Pelayanan (JDP)

Tabel 3. 4 Data Pipa Jaringan Distribusi Pelayanan

Diameter (mm)	Jenis Pipa	Panjang Pipa (m)
40	PVC	7006
25	PVC	90

Sumber: PDAM Tirta Bumi Wibawa, 2020

3.10.2 Aksesoris Yang Terpasang Pada Jaringan Pipa Distribusi

1. *Air Release Valve* (ARV)

ARV dipasang untuk mengeluarkan udara dalam jaringan pipa dan atau sebaliknya yaitu untuk memasukan udara ke dalam jaringan pipa agar

dapat mempercepat aliran air pada saat pengurasan jaringan pipa, untuk mengatasi tersebut diperlukan penempatan katup pelepas/masuk udara. Pada sistem pelayanan air minum yang bersumber dari Mata Air Cigadog terdapat 1 titik *Air Release Valve* /Ventil di Depan Hotel Sarah dengan diameter 175 mm dan dengan kondisi yang baik.

2. *Gate Valve*

Gate Valve adalah jenis katup yang digunakan untuk membuka/tutup aliran air dengan cara mengangkat/tutup gerbang penutupnya yang berbentuk bulat atau persegi Panjang. Pada sistem pelayanan air minum yang bersumber dari Mata Air Cigadog terdapat 20 titik *gate valve*.

3. *Fire Hydrant*

Sistem fire Hydrant berfungsi sebagai alat pengendali api darurat dengan supply air yang dibutuhkan oleh tim pemadam kebakaran, pada sistem pelayanan air minum yang bersumber dari Mata Air Cigadog terdapat 2 titik *Fire Hydrant*.



Gambar 3. 10 *Fire Hydrant* Jl.Cisarua

Sumber: Hasil Dokumentasi, 2021

4. *Pipa Wash Out*

Pemasangan pipa *Wash Out* adalah untuk menguras kotoran yang menempel pada jaringan pipa distribusi, tipe katup yang dapat dipakai pada jaringan pipa distribusi adalah katup gerbang (*gate valve*) atau katup

kupu-kupu. pada sistem pelayanan air minum yang bersumber dari Mata Air Cigadog terdapat 2 titik *Wash Out* di Gang Ciaul Batas Kota.

3.10.3 Pelayanan Mata Air Cigadog

Jumlah pelanggan aktif yang dilayani dengan sistem pelayanan air minum yang bersumber dari Mata Air Cigadog sebanyak 1.033 sambungan langganan atau 0,054% dari jumlah ke seluruhan pelanggan Perumda Air Minum Tirta bumi Wibawa Kota Sukabumi per 31 Desember 2020 sebanyak 19.268 sambungan pelanggan (PDAM Tirta Bumi Wibawa, 2020).

Tabel 3. 5 Data Pelanggan Mata Air Cigadog

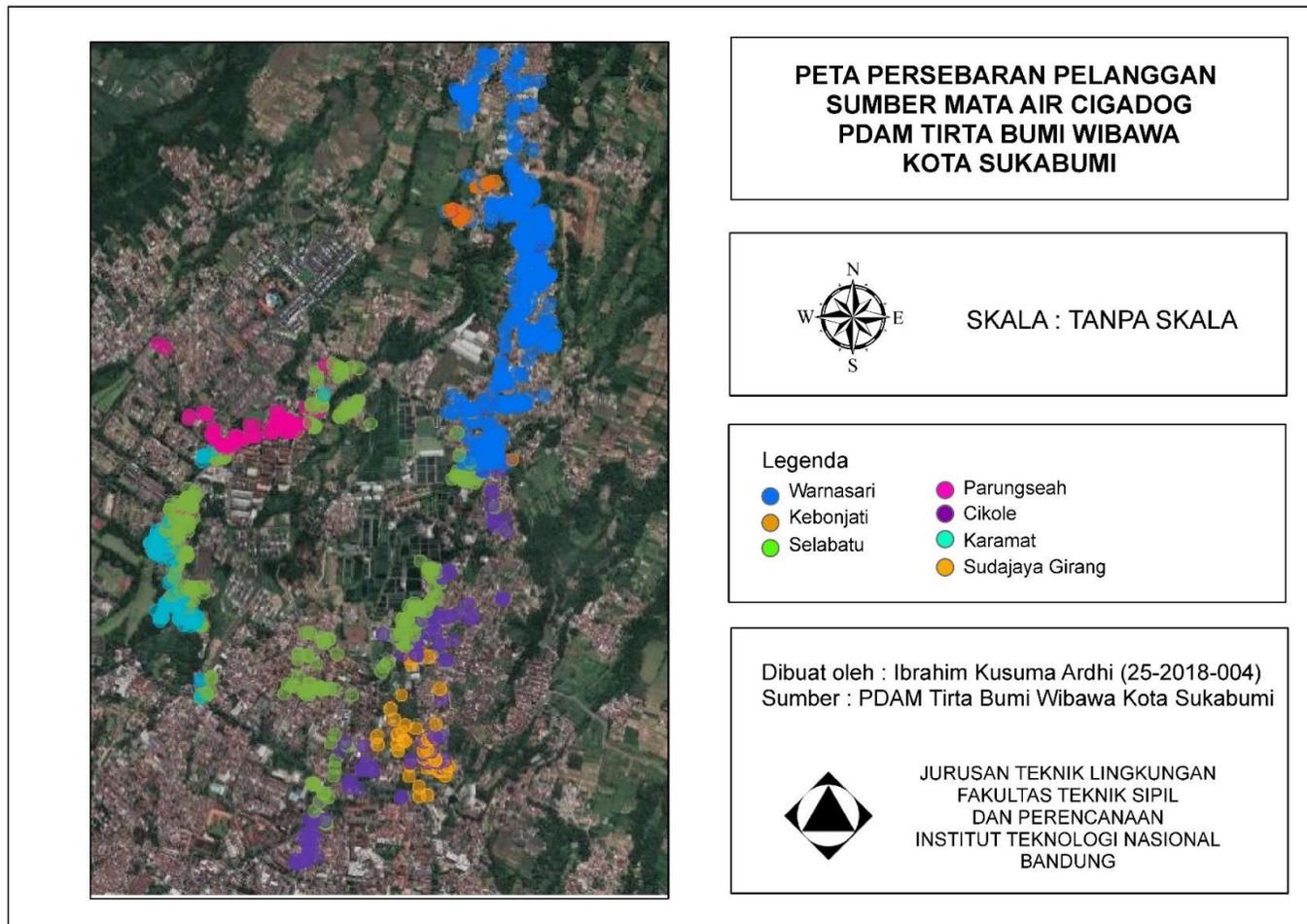
No	Alamat	Jumlah Konsumen (SL)
1	Desa Warnasari	435
2	Desa Parungseah	65
3	Kelurahan Selabatu	275
4	Kelurahan Cikole	106
5	Kelurahan Karamat	109
6	Kelurahan Kebonjati	43
Total		1033

Sumber: PDAM Tirta Bumi Wibawa, 2021



Gambar 3. 11 Data Pelanggan Mata Air Cigadog

Sumber: PDAM Tirta Bumi Wibawa, 2020



Gambar 3. 12 Peta Persebaran Pelanggan Sumber Mata Air Cigadog PDAM Tirta Bumi Wibawa Kota Sukabumi
Sumber: Hasil Pemetaan 2022

BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Kualitas Air

4.1.1 Analisis Kualitas di Sumber

Untuk mengetahui aman atau tidaknya air yang didistribusikan pada pelanggan, maka diperlukan *monitoring* terhadap kualitas air yang didistribusikan kepada pelanggan. Laboratorium PDAM Kota Sukabumi melakukan monitoring secara bakteriologi terhadap air dari sumber Mata Air Cigadog. Parameter yang diuji adalah pH, Cl₂, Bakteri Golongan coli dan fecal coli. Untuk pengujian parameter pH menggunakan pH meter, untuk parameter Cl₂ menggunakan metode kolorimetri, dan untuk pengujian parameter golongan coli dan fecal coli menggunakan metode MPN 5.1.1. *Monitoring* ini dilakukan di sumber dan beberapa titik distribusi dari sumber Mata Air Cigadog. Hasil analisis dapat dilihat pada **Tabel 4.1**

Tabel 4. 1 Data Kualitas Air Sumber Mata Air Cigadog

Hasil Uji Kualitas Air Sumber Mata Air Cigadog Bulan Juli 2021							
No	Lokasi	pH	Cl ₂	Gol Coli	F.Coli	Ket	Visual
				MPN/100 ml			
1	MA Cigadog	6.8	0	0	0	MS A	Jernih
2	Panjalu	6.8	0	0	0	MS A	Jernih
3	Selaawi	6.8	0	0	0	MS A	Jernih
4	Cisarua	6.8	0.1	0	0	MS A	Jernih
5	Resv. Cisarua	6.8	0.4	0	0	MS A	Jernih
6	Jl. Selabintana	6.8	0	0	0	MS A	Jernih
7	Kantor Cabang I	6.8	0.3	0	0	MS A	Jernih

Sumber: Hasil Analisis Laboratorium PDAM Kota Sukabumi

Parameter bakteriologis di semua titik pengujian memenuhi syarat air minum (MSA), hal tersebut dikarenakan adanya pengolahan sebelum didistribusikan yaitu adanya desinfeksi dengan Sodium Hipoklorit (NaClO) pada sumber sebanyak 3,5 L per 3,5 m³ air sodium. Sedangkan keberadaan parameter Cl₂ pada air disebabkan sisa klor yang tersisa dari proses reaksi antara NaClO dengan bakteri yang sebelumnya terdapat di perairan. Sedangkan untuk hasil pengukuran parameter Cl₂ yang memiliki nilai 0 sebagai pertimbangan untuk penyempurnaan pendosisan klorinasi.

4.1.2 Analisis Kualitas di Pelanggan

Untuk pengukuran kualitas air di pelanggan, PDAM Sukabumi menyerahkan sampel ke Laboratorium Kesehatan Daerah Kota Sukabumi (LABKESDA) untuk diperiksa karena dikarenakan merupakan bentuk pengawasan dari pemerintah daerah. Sampling dilakukan di tiga titik yang berlokasi di Jl. Selabintana Cisarua, Cimangah, dan Rumah Dinas Walikota Sukabumi. Untuk mengetahui kualitas air, hasil pengukuran dibandingkan dengan Permenkes No. 492 Tahun 2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Hasil pengukuran dapat dilihat pada **Tabel 4.2**

Tabel 4. 2 Hasil Pengukuran Kualitas Air di Pelanggan

No	Lokasi	Parameter	Satuan	Batas Syarat	Hasil Pemeriksaan	Metode
A. Fisika						
1	Cisarua	Bau	-	Tidak berbau	tidak berbau	SNI 06-6860-2002
2		Kekeruhan	NTU	5	0	Turbidimetri
3		Warna	TCU	15	0	APHA 2120B
4		TDS	mg/l	500	84.5	Konduktometri

5	Suhu	°C	Suhu udara ± 3°	24.8	SNI 06-6989.23- 2005
B. Kimia					
1	pH		6.5-8.5	7.16	SNI 06-6989.11- 2004
2	Fe	mg/l	0.3	<0.0025	Fotometri
3	Klorida		-	8.86	APHA 4500- Cl-
4	CaCO ₃	mg/l	500	75	SNI 06-2430- 1991
5	Mn	mg/l	0.4	<0.01	Fotometri
6	NO ₃ -	mg/l	50	8.4	Fotometri
7	No ₂ -	mg/l	3	0.041	APHA 4500- NO ₂ -
8	Sulfat	mg/l	250	7	APHA 4500- SO ₄ ²⁻
9	Total Kromium	mg/l	0,05	<0.01	APHA -Cr
10	Sisa Klor	mg/l	5	0.18	Colorimetry dan Refractometry
C. Biologis					
1	E. Coli	per 100 ml	0	0	Multiple Tube Fermentation
2	Total Coliform	per 100 ml	0	0	Multiple Tube Fermentation
A. Fisika					
1	Bau	-	Tidak berbau	tidak berbau	SNI 06-6860- 2002
2	Kekeruhan	NTU	5	0	Turbidimetri
3	Warna	TCU	15	0	APHA 2120B
4	TDS	mg/l	500	85.8	Konduktometri
5	Suhu	°C	Suhu udara ± 3°	24.8	SNI 06-6989.23- 2005

Cimanggah

B. Kimia						
1		pH	6.5-8.5	7.14	SNI 06-6989.11-2004	
2		Fe	mg/l	0.3	0.24	Fotometri
3		Klorida	-	9.93	A {HA 4500- Cl-	
4		CaCO3	mg/l	500	64	SNI 06-2430-1991
5		Mn	mg/l	0.4	<0.01	Fotometri
6		NO3-	mg/l	50	2.9	Fotometri
7		No2-	mg/l	3	0.021	APHA 4500-NO2-
8		Sulfat	mg/l	250	7	APHA 4500-SO42-
9		Total Kromium	mg/l	0,05	<0.01	APHA -Cr
10		Sisa Klor	mg/l	5	0.31	Colorimetry dan Refractometry
C. Biologis						
1		E. Coli	per 100 ml	0	0	Multiple Tube Fermentation
2		Total Coliform	per 100 ml	0	0	Multiple Tube Fermentation
A. Fisika						
1		Bau	-	Tidak berbau	tidak berbau	SNI 06-6860-2002
2		Kekeruhan	NTU	5	0	Turbidimetri
3		Warna	TCU	15	0	APHA 2120B
4	Cimangguh	TDS	mg/l	500	80	Konduktometri
5		Suhu	°C	Suhu udara ± 3°	24.8	SNI 06-6989.23-2005
B. Kimia						
1		pH		6.5-8.5	7.06	SNI 06-6989.11-

2004					
2	Fe	mg/l	0.3	<0.0025	Fotometri
3	Klorida		-	10.28	A {HA 4500- Cl-
4	CaCO3	mg/l	500	82	SNI 06-2430-1991
5	Mn	mg/l	0.4	<0.01	Fotometri
6	NO3-	mg/l	50	6.2	Fotometri
7	No2-	mg/l	3	0.012	APHA 4500-NO2-
8	Sulfat	mg/l	250	6	APHA 4500-SO42-
9	Total Kromium	mg/l	0,05	<0.01	APHA -Cr
10	Sisa Klor	mg/l	5	0.1	Colorimetry dan Refractometry
C. Biologis					
1	E. Coli	per 100 ml	0	0	Multiple Tube Fermentation
2	Total Coliform	per 100 ml	0	0	Multiple Tube Fermentation

Sumber: Hasil Pengukuran Labkesda Kota Sukabumi, 2021

Dari hasil pengukuran kualitas air Sumber Mata Air Cigadog pada pelanggan menunjukkan tidak adanya parameter yang melebihi standar baku mutu yang telah ditetapkan, maka kebocoran air yang terjadi tidak menurunkan kualitas air yang didistribusikan pada pelanggan dan memungkinkan tidak terjadinya efek syphon pada jaringan

4.2 Analisis Non Revenue Water Mata Air Cigadog

Non Revenue Water atau disebut juga dengan NRW atau ATR (Air Tak Berekening) adalah perbedaan jumlah air yang masuk ke sistem distribusi dengan air yang tercetak di rekening. Berikut terdapat data volume input sistem dan data

air yang tercatat pada rekening atau data kubikasi selama bulan Januari hingga September tahun 2021.

Tabel 4.3 Data Produksi Air pada Sumber Mata Air Cigadog

Data Produksi Air Sumber Mata Air			
Cigadog			
No	Bulan	Target (m3)	Realisasi (m3)
1	Januari	63.159	64.350
2	Februari	64.350	58.078
3	Maret	58.078	74.700
4	April	74.700	68.869
5	Mei	74.700	81.029
6	Juni	81.029	81.080
7	Juli	81.080	53.262
8	Agustus	53.262	57.958
9	September	81.080	83.105

Sumber: Pengukuran PDAM Tirta Bumi Wibawa, 2021

Data yang disajikan pada **Tabel 4.3** merupakan data input volume sistem dari bulan Januari hingga September tahun 2021 dan total volume input dalam sembilan bulan tersebut senilai 622,431 m³.

Konsumsi resmi adalah volume air tahunan yang bermeter dan/atau tidak bermeter, yang digunakan oleh pelanggan yang terdaftar (resmi), pemasok air dan pihak-pihak lain yang secara sah diijinkan atau diketahui. Untuk data konsumsi air resmi berekening dalam satuan kubik pelanggan Sumber Mata Air Cigadog dapat dilihat pada **Tabel 4.4**

Tabel 4. 4 Rekapitulasi Data Kubikasi di Pelanggan Sumber Mata Air Cigadog

No	Bulan	Jumlah SR	Jumlah Kubikasi		
			0 - 10 M3	> 10 M3	Total
1	Januari	1033	1.726	5.609.47	7.335.47
2	Februari		1.882	5.490.23	7.372.23
3	Maret		2.020	7.424.60	9.444.60
4	April		1.751	5.545.85	7.296.85
5	Mei		1.804	11.669	13.473.00
6	Juni		1.698	13.726	15.424.00
7	Juli		1.949	5.972.39	7.921.39
8	Agustus		1.881	13.506	15.387.00
9	September		1.795	13.413	15.208.00

Hasil Perhitungan, 2022

Untuk analisis NRW total dilakukan dengan menghitung jumlah selisih air yang diproduksi dengan air yang tercatat pada rekening (konsumsi resmi berekening) lalu dihitung persentasenya dengan membandingkan hasil selisih dengan jumlah air yang diproduksi. Untuk hasil perhitungan NRW Sumber Mata Air Cigadog dapat dilihat pada **Tabel 4.5**

Tabel 4. 5 Perhitungan NRW Sumber Mata Air Cigadog

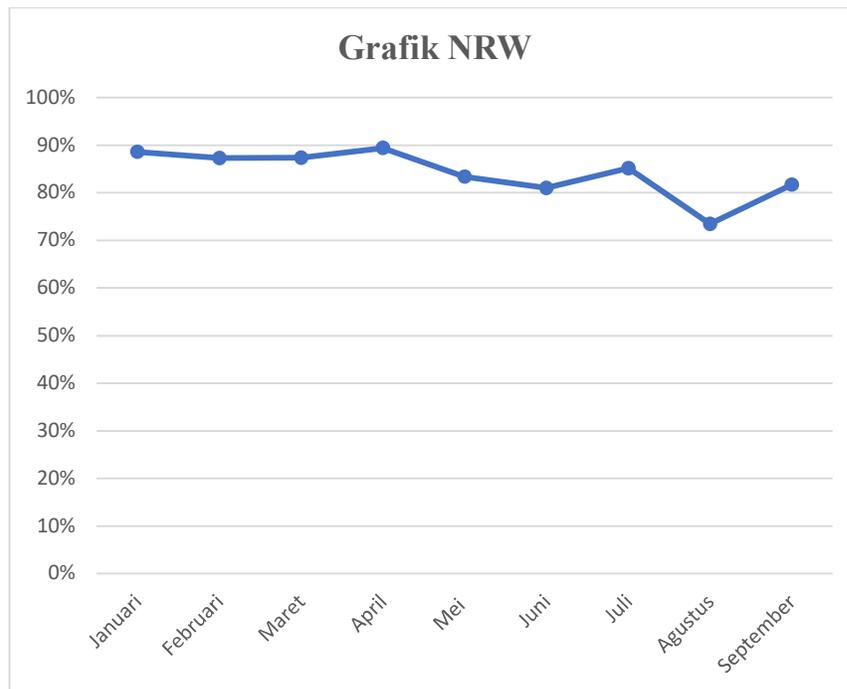
No	Bulan	Volume Input (m3)	Konsumsi resmi berekening (m3)	NRW
1	Januari	64.350	7.335	89%
2	Februari	58.078	7.372	87%
3	Maret	74.700	9.445	87%
4	April	68.869	7.297	89%
5	Mei	81.029	13.473	83%
6	Juni	81.080	15.424	81%
7	Juli	53.262	7.921	85%
8	Agustus	57.958	15.387	73%
9	September	83.105	15.208	82%
10	Total	622.431	98.862	84%

Sumber: Hasil Perhitungan, 2022

Contoh Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{NRW}_{\text{Januari}} &= \frac{64.350 \text{ m}^3 - 7.335 \text{ m}^3}{64.350 \text{ m}^3} \times 100\% \\ &= 89\% \end{aligned}$$

Data NRW Sumber Mata Air Cigadog memiliki angka yang relatif sangat tinggi, yang tertinggi tercatat pada bulan April yaitu sebesar 89% dan yang terendah yaitu pada bulan Agustus. Nilai NRW tersebut sangat melampaui baku mutu yang hanya sebesar 20%, perlu penanganan atau strategi yang tepat untuk menurunkan angka tersebut. Pola dari nilai NRW dari bulan Januari-September berfluktuasi atau data tersebut fluktuatif, hal tersebut dapat terjadi karena kebutuhan dan penggunaan air tiap bulannya berbeda. Nilai kehilangan air tersebut sudah termasuk aspek teknis dan non-teknis.



Gambar 4. 1 Grafik NRW Sumber Mata Air Cigadog
Sumber: Hasil Analisis, 2022

Tabel 4. 6 Tabel NRW Total Kota Sukabumi

No	Bulan	Volume yang didistribusikan (m3)	Air yang terjual (m3)	NRW (%)
1	Januari	1.009.256	268.018	73%
2	Februari	945.937	257.796	73%
3	Maret	1.011.260	240.317	76%
4	April	990.102	262.211	74%
5	Mei	1.107.331	247.993	78%
6	Juni	1.064.120	264.546	75%
7	Juli	1.015.479	258.138	75%
8	Agustus	1.016.607	258.138	75%
9	September	961.304	258.138	73%
10	Total	9.121.396	2.315.295	75%

Sumber: Hasil Perhitungan, 2022

Pada **tabel 4.6** menunjukkan hasil perhitungan dari nilai NRW total untuk seluruh sumber air PDAM Tirta Bumi Wibawa Kota Sukabumi. Volume air yang didistribusikan selama bulan Januari-September yang didistribusikan oleh semua sumber air tercatat sebanyak 9,121,396 m³ dan air yang terjual sebanyak 2,315,295 m³ dengan nilai kehilangan senilai 75%. Maka dapat diketahui nilai persentas NRW Sumber Mata Air Cigadog terhadap nilai NRW total Kota Sukabumi dengan rumus berikut:

$$\frac{\text{Air yang terjual Cigadog}}{\text{Air yang Terjual Sukabumi}} \times 100 \%$$

$$\frac{98.862 \text{ m}^3}{2.315.295 \text{ m}^3} \times 100\% = 4,27 \%$$

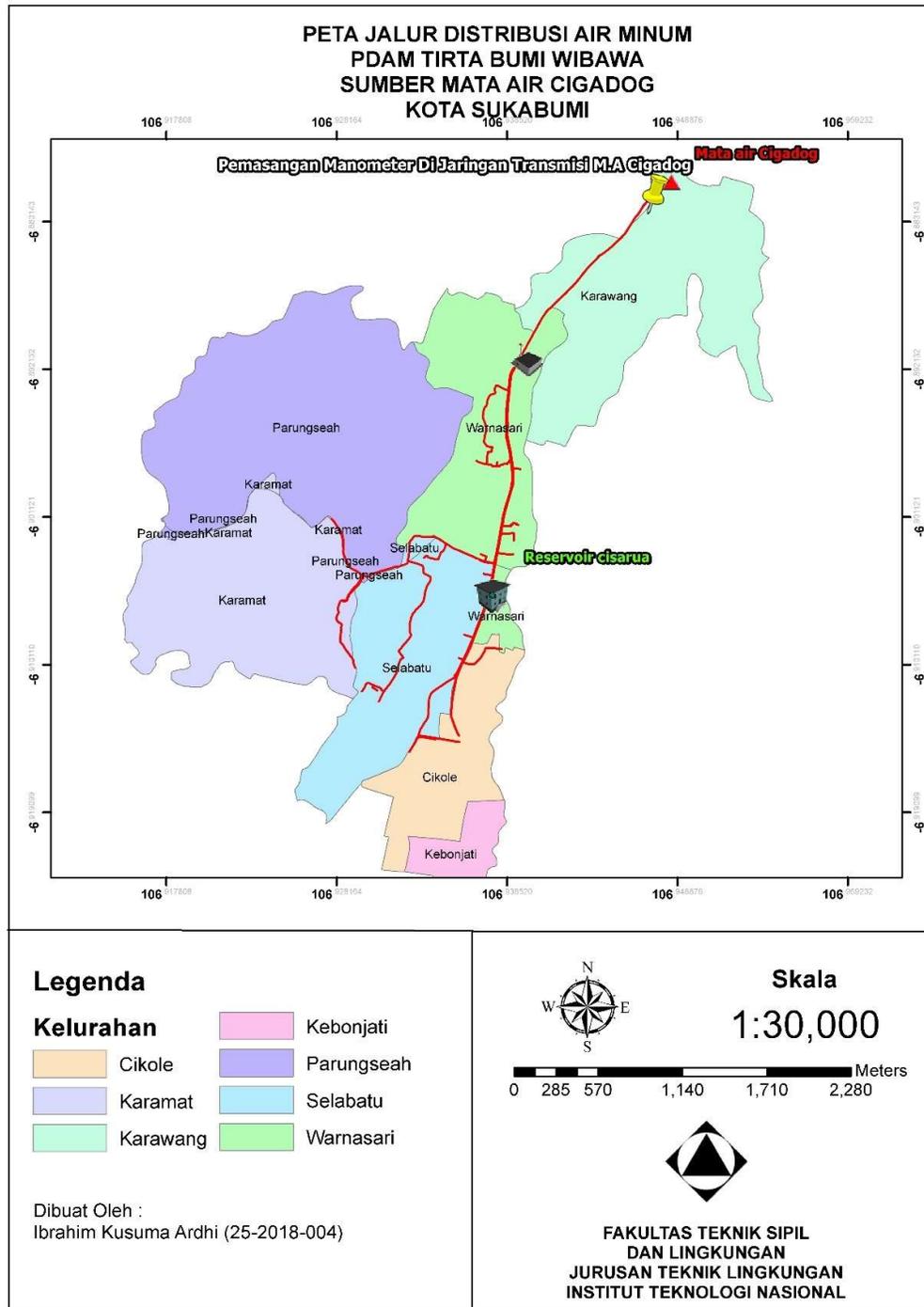
4.3 Analisis Jaringan Distribusi Sumber Mata Air Cigadog

Jaringan distribusi air minum untuk Kota Sukabumi dari Sumber Mata Air Cigadog menggunakan pola *branch sistem* dimana pola ini sangat cocok dengan

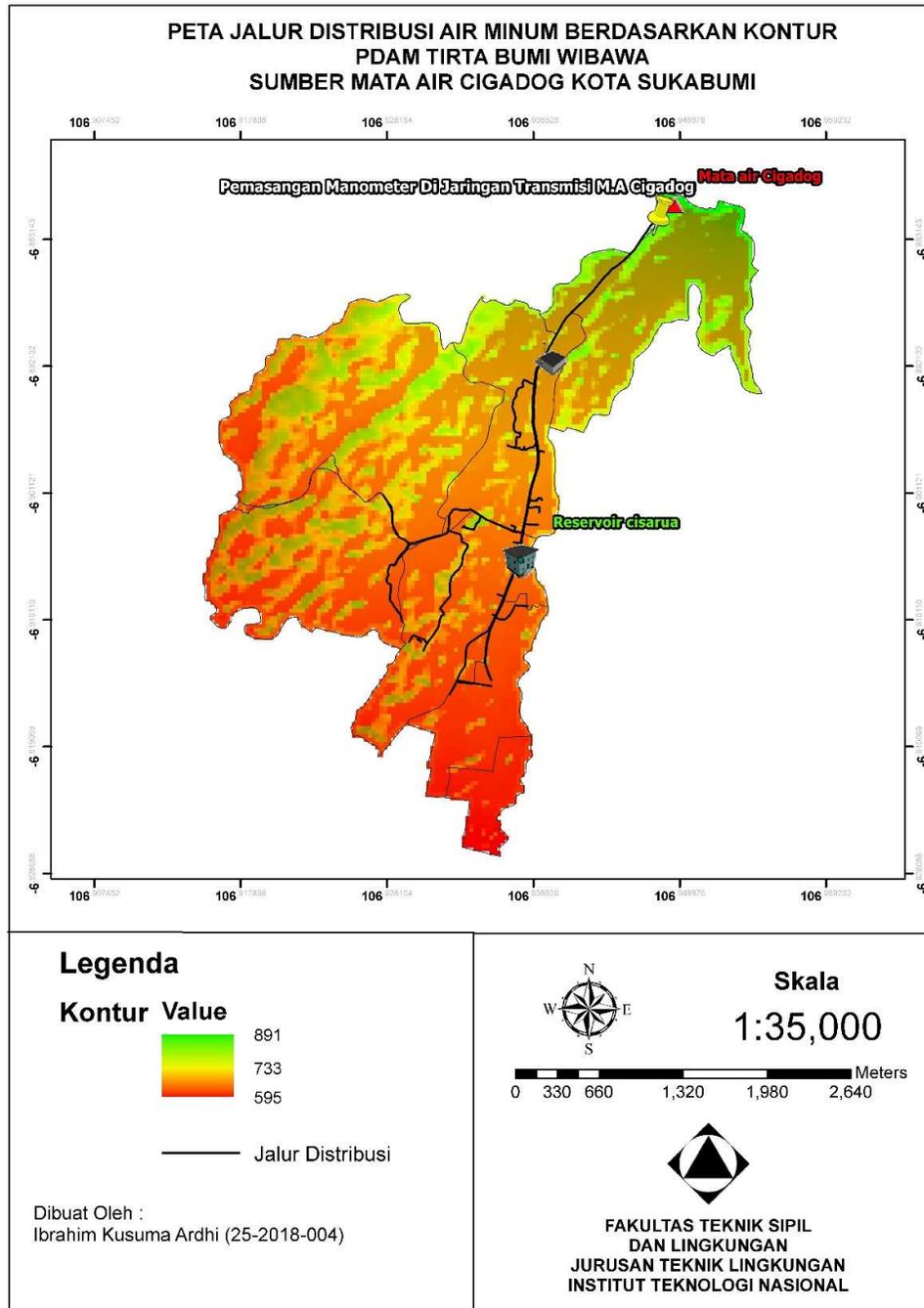
karakteristik jaringan distribusi ini karena air didistribusikan ke satu arah dan tidak menggunakan pompa karena konturnya yang menurun hingga di ujung daerah pelayanan. Ditinjau dari kondisi jaringan distribusi berdasarkan **Tabel 3.2**, usia jaringan dan jenis pipa mempengaruhi angka kehilangan air. Usia jaringan rata-rata jalur distribusi utama adalah 58 tahun yang relatif tua dan jenis pipa yang digunakan adalah jenis CIP (*cast iron pipe*) dan ACP (*asbestos cement pipe*) yang lemah terhadap benturan, mudah terlepasnya sambungan, dan untuk jenis CIP jenis pipa tersebut mudah mengalami korosi terhadap humus. Sudah seharusnya dilakukan pergantian infrastruktur jaringan karena usia jaringan yang sudah lama dan jenis pipa yang rentan terhadap kerusakan dan terlepasnya sambungan. Sedangkan untuk aspek non teknisnya NRW dapat disebabkan oleh kondisi meter yang kurang baik, pembacaan meter yang tidak akurat, dan terdapatnya *illegal connection*. Asumsi *illegal connection* per bulan yang diasumsikan oleh pihak PDAM Tirta Bumi Wibawa adalah sebagai berikut:

$$IC = 50 \text{ SR} \times 13 \text{ m}^3 = 650 \text{ m}^3/\text{bulan}$$

Ditinjau dari kondisi eksisting jaringan, dengan nilai NRW yang tinggi, seharusnya air dapat meluap ke permukaan, akan tetapi tidak ditemui di lapangan. ditinjau dari kualitas air di pelanggan, tidak ada yang melampaui baku mutu sehingga dapat diasumsikan bahwa tidak adanya *efek syphon* yang disebabkan oleh celah pada pipa yang menyebabkan air dari luar masuk kedalam jaringan. Maka dapat diasumsikan bahwa penyebab dari kehilangan air pada jaringan distribusi Sumber Mata Air Cigadog didominasi oleh faktor non-teknis.



Gambar 4. 2 Jalur Distribusi Air Minum Sumber Mata Air Cigadog
Sumber: Hasil Pemetaan, 2022



Gambar 4. 3 Peta Jaringan Distribusi Sumber Mata Air Cigadog Berdasarkan Kontur

Sumber: Hasil Pemetaan, 2022

BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil kerja praktik terhadap angka kebocoran air atau *non revenue water* (NRW) yang telah dilakukan selama 40 hari di PDAM Tirta Bumi, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai rata-rata NRW pada jaringan distribusi sumber Mata Air Cigadog sebesar 84% angka tersebut jauh diatas batas toleransi sebesar 20%
2. Total volume air yang terjual di Kota Sukabumi pada periode Januari 2021 – September 2021 adalah sebanyak 2.315.295 m³ dan air terjual pada sistem distribusi Sumber Mata Air Cigadog adalah 98.862 m³ dari 622.431 m³ yang didistribusikan. Maka kehilangan air pada sumber mata air Cigadog terhadap total produksi air Kota Sukabumi adalah 4,27 %.
3. Kualitas air minum yang didistribusikan dari Sumber Mata Air Cigadog tidak ada yang melebihi baku mutu Permenkes No. 492 Tahun 2010 dan untuk pengukuran Cl₂ yang memiliki nilai 0 adalah untuk mempertimbangkan penyempurnaan pendosisan klor pada sumber
4. Berdasarkan aspek teknis yang dapat menyebabkan tingginya angka NRW pada jaringan distribusi Sumber Mata Air Cigadog adalah umur jaringan yang sudah tua dan tidak ada pergantian, kemudian jenis pipa yang digunakan (CIP dan ACP) yang lemah terhadap tekanan tinggi, mudah terlepasnya sambungan, dan untuk jenis CIP, jenis pipa tersebut mudah mengalami korosi. Sudah seharusnya dilakukan pergantian infrastruktur jaringan karena usia jaringan yang sudah lama dan jenis pipa yang rentan terhadap kerusakan dan terlepasnya sambungan. Sedangkan untuk aspek non-teknis yang dapat menyebabkan tingginya nilai NRW adalah pembacaan meter yang tidak teliti serta kondisi *water* meter yang kurang baik.

5.2 Saran

Tingginya nilai NRW pada jaringan distribusi Sumber Mata Air Cigadog yaitu senilai 84%, nilai berikut melampaui nilai baku mutu atau standar yang diperbolehkan yaitu sebesar 20%. Solusi yang dapat dilakukan untuk mengendalikan nilai NRW tersebut ada beberapa saran sebagai berikut:

1. Mendeteksi kebocoran dengan alat akustik berupa *noise logger* karena alat tersebut akurat untuk mendeteksi frekuensi yang disebabkan oleh kebocoran pipa. Metode ini juga cocok untuk mendeteksi kebocoran di wilayah kerja praktik dikarenakan pihak PDAM Tirta Bumi Wibawa belum mengetahui letak kebocoran pada jaringan distribusi dikarenakan pipa yang terletak didalam tanah dan kurangnya fasilitas yang tersedia.
2. Pembentukan DMA yang bertujuan untuk mendeteksi kebocoran dengan melakukan pengukuran aliran dan tekanan dengan membagi jaringan kedalam beberapa zona hidrolis berdasarkan wilayah dan memasang alat untuk mengukur debit pada tiap distrik yang dinilai dapat menimbulkan kebocoran
3. Mengganti sebagian infrastruktur (rehabilitasi sebagian) dikarenakan umur jaringan distribusi utama (JDU) Sumber Mata Air Cigadog sudah berumur sejak tahun 1926. Meskipun material JDU didominasi oleh jenis CIP yang dapat berumur 100 tahun, akan tetapi usia JDU Sumber Mata Air Cigadog lebih baik segera diganti dikarenakan usia jaringan hampir menyentuh usia 100 tahun (96 tahun). Dan jika memungkinkan pergantian pipa harus segera dilakukan apabila usia pipa sudah melampaui 30 tahun.
4. Diperlukan pengukuran tekanan karena jenis pipa yang digunakan rentan terhadap tekanan tinggi dan diperlukan pengendalian tekanan dengan upaya pemasangan PRV pada bagian rawan untuk mencegah *water hammer*

DAFTAR PUSTAKA

- Al Layla ,M. Anis dan Ahmad, Shamin, 1980. Water Supply Engineering Design. Ann Arbor Science. United States of America.
- Badan Pendukung Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum (BPPSPAM). 2013. "Pedoman Penurunan Non Revenue Water (NRW) atau Air Tak Berekening (ATR)". Jakarta: Badan Pendukung Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum
- Chandra B, 2012. Pengantar Kesehatan Lingkungan. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Ditektorat Jendral Ciptakarya. 1990. Pedoman Teknis Penyediaan Air Bersih IKK Pedesaan, Jakarta: Direktorat Jenderal Cipta Karya Departemen PU
- Joko, Tri. Unit Air Baku Dalam Sistem Penyediaan Air Minum. Yogyakarta: Graha Ilmu. 2010
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2018. "Modul Air Tak Berekening". Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum Republik Indonesia.
- Keputusan Gubernur Jawa Barat No. 536/Kep.1025-AdmRek/2013 Tentang Penunjukan PT. Tirta Gemah Ripah untuk Melaksanakan SPAM Regional Perkotaan Wilayah Bandung Raya Bagian Selatan.
- Maulidhyanti. 2017. "Perencanaan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum Pipa Induk Distribusi Kota Tangerang Sampai Tahun 2035". Jakarta: Fakultas Arsitektur Lanskap dan Teknologi Lingkungan Universitas Trisakti.
- Peavy, Howard S et.al. 1985. Environmental Engineering. Singapore: McGraw-Hill.
- PDAM Tirta Bumi Wibawa. 2018. Profile Company PDAM Tirta Bumi Wibawa Kota Sukabumi. Sukabumi: PDAM Tirta Bumi Wibawa Kota Sukabumi
- PDAM Tirta Bumi Wibawa. 2020. Rencana Pengamanan Air Minum (RPAM) Perusahaan Umum Daerah Air Minum Tirta Bumi Wibawa Kota Sukabumi Tahun 2021 – 2025,Sukabumi: PDAM Tirta Bumi Wibawa

PDAM Tirta Bumi Wibawa. 2014. Rencana Induk Sistem Penyediaan Air Minum (RISPAM). Sukabumi: PDAM Tirta Bumi Wibawa

Peraturan Pemerintah Nomor 122 Tahun 2015 tentang Sistem Penyediaan Air Minum

Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 492/ MENKES/ PER/ IV/ 2010 Tentang Peryaratan Kualitas Air Minum.

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Pekerjaan Rakyat No. 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan SPAM

Sutrisno dan Suciastuti. 2002. Teknologi Penyediaan Air Bersih. Jakarta: Rineka Cipta

Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia (BPSDM). 2018. “Modul 10 Sistem Jaringan Pipa Transmisi dan Distribusi”,

https://bpsdm.pu.go.id/center/pelatihan/uploads/edok/2018/11/c931c_10. Sistem Jaringan_y.pdf, diakses 7 Januari Pukul 20.34

LAMPIRAN

DOKUMENTASI KEGIATAN





PETA

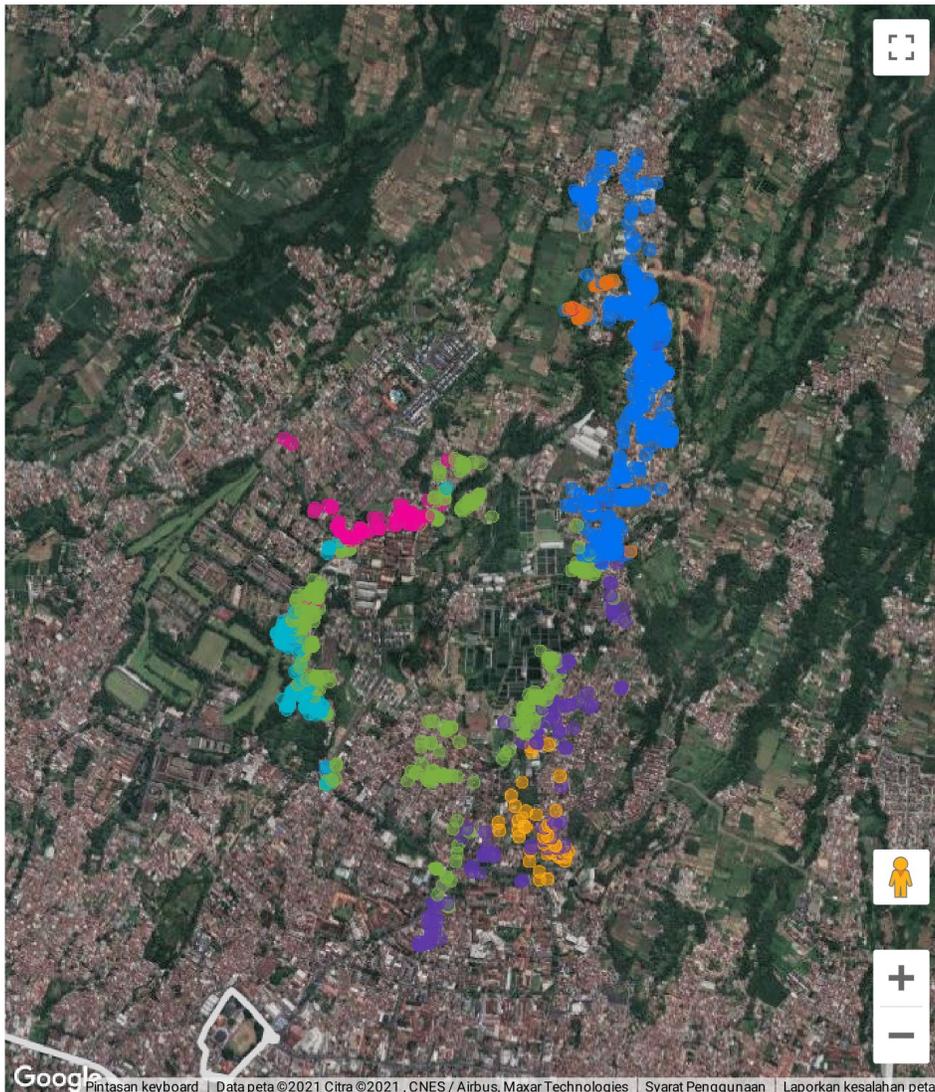
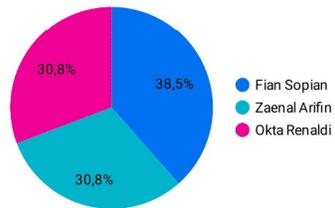
JUMLAH PELANGGAN AKTIF SUMBER MATA AIR CIGADOG
PERUMDA TIRTA BUMI WIBAWA KOTA SUKABUMI

Jumlah Pelanggan Aktif
1.033

JUMLAH PELANGGAN PER DESA / KELURAHAN

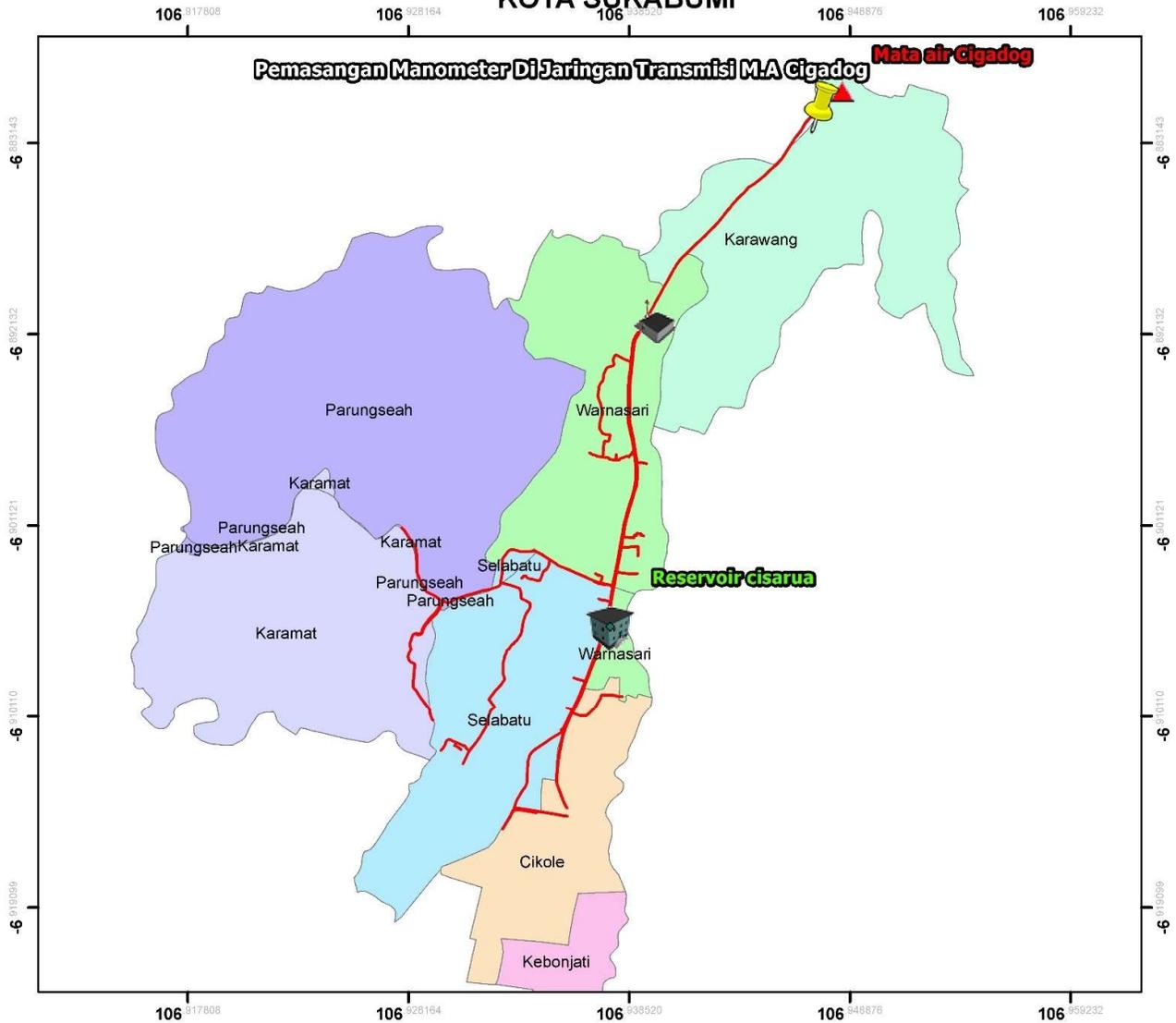


PETUGAS BACA

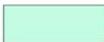
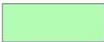


kelurahan ● Cikole ● Selabatu ● Kebonjati ● Karamat ● Warnasari ● ParungSeah ● Sudajaya Girang

**PETA JALUR DISTRIBUSI AIR MINUM
PDAM TIRTA BUMI WIBAWA
SUMBER MATA AIR CIGADOG
KOTA SUKABUMI**



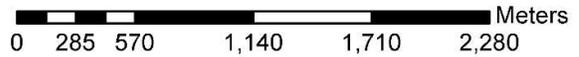
Legenda

Kelurahan	 Kebonjati
 Cikole	 Parungseah
 Karamat	 Selabatu
 Karawang	 Warnasari

Dibuat Oleh :
Ibrahim Kusuma Ardhi (25-2018-004)

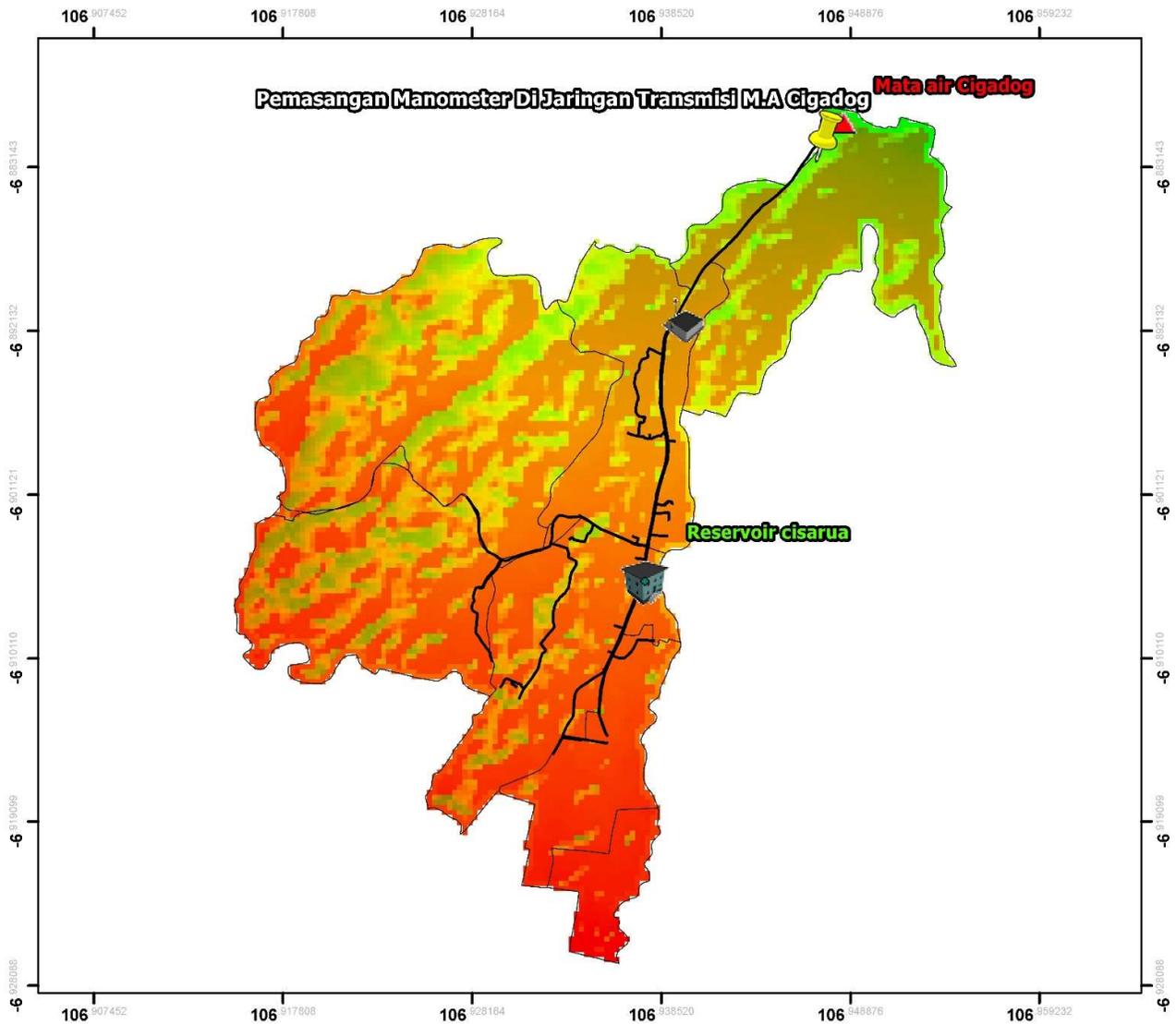


Skala
1:30,000



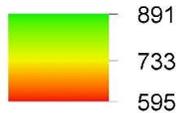
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL**

**PETA JALUR DISTRIBUSI AIR MINUM BERDASARKAN KONTUR
PDAM TIRTA BUMI WIBAWA
SUMBER MATA AIR CIGADOG KOTA SUKABUMI**



Legenda

Kontur Value

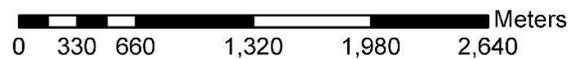


— Jalur Distribusi

Dibuat Oleh :
Ibrahim Kusuma Ardhi (25-2018-004)



Skala
1:35,000



**FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL**