

**ANALISIS PENERAPAN METODE KAPORITISASI
SEDERHANA TERHADAP KUALITAS
BAKTERIOLOGIS AIR PMA**



**Tesis
untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-2**

Magister Kesehatan Lingkungan

**MIFTAHUR ROHIM
E 4B 004077**

**PROGRAM PASCA SARJANA
MAGISTER KESEHATAN LINGKUNGAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG
2006**

PENGESAHAN TESIS

Yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan bahwa Tesis berjudul :

**ANALISIS PENERAPAN METODE KAPORITISASI SEDERHANA
TERHADAP KUALITAS BAKTERIOLOGIS AIR PMA
(Studi Eskperimental di Wilayah Boawae Flores NTT)**

Dipersiapkan dan disusun oleh :

Nama : Miftahur Rohim

NIM : E4B004077

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji pada tanggal : 11 Oktober 2006
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima.

Pembimbing I,

Nurjazuli, SKM, M.Kes
NIP. 132 139 521

Penguji I,

Ir. Laila Faizah, M.Kes
NIP. 130 892 625

Pembimbing II,

Ir. Tri Joko, M.Si
NIP. 132 087 434

Penguji II,

Soedjono, SKM, M.Kes
NIP. 140 090 033

Semarang, 12 Oktober 2006.
Universitas Diponegoro
Program Studi Magister Kesehatan Lingkungan
Ketua Program Studi,

dr. Onny Setiani, Ph.D
NIP. 131 958 807

Halaman Pernyataan

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tesis ini adalah hasil karya tulisan saya sendiri dan secara akademis belum pernah diajukan untuk pemenuhan persyaratan untuk menyusun tesis dari Universitas Diponegoro maupun Perguruan Tinggi lainnya.

Semua sumber data dan informasi yang telah dikutip dan dimuat dalam Tesis ini, berasal dari karya orang lain baik yang dipublikasikan maupun tidak, penulis telah memberikan penghargaan dengan mencantumkan kutipan nama dan sumber penulis secara benar yang disebutkan dalam Daftar Pustaka.

Selanjutnya apabila dalam Tesis saya ini nantinya secara syah dan meyakinkan telah ditemukan adanya tindakan duplikasi, menjiplak (plagiat) dari Tesis orang lain atau Institusi lain, maka saya bersedia menerima sanksi berupa pembatalan kelulusan saya atau bersedia melepaskan gelar Magister Kesehatan dengan penuh tanggung jawab.

Semarang, 9 Oktober 2006.

Penulis

Miftahur Rohim
E 4B 004077

Halaman Persembahan

Karunia Ilahi Robbi...!

*Sebuah karya dari usaha telah meraih cita
Mengiringi sebuah kebahagiaan yang tak ternilai
Segenap perjuangan telah dilewatkan melawan waktu
Harapan dan tujuan yang tertunda kini jadi genggam
Menuju sukses dan kebahagiaan.*

Dengan rasa tulus hati suatu karya telah disusun.....

*Dan dengan sepenuh hati akan dipersembahkan
Untuk orang-orang yang selalu dihati
Sebuah karya terindah ini menjadi hadiah istimewa bagi
Ayahandaiku Abdul Manan H. Amir dan Ibundaiku Siti Alfiah Akfirwan
Serta buat audara-saudariiku tercinta di rumah*

Ucapan limpah terima kasih disampaikan kepada :

*Yang terhormat Ibu dr. Onny Setiani, Ph.D selaku Ketua Program
Bapak Nurjazuli, SKM, M.Kes, selaku Pembimbing Utama
Bapak Ir. Tri Joko, M.Si, selaku pembimbing Kedua
Bapak Drs. Piter Josep Nua Wea, selaku Bupati Ngada
Bapak dr. Valens Sili Tupen, selaku Kepala Dinas Kesehatan Ngada
Bapak Gabriel Rotok Lewar Sekeluarga di Bajawa
Dan Bapak/ Ibu dosen Magister Kesehatan Lingkungan
Serta teman-temaniku seperjuangan, yang tiada henti memberikan spiritnya
Terima kasih atas perhatian, doa dan semangatnya*

Doaku

Semoga kita senantiasa dalam bimbingan ALLAH SWT..Amiin

Halaman Motto

**“Berusahalah Untuk Selalu Menjadi Yang Terbaik, Namun
Jangan Pernah Berpikir Bahwa Dirimu Telah Menjadi
Yang Terbaik ”**

(Benyamin Franklin)

**“Kita tidak akan dapat menanggulangi AIDS, TBC,
malaria atau penyakit infeksi lainnya yang menjangkiti
penduduk dunia sampai kita dapat memenangkan
pertarungan mengatasi kekurangan akses terhadap air
minum, sanitasi, dan penanganan kesehatan dasar”**

(Kofi Annan – Sekjen PBB, 2004)

**“Selamatkan Lingkungan Hayati dari Tindakan
Pencemaran, Pengrusakan, Pemborosan serta Aktifitas
dan Kelola yang salah pada Sumber Daya Alam”**

(Mifta.R, 2006)

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

I. Data Identitas

N a m a : MIFTAHUR ROHIM,ST
Tempat/tanggal lahir : Gresik, 12 Maret 1969
Pekerjaan : Pegawai Negeri Sipil
Instansi : Pemerintah Kabupaten Ngada
Unit Kerja : Dinas Kesehatan Kabupaten Ngada
Alamat Kantor : Jl. Gajah Mada No.2 Bajawa Flores NTT 86462.
Alamat Rumah : Jl. Eltari No.1 Gg. Widuri Kel.Trikora Bajawa NTT.
Tlp. 2223117 atau HP.081339451999.

II. Riwayat Pendidikan

TK : TK Negeri Masangan Bungah tahun Lulus 1977.
SD : SDN Masangan Bungah Tahun Lulus 1983.
SMP : SMPN 1 Sedayu Tahun Lulus 1986.
SMA : SMAN 1 Gresik Tahun Lulus 1989.
Diploma/D.1 : SPPH Surabaya Tahun Lulus 1990.
Diploma/D.3 : AKL Depkes Purwokerto Tahun Lulus 1998.
Sarjana/S1 : S1Teknik Lingk. ITPS Surabaya Tahun Lulus 2000.
Pascasarjana/S2 : S2 Magister Kesehatan Lingkungan UNDIP 2006.

III. Riwayat Pekerjaan dan Jabatan

- Tahun 1990 s/d tahun 1991, tenaga honor di KKP Surabaya.
- Tahun 1992 diangkat sebagai CPNS Depkes RI pada Dinkes Prop.NTT.
- Tahun 1993 s/d 1997 sebagai PNS bertugas pada Puskesmas Boawae.
- Tahun 1998 hingga tahun 2004 menjadi staf Dinas Kesehatan Kab.Ngada.

IV. Jenis Diklat fungsional yang telah diikuti

- Latihan Jabatan selama 20 hari, Tahun 1993, di Bapelkes Kupang.
- Latihan Pengawasan Kualitas Air selama 15 hari, Tahun 1993, di Kupang.
- Latihan Cold Chain, selama 7 hari, Tahun 1994, di Bajawa.
- Latihan Koordinator PIN, selama 4 hari, Tahun 1995, di Kupang.
- Konsultasi & Filosofi Proyek, selama 3 hari, tahun 1995 di Bajawa.
- Latihan Hygiene & Sanitasi Edukasi selama 7 hari, tahun 1995 di Kupang.
- Latihan Pengawasan Kulit Air II selama 3 hari, tahun 1995 di Kupang.
- Studi Kelola Air Bersih Pedesaan, selama 5 hari, tahun 1995 di Oesau.
- Gender of Training by Aus-AID, selama 6 hari, tahun 1996 di Bajawa.
- Latihan Lab.Paket A&C selama 6 hari, tahun 2001 di Kupang.
- Latihan Pengawasan Pestisida selama 6 hari, tahun 2002 di Kupang.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, atas segala perkenan dan ijin Alloh SWT yang telah melimpahkan Rahmat, Hidayah dan Kasih sayang-Nya kepada penulis, sehingga penulisan Tesis ini bisa diselesaikan. Tesis ini mengambil judul “*Analisis Penerapan Metode Kaportisasi Sederhana Terhadap Kualitas Bakteriologis Air PMA*”.

Dalam proses penulisan Tesis ini penulis banyak mendapat bantuan serta dukungan dari berbagai pihak, untuk itu perkenankan penulis menghaturkan ucapan limpah terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Ir. Eko Budihardjo, M.Sc., selaku Guru Besar Universitas Diponegoro Semarang.
2. Bapak Prof. Dr. dr. Suharyo Hadisaputro Sp.PD-KTI, selaku Direktur Pasca Sarjana Universitas Diponegoro Semarang.
3. Ibu dr. Onny Setiani, Ph.D., selaku Ketua Program Studi Magister Kesehatan Lingkungan Universitas Diponegoro Semarang.
4. Bapak Nurjazuli, SKM, M.Kes., selaku Pembimbing Utama yang telah dengan sabar membantu proses penyelesaian Tesis ini.
5. Bapak Ir. Tri Joko, M.Si., selaku Pembimbing Kedua yang selalu memberikan waktu luangnya untuk membimbing saya dalam penyelesaian Tesis ini.
6. Ibu Ir. Laila Faizah, M.Kes., selaku Penguji Utama yang banyak memberi masukan teori-teori dalam proses kimia dalam Tesis ini.
7. Bapak Sudjono, SKM, M.Kes., selaku Penguji Kedua yang telah memberi masukan-masukan positif kaitannya dengan program kesehatan di bidang penyehatan air dalam Tesis ini.
8. Seluruh Dosen Magister Kesehatan Lingkungan Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro Semarang yang telah memberikan dasar-dasar ilmu kesehatan lingkungan lebih luas bagi penulis.
9. Bapak Drs. Pit Jos Nua Wea, selaku Bupati Ngada yang telah mengizinkan penulis untuk melakukan penelitian di wilayah Kabupaten Ngada.

10. Bapak dr. Valens Sili Tupen, MKM., selaku Kepala Dinas Kesehatan Kab. Ngada yang telah membantu mengizinkan staf dan pegawai dinas untuk menjadi Tim penelitian yang dilakukan penulis di Boawae.
11. Bapak Gabriel Rotok Lewar, Kak Elis, Ade Jenn dan Ade Nich beserta keluarga tercinta di Bajawa, yang dengan tulus ihlas memberi dukungan, baik semangat maupun fasilitas kepada penulis selama menjalankan penelitian.
12. dr. Katharina Alfa Engli beserta staf di Puskesmas Boawae, yang telah banyak membantu penulis dalam melakukan penelitian di lapangan.
13. Teman-teman se-angkatan dan sekerja, yang telah memberi masukan dan kritikan serta doa restunya pada Tesis ini.
14. Teristimewa buat Ayahanda Abdul Manan H. Amir dan Ibunda Alfiah Akhwan dan saudara-saudariku tercinta semua di Gresik, atas segala harapan dan doa restunya pada penyelesaian Tesis ini.
15. Semua pihak yang terkait dalam memberikan dukungan penulis untuk menyelesaikan pendidikan di Magister Kesehatan Lingkungan Universitas Diponegoro Semarang.

Sekali lagi penulis haturkan limpah terima kasih, semoga ALLAH SWT senantiasa membalas atas segala bantuan, dukungan dan doa restunya kepada saya dalam menyelesaikan studi di Kota Semarang.

Harapan penulis semoga dengan segala daya upaya untuk meraih titik kesempurnaan dalam Tesis ini bisa memperoleh perhatian yang mendalam sebagai masukan dalam kegiatan penyehatan air. Kegiatan penelitian dan kajian lebih lanjut senantiasa diperlukan untuk sesuatu yang lebih berkualitas, inovatif, korektif dan aplikatif. Semoga Tesis ini bisa bermanfaat dan memberikan inspirasi bagi penelitian lebih lanjut untuk pengembangan ilmu dalam upaya meningkatkan kualitas air yang lebih aman dan sehat.

Penulis,

Miftahur Rohim
E 4B 004077

DAFTAR ISI

	Hal.
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR BUKTI PENGESAHAN TESIS.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iii
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	iv
HALAMAN MOTTO.....	v
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	vi
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR BAGAN/SKEMA.....	xviii
DAFTAR GRAFIK.....	xix
DAFTAR REAKSI KIMIA.....	xx
DAFTAR RUMUS KIMIA.....	xxi
DAFTAR ISTILAH HIDROLOGI & KONSTRUKSI PMA.....	xxii
DAFTAR SINGKATAN.....	xxiii
DAFTAR SATUAN PENGUKURAN.....	xxv
DAFTAR LAMBANG / SIMBOL.....	xxvi
DAFTAR ISTILAH BIOLOGI.....	xxvii
DAFTAR ISTILAH KIMIA.....	xxviii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxix

ABSTRAK.....	xxx
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Perumusan Masalah.....	8
C. Tujuan Penelitian.....	10
D. Ruang Lingkup Penelitian.....	11
E. Manfaat Penelitian	11
F. Originalitas Penelitian.....	14
G. Justifikasi Penelitian.....	15
BAB II. LANDASAN TEORI.....	16
A. Tinjauan Pustaka.....	16
1. Keberadaan Air di Alam.....	16
2. Pemanfaatan Air Bersih.....	17
3. Perlindungan Mata Air sebagai Sarana Penyediaan Air Bersih	17
4. Syarat-syarat Air Minum.....	23
5. Kualitas Bakteriologis Air.....	25
6. Desinfeksi terhadap Air Bersih.....	30
7. Chlorinasi di dalam Air.....	32
8. Hubungan Chlorinasi dengan Mikroorganisme.....	37
9. Penerapan Metode Kaporitisasi.....	40
10. Teknis dan Metode Penerapan Kaporitisasi Sederhana.....	49
B. Hasil Penelitian yang Relevan.....	64

C. Kerangka Teori dan Berpikir.....	69
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN.....	72
A. Kerangka Konsep & Hipotesis.....	72
B. Jenis dan Rancangan Penelitian.....	75
C. Subyek Penelitian.....	76
D. Variabel Penelitian.....	78
E. Sumber Data Penelitian.....	84
F. Alat dan Instrumen Penelitian.....	85
G. Prosedur Pengumpulan Data.....	86
H. Teknik Pengolahan Data.....	91
I. Teknik Penyajian Data.....	92
J. Teknik Analisis Data.....	92
K. Organisasi Penelitian.....	94
L. Tempat dan Jadwal Penelitian.....	95
BAB IV. HASIL PENELITIAN.....	97
A. Gambaran Umum Wilayah Penelitian.....	97
B. Subyek Penelitian.....	99
1. Populasi dan Obyek Penelitian.....	99
2. Sampel dan Titik pengambilan.....	99
C. Hasil Pengamatan dan Pemeriksaan Kualitas Air.....	100
1. Uji Daya Penyerap Chlor.....	100
2. Kebutuhan bahan pada alat perlakuan.....	101
3. Kualitas air baku PMA sebelum perlakuan.....	104

4. Kualitas air reservoir sebelum perlakuan.....	105
5. Kualitas air jaringan sebelum perlakuan.....	105
6. Kualitas air reservoir sesudah perlakuan.....	105
7. Kualitas air jaringan sesudah perlakuan.....	108
8. Perbandingan nilai rerata hasil pemeriksaan.....	109
9. Kecenderungan nilai parameter air setelah perlakuan.....	111
F. Analisis Hasil Penelitian.....	112
1. Analisis Deskriptif.....	112
2. Analisis Inferensial Non Parametrik	117
a. Uji beda 2 sampel independent (Mann-Whitney).....	117
b. Uji beda beberapa sampel independent (Kruskal-Wallis)...	121
c. Uji beda 2 sampel berkaitan (Wilcoxon).....	122
d. Uji beda beberapa sampel berkaitan (Cochran).....	126
BAB V. PEMBAHASAN.....	130
A. Kondisi Air PMA di Wilayah Boawae.....	130
B. Analisis Penerapan Metode Chlorinasi.....	132
C. Analisis Kualitas air sebelum dan sesudah perlakuan.....	139
D. Analisis Keandalan Alat Perlakuan.....	147
1. Konstruksi Tabung.....	148
2. Jumlah bahan yang digunakan.....	149
3. Aspek Biaya.....	149
4. Tingkat kesulitan dalam penerapan.....	150
5. Efektifitas Kualitas hasil yang dicapai.....	151

a). Kecenderungan sisa chlor.....	152
b). Kecenderungan Total Coliform	153
c). Kecenderungan <i>E.Coli</i>	153
E. Keterbatasan dan Kekurangan Penelitian.....	156
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN	159
A. Kesimpulan.....	159
B. Saran.....	160
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN-LAMPIRAN	
DOKUMEN-DOKUMEN	

DAFTAR TABEL

3.1	Jenis Variabel dan Skala Pengukuran.....	83
3.2	Langkah pengendalian Variabel Penelitian.....	84
3.3	Uraian Jadwal Kegiatan Penelitian.....	96
4.1	Prosen Cakupan SAB Boawae.....	98
4.2	Kualitas air baku PMA”Mata Dhuge”.....	104
4.3	Kualitas air reservoir sesudah perlakuan Tab.Tunggal.....	106
4.4	Kualitas air reservoir sesudah perlakuan Tab.Berlapis.....	107
4.5	Kualitas air reservoir sesudah perlakuan Tab.Tetes.....	108
4.6	Data rerata parameter fisika-kimia air baku.....	109
4.7	Data rerata parameter fisika-kimia sebelum dan sesudah...	110
4.8	Data rerata parameter bakteriologis sebelum dan sesudah	110
4.9	Sisa Chlor sesudah perlakuan Tab.Tunggal.....	113
4.10	Sisa Chlor sesudah perlakuan Tab.Berlapis.....	113
4.11	Sisa Chlor sesudah perlakuan Tab.Tetes.....	113
4.12	Total Coliform sesudah perlakuan Tab.Tunggal.....	114
4.13	Total Coliform sesudah perlakuan Tab.Berlapis.....	114
4.14	Total Coliform sesudah perlakuan Tab.Tetes.....	115
4.15	<i>E.Coli</i> sesudah perlakuan Tab.Tunggal.....	115
4.16	<i>E.Coli</i> sesudah perlakuan Tab.Berlapis.....	116
4.17	<i>E.Coli</i> sesudah perlakuan Tab.Tetes.....	116
4.18	Uji Mann-Whitney Tab.Tunggal & Tab.Berlapis.....	118

No. Tabel	Judul Tabel	Hal.
4.19	Uji Mann-Whitney Tab.Tunggal & Tab.Tetes.....	118
4.20	Uji Mann-Whitney Tab.Berlapis & Tab.Tetes.....	119
4.21	Uji Kruskal-Wallis antara Ketiga alat perlakuan.....	122
4.22	Uji Wilcoxon sesudah perlakuan Tab.Tunggal.....	123
4.23	Uji Wilcoxon sesudah perlakuan Tab.Berlapis.....	124
4.24	Uji Wilcoxon sesudah perlakuan Tab.Tetes.....	124
4.25	Uji Cochran 3 alat perlakuan pada sisa Chlor.....	127
4.26	Uji Cochran 3 alat perlakuan pada Total Coliform.....	127
4.27	Uji Cochran 3 alat perlakuan pada <i>E.Coli</i>	128
4.28	Prosen Keandalan masing-masing alat perlakuan.....	128
4.29	Klasifikasi keandalan alat perlakuan.....	129

DAFTAR GAMBAR

No. Gambar	Judul Gambar	Hal.
2.1	Siklus Hidrologi Air.....	17
2.2	Mata Air Rembesan.....	19
2.3	Mata Air Umbul.....	20
2.5	Reaksi dan Break Point Chlorination dalam air.....	39
2.6	Struktur Sel Bakteri dan Target Pemusnahan.....	41
2.7	Tipe Tabung Saringan Tunggal.....	46
2.8	Tipe Tabung Saringan Berlapis.....	47
2.9	Tipe Tabung Tetes.....	48
2.10	Kajian Hidrolis Tabung Saringan.....	49
2.11	Kajian Hidrolis Tabung Tetes.....	50

DAFTAR BAGAN / SKEMA

No. Skema	Judul Bagan / Skema	Hal.
2.4	Skema Pemeriksaan Bakteriologis Air.....	31
2.12	Skema Kerangka Teori.....	71
3.1	Skema Kerangka Konsep penelitian.....	72
3.2	Skema Rancangan Penelitian.....	77

DAFTAR GRAFIK

No.Grafik	Judul Grafik	Hal.
4.1.1	Grafik Kadar Chlor sesudah perlakuan.....	111
4.1.2	Grafik Total Coliform sesudah perlakuan.....	111
4.1.3	Grafik <i>E. Coli</i> sesudah perlakuan.....	112

DAFTAR REAKSI KIMIA DAN RUMUS

No. Daftar	Jenis Reaksi/ Rumus	Hal.
2.1	Reaksi penguraian chlor dalam air.....	38
2.2	Reaksi penguraian kaporit dalam air.....	38
2.3	Reaksi penguraian hipochlorida dalam air.....	38
2.4	Reaksi reduksi kaporit dalam air.....	38
2.5	Reaksi penguraian monochloramin dalam air.....	38
2.6	Reaksi penguraian dichloramin dalam air.....	38
2.7	Reaksi penguraian trichloramin dalam air.....	38
2.8	Rumus faktor perlambatan saringan tabung tunggal.....	54
2.9	Rumus faktor perlambatan saringan tabung berlapis.....	60
2.10	Rumus pengaturan tetesan tabung tetes.....	65
3.1	Rumus baku replikasi sampel.....	78
3.2	Rumus perhitungan nilai replikasi sampel.....	79

DAFTAR RUMUS SENYAWA KIMIA

No.	Rumus	Arti
1	C	Carbon
2	Ca	Calcium
3	Cl	Chlor
4	F	Flour
5	Fe	Ferrum
6	H	Hidrogen
7	H ₂ O	Aquades
8	K	Kalium
9	Mn	Mangan
10	Mg	Magnesium
11	N	Nitrogen
12	O ₂	Oksigen
13	O ₃	Ozon
14	NH ₂ Cl	Senyawa monochloramin
15	NHCl ₂	Senyawa dichloramin
16	NH ₃	Senyawa amoniak
17	Ca(OCl) ₂	Senyawa calcium hypochlorit
18	Na(OCl) ₂	Senyawa natrium hypochlorit
19	P	Phospor
20	S	Sulfur

DAFTAR ISTILAH HIDROLOGI DAN KONSTRUKSI

No.	Istilah	Arti
1	Aquifer	Lapisan batuan kedap air dalam tanah
2	Broncaptering	Bangunan penangkap mata air
3	Evaporasi	Proses penguapan air
4	Filtrasi	Proses resapan air ke dalam tanah
5	Interflow	Proses resapan air ke permukaan
6	Manhole	Lubang kontrol pada bak penampung air
7	Overflow	Saluran pipa peluap pada bak penampung air
8	Presipitasi	Proses pencairan uap air atau hujan
9	Reservoir	Bangunan penampung air
10	Run Off	Aliran luapan air pada permukaan tanah
11	Siklus hidrologi	Siklus perjalanan air secara alami
12	Watermuur	Penyambung pipa/selang, ukuran berbeda
13	Waterfill	Saringan/membran berukuran (0,1-1) μm

DAFTAR SINGKATAN

No.	Singkatan	Arti
1	ABT	Air Bawah Tanah
2	AMPL	Air Minum dan Penyehatan Lingkungan
3	AWWA	Americans Water Works Association
4	BGLB	Brilliant Green Lactosa Broth
5	BOD	Biological Oxygen Demand
6	COD	Chemical Oxygen Demand
7	CWQA	Canadian Water Quality Association
8	Dit.Jen	Direktorat Jendral
9	DO	Dissolved Oxygen
10	DPC	Daya Penyergap Chlor
11	EPA	Environment Protect Association
12	HU	Hidran Umum
13	ISO	International Standart Organization
14	JAGA	Jamban Keluarga
15	JICA	Japan International Cooperation Agency
16	Kimpraswil	Permukiman & Prasarana Wilayah
17	KR	Kran Rumah
18	KU	Kran Umum
19	Labkesling	Laboratorium Kesehatan Lingkungan
20	LB	Lactosa Broth
21	MDGs	Millenium Development Goals
22	MF	Membran Filter
23	MNLH	Menteri Negara Lingkungan Hidup

No.	Singkatan	Arti
24	MPN	Most Probability Number
44	MS	Memenuhi Syarat
25	MT	Multiple Tube
26	NAS	Note an Association
27	NTP	National Toxicology Program
28	NTT	Nusa Tenggara Timur
29	PAH	Penampungan Air Hujan
30	PDAM	Perusahaan Daerah Air Minum
31	Permenkes	Peraturan Menteri Kesehatan
32	PMA	Perlindungan Mata Air
43	PP	Perpipaan
33	PPM & PLP	Pemberantasan Penyakit Menular dan Penyehatan Lingkungan Pemukiman
34	PVC	Poly Vinyl Chlorida
35	SA	Sumur Artesis
36	SDM	Sumber Daya Manusia
37	SGL	Sumur Gali
38	SPAL	Saluran Pembuangan Air Limbah
39	SPT	Sumur Pompa Tangan
40	SR	Sambungan Rumah
41	TDS	Total Dissolved Solid
42	USA	United States of America
43	WHO	World Health Organisation

DAFTAR SATUAN PENGUKURAN

No.	Satuan	Arti
1	m	Meter
2	μ gr	Mikro gram
3	μ m	Mikro meter
4	kg	Kilogram
5	Kol / 100 ml sampel	Koloni per 100 mili liter air sampel
6	lt.	Liter
7	lt/det	Liter per detik
8	lt/org/hr	Liter per orang per hari
9	m/det	Meter per detik
10	m^2	Meter persegi
11	m^3	Meter Kubik
12	m^3 /hr	Meter kubik per hari
13	mg	Miligram
14	$mg.l^{-1}$	Miligram per liter
15	mm	Milimeter
16	mm^2	Milimeter persegi
17	ppm	Part per milion
18	Skala NTU	Nephelometric Turbidity Units
19	Skala TCU	True Colour Units
20	$^{\circ}C$	Derajat Celcius
21	$^{\circ}F$	Derajat Fahrenheit

DAFTAR LAMBANG/SIMBOL

No.	Simbol	Arti
1	%	Persen
2	"	Inchi
3	°	Derajat
4	a.c	Konsentrasi chlor aktif
5	Ø	Diameter
6	pH	Derajat keasaman

DAFTAR ISTILAH BIOLOGI

No.	Istilah	Arti
1	Capsule	Kulit pembungkus sel
2	Cytoplasm	Cairan dinding sel
3	Cytoplasmic membrane	Dinding sitoplasma
4	Cytoplasmic Granule	Butir-butir sitoplasma
5	Flagellum	Bulu-bulu getar, alat gerak butir sitoplasma
6	Granula	Tempat cadangan makanan sitoplasma
7	Nucleus	Inti sel
8	Ribosom	Partikel kecil dari protein dan RNA (Ribonucleic Acid), untuk sintesa protein.
9	Rigid membrane	Lapisan luar dinding sitoplasma
10	Vacuole	Ruang tempat cadangan makanan sitoplasma

DAFTAR ISTILAH KIMIA

No.	Istilah	Arti
1	Break point chlorination	Titik retak kestabilan kebutuhan chlor
2	Carbon aktif	Bahan arang yang permukaannya sudah diaktifkan
3	Chlor demand	Kebutuhan chlor segera dalam air minum
4	Chlorinasi	Proses desinfeksi dengan bahan chlor
5	Daya Sergap Chlor	Daya chlor sebagai desinfektan pada air minum
6	Desinfeksi	Pemusnahan kuman dan bakteri
7	Dosis chlor	Jumlah chlor yang dipakai dalam chlorinasi
8	Kaporitisasi	Desinfeksi dengan bahan kaporit
9	Konsentrasi chlor	Persen aktif bahan chlor per satuan liter
10	Sisa chlor Aktif	Sisa akhir chlorinasi sebagai angka aman

DAFTAR LAMPIRAN

No	Judul Lampiran	Jml. Lembar
1	Cara Pengukuran Sisa Chlor	1 Imbr.
2	Penentuan Daya Sergap Chlor	2 Imbr.
3	Tabel MPN Coli Metode 3 Seri Tabung Ganda	1 Imbr.
4	Tabel MPN Coli Metode 5 Tabung Ganda	1 Imbr.
5	Tabel MPN Coli Metode selektif	1 Imbr.

ABSTRAK

Miftahur Rohim

Analisis Penerapan Metode Kaporitisasi Sederhana Terhadap
Kualitas Bakteriologis Air PMA
(Studi Eksperimental di Wilayah Boawae Flores NTT)

xxxi + 161 halaman + 32 tabel + 10 gambar + 4 bagan + 3 grafik + 1 dokumen

Latar Belakang: Kualitas bakteriologis air adalah merupakan parameter yang disyaratkan dalam Permenkes 416 Th 1990 dan Kepmenkes 907 Th 2002. Kualitas bakteriologis air yang jelek akan menimbulkan dampak penularan penyakit melalui air. Fakta di lapangan, sebagian besar kualitas bakteriologis air di Indonesia masih jelek. Di daratan Flores, khususnya di Boawae sebagian besar memanfaatkan air dari PMA yang belum dilakukan pengolahan dengan baik. Hasil kegiatan monitoring kualitas air PMA Boawae menunjukkan kualitas bakteriologis yang jelek, kandungan MPN Coli sebesar 210 Kol/ 100 ml sampel. Salah satu alternatif untuk meningkatkan kualitas bakteriologis adalah dengan proses chlorinasi pada air PMA.

Tujuan: Menganalisis perbedaan kualitas fisika-kimia dan bakteriologis air PMA setelah dilakukan kaporitisasi dengan 3 metode (Tabung Tunggal, Tabung Berlapis dan Tabung Tetes)

Metode: Jenis penelitian Eksperimental dengan *one group and after intervention design*. Jumlah sampel 270 sampel : 30 sampel air baku, 120 sampel air sebelum perlakuan dan 120 sampel sesudah perlakuan. Sampel fisika-kimia dan sampel bakteriologis diperiksa sesuai dengan prosedur pemeriksaan laboratorium. Data dianalisis secara univariat, bivariat dan multivariat dengan uji Kruskal Wallis dan uji Cochran.

Hasil: Dari hasil perlakuan tabung tunggal, tabung berlapis dan tabung tetes menunjukkan ada perbedaan parameter yaitu: pH, TDS, Chlor, Fe, Mn, NO₂, NO₃, CaCO₃, total Coliform dan *E.Coli* pada α 5% dengan p value yang sama besar yaitu p=0,0001. Berdasar parameter Chlor, total Coliform dan *E.Coli* keandalan alat yang paling bagus adalah tabung berlapis (α = 5% ; df=2 ; p=0,0001).

Saran: Dinas Kesehatan Kab.Ngada lebih intensif dalam melakukan kegiatan monitoring kualitas air PMA, sehingga deteksi dini pencemaran dan faktor penyebab bisa dipantau cepat dan efektif.

Kata Kunci : Air Bersih, Chlorinasi dan Bakteriologis.

Kepustakaan : 77 (1982-2006)

ABSTRACT

Miftahur Rohim

Analysis of Implementation Simple Chlorination Method
to Bacteriological Quality of PMA Water
(Experimental Study in Boawae Flores NTT Region)

xxxi + 161 Pages + 32 Tables + 10 Figures + 4 Schemas + 3 Graphics + 1 Document

Background: Water bacteriological quality is a parameter required by Permenkes 416 year of 1990 and Kepmenkes 907 year of 2002. The water bacteriological quality is bad will be cause water borne disease. From fact in the field, most of water bacteriological quality in Indonesia is still bad. In Flores land area, especially in Boawae the most used water from PMA are not passed by the good tretment water. Result of water quality monitoring program in Boawae, indicating that the bacteriological quality is bad, where the MPN Coli Content is 210 Col/100 ml sample. One of the alternatives to improve bacteriological quality is by using chlorination process of the PMA water.

Objevtive: Analyze the quality difference between physic-chemist parameter and bacteriological parameter PMA water after has chlorinated treatment by using three methods (of Single Tube, Layered Tube and Molasses Tube).

Methods: The research is experimental sort with *one group and after intervention design*. Number of sample is 270: 30 samples of PMA water control, 120 samples before treatment and 120 samples after treatment. The physic-chemist sample and bacteriological sample has examine according to examination procedure in laboratory. Data was analyzed using method of univariate, bivariate and multivariate as Kruskal Wallis test and Cochran test.

Results: From the treatment of single tube, layered tube and molasses tube it is found that there are difference between parameters of pH, TDS, Chlor, Fe, Mn, NO₂, NO₃, CaCO₃, Coliform total and *E.Coli* with α 5% using the same similar p value that is $p=0,0001$. Based on parameter of Chlor, Coliform total and *E.Coli*, the better suitable device treatment is Layered Tube (α 5% & $df=2$; $p=0,0001$).

Suggestion: Health Office and Government in Ngada Regency should give priority to program monitoring of PMA water quality, therefore the early detection for contamination and caused factors can be monitored by quickly and effectively.

Key Words : Clean Water, Chlorination and Bacteriological

Bibliography : 77 (1982-2006)

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Air memegang peranan penting bagi kehidupan manusia, hewan, tumbuhan dan jasad-jasad lain. Air yang kita perlukan adalah air yang memenuhi persyaratan kesehatan baik persyaratan fisik, kimia, bakteriologis dan radioaktif.¹⁻²

Air yang tidak tercemar menurut Sunu (2001), didefinisikan sebagai air yang tidak mengandung bahan-bahan asing tertentu dalam jumlah melebihi batas yang ditetapkan sehingga air tersebut dapat dipergunakan secara normal. Air yang memenuhi syarat, diharapkan dampak negatif penularan penyakit melalui air bisa diturunkan.³

Pemenuhan kebutuhan air minum sendiri sangat tergantung pada faktor cakupan layanan air minum dan kondisi sanitasi pada masyarakat, baik pedesaan atau perkotaan. Standart kebutuhan air di Indonesia untuk masyarakat pedesaan adalah 60 lt/org/hr, sedang untuk masyarakat perkotaan 150 lt/org/hr. Sanitasi juga sangat berperan dalam proses pengelolaan, pendistribusian dan konsumsi air minum pada masyarakat.⁴

Dalam laporan Pembangunan Sumber Daya Manusia Tahun 2004, oleh Pemerintah Indonesia melalui Bappenas, BPS dan UNDP menyetengahkan beberapa fakta menarik terkait dengan air minum dan sanitasi. Disebutkan bahwa hingga saat ini di setiap Kabupaten/Kota di

masing-masing Propinsi, terdapat perbedaan yang cukup signifikan untuk menjadi perbandingan.⁵

Target pemenuhan Air Minum Indonesia pada tahun 2015 adalah 70% dan sanitasi sebesar 63,5%, sesuai dengan komitmen para Pemimpin Dunia di Johannesburg pada Summit 2002. Komitmen yang menghasilkan “Millenium Development Goals”(MDGs) ini menyatakan bahwa pada tahun 2015 separoh penduduk dunia yang saat ini belum mendapatkan akses terhadap air minum (Save Drinking Water) harus telah mendapatkannya. Sedang pada tahun 2015 seluruh penduduk dunia harus telah mendapatkan akses terhadap air minum.⁶

Untuk mencapai hal itu harus terjadi perubahan paradigma dari air bersih menjadi air minum yang lebih memenuhi syarat kualitasnya sehingga layak untuk dijadikan sebagai sumber air minum. Air tersebut tentunya harus melalui proses, perlakuan dan pengolahan yang layak sehingga aman di konsumsi manusia.

Untuk mewujudkan harapan dan cita-cita dalam Summit 2002 tersebut tentunya tidak lepas dari upaya untuk meningkatkan kualitas air minum itu sendiri baik secara fisik, kimia, bakterilogis dan radioaktif. Kualitas yang bagus dalam pemenuhan kebutuhan air dan sanitasi terhadap berbagai kebutuhan manusia, derajat kesehatan dan kesejahteraan yang optimal bisa diwujudkan. Harus diakui salah satu kebutuhan pokok yang menyangkut aspek kesehatan dan kehidupan sehari-hari adalah kebutuhan air minum.

Berdasarkan survei yang telah dilakukan peneliti di desa-desa wilayah Puskesmas Kecamatan Boawae Kabupaten Ngada, menunjukkan masyarakat

dalam memenuhi kebutuhan air minumnya sebagian besar memanfaatkan sarana perlindungan mata air sepenuhnya. Dari 10 buah PMA dan 102 buah reservoir yang ada saat ini, ternyata masih banyak terdapat PMA dan reservoir yang mempunyai konstruksi kurang memenuhi syarat. Selain itu terdapat sumber pencemar seperti sampah dan kotoran binatang ternak yang dipelihara dekat dengan hutan lindung. Kotoran manusia atau tinja yang dibuang penduduk yang tinggal di atas kawasan bukit, sebagai rumah kebun atau tempat tinggal saat mereka dalam menggarap kebun dan ladang. Kotoran dari binatang ternak piaraan yang dibawanya, juga kandang yang terlalu dekat dengan lokasi perlindungan mata air (PMA), ini adalah suatu kondisi lingkungan yang sangat rawan pencemaran.⁷⁻⁸

Menurut Skala Nasional oleh “Indonesia Human Development Report 2004” bahwa Propinsi Nusa Tenggara Timur, data rumah tangga yang mempunyai akses sanitasi dan air minum per Propinsi se Indonesia Tahun 2002, menempati peringkat sanitasi ke 13, dan peringkat air minum ke 17 dari 30 Propinsi yang ada di Indonesia saat ini. Angka cakupan Air Minum sebesar 52% dan Sanitasi sebesar 65 %, sedangkan Skala Nasional Cakupan Air Minum sebesar 58 % dan Sanitasi sebesar 78%.⁵ Bila melihat skala ini, ada perbedaan yang cukup besar, dan secara umum bisa dikatakan bahwa pada daerah-daerah Propinsis NTT (termasuk pada Wilayah Kabupaten Ngada) cakupan Sanitasi dan Air Minum masih di bawah Skala Nasional.⁹ Untuk Kabupaten Ngada berdasar peringkat cakupan layanan air minum per Kabupaten/Kota Tahun 2002 di seluruh Indonesia, menempati peringkat ke

33 dari 341 Kabupaten yang ada di Indonesia yaitu sebesar 78,1%.⁵ Jumlah cakupan dan peringkat tersebut, antara wilayah kecamatan yang satu dengan yang lain masih belum merata, baik dari segi sarana fisik maupun segi kualitas air .

Selanjutnya di wilayah Puskesmas Boawae, dari data awal yang diperoleh peneliti dari wilayah tersebut hingga kondisi September 2005, Cakupan air minum sebesar 57,51% (terdiri dari 45,94% dari sarana PMA, 7,6 % dari sarana PDAM dan 1,92 % dari sarana PAH).¹⁰ Sementara itu dari data Laboratorium Kesling Kab.Ngada, secara Bakteriologis air sampel dari wilayah Puskesmas Boawae rata-rata didapat 220 kol/100 ml sampel, hampir 64% sampel air PMA tidak memenuhi syarat kualitas bakteriologis, sedang sisa chlornya nihil.¹¹ Secara konstruksi sarana PMA yang kurang memenuhi syarat hampir 60%, sebesar 85,6% kandang hewan dipelihara di sekitar wilayah sumber air PMA, sebesar 58,26% kebiasaan masyarakat buang kotoran pada kebun dan hutan.¹⁰ Penyakit yang berhubungan dengan air minum di wilayah Boawae masih cukup tinggi. Data laporan 10 pola penyakit Puskesmas Boawae menunjukkan tingkat kejadian dari masing-masing penyakit antara lain seperti ISPA sebesar 24,31%, Diare sebesar 21,32%, Malaria 18,61%, dan Disentri 2,52%.¹²

Melihat kondisi PMA yang kurang memenuhi syarat dan adanya sumber pencemar yang ada di sekitarnya, menurut pertimbangan peneliti kualitas air pada PMA akan tercemar. Salah satu sumber pencemar bakteriologis dari kondisi tersebut adalah : keberadaan kandang hewan di

hutan dan kebiasaan aktifitas ladang berpindah, rumah kebun di lereng bukit, disamping faktor konstruksi dan pengelolaan sarana yang belum memenuhi syarat.¹³

Dengan kondisi pencemaran bakteriologis yang demikian seharusnya sumber pencemar tersebut harus dihilangkan atau ditekan pengaruhnya agar tak mencemari air PMA.¹⁴⁻¹⁵ Namun dari pengalaman peneliti dan fakta di lapangan sejak bertugas tahun 1992 di Boawae hingga sekarang, terasa sulit sekali untuk mengurangi atau menekan sumber pencemar tersebut. Hal ini dipengaruhi oleh faktor kondisi alam yang berbukit-bukit, budaya ladang berpindah, cara pemeliharaan ternak dan status kepemilikan sarana air minum (yang murni swadaya masyarakat, non Pemerintah / PDAM). Kondisi pencemaran tersebut, akan membawa pengaruh pada kualitas resapan sumber air PMA yang ada. Dari aspek bakteriologis, air PMA akan tercemar oleh kotoran manusia dan hewan, selanjutnya menumbuhkan spesies *Escherichia coli,sp* dan coliform tinja dalam air.¹⁶ Menurut peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 416/Menkes/Per/IX/1990, untuk batasan air bersih kandungan coliform tinja yang diperbolehkan sebesar 50 koloni per 100 ml untuk sarana bukan perpipaan dan 10 koloni per 100 ml untuk sarana perpipaan.¹⁷

Pada sebagian besar masyarakat pedesaan, masalah air merupakan masalah yang selalu dihadapi sehari-hari. Baik masalah kuantitasnya yang kurang mencukupi, dan segi kualitasnya juga tidak memenuhi persyaratan baik dari segi fisik, kimia, mikrobiologis dan radioaktif. Keterbatasan penyediaan air minum dari segi kuantitas dan kualitas yang belum memenuhi

syarat, hal ini sering menimbulkan dampak buruk khususnya penyakit yang dapat ditularkan melalui air.¹⁸

Di sisi lain, upaya penanganan masalah pencemaran bakteriologis di atas, sudah pernah dilakukan melalui penyuluhan, arisan JAGA, arisan Rumah, serta perbaikan sarana PMA melalui program Pekan Sanitasi. Dan untuk program perbaikan kualitas air melalui Chlorinasi, namun selama ini kegiatan dilaksanakan apabila kasus diare dan muntaber telah berjangkit, belum pernah dilakukan chlorinasi secara rutin pada air PMA.¹⁹ Sehingga apa yang peneliti lihat selama ini, seolah-olah kasus diare dan muntaber timbul lebih dahulu baru semua program berjalan untuk menanganinya.

Kasus diare di Boawae masih cukup tinggi yaitu sebesar 21 % dari laporan tingkat kejadian 10 penyakit terbesar.¹² Untuk itu sebagai upaya pencegahan (primary health care) terhadap media utama terjadinya penularan penyakit, perlu dilakukan suatu kontrol kualitas air dengan suatu perlakuan yang tepat dan berhasil guna. Apabila penyakit yang ditularkan melalui air (water borne disease) bisa ditekan keberadaanya, maka beban yang ditanggung oleh masyarakat dari dampak negatif akibat buruknya kualitas bakteriologis air bisa diturunkan biayanya, dan kesehatan masyarakat bisa dicapai melalui kegiatan penyehatan air.²⁰⁻²¹

Sebagai solusi dari permasalahan tersebut, peneliti berasumsi cukup dengan chlorinasi yang rutin melalui beberapa metode kaportisasi yang tepat pada PMA, maka air akan aman secara bakteriologis.²²⁻²³ Akhirnya peneliti merasa tertarik untuk menerapkan metode chlorinasi dengan metode tetes dan

metode saringan. Dalam metode ini peneliti melakukan modifikasi alat yang lebih praktis sehingga lebih mudah dipahami dan dilaksanakan oleh masyarakat itu sendiri, yaitu dengan metode “Kaporitisasi Sederhana”, dinamakan metode kaporitisasi karena dalam proses desinfeksi memakai bahan desinfektan kaporit, sedang arti sederhana karena dengan teknik, metode atau alat yang sederhana dan bahan desinfektan mudah didapat di pasaran.

Kegiatan kaporitisasi yang dilakukan masyarakat Boawae selama ini masih sangat konvensional, yaitu masih menggunakan tabung saringan dari bambu, dari gentong serta dari pipa PVC yang diisi pasir dan dicampur dengan kaporit secara langsung. Dengan alat yang sangat konvensional tersebut sisa chlor relatif kurang stabil sehingga kualitas bakteriologis kurang optimal.

Selanjutnya dengan metode kaporitisasi sederhana yang akan dilakukan penelitian oleh peneliti di wilayah Boawae yaitu meliputi 3 (tiga) macam alat yaitu meliputi : Tabung Saringan Tunggal, Tabung Saringan Berlapis dan Tabung Tetes. Ketiga alat ini merupakan suatu modifikasi dan pengembangan dari teori chlorinasi dalam air yaitu metode MOM (tabung tetes) dan metode Diffuser (tabung saringan). Modifikasi dan pengembangan alat kaporitisasi ini akan dibuat agar masyarakat lebih mudah memanfaatkannya. Untuk itu perlu dilakukan penelitian ketiga alat tersebut pada salah satu wilayah Kab. Ngada yaitu di Wilayah Boawae.

B. Perumusan Masalah

Tingkat pencemaran bakteriologis dalam air bersih dikatakan berlebihan, apabila kandungan Coliform melebihi 10 kol/100 ml untuk air bersih perpipaan dan 50 kol/100 ml untuk air bersih non perpipaan.¹⁷ Kandungan bakteriologis yang berlebihan akan sangat berbahaya bagi masyarakat pengguna air minum dan air bersih tersebut, karena disamping mengandung bakteri coliform tinja sebagai indikator air tercemari tinja, juga sangat potensial menularkan penyakit yang berhubungan dengan air, diantaranya penyakit tersebut seperti sakit perut, disentri, diare, dan muntaber.²⁴

Masyarakat di Boawae saat ini memanfaatkan sarana PMA yang ada, yaitu dari sumber mata air yang kondisinya rawan sekali pencemaran. Kondisi demikian dipandang perlu tindakan teknis secara tepat dan berhasil guna. Tindakan ini diharapkan mampu menjaga air secara bakteriologis agar bisa mengurangi dampak negatif yang diakibatkan oleh bahan pencemar, serta untuk memberikan sisa chlor aktif dalam air.²⁵

Cara yang mudah dan terbaik untuk mengatasi masalah pencemaran bakteriologis adalah dengan metode kaporitisasi sederhana sebagai alternatif peningkatan kualitas air bersih secara bakteriologis.

Sementara itu permasalahan yang dapat diidentifikasi dari uraian di atas adalah sebagai berikut :⁹⁻¹⁰

1. Cakupan SAB Boawae yang masih rendah yaitu sebesar 57,51 %.
2. Kualitas lingkungan PMA yang kurang memenuhi syarat.

3. Kualitas bakteriologis air PMA saat ini, 64% berkualitas rendah yaitu rata-rata 220 kol/100ml sampel.
4. Belum ada upaya secara kontinyu dalam perbaikan kualitas air yang sifatnya berupa alat ataupun treatment pada sarana air PMA.
5. Alat kaportisasi yang digunakan selama ini kurang efektif yaitu dengan metode pembubuhan langsung dan tabung saringan pasir saja.
6. Sumber daya yang minim dan berubahnya kebijakan di era otonomi daerah saat ini, dimana Dinas Kesehatan cukup menangani masalah kualitas lingkungannya, dan bidang sarana fisik di bawah kendali Dinas Kimpraswil.

Untuk itu masalah utama yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah Tingkat Kualitas Parameter Bakteriologis Air pada sarana air minum PMA pada wilayah Puskesmas Boawae. Berdasarkan pernyataan masalah utama di atas, maka masalah tersebut perlu dibatasi yaitu dengan research question :
“Apakah ada perbedaan kualitas bakteriologis air PMA setelah dilakukan beberapa metode kaportisasi sederhana (tabung tunggal, tabung berlapis dan tabung tetes) pada PMA”.

C. Tujuan Penelitian

1. Tujuan Umum

Menganalisis perbedaan kualitas bakteriologis air PMA setelah dilakukan kaportisasi sederhana (tabung saringan tunggal, tabung saringan berlapis dan tabung tetes) pada air PMA.

2. Tujuan Khusus

- a) Mengukur nilai rata-rata parameter kualitas air (pH, Suhu, TDS, Fe, Mn, Nitrit, Nitrat, Flour dan Kesadahan) sebelum dilakukan 3 metode proses kaportisasi, untuk mengetahui kualitas air baku.
- b) Mengukur perubahan nilai rata-rata parameter Chlor setelah dilakukan 3 metode proses kaportisasi.
- c) Mengukur perubahan nilai rata-rata parameter Total Coliform dan *E.Coli* setelah dilakukan 3 metode proses kaportisasi.
- d) Menganalisis perbedaan nilai rerata parameter Chlor setelah dilakukan 3 metode proses kaportisasi.
- e) Menganalisis perbedaan nilai rerata parameter Total Coliform dan *E.Coli* setelah dilakukan 3 metode proses kaportisasi.
- f) Menganalisis perbedaan parameter Chlor terhadap kandungan Total Coliform dan *E.Coli* setelah dilakukan 3 metode proses kaportisasi.
- g) Menganalisis perbedaan kualitas bakteriologis air PMA setelah dilakukan 3 metode kaportisasi (tabung tunggal, tabung berlapis, dan tabung tetes) pada air PMA.
- h) Menganalisis perbedaan keandalan alat perlakuan (tabung tunggal, tabung berlapis, dan tabung tetes) dalam meningkatkan kualitas bakteriologis air PMA.

D. Ruang Lingkup Penelitian

1. Lingkup Keilmuan

Penelitian ini merupakan aplikasi bidang ilmu kesehatan lingkungan, khususnya di bidang penyehatan air minum tentang penerapan metode kaportisasi sederhana pada sarana PMA.

2. Lingkup Materi

Penelitian ini akan dibatasi pada sarana air minum yang berupa Perlindungan Mata Air (PMA) yang akan diberikan perlakuan dengan 3 (tiga) alat kaportisasi sederhana, yaitu tabung saringan tunggal, tabung saringan berlapis dan tabung tetes.

3. Lingkup Sasaran

Sasaran dalam penelitian ini adalah bak reservoir yang berada dalam distribusi sarana PMA yang merupakan jaringan satu sumber air.

4. Lingkup Metode

Jenis penelitian dipakai yaitu Eksplanatory Reseach (penelitian penjelasan) dengan metode eksperimental dalam skala eksperimen di lapangan.

5. Lingkup Lokasi

Penelitian ini dilakukan di Wilayah Boawae Ngada Flores Prop. NTT.

6. Lingkup Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian ini telah dilakukan sejak bulan Maret 2006 s/d bulan Mei 2006.

E. Manfaat Hasil Penelitian

Dalam penelitian ini, peneliti sangat berharap agar bisa memberikan sumbangan pemikiran yang dapat membawa manfaat serta berguna bagi orang lain, instansi dan institusi baik secara teoritis maupun praktis yaitu :

1. Kegunaan Teoritis.
 - a) Sebagai sumbangan kajian ilmu kesehatan lingkungan dalam mengelola sumber daya air bagi manusia sehingga dapat dijadikan rujukan untuk pengembangan penelitian di bidang penyehatan air.
 - b) Memberikan sumbangan dalam ilmu kesehatan lingkungan di bidang penyehatan air bersih, khususnya sarana PMA.
 - c) Menambah konsep baru yang dapat dijadikan sebagai bahan rujukan serta pembanding bagi penelitian lebih lanjut, khususnya di bidang penyehatan air minum, dengan kesamaan wilayah dan jenis sarana air bersih.
2. Kegunaan Praktis.
 - a) Hasil penelitian ini dapat dijadikan sumbangan pikiran bagi Pemerintah Kabupaten Ngada dalam hal ini Dinas Kesehatan Kabupaten Ngada, untuk meningkatkan kualitas air minum bagi masyarakat melalui penerapan teknik kaportisasi sederhana.
 - b) Hasil penelitian ini dapat menjadi acuan dalam upaya meningkatkan kualitas air minum secara bakteriologis pada Wilayah Dinas Kesehatan Kab.Ngada, khususnya pada Wilayah Boawae, melalui

penerapan teknik kaportisasi sederhana dapat meningkatkan kualitas air minum yang optimal bagi masyarakat.

c) Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai tolok ukur upaya penyehatan air dalam meningkatkan kualitas air secara bakteriologis pada Dinkes Kab. Ngada khususnya dan Wilayah Indonesia pada umumnya yang memiliki kesamaan, serta kesamaan sumber air dan sarana air minum yang digunakan.

3. Kegunaan Teknis.

a) Hasil penelitian ini dapat dijadikan sumbangan pikiran bagi pelaku teknis upaya penyehatan air minum dalam bidang dan program pengawasan kualitas air minum.

b) Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai petunjuk teknis dan pedoman dalam melakukan desinfeksi terhadap air minum secara sederhana dan murah, khususnya pada masyarakat di tingkat pedesaan.

c) Hasil penelitian ini bisa sebagai teknologi yang mudah dipahami oleh masyarakat dan bisa dilakukan tanpa biaya yang mahal dan berdampak positif, serta efisien dalam meningkatkan kualitas air secara Bakteriologis

F. Originalitas Penelitian

Dari segi originalitas, penelitian yang akan dilakukan ini baru kali pertama dilakukan untuk wilayah daratan Flores khususnya Wilayah Boawae yang sebagian besar memiliki sarana air minum berupa Perlindungan Mata Air (PMA), dengan asumsi bisa saja penelitian ini telah dilakukan dan

dimuat dalam jurnal atau merupakan skripsi, tesis ataupun riset suatu lembaga tertentu oleh peneliti lain tapi tentunya pada wilayah, sarana, alat dan jenis penelitian yang berbeda, dengan demikian peneliti menganggap penelitian yang dilakukan ini berskala originalitas lokal murni.

Selanjutnya peneliti kini akan melakukan penelitian dengan judul : Analisis Penerapan Metode Kaporitisasi Sederhana Terhadap Kualitas Bakteriologis Air PMA, desain yang akan digunakan adalah study Eksperimental.²⁶ dimana peneliti akan menggunakan bahan Calsium Hipoclorit / kaporit dengan 3 alat Kaporitisasi yang berbeda (tabung saringan tunggal, tabung saringan berlapis dan tabung tetes).²² Selanjutnya dari masing-masing alat akan dibuat perlakuan berdasar dosis sama dan berbeda lama kontak pada sampel, yaitu pada setiap interval 2 (dua) hari, dan pengamatan akan dilakukan pada interval 2 hari sebanyak 5 kali pengukuran lama kontak pada sampel untuk diketahui sisa chlor aktif dan kandungan total coliformnya.²⁷

G. Justifikasi Penelitian

Justifikasi yang dipakai landasan peneliti dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Topik penelitian mengenai chlorinasi masih layak dan relevan untuk dilakukan penelitian (Journal AWWA USA, 1997).²⁸
2. Penggunaan senyawa chlor dalam desinfeksi air masih direkomendasikan secara Internasional. (WHO, 1995).²⁹

3. Adanya Fakta di lapangan, sebagian besar kualitas bakteriologis air di Indonesia belum memenuhi syarat kesehatan. (JICA, 1991).³⁰
4. Masih diperlukan berbagai bidang terapan ilmu dan teknologi dalam penyehatan kualitas air minum.
5. Adanya kesesuaian ilmu peneliti dan bidang keahlian serta lokasi penelitian yang akan dilakukan.
6. Untuk meningkatkan derajat kesehatan masyarakat melalui upaya penyehatan air minum.
7. Adanya dukungan dari program terkait dari wilayah kerja peneliti (Dinkes Kab. Ngada NTT).

BAB II

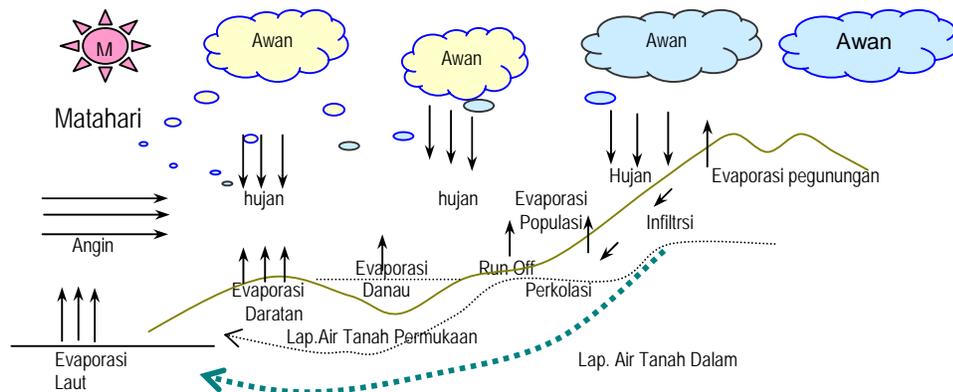
LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka

1. Keberadaan Air di Alam. ³¹⁻³²

Keberadaan air di bumi menurut Djasio Sanropie (1994), adalah merupakan suatu proses alam yang berlanjut, sebagai suatu siklus yang disebut siklus hidrologi yang pada prinsipnya adalah sirkulasi dari penguapan (evaporasi), hujan (presipitasi), dan pengaliran air hujan yang jatuh ke permukaan tanah sebagian akan meresap ke dalam tanah (filtrasi), sebagian lainnya mengalir ke permukaan tanah yang melekung-lekung dan seterusnya mengalir ke daerah yang lebih rendah (interflow), lalu masuk ke sungai atau danau dan selanjutnya menuju ke laut.

Pada prinsipnya jumlah air di alam ini tetap dan mengikuti suatu aliran yang dinamakan “Siklus Hidrologi”. Untuk lebih jelasnya bisa digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.1
Siklus Hidrologi Air. ³¹⁻³²

2. Pemanfaatan air bersih.³³

Menurut Depkes RI (1990, h.7) cara memperoleh air bersih pada lapisan tanah dapat dilakukan dengan cara manual atau sederhana serta dengan cara modern, cara-cara tersebut tergantung pada letak lapisan air tanah dangkal atau lapisan tanah dalam.

Beberapa bentuk konstruksi dari salah satu pemanfaatan air bersih di alam adalah sebagai berikut :

- a) Pada air tanah dangkal, berupa dataran konstruksi yang bisa dibangun dan dimanfaatkan meliputi sarana : SGL, SPT. Sedang pada air tanah dangkal pada daerah lereng bisa berupa PMA, dan pada daerah cekungan bisa berupa danau atau telaga.
- b) Pada air tanah dalam konstruksi yang bisa dibangun dan dimanfaatkan meliputi SA, SPT Dalam dan ABT.

Pada prinsipnya air tanah dangkal menurut (Sutrisno, 2002, hal.14) bahwa air tanah dangkal kualitasnya lebih rendah bila dibanding dengan kualitas air tanah dalam. Hal ini dikarenakan air tanah dangkal sebagian besar adalah air permukaan, dan selama proses pengalirannya akan mendapat pengotoran secara alami misalnya lumpur, batang kayu, dedaunan, kotoran binatang dan manusia serta air limbah buangan rumah tangga ataupun industri.³⁴

3. Perlindungan Mata Air sebagai salah satu Sarana Penyediaan Air Bersih.

Menurut Depkes RI (1990, hal.1) jenis sarana penyediaan air bersih yang dapat diterapkan di pedesaan adalah sumur gali (SGL), sumur pompa

tangan (SPT), perlindungan mata air (PMA), sumur artesis dan penampungan air hujan (PAH).³³

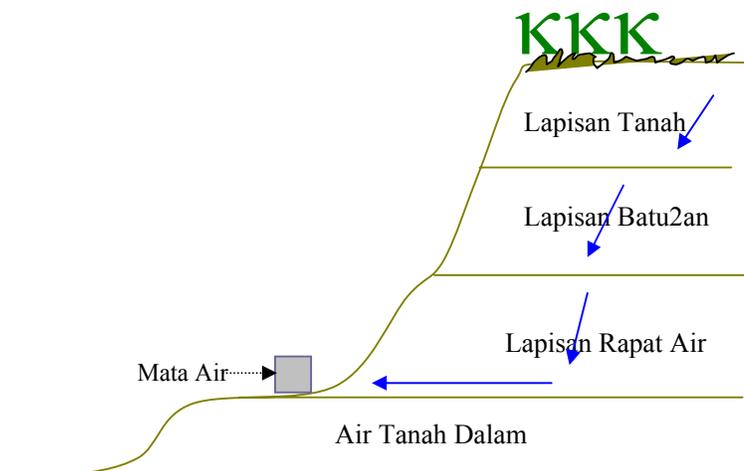
Sedangkan menurut (Ibid, 1991 hal. 18), Mata Air adalah air tanah dangkal yang keluar dengan sendirinya ke permukaan tanah dan apabila mata air yang keluar itu berasal dari tanah dalam, hampir tidak terpengaruh oleh adanya musim, kualitas dan kuantitasnya sama dengan keadaan air tanah dalam.³⁴

a. Jenis Mata Air

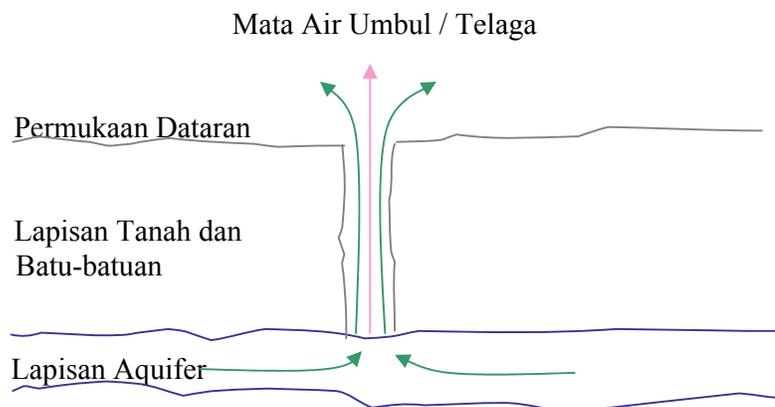
Berdasarkan keluarnya (munculnya air ke permukaan tanah) mata air terbagi atas :³⁴

- 1) Mata Air Rembesan, yaitu air yang keluar dari suatu lereng-lereng pegunungan atau pada suatu daerah yang relatif tinggi.
- 2) Mata Air Umbul, yaitu air yang keluar ke permukaan dari suatu dataran.

Untuk membedakan kedua mata air tersebut, lebih jelasnya bisa kita lihat pada gambar berikut di bawah ini :



Gambar 2.2 Mata Air Rembesan



Gambar 2.3. Mata Air Umbul

b. Karakteristik air PMA.^{7,35}

Air PMA merupakan air permukaan yang proses pengaliran dan rembesan sangat dipengaruhi kondisi proses alam, maka sifat dan karakteristik air PMA sebagian besar adalah :

- 1) Kuantitas tergantung pada musim.
- 2) Kualitas dipengaruhi tingkat pencemaran dan pengotoran.
- 3) Pengotoran air PMA biasanya bersifat fisik dan bakteriologis.
- 4) Derajat pH air PMA relatif rendah.
- 5) Sebagian besar mengandung zat organik.

c. Konstruksi PMA.³⁶

Agar sarana perlindungan mata air itu memenuhi syarat kesehatan, maka sarana harus dilindungi dari bahaya pencemaran, yaitu dengan cara menjaga kebersihan lingkungan lokasi dan bangunan sarana perlindungan mata air tersebut. Sehubungan hal tersebut, menurut Depkes RI (1991, h.60) dijelaskan dalam penyediaan sarana air

bersih harus dibuat memenuhi persyaratan kesehatan, sehingga faktor pencemaran akan bisa dikurangi, dan kualitas air yang diperoleh akan lebih baik, karena itu sarana perlindungan mata air yang baik harus memenuhi syarat lokasi dan syarat konstruksi.³⁶

Syarat lokasi dan konstruksi Perlindungan Mata Air yang dimaksud menurut Waluyo (2005; hal.155) adalah sebagai berikut.³⁷

1) Syarat lokasi

- a) Untuk menghindari pengotoran yang harus diperhatikan adalah jarak mata air dengan sumber pengotoran atau pencemaran lainnya.
- b) Sumber air harus pada mata air dan diperkirakan mencukupi kebutuhan.
- c) Sumber air terdapat pada lokasi air tanah yang terlindung dan tidak mudah longsor yang disebabkan oleh proses alam.

2) Syarat konstruksi

- a) Tutup bak perlindungan dan dinding bak rapat air, pada bagian atas atau belakang bak perlindungan dibuatkan saluran dan selokan air yang arahnya keluar dari bak, agar tidak mencemari air yang masuk ke bak penangkap.
- b) Pada bak perlindungan dilengkapi pipa peluap (Overflow) yang dipasang dengan saringan kawat kasa.

- c) Tutup bak (Manhole) terbuat dari bahan yang kuat dan rapat air, ukuran garis tengah minimum 60 cm (sebaiknya bundar) pada atas bak penampungannya.
 - d) Pada bak penampung dilengkapi pipa peluap (Overflow) yang dipasang dengan saringan kawat kasa.
 - e) Lantai bak penampung harus rapat air dan mudah dibersihkan serta mengarah pada pipa penguras.
 - f) Dilengkapi saluran pembuangan air limbah yang rapat air dan kemiringan minimal 2 %.
- d. Jaringan dan Distribusi.³⁸

Untuk jaringan dan distribusi air PMA ini, tentunya sangat dipengaruhi oleh kondisi alam, potensi alam, SDM, serta kepedulian lembaga ataupun instansi pemerintah dalam mengelola sarana sumber air PMA yang ada di wilayah setempat.

Secara teknis dalam sistem jaringan air PMA biasanya terbagi dalam beberapa bak penangkap air yaitu :

1) Broncaptering

Adalah bangunan penangkap aliran rembesan air PMA dari sumbernya, dengan konstruksi beton semen dilengkapi ijuk dan kerikil sebagai penyaring air PMA.

2) Reservoir Utama

Adalah bangunan penampungan air PMA yang berasal dari broncaptering, jarak relatif dekat, konstruksi lebih besar dan biasanya dibuat 1 (satu) buah bak saja.

3) Reservoir sekunder

Adalah merupakan bak penampungan sekaligus sebagai jaringan bak pembagi pada wilayah pemukiman sesuai dengan sarana yang akan dimanfaatkan.

4) HU / KU

Hidran umum ataupun kran umum adalah salah satu bangunan bak atau tandon air yang merupakan jaringan distribusi air PMA pada wilayah perkampungan atau pemukiman yang sifatnya milik bersama/umum.

5) SR / KR

Sambungan rumah dan kran rumah adalah bagian jaringan distribusi air PMA pada wilayah perumahan yang sifatnya milik perorangan, dan biasanya tingkat kepemilikannya sangat rendah.

Di Indonesia terutama di pedesaan khususnya di daerah (Kepulauan Flores, NTT) dengan topografi perbukitan yang wilayah pemukimannya rata-rata (500-1000) m di atas permukaan laut, sarana penyediaan air bersih yang banyak digunakan adalah perlindungan mata air. Lebih spesifik masuk dalam golongan mata air rembesan yang digunakan sebagai PMA, dari fakta dan data yang diketahui peneliti sejak tahun 1993 hingga

saat ini di Propinsi NTT khususnya di Flores hampir 80 % penduduk menggunakan sarana perlindungan mata air, 15 % menggunakan sarana PDAM yang juga berasal dari PMA, dan 5 % menggunakan sarana PAH.⁹

Sarana perlindungan mata air banyak digunakan karena didukung oleh faktor dan kondisi alamnya. Dalam proses pembangunannya dapat dilaksanakan oleh masyarakat dengan peralatan dan teknis sederhana serta biaya swadaya masyarakat. Sehingga dapat berhasil guna dan mampu menyediakan kebutuhan air bersih yang cukup untuk masyarakat.

Perlu diketahui pula bahwa kepemilikan PMA di sebagian besar wilayah Flores adalah murni milik masyarakat sehingga dari segi pengelolaan, kualitas dan keamanan air, relatif masih rendah.³⁹

4. Syarat-syarat Air Minum.^{1,17}

Menurut Permenkes. No.416/Menkes/PER/IX/1990, yang dimaksud dengan air bersih adalah :

“Air yang dipergunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat diminum apabila telah dimasak”.

Sedang menurut Kepmenkes. No.907/Menkes/SK/VII/2002, lebih lanjut mempertegas yang dimaksud dengan air minum adalah:

“ Air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum”.

Syarat air bersih maupun air minum meliputi dua aspek yaitu kuantitatif dan kualitatif, jadi air bersih dan air minum dikatakan telah memenuhi

syarat apabila kedua ketentuan-ketentuan tersebut telah terpenuhi, yang meliputi :

a. Aspek kuantitatif

Aspek kuantitatif yaitu air tersebut harus memenuhi jumlah kebutuhan sehari-hari, pemakaian rata-rata per orang per hari berbeda antara satu negara dengan negara lain, antara kota satu dengan kota lain, antara desa yang satu dengan desa yang lain, variasi ini tergantung dari beberapa hal antara lain besar kecilnya daerah, ada tidaknya industri, iklim dan harga air. Standart kebutuhan air untuk masyarakat pedesaan adalah 60 liter/orang/hari, sedangkan untuk masyarakat perkotaan 150 liter/orang/hari.^{4,40}

b. Aspek kualitatif

Selain air bersih memenuhi syarat kuantitatif, dari segi kualitatifpun air harus memenuhi syarat kesehatan, Djasio Sanropie (1984, h.51) menyatakan bahwa penyimpangan dari persyaratan akan mengakibatkan kerugian dalam bentuk gangguan kesehatan atau penyakit, gangguan teknis dan gangguan dalam segi estetika. Untuk menjaga dan memelihara kualitas air bersih pada umumnya dan air minum khususnya ditetapkan adanya standart kualitas air.

Di Indonesia standart kualitas air telah ditetapkan dalam Permenkes No.416/Menkes/PER/IX/1990, yang menetapkan syarat kualitas air minum, air pemandian, air bersih dan air kolam renang. Ruang lingkup Permenkes tersebut meliputi persyaratan fisik, kimia,

bakteriologis, dan radiologis. Kemudian diatur lagi pada Kepmenkes. No.907/Menkes/SK/VII/2002, yang menetapkan syarat-syarat dan pengawasan kualitas air minum.^{1,17}

5. Kualitas Bakteriologis Air.⁴¹

Air bersih yang akan dikelola sebagai air minum seharusnya tidak boleh mengandung bakteri pathogen penyebab penyakit dan tidak boleh mengandung bakteri Coliform melebihi batas standart kualitas air yang ditetapkan. Bakteri Coliform ini berasal dari usus besar (faeces) manusia dan hewan berdarah panas.⁴¹

Air yang mengandung Coliform dianggap telah terkontaminasi (berhubungan) dengan kotoran manusia. Secara umum dalam pemeriksaan bakteriologis air, tidaklah langsung air itu diperiksa pada kandungan bakteri pathogen, namun yang diperiksa adalah indikator *Escherichia Coli* yang dipandang bisa mewakili kehidupan bakteri pathogen lainnya.

a. Standart dan parameter.^{1,17}

Untuk standart dan parameter kualitas bakteriologis air, hingga saat ini perangkat yang memberikan batasan kandungan yang diperbolehkan adalah Permenkes No.416/Menkes/PER/IX/1990. Dalam Permenkes ini parameter bakteriologis disebutkan untuk air bersih kandungan Coliform sebesar 50 koloni per 100 ml sampel (air bukan perpipaan) dan 10 koloni per 100 ml sampel (air perpipaan). Dan apabila kita mengacu pada Kepmenkes No.907/Menkes/SK/VII/2002,

menyebutkan untuk air minum kandungan maksimum Coliform adalah 0 koloni per 100 ml sampel.

Penyimpangan pada parameter ini akan berpotensi untuk menularkan penyakit yang berhubungan dengan air seperti sakit perut, disentry, cholera, dan penyakit saluran pencernaan lainnya.⁴²

b. Faktor yang mempengaruhi kualitas bakteriologis air.

Pada umumnya kondisi air di alam sebelum air dikelola dan dimanfaatkan, dalam proses perjalanan banyak sekali proses alam yang mengotori air. Pengotoran ini bisa saja terjadi akibat adanya lumpur, batang-batang kayu, daun-daun, limbah rumah tangga dan industri.³⁴

Dalam hal kualitas bakteriologis faktor-faktor dominan yang bisa dianggap sebagai sumber pengkontaminasi adalah sebagai berikut :

- 1) Adanya pencemaran fisik dan bakteriologis.
- 2) Adanya kandungan zat organik alami dari proses alam.
- 3) Tingkat keragaman mikroorganisme yang hidup dalam air.
- 4) Tingkat pengelolaan dan pemeliharaan sarana.
- 5) Sitem jaringan dan distribusi air.

c. Coliform tinja sebagai indikator kualitas bakteriologis air.⁴¹

Menurut L.Soeroso, dijelaskan latar belakang bakteri coli sebagai indikator adanya pencemaran air adalah karena:⁴¹

“ Bakteri coli termasuk famili enterobaktericeae dan merupakan flora normal dari usus manusia atau hewan berdarah panas. Secara umum semua bakteri coli merupakan jasad indikator adanya pencemaran air

oleh bahan tinja, karena bakteri coli terdiri dari bermacam-macam jenis dan jenis itu menentukan kriteria coli fekal atau bukan, seperti yang dilakukan dalam uji sanitasi air minum atau produk pangan harus ditentukan jenis coli “.

Sedangkan menurut (Depkes RI, 1995) dalam pengawasan kualitas air dijelaskan bahwa suatu pendekatan tidak langsung yang dapat dilakukan dalam menaksir kemungkinan terjadinya kontaminasi air bersih dari organisme usus patogen, adalah pendekatan yang didasarkan pada perkiraan dengan hadirnya kelompok organisme usus (organisme indikator) yang akan memberi petunjuk tingkat kontaminasi tinja dalam air, jadi organisme ini memberi petunjuk tidak langsung terhadap resiko adanya organisme usus patogen yang penularannya melalui air.³⁷

Organisme Coliform adalah indikator paling umum digunakan. Organisme Coliform ini dapat didefinisikan sebagai gram negatif yang menfermentasikan laktosa pada 35°C atau 37°C dengan menghasilkan asam, gas dan aldehid dalam waktu 2 kali 24 jam.⁴¹

Argumentasi lain yang menjadikan Coliform dijadikan indikator bakteriologis air, antara lain yaitu : sifatnya yang umum mewakili kehidupan organisme patogen, mudah dilakukan pengambilan sampel, mudah diuji dalam laboratorium serta tidak bersifat infeksius dalam proses pemeriksaan (parasitisme).

d. Metode pengujian kualitas bakteriologis air.⁴³

Ada dua metode analisa laboratorium yang telah dikembangkan untuk mengetahui bakteri indikator dalam air, yaitu :

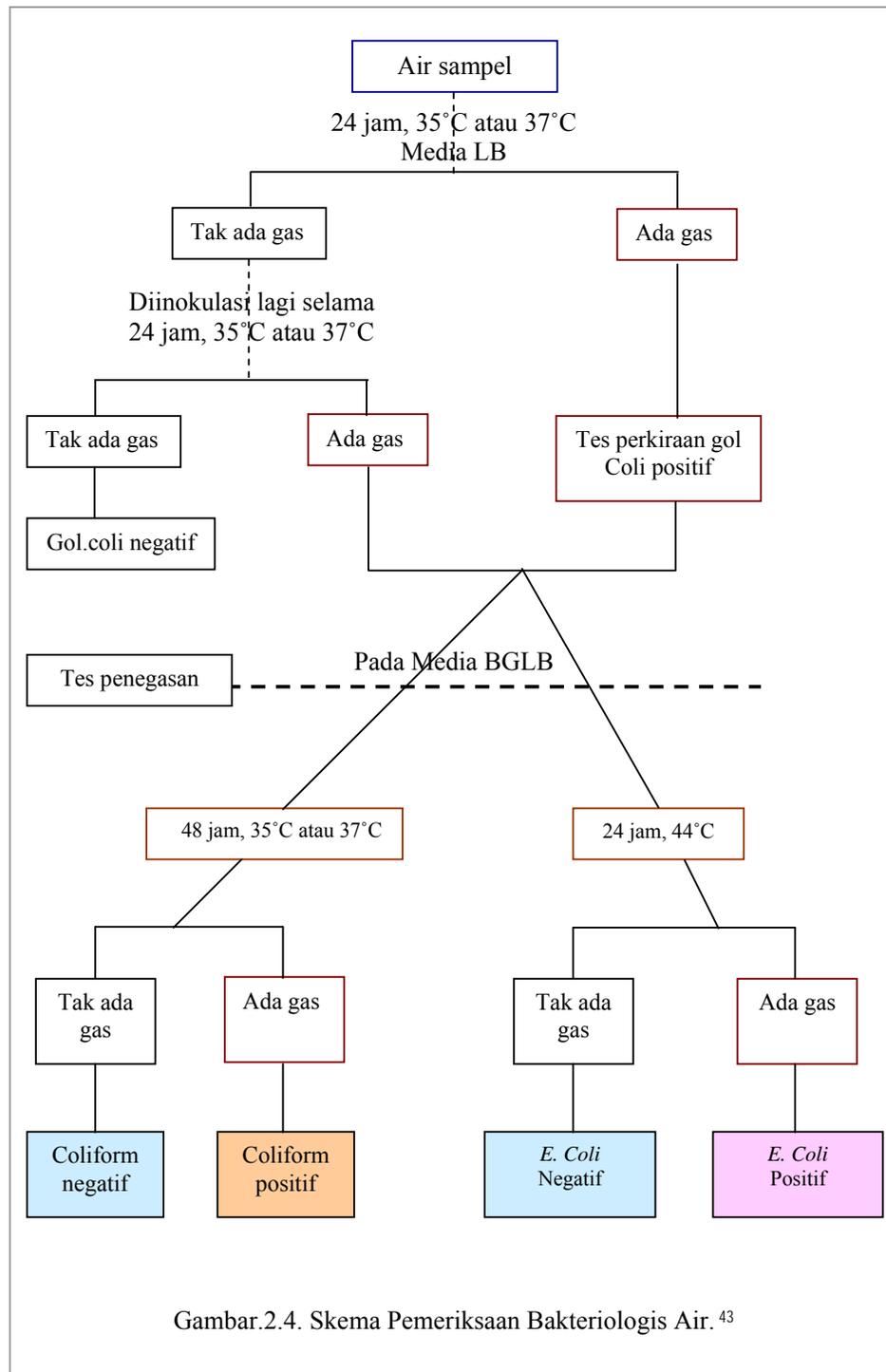
1) Metode Tabung Ganda “multiple tube” (MT)

Dalam metode tabung ganda ini, air sampel jumlahnya berbeda-beda ditambahkan kedalam tabung-tabung yang berisi media biakan yang cocok. Bakteri yang ada akan berkembang sesuai dengan jumlah pembiakan. Selanjutnya jumlah tabung dengan reaksi positif, yang ditunjukkan adanya gas pada tabung durham, dijadikan angka perkiraan bakteri terdekat atau most probable number (MPN) bakteri di dalam air sampel dapat ditentukan secara statistik ditentukan. Metode ini hingga kini masih dipakai karena bisa menguji berbagai kondisi air sampel, baik air jernih, air keruh, air berwarna dan berlumpur sampai pada air yang tercemar berat.

2) Metode Saringan Membran “membrane filter” (MF)

Dalam metode membran ini, sejumlah air yang telah diukur tertentu lalu disaring melalui suatu membran atau selaput yang akan menahan bakteri di permukaannya. Membran ini kemudian diinkubasikan dalam media yang terpilih dan cocok, bakteri dibiarkan memperbanyak dan membentuk koloni-koloni. Jumlah koloni menunjukkan secara langsung jumlah bakteri yang terkandung dalam air sampel yang diuji. Metode ini tidak cocok untuk air yang keruh atau tercemar berat.

Skema diagram analisa dan pemeriksaan kualitas bakteriologis air untuk (golongan coli atau total Coliform) dan *E. Coli*, bisa dilihat pada gambar skema di bawah ini :



Gambar.2.4. Skema Pemeriksaan Bakteriologis Air. ⁴³

6. Desinfeksi terhadap Air Bersih.⁴⁴

Kita menyadari bahwa tiap manusia berharap bisa mengkonsumsi air bersih secara layak dan memenuhi syarat kesehatan, agar bisa terhindar dari faktor-faktor penularan penyakit melalui air, penularan penyakit dalam air bisa saja terjadi pada proses pengonsumsi air bersih itu sendiri, yaitu mulai dari sumber airnya, distribusinya, penyimpanan dan pemanfaatannya.

Untuk mencegah penularan penyakit dalam air, salah satu hal yang perlu dilakukan adalah dengan cara memperbaiki kualitas air bersih itu sendiri disamping kegiatan perbaikan fisik sarana air bersih serta ditunjang perilaku sehat dalam masyarakat.

Menurut Depkes RI, dijelaskan prinsip-prinsip cara perbaikan kualitas air terhadap airnya diantaranya dengan cara desinfeksi.²² Sedangkan menurut Depkes RI, dikatakan didalam pengolahan air, desinfeksi adalah suatu proses untuk membunuh bakteri pathogen penyebab penyakit yang penyebarannya melalui air dengan menggunakan bahan desinfektan.³⁵

Beberapa cara yang dilakukan dalam desinfeksi terhadap bakteri pathogen antara lain :³⁶

- a. Cara Kimia yaitu dengan penambahan bahan kimia.
- b. Cara Fisik yaitu dengan sistem pemanasan atau penyinaran.
- c. Cara Mekanis yaitu dengan sistem pengendapan, saringan pasir lambat, saringan pasir cepat dan lain-lain.

Jenis-jenis bahan desinfektan yang biasa digunakan dalam proses desinfeksi terhadap air adalah :³⁶

- 1) Chlorine dan senyawanya
- 2) Ozon
- 3) Iodine dan Bromine
- 4) Ultra Violet
- 5) Kalium Permanganat
- 6) Ferrate dan Hidrogen peroksida.

Desinfeksi yang umum dilakukan adalah dengan chlorinasi (karena murah, mudah didapat, dan mudah penanganannya), walaupun ada cara lain namun jarang dilakukan pada skala besar yaitu, ozon atau dengan ultra violet.⁴⁵ Bahan chlorine selain berperan sebagai desinfektan terhadap air, dalam mengendalikan keberadaan mikroorganisme dan sebagai oksidan, dapat juga dipakai sebagai :⁴⁵

- a) Mengoksidasi Fe dan Mn
- b) Menghilangkan warna di air
- c) Menghilangkan rasa tak enak di dalam air
- d) Menghilangkan Amonia nitrogen

Hal pokok yang perlu diingat adalah bahwa di dalam proses desinfeksi tujuan utamanya adalah diperolehnya suatu angka pengaman dari proses itu sendiri. Karena yang digunakan berupa senyawa chlor sehingga harus didapatkan sisa chlor aktif (residual chlorine) yang tepat di dalam air.

7. Chlorinasi dalam Air.

a. Pengertian.

Chlorinasi bisa diartikan sebagai kegiatan penyuci-hamaan terhadap air dengan menggunakan bahan gas atau senyawa chlorine sejenisnya.⁴⁴

b. Tujuan chlorinasi

Tujuan utama chlorinasi dalam air adalah untuk menghancurkan bakteri pathogen melalui daya germisidal dari senyawa chlor terhadap bakteri. Disamping itu chlorinasi juga membawa fungsi sekunder yang penting dalam air pada proses oksidasi besi, manganese, hidrogen sulfida, senyawa penghasil rasa dan bau, ganggang dan organisme lumpur lainnya.⁴⁴

c. Bahan dan senyawa chlor yang dipakai dalam proses chlorinasi.³⁶

Senyawa-senyawa chlor yang biasa digunakan dalam proses chlorinasi adalah : Gas chlor, Calcium Hypochlorit dan Sodium Chlorit.

d. Beberapa faktor yang berpengaruh dalam chlorinasi.

Air adalah merupakan larutan yang kompleks dari banyak senyawa, dalam proses chlorinasi harus memperhatikan zat, bahan atau senyawa lain yang akan mempengaruhi proses tersebut, yaitu :⁴⁴

- 1) Padatan tersuspensi yang terkandung dalam air, karena dapat melindungi bakteri dari efek chlorine.

- 2) Kandungan bahan organik dalam air, karena dapat bereaksi dengan chlor bebas sehingga chlorine akan bersifat lemah sebagai desinfektan, bahkan sifat tersebut akan hilang sama sekali.
- 3) Kandungan amonia dalam air, karena chlor bebas akan membentuk chloramines atau kombinasi sisa chlor yang sifatnya lebih rendah bila dibanding dengan sisa chlor bebas.
- 4) Derajat keasaman air (pH), chlorinasi lebih efektif pada kondisi pH kurang dari 7,2 dan pada kondisi pH diatas 7,6 chlorinasi kurang efektif lagi.
- 5) Suhu dalam air, karena berpengaruh pada reduksi terhadap bakteri. Reduksi akan berjalan lambat pada kisaran suhu (35 – 40)° F dan akan efektif pada kisaran suhu (70 – 75)° F.⁴⁶
- 6) Waktu kontak, akan mempengaruhi DPC dalam air serta kecepatan pencapaian kandungan chlor bebas dalam air. Menurut pendapat (Buckle, et.all, 1987) bahwa sebanyak 0,05 mg.l⁻¹ chlor bebas dalam waktu reaksi 10 menit pada pH 7,0 akan mempunyai efek yang sama terhadap bakteri, seperti reaksi 0,6 mg.l⁻¹ sisa chlor dalam bentuk tergabung selama 60 menit.⁴⁴
- 7) Kandungan Nitrit dalam air, karena bisa menghilangkan chlor bebas dan menghasilkan warna dalam air.
- 8) Kandungan Mangan, karena bisa menimbulkan penyimpangan warna dalam air.

9) Kandungan zat besi, karena dalam bentuk ion bisa bereaksi dengan chlor bebas dan mengurangi kekuatan daya bunuh chlorine, serta menyebabkan bahan chlor yang dibutuhkan jadi lebih banyak.

e. Tahapan proses chlorinasi yang harus diperhatikan.

Dalam proses chlorinasi sendiri perlu memperhatikan beberapa tahapan yang ada, antara lain:³⁶

1) Tahapan proses

a) Chlor Demand adalah suatu proses kimia dalam air dimana kandungan chlor akan melakukan proses kimia dengan mengikat zat-zat organik dalam air dengan segera .

b) Daya Sergap Chlor adalah kemampuan zat chlor di dalam air dalam melakukan proses kimia untuk mengikat zat organik selanjutnya membentuk senyawa-senyawa chlorida yang akan berfungsi sebagai desinfektan terhadap beberapa kuman pathogen.

c) Break Point Chlorination adalah suatu titik belok atau retak yang menunjukkan awal proses dicapainya kestabilan senyawa chlor dalam air dimana proses kebutuhan chlor untuk mengikat zat organik akan menurun, dan proses pembentukan senyawa chlorida sebagai bahan desinfeksi akan segera menuju kestabilan.

d) Sisa Chlor Aktif yang diharapkan adalah tingkat kestabilan kandungan senyawa chlor di dalam air yang dihasilkan dari keseluruhan proses chlorinasi, yang akan berfungsi sebagai angka aman chlor bagi air.

2) Tahap uji Daya Penyerap Chlor

Untuk dapat mendukung tahapan proses di atas, terlebih dahulu dilakukan uji DPC, yaitu dengan uji sisa chlor segera dan sisa chlor tetap pada sampel air dengan larutan chlor 2% (2 mg dalam 1 ltr) dan indikator orthotolidien. Hasil uji ini bisa dirumuskan sebagai $DPC = (\text{Sisa chlor segera} - \text{sisa chlor tetap})$ dalam satuan mg.l^{-1}

3) Tahap penentuan Dosis Chlor

Penentuan dosis ini harus mengacu pada hasil DPC yang telah dilakukan serta angka sisa chlor yang akan diharapkan alam air tersebut. Bisa dirumuskan sebagai $\text{Dosis} = (\text{nilai DPC} + \text{nilai Chlor yang diharapkan})$ dalam satuan mg.l^{-1}

4) Tahap pengukuran Debit air

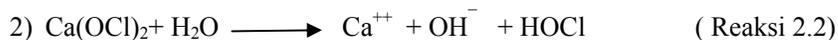
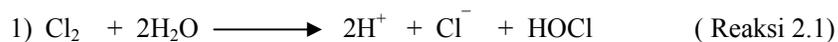
Debit air yang akan dilakukan chlorinasi harus diketahui secara pasti dan akurat, dengan cara pengukuran memakai alat yang tepat. Dengan diketahuinya debit aliran air, maka tingkat kebutuhan chlor per liter air bisa dihitung secara tepat.

5) Tahap perhitungan kebutuhan bahan chlor

Setelah dosis dan debit telah diketahui semua angka dan nilainya, maka kebutuhan bahan chlor bisa dihitung sesuai dengan berapa lama rencana proses chlorinasi berjalan. Secara rumus bisa ditulis sebagai, $\text{Kebutuhan bahan chlor} = (\text{Dosis} \times \text{Debit} \times \text{konsentrasi chlor} \times \text{waktu kontak yang direncanakan})$ dalam satuan mg/hr , gr/hr atau kg/bln .

f. Reaksi Chlor di dalam air.⁴⁴⁻⁴⁵

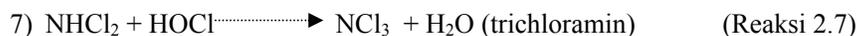
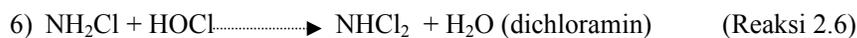
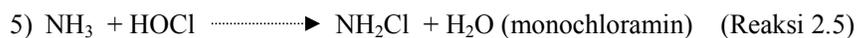
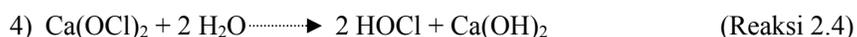
Secara kimia bisa dijelaskan sebagai berikut apabila senyawa chlor ditambahkan dalam air, maka akan terjadi reaksi sebagai berikut :



Reaksi (2.1 & 2.2) terjadi terutama pada pH rendah dan reaksi (2.3) pada pH tinggi. Senyawa Cl_2 , HOCl , dan OCl^- adalah merupakan sisa chlor aktif yang bersifat toksin (racun bagi kuman). Daya bunuh HOCl lebih kuat daripada OCl^- , (40-80 kali lebih besar) sehingga chlorinasi akan lebih efektif pada pH di bawah 7,2.

Selama proses chlorinasi, chlor sendiri akan direduksi sampai menjadi chlorida (Cl murni) yang tidak mempunyai daya bunuh sama sekali.⁴⁵

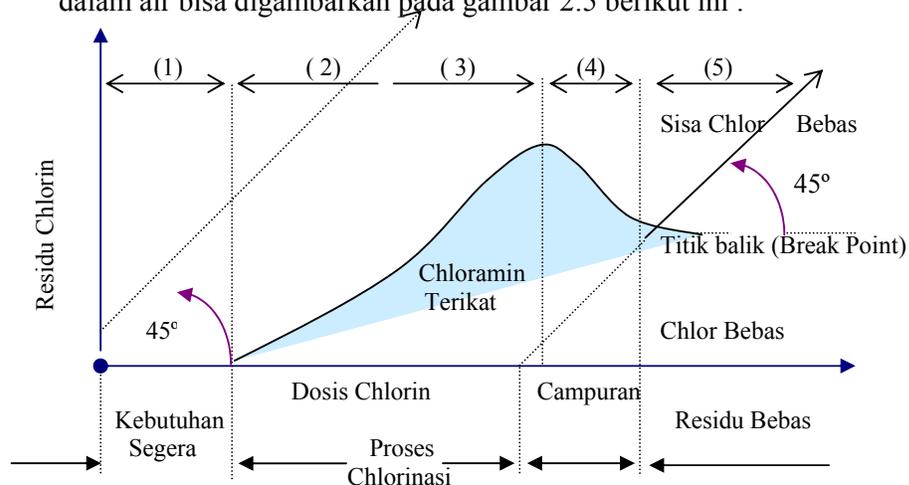
Chlor yang ada dalam air sebagai asam hypochlorit dan ion hypochlorit, didefinisikan sebagai chlor bebas dalam air. Chlor yang bereaksi di dalam air, juga akan bereaksi dengan amonia membentuk chloramine sebagai berikut :⁴⁴⁻⁴⁵



Penggabungan antara Chlor yang ada di dalam air dengan Nitrogen Amonia atau Nitrogen Organik didefinisikan sebagai penggabungan dari Chlor tersedia. Apabila Chlor dimasukkan ke dalam

air yang mengandung amonia, maka akan terjadi reaksi dan proses kimia dalam air yang selanjutnya akan menghasilkan residu chlor di dalam air.

Untuk lebih jelasnya proses pembentukan residual chlorine dalam air bisa digambarkan pada gambar 2.5 berikut ini :



Keterangan :

- (1) Destruksi chlorin oleh senyawa pereduksi, tidak ada desinfeksi.
- (2) Terbentuk senyawa chloro-organik, sedikit desinfeksi.
- (3) Amonia + chloramin yang menghasilkan chlorin
- (4) Chloramin dan senyawa-senyawa chloro-organik hancur.
- (5) Chlor bebas dan sisa senyawa-senyawa chloro organik

Gambar. 2.5
 “ Reaksi dan Proses Break Point Chlorination dalam Air ”^{44,45}

8. Hubungan Chlorinasi dengan Mikroorganisme

Tujuan utama dalam proses chlorinasi adalah akan dicapainya residu chlorin yang sesuai dengan parameter kualitas kimia air bersih yang ditentukan yaitu $0,2 \text{ g.l}^{-1}$ s/d $0,6 \text{ g.l}^{-1}$ sesuai dengan Permenkes RI. No. 416 tahun 1990.¹⁷

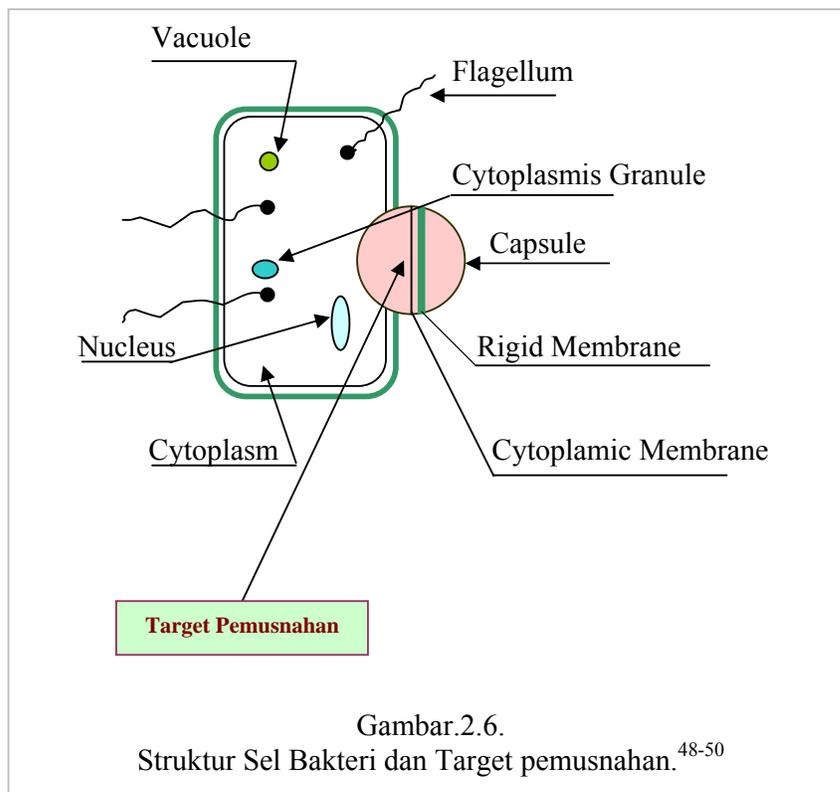
Apabila kandungan chlor tersebut bisa dicapai, maka melalui proses desinfeksi, dengan sendirinya kandungan mikroorganisme yang ada dalam air akan dimusnahkan, proses ini menurut Lucia.W.M, bisa dijelaskan sebagai berikut :⁴⁷

Sel mikroorganisme diperkirakan terdiri atas 50% Carbon, 5-15% Nitrogen, 0,5-1,5% Phospor, dan 0,5-1,5 Sulfur. Perbandingan C : N : P : S adalah 100 : 10 : 1 : 1, selain bahan tersebut dalam jaringan sel juga terdapat unsur lain seperti : Hidrogen (H), Oksigen (O₂), Kalium (K), Calcium (Ca), Magnesium (Mg), Natrium, Besi (Fe) dan elemen lain. Bahan dan unsur tersebut terkandung di dalam Sitoplasma (meliputi: ribosom, granula, & nukleus), dimana sitoplasma itu sendiri terlindungi oleh Dinding sel yang berfungsi untuk melindungi pengaruh dari luar maupun tekanan osmatik dari dalam, agar metabolisme sel bisa berjalan.

Selanjutnya apabila dalam suatu medium air diberikan bahan atau senyawa chlorin sebagai desinfektan yaitu seperti : monochloramin (NH₂Cl), dichloramin (NHCl₂), kaporit atau Ca(OCl)₂, dan sodium chlorida Na(ClO₂). Di dalam air akan terjadi reaksi kimia dan pelepasan ion-ion dari senyawa chlor, dari proses ini dinding sel akan terganggu dan unsur yang ada dalam sitoplasma sendiri (H, O₂, K, Ca, Mg, Na, Fe), cenderung untuk melakukan tekanan keluar untuk berikatan dengan senyawa ion chlorin bebas. Akibatnya dinding sel akan pecah, sisa bahan dalam sitoplasma menekan kedalam sel yang akan menyebabkan pecahnya inti sel dan musnahnya mikroorganisme tersebut.^{48,49}

Gambaran dari pemusnahan sel mikroorganismenya ini bisa dilihat seperti gambar di halaman berikut ini : ⁴⁸⁻⁵⁰

Gambaran dari proses pemusnahan sel mikroorganismenya :



Secara garis besar proses berjalannya Chlorinasi dalam pemusnahan mikroorganismenya bisa diuraikan sebagai berikut : ⁴⁷

- a. Adanya reaksi kimia dan pelepasan ion senyawa chlor dalam air
- b. Terjadinya kerusakan dinding sel mikroorganismenya.
- c. Permeabilitas sel mikroorganismenya terganggu.
- d. Kerusakan molekul protein dan asam nukleat.
- e. Aktivasi enzim terhambat.
- f. Sintesa asam nukleat terhambat.
- g. Sel menjadi pecah dan musnah.

Apabila proses chlorinasi berhasil tepat, maka dengan sisa chlor bebas sebanyak 0,05 mg/l dengan waktu reaksi 10 menit pada pH 7,0 akan mampu memusnahkan bakteri, efek ini seperti reaksi 0,6 mg/l sisa chlor yang tergabung selama 60 menit.⁴⁴

9. Penerapan Metode Kaportisasi

Memperhatikan proses tahapan tersebut serta dengan perhitungan yang tepat, akan didapatkan proses chlorinasi yang efektif di dalam proses desinfeksi. Menurut Depkes RI, dalam program pengawasan kualitas air, disebutkan ada beberapa metode atau teknik yang dipakai dalam proses chlorinasi ini yaitu :³⁵⁻³⁶

- a. Metode Mariotte yaitu dengan botol mariotte.
- b. Metode MOM yaitu dengan bak pengatur/tetes.
- c. Metode Diffuser yaitu dengan tabung saringan pasir.

Sementara itu dengan terbatasnya sistem informasi hingga ke tingkat pedesaan, beberapa teori di atas masih banyak yang kurang mampu dipahami masyarakat karena kemampuan pengetahuan dan tingkat pendidikan yang terbatas, disamping terbatasnya biaya yang diperlukan dari beberapa metode yang akan diterapkan dan mampu dipahami oleh masyarakat secara mudah dan biaya yang diperlukan tentunya bisa terjangkau.

Melihat kenyataan ini dan betapa pentingnya kualitas air itu untuk dijaga dan ditingkatkan serta dimanfaatkan untuk semua lapisan masyarakat tanpa ada perbedaan.²⁵ Di Wilayah Boawae, sebagian besar

masyarakat memanfaatkan air bersih dari sarana perlindungan mata air, dengan sistem pendistribusian belum sampai ke rumah-rumah tapi sebatas sampai bak reservoir atau bak-bak tampung yang dijadikan sarana kran umum dalam memenuhi kebutuhan air bersih di tengah masyarakat.⁹

Bagi masyarakat Boawae sendiri akan sulit ditemukan sarana yang berhubungan dengan air bersih yang dapat distribusi secara langsung. Sebagian besar warga masyarakat harus teratur mengambil air pada kran umum untuk ditampung di rumah masing-masing yang sifatnya sementara karena akan digunakan langsung menurut kebutuhannya seperti untuk air minum, air untuk cuci dan lain-lain.⁵¹

Dalam tahap-tahap distribusi air bersih inilah proses kontaminasi mudah terjadi baik karena proses pencemaran, keterbatasan pengetahuan masyarakat, sarana dan alat-alatnya serta pengelolaan sarana yang belum mendapat perhatian secara serius.⁵¹

Untuk itulah peneliti berasumsi untuk menjaga dan meningkatkan kualitas air bersih secara bakteriologis adalah hal penting untuk memutus mata rantai penularan penyakit yang dibawa melalui air, yaitu dengan cara desinfeksi air. Melalui proses chlorinasi, dengan pilihan salah satu bahan yang mudah di dapat serta dikenal masyarakat adalah kaporit atau $\text{Ca}(\text{OCl})_2$.³⁶ Peneliti menamakan sistem ini adalah kaporitisasi sederhana untuk memudahkan masyarakat dalam memahami, melaksanakan serta memasyarakatkannya bagi kegiatan penyehatan air PMA.

Dalam penelitian ini, metode kaportisasi sederhana yang akan di ujicobakan ada 3 (tiga) metode yang dipakai yaitu :

- 1) Metode Tabung Saringan Tunggal.
- 2) Metode Tabung Saringan Berlapis.
- 3) Metode Tabung Tetes.

Kriteria penerapan masing-masing metode kaportisasi tersebut adalah :

- a) Metode tabung saringan tunggal dipakai pada jaringan pipa distribusi air menuju sarana bak tampung atau bak reservoir yang memiliki volume dan kapasitas debit air yang kurang stabil, seperti adanya faktor pengaturan waktu pendistribusian air pada jaringan perpipaan.
- b) Metode tabung saringan berlapis dipakai pada jaringan pipa distribusi air menuju sarana bak tampung atau bak reservoir yang memiliki volume dan kapasitas debit air cukup stabil.
- c) Metode tabung tetes dipakai pada sarana air bersih dengan memiliki bak tampung atau bak reservoir, dimana kapasitas debit aliran air yang masuk dan yang keluar selalu teratur atau kontinyu.

Untuk aplikasi alat kaportisasi di atas bisa dijelaskan sebagai berikut ini :

- a) Untuk metode tabung saringan tunggal dan saringan berlapis.

Alat akan ditempatkan pada suatu tabung tersendiri. Pada tabung tersebut akan dihubungkan dengan pipa inlet jaringan distribusi air sebelum masuk kedalam bak reservoir air. Tabung kaporit akan menjadi sekat aliran air yang mengalir, sehingga air yang telah

melewati tabung dan akan masuk dalam reservoir sudah kontak dengan bahan kaporit dan telah terdesinfeksi.

b) Untuk metode tabung tetes.

Alat ini berupa tabung yang didalamnya bisa diisi larutan air dan bahan kaporit yang telah dihitung kebutuhan dosisnya. Pada alat tabung ini dilengkapi selang plastik dengan roda ulir yang berfungsi sebagai pengatur tetesan larutan kaporit.

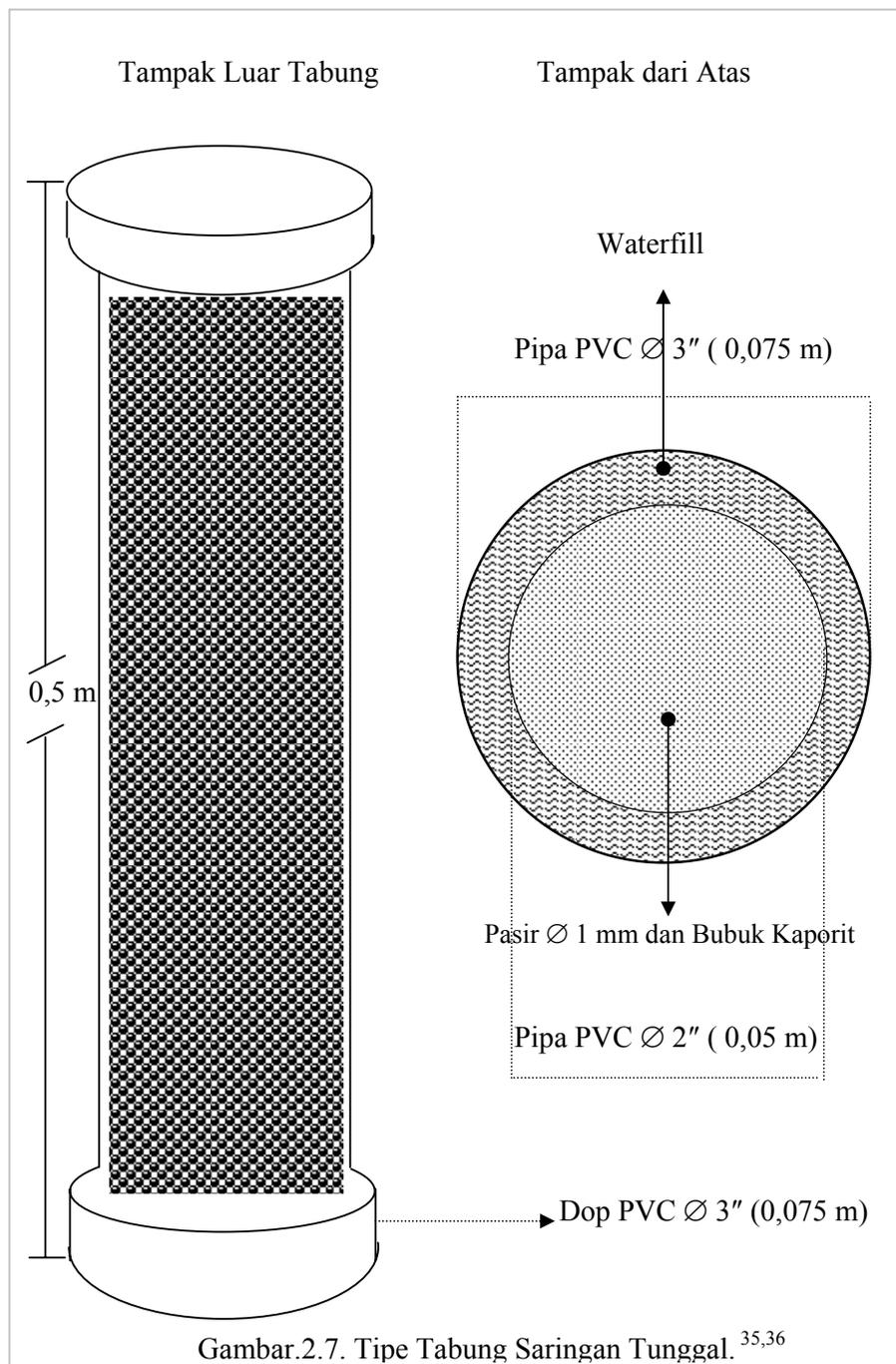
Tetesan larutan kaporit ini akan dikontakkan dengan air yang mengalir pada jaringan pipa inlet distribusi air sebelum masuk pada bak reservoir. Tempat kontak jatuhnya tetesan kaporit ini berupa suatu tabung yang menghubungkan jaringan pipa inlet air sebelum masuk kedalam bak reservoir air. Aliran air dibuat mengalir dari bawah ke atas kemudian masuk kedalam tabung sekat untuk memberikan waktu kontak dengan kaporit. Sehingga air yang keluar sudah terdesinfeksi.

Sedangkan tipe dan model dari masing-masing metode kaporitisasi ini bisa diuraikan sebagai berikut :

(1) Tipe tabung saringan tunggal

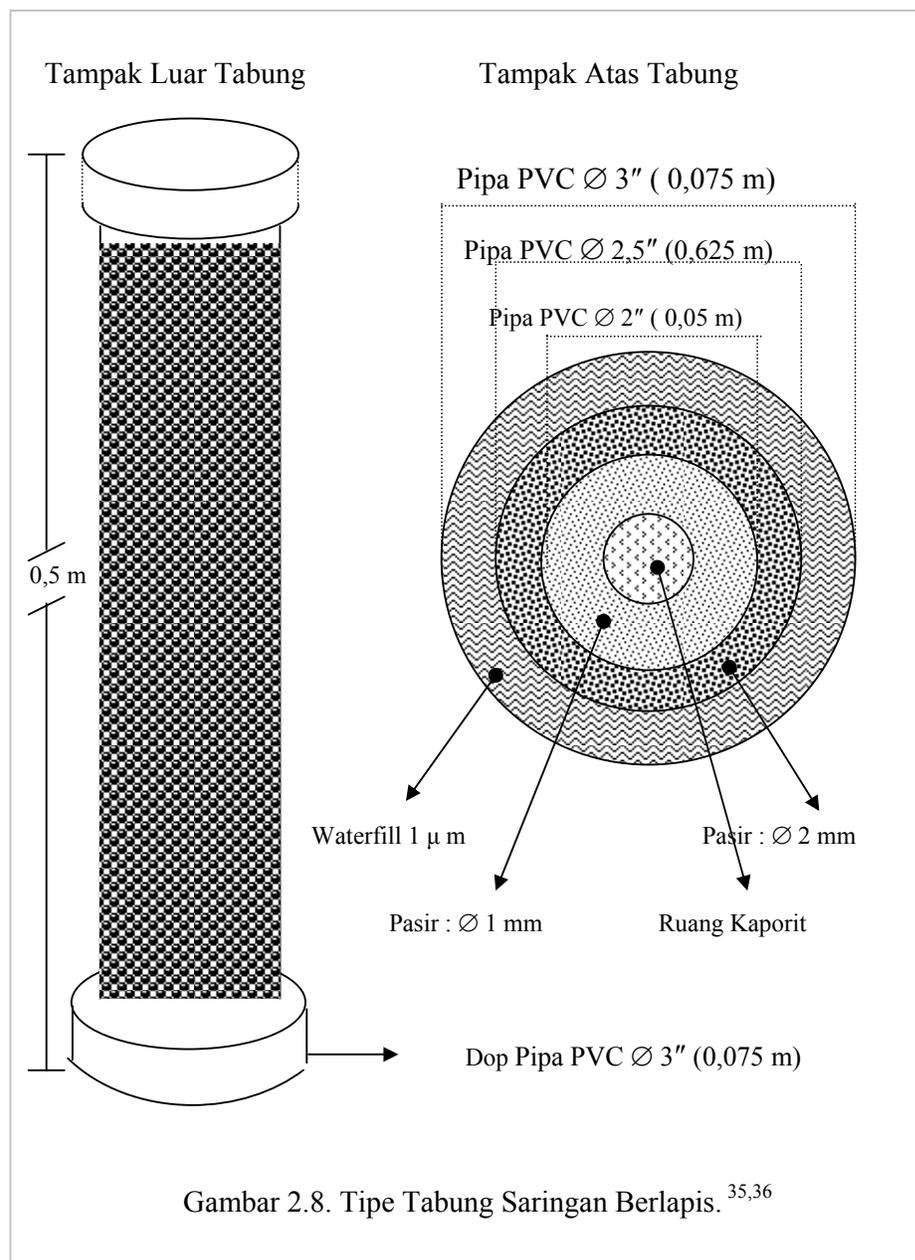
Pada tipe ini bahan penyusun saringan hanya terdiri dari waterfill dan pasir halus. Ukuran pori-pori waterfill berkisar pada 0,1 μ mm dan butiran pasir halus berkisar pada \varnothing (0,5–1) mm. Perbandingan Volume antara bahan waterfill dan pasir halus yaitu 20% waterfill dan 80% pasir halus. Pada tipe ini kemampuan penyaringan ditentukan oleh homogenitas butiran pasir halus. Bahan serbuk

$\text{Ca}(\text{OCl})_2$ 60 % a.c sebagai kaporit akan dicampur dalam pasir halus selanjutnya diselimuti oleh waterfill. Untuk tipe tabung saringan tunggal ini bisa dilihat pada gambar 2.7 di bawah ini :



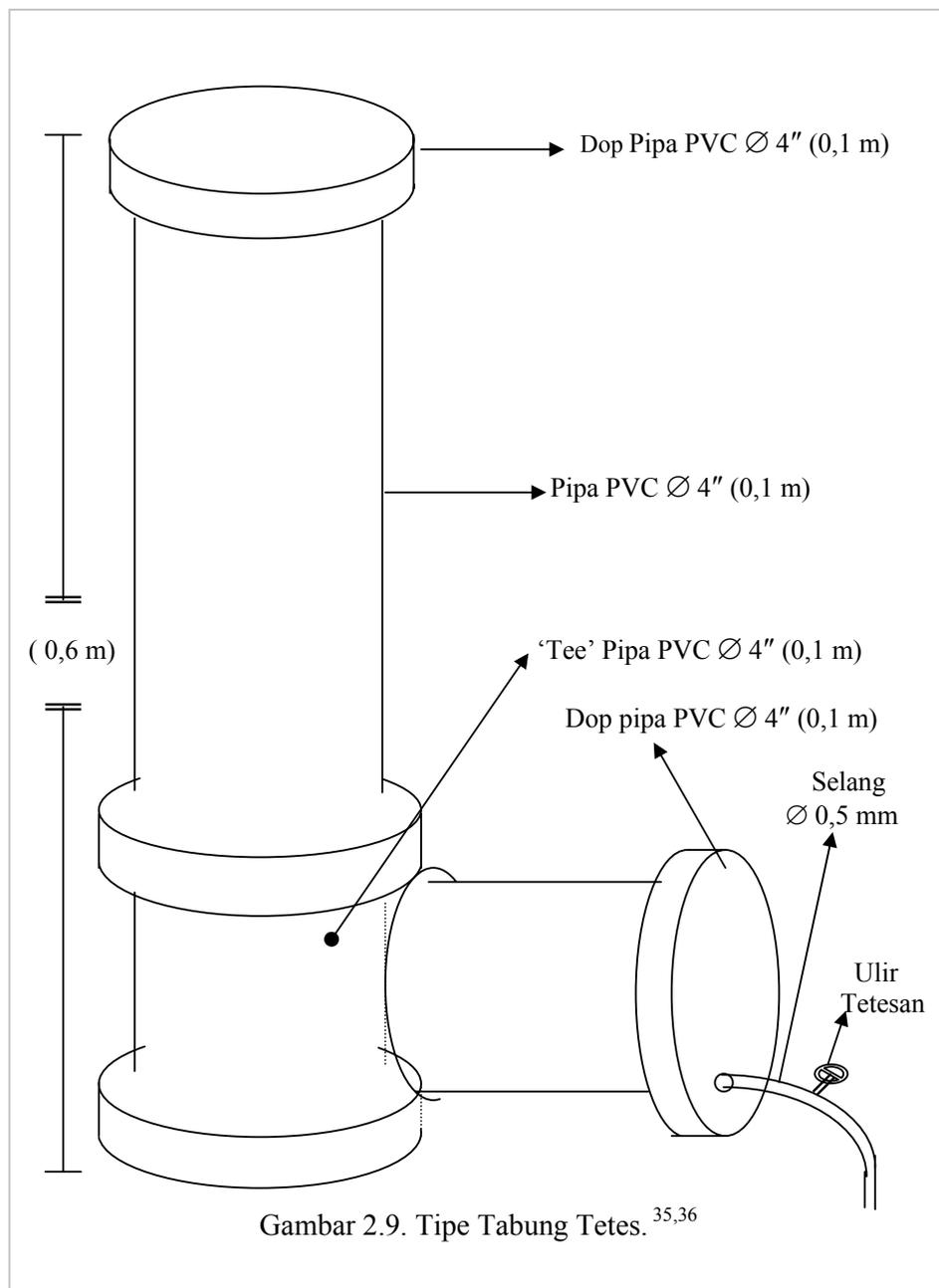
(2) Tipe tabung saringan berlapis

Pada tipe tabung saringan berlapis ini, model sama dengan tabung tunggal, akan tetapi pada lapisan pasir dibuat sistem berlapis tidak dicampur dengan bubuk kaporit secara langsung. Lapisan pasir ada 2 macam (pasir \varnothing 1 mm dan pasir \varnothing 3 mm), keduanya menyelimuti bubuk kaporit, seperti pada gambar 2.8 sebagai berikut :



(3) Tipe tabung tetes.

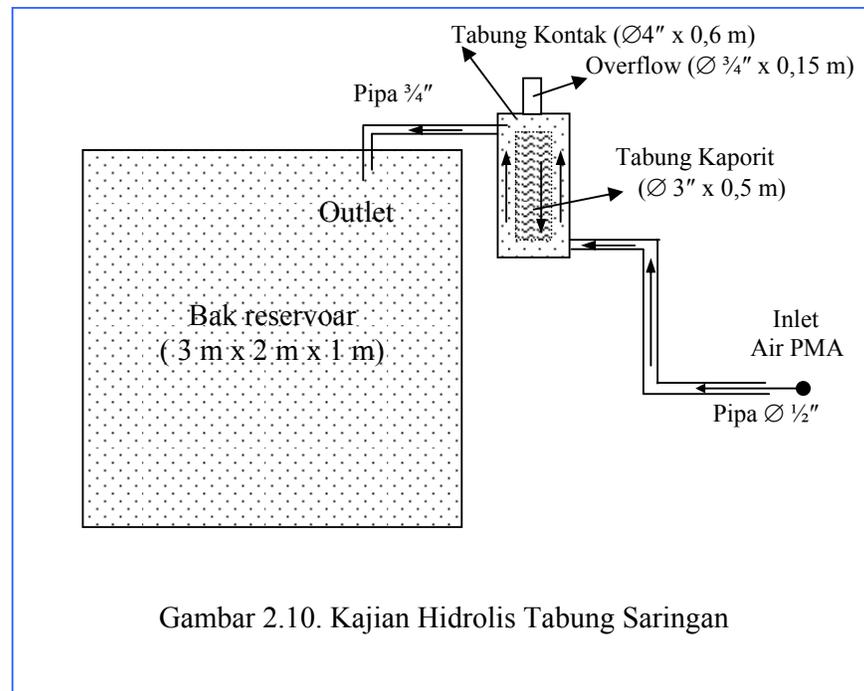
Pada tipe tabung tetes ini, tabung memiliki selang pengatur tetes. Pengatur berbentuk roda ulir, yang berfungsi untuk mengatur tetesan bubuk kaporit yang telah dilarutkan sesuai dengan dosis yang direncanakan. Bisa dilihat dalam gambar 2.9 berikut :



Untuk kajian hidrolisnya bisa digambarkan sebagai berikut :

a) Metode tabung saringan tunggal dan saringan berlapis.

Kajian hidrolis tabung saringan ini seperti pada gambar 2.10 berikut :



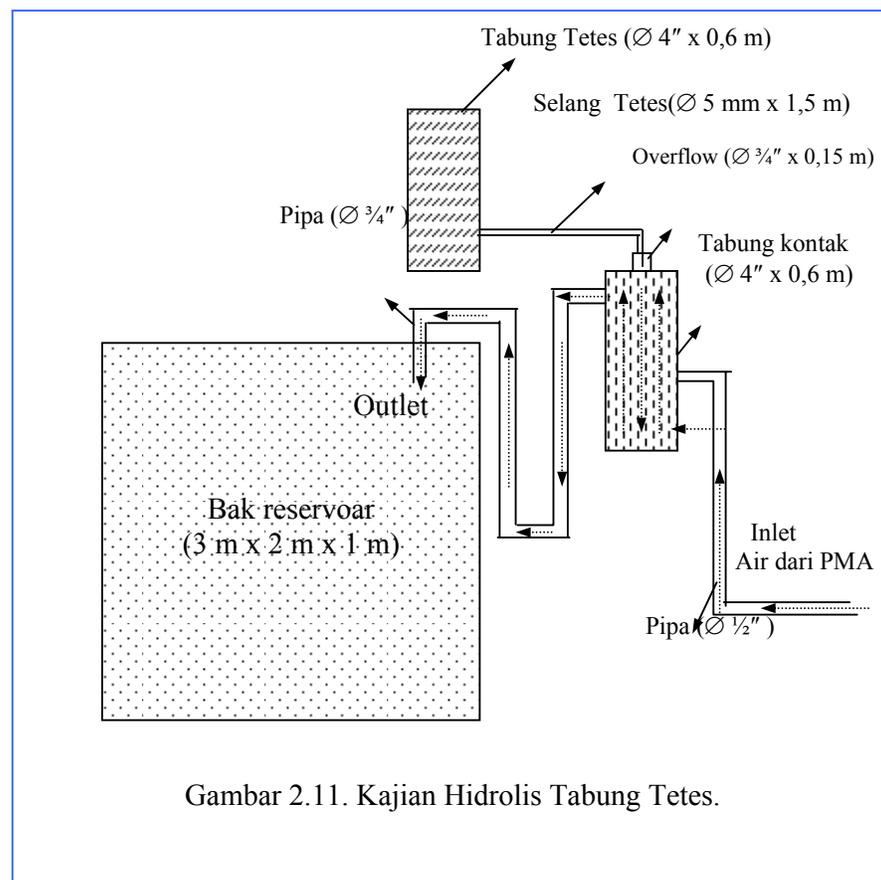
Sesuai gambar di atas, jadi air dari jaringan distribusi PMA dialirkan terlebih dahulu dari bawah pada tabung kontak. Air yang mengalir dan masuk pada tabung kontak tentunya memiliki kecepatan dan tekanan yang akan mempengaruhi tabung saringan kaporit yang ada di dalam tabung kontak tersebut.

Untuk mengurangi pengaruh tersebut bagian atas tabung kontak diberi pipa peluap (overflow), sehingga aliran air akan relatif normal dan memberi waktu kontak dengan tabung saringan kaporit yang ada di dalam tabung kontak tersebut. Air yang keluar dari tabung kontak

diharapkan telah terdesinfeksi dengan bahan kaporit dan mengandung sisa chlor aktif. Sisa chlor ini akan berfungsi sebagai angka pengaman terhadap pencemaran bakteriologis, dalam hal ini adalah *E. Coli*.

b) Metode tabung tetes.

Kajian hidrolis tabung tetes seperti pada gambar 2.11 berikut ini :



Gambar 2.11. Kajian Hidrolis Tabung Tetes.

Sesuai gambar di atas larutan kaporit dalam tabung tetes mengalir pada tabung kontak melalui lubang overflow. Tabung kontak dibuat untuk mengurangi pengaruh kecepatan dan tekanan air yang mengalir dari inlet jaringan distribusi air PMA. Hal ini dimaksudkan untuk memberikan waktu kontak air dengan tetesan larutan kaporit yang lebih

sempurna. Sehingga air yang telah melewati tetesan kaporit telah mengalami kontak dan terjadi proses chlorinasi, dan air yang masuk ke reservoir telah mengandung sisa chlor aktif. Sisa chlor inilah yang akan berfungsi sebagai angka pengaman terhadap pencemaran bakteriologis, dalam hal ini adalah *E. Coli*.

10. Teknis dan Metode Penerapan Kaporitisasi Sederhana.³⁵⁻³⁶

a. Metode tabung saringan Tunggal.

1) Alat :

- Bor listrik
- Gergaji besi
- Mistar atau meteran
- Pensil atau spidol
- Kertas pasir/ampelas
- Pisau / cutter
- Gunting
- Tabung atau gelas ukur 100 ml
- Neraca analitik
- Sendok dan pengaduk

2) Bahan :

- Bubuk kaporit atau $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ 60 % a.c
- Pasir halus \varnothing (0,5 – 1,0) mm yang sudah bersih secukupnya.
- Pipa PVC \varnothing 3" , panjang 0,5 m
- Pipa PVC \varnothing 2" , panjang 0,45 m

- Dop Pipa PVC Ø 3" (2 bh)
- Dop Pipa PVC Ø 2" (2 bh)
- Lem Pipa PVC (1 bh)
- Waterfill (1 m²)
- Tali rafia atau nilon
- Ember plastik

3) Cara Pembuatan:

- Buat tanda dan bagilah titik-titik pada Pipa PVC Ø 3" untuk rencana lubang sebesar 3,5 mm, dengan jarak horizon 3 cm dan vertikal 2 cm.
- Buat tanda dan bagilah titik-titik pada Pipa PVC Ø 2" untuk rencana lubang sebesar 2 mm, dengan jarak horizon 3 cm dan vertikal 5 cm.
- Lakukan pengeboran dengan bor listrik sesuai ukuran yang ditentukan.
- Untuk Pipa PVC Ø 3", kurang lebih sebanyak 180 lubang dengan ukuran lubang Ø 3,5 mm.
- Untuk Pipa PVC Ø 2", kurang lebih sebanyak 50 lubang dengan ukuran lubang Ø 2 mm.

4) Cara Penyusunan tabung:

- Ambil Pipa PVC Ø 3" tadi lalu tutup dengan dop PVC Ø 3 ", dengan lem pipa hingga rapat betul (bag. Bawah saja)

- Lalu ambil pula Pipa PVC Ø 2" tadi lalu tutup dengan dop Pipa PVC Ø 2", dengan lem PVC pula sampai rapat (bag.bawah saja)
- Ambil dan gunting waterfill sesuai ukuran pipa Ø 2", dan ukur dengan cara membungkusnya sehingga menutupi pipa Ø 2" tersebut .
- Lakukan pembungkusan dengan waterfill pada pipa Ø 2", diikat dengan tali rafia secukupnya.
- Ambil pipa Ø 3", masukkan waterfill beberapa lapis untuk menahan pipa yang akan masuk di bagian bawah dalamnya.
- Masukkan pipa Ø 2", yang sudah dibungkus dengan waterfill ke dalam pipa Ø 3".
- Pada bagian dalam pipa Ø 2", ada rongga kosong, ini tempat campuran pasir dan kaporit yang akan dipakai nantinya
- Sebelum mencampur kaporit dengan pasir, dan memasukkan kaporit pada pipa Ø 2", hitung kebutuhan kaporit sesuai dengan takaran dan kadar yang diperlukan untuk desinfeksi.
- Lakukan penutupan pada tabung pipa Ø 2", dengan ditutup biasa dari waterfill.
- Buat tali pada sisi kiri kanan tabung luar pipa Ø 3", lalu lakukan penutupan yang bisa dibuka kembali saat dibutuhkan.
- Tabung Saringan Tunggal siap digunakan.

5) Cara perhitungan bahan kaporit :

Untuk petunjuk perhitungan kebutuhan bubuk kaporit atau $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ 60 % pada tabung saringan tunggal ini bisa dijabarkan sebagai berikut :

- Rumus perhitungan : (Debit air 24 jam x $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ yang diharapkan x faktor perlambatan pasir dalam saringan x konsentrasi aktif chlorin $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ x waktu yang diinginkan).
- Misal debit air : 1 Lt/det, maka jumlah total volume air selama 24 jam adalah : 1 Lt/det x 24 jam x 60 menit x 60 detik = 86.400 lt/hari.
- Misal direncanakan kebutuhan $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ berupa residu bebas dalam air nanti adalah 1 mg/lt maka kebutuhan $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ adalah : 86.400 lt/hari x 1 mg/lt = 86.400 mg/hari = 86,4 gr/hari.
- Karena dipengaruhi faktor perlambatan pasir dalam saringan maka harus dikalikan dengan hasil kali :

$$\left\{ \frac{\text{Ø Pasir halus x Ø Lubang saringan}}{\text{Jarak antar lubang}} \right\} = \left\{ \frac{1 \times 3}{30} \right\} \text{ ---- Rumus 2.8}$$

= 0,1 sebagai faktor perlambatan saringan.

- Karena $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ yang dipakai dengan konsentrasi aktif 60 % maka kabutuhan dikali dengan 100/60.
- Apabila diinginkan untuk waktu kontak 10 hari, maka angka kebutuhan harus dikali 10 hari.

Jadi untuk kebutuhan $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ 60 % untuk satu tabung saringan tunggal untuk waktu kontak 10 hari adalah :

$$86,4 \text{ gr} \times 0,1 \times 100/60 \times 10 \text{ hari} = 144 \text{ gr } \text{Ca}(\text{OCl})_2 \text{ 60 \%}.$$

6) Cara perawatan :

- Apabila kadar kaporit sudah habis, tabung saringan sebaiknya diangkat lalu dibersihkan dan dijemur sampai kering dulu.
- Kemudian disusun kembali dan tambahkan pasir bila kurang.
- Tabung siap diisi kaporit dan digunakan kembali.

b. Metode Tabung Saringan Berlapis.

1) Alat :

- Bor listrik
- Mistar/meteran
- Pensil atau spidol
- Kertas pasir/ampelas
- Pisau / cutter
- Gunting
- Tabung atau gelas ukur 100 ml
- Neraca analitik
- Sendok dan pengaduk

2) Bahan :

- Bubuk kaporit atau $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ 60 % a.c
- Pipa PVC \varnothing 3" , panjang 0,5 m
- Pipa PVC \varnothing 2,5" , panjang 0,45 m

- Pipa PVC Ø 2" , panjang 0,40 m
- Pipa PVC Ø 1" , panjang 0,35 m
- Dop Pipa PVC Ø 3" (2 bh)
- Dop Pipa PVC Ø 2,5" (2 bh)
- Dop Pipa PVC Ø 2" (2 bh)
- Dop Pipa PVC Ø 1" (2 bh)
- Lem Pipa PVC (1 Bh)
- Waterfill (1 lmbar)
- Pasir halus Ø (0,5 – 1) mm
- Pasir kasar Ø (1,5 – 3,0) mm
- Carbon aktif Ø (3 – 5) mm
- Tali rafia atau nilon
- Lidi dari bambu
- Ember plastik

3) Cara Pembuatan:

- Buat tanda dan bagilah titik-titik pada Pipa PVC Ø 3" untuk tempat pasir kasar (1,5 – 3,0) mm. Buat rencana lubang sebesar 3,5 mm, dengan jarak horizon 3 cm dan vertikal 2 cm.
- Buat tanda dan bagilah titik-titik pada Pipa PVC Ø 2,5" untuk rencana lubang sebesar 2 mm, dengan jarak horizon 3 cm dan vertikal 3 cm.

- Buat tanda dan bagilah titik-titik pada Pipa PVC Ø 2" untuk rencana lubang sebesar 2 mm, dengan jarak horizon 3 cm dan vertikal 5 cm.
- Buat tanda dan bagilah titik-titik pada Pipa PVC Ø 1" untuk rencana lubang sebesar 2 mm, sebanyak 4 lubang bersilangan.
- Lakukan pengeboran dengan bor listrik sesuai ukuran yang ditentukan.
- Untuk Pipa PVC Ø 3", kurang lebih sebanyak 180 lubang, dengan ukuran lubang Ø 3,5 mm.
- Untuk Pipa PVC Ø 2,5", kurang lebih sebanyak 120 lubang, dengan ukuran lubang Ø 2,5 mm.
- Untuk Pipa PVC Ø 2", kurang lebih sebanyak 50 lubang, dengan ukuran lubang Ø 2 mm.
- Dan Pipa PVC Ø 1", sebanyak 4 lubang saja, dengan ukuran lubang Ø 2 mm.

4) Cara Penyusunan tabung:

- Ambil Pipa PVC Ø 3" tadi lalu tutup dengan dop PVC Ø 3", dengan lem pipa hingga rapat betul (bag. Bawah saja)
- Ambil Pipa PVC Ø 2,5", lalu tutup dengan dop PVC Ø 2,5", dengan lem pipa hingga rapat betul (bag. Bawah saja)
- Lalu ambil pula Pipa PVC Ø 2" tadi lalu tutup dengan dop Pipa PVC Ø 2", dengan lem PVC pula sampai rapat (bag.bawah saja)

- Juga ambil Pipa PVC $\varnothing 1''$, tadi lalu tutup dengan dop pipa PVC $\varnothing 1''$, dengan lem PVC sampai rapat (bag.bawah saja)
- Ambil dan gunting waterfill sesuai ukuran pipa $\varnothing 2,5''$, dan ukur dengan cara membungkusnya sehingga menutupi pipa $\varnothing 2,5''$ tersebut .
- Coba masukkan pipa $\varnothing 2''$, pada pipa $\varnothing 2,5''$, lalu masukkan pula, pipa $\varnothing 1''$, pada pipa $\varnothing 2''$, lalu buat lubang untuk batang lidi penyangga antar pipa sebesar 4 mm, tepat di tengah diameter ketiga pipa tersebut, lalu lakukan pengeboran dan lidi bisa dipasang tegak lurus menembus pada ketiga pipa.
- Lakukan pembungkusan dengan waterfill pada pipa $\varnothing 2,5''$, diikat dengan tali rafia secukupnya.
- Ambil pipa $\varnothing 3''$, masukkan waterfill beberapa lapis untuk menahan pipa yang akan masuk di dalamnya.
- Masukkan pipa $\varnothing 2,5''$, yang berisi pipa $\varnothing 2''$ dan pipa $\varnothing 1''$, dan sudah dibungkus dengan waterfill ke dalam pipa $\varnothing 3''$.
- Pada batas antara pipa $\varnothing 2,5''$, dan pipa $\varnothing 2''$, ada rongga kosong, isikan pada rongga ini dengan karbon aktif yang bersih dan secara perlahan agar bisa menyelimuti dengan rata dan padat.
- Pada batas antara pipa $\varnothing 2''$, dan pipa $\varnothing 1''$, ada rongga kosong, isikan pada rongga ini dengan pasir halus yang bersih dan secara perlahan agar bisa menyelimuti dengan rata.

- Pada pipa $\varnothing 1''$, isi dengan kaporit sesuai dengan takaran dan kadar yang diperlukan untuk desinfeksi.
- Lakukan penutupan pada tabung pipa $\varnothing 1''$, dengan ditutup biasa tanpa dilem agar sewaktu-waktu bisa dibuka lagi.
- Tutup juga pipa $\varnothing 2''$ dan pipa $\varnothing 2,5''$, dengan ditutup biasa juga agar bisa dibuka lagi.
- Buat tali pada sisi kiri kanan tabung yang luar, lalu lakukan penutupan terakhir pada dop luar pipa $\varnothing 3''$.
- Tabung Saringan berlapis siap digunakan.

5) Cara perhitungan bahan kaporit :

Untuk petunjuk perhitungan kebutuhan bubuk kaporit atau $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ 60 % pada tabung saringan berlapis ini bisa dijabarkan sebagai berikut :

- Rumus perhitungan : Debit air 24 jam x $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ yang diharapkan x faktor perlambatan pasir dalam saringan x konsentrasi aktif chlorin $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ x waktu yang diinginkan.
- Misal debit air : 1 lt/det, maka jumlah total volume air selama 24 jam adalah : 1 lt/det x 24 jam x 60 menit x 60 detik = 86.400 lt/hari.
- Misal direncanakan kebutuhan $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ berupa residu bebas dalam air nanti adalah 1 mg/lt maka kebutuhan $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ adalah 86.400 lt/hari x 1 mg/lt = 86.400 mg/hari = 86,4 gr/hari.

- Karena dipengaruhi faktor perlambatan pasir dalam saringan maka harus dikalikan dengan hasil kali sebagai berikut :

$$\left\{ \frac{\emptyset \text{ Psr halus} \times \emptyset \text{ Lub.saringan 1}}{\text{Jarak Lub.Saringan 1}} \right\} \times \left\{ \frac{\emptyset \text{ Psr kasar} \times \emptyset \text{ Lub.saringan 2}}{\text{Jarak Lub. Saringan 2}} \right\}$$

$$= \left\{ \frac{1 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}}{20 \text{ mm}} \right\} \times \left\{ \frac{3 \text{ mm} \times 3,5 \text{ mm}}{25 \text{ mm}} \right\} \quad \dots \rightarrow \text{Rumus 2.9}$$

= 0,042 sebagai faktor perlambatan saringan berlapis.

- Karena $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ yang dipakai dengan konsentrasi aktif 60 % maka kebutuhan dikali dengan 100/60.
- Dan apabila diinginkan untuk waktu kontak 10 hari, maka angka kebutuhan dikali 10 hari.

Jadi untuk kebutuhan $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ 60 % untuk satu tabung saringan berlapis untuk waktu kontak selama 10 hari adalah :

$$86,4 \text{ gr} \times 0,042 \times 100/60 \times 10 \text{ hari} = 60,48 \text{ gr } \text{Ca}(\text{OCl})_2 \text{ 60 \%}.$$

6) Cara perawatan :

- Apabila kadar kaporit sudah habis, tabung saringan sebaiknya diangkat lalu dibersihkan dan dijemur sampai kering dulu.
- Kemudian disusun kembali dan tambahkan pasir serta karbon aktif, bila kurang.
- Tabung siap diisi kaporit dan bisa dipergunakan kembali.

c. Metode Tabung Tetes.

1) Alat :

- Gergaji besi dan Bor listrik
- Mistar/meteran
- Kertas pasir/ampelas
- Pisau / cutter serta Gunting
- Tabung atau gelas ukur 100 ml
- Neraca analitik
- Ember plastik
- Sendok dan pengaduk
- Alat tulis dan kalkulator

2) Bahan :

- Bubuk kaporit atau $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ 60 % a.c
- Pipa PVC \varnothing 4" , panjang 0,40 m (1 buah)
- Pipa PVC \varnothing 4" , panjang 0,10 m (2 buah)
- Dop Pipa PVC \varnothing 4" , (3 bh)
- Tee Pipa PVC \varnothing 4" (1 bh)
- Lem Pipa PVC (1 bh)
- Waterfill (1 lmbar)
- Watermuur, penyambung selang dan dop, (1 set)
- Selang penyambung secukupnya
- Selang pengatur aliran / tetesan (1 set)
- Tali rafia atau nilon

3) Cara Pembuatan :

- Ambil Pipa PVC \varnothing 4", lalu ukur sampai batas 0,40 m, dan potonglah dengan gergaji besi, dan cukup buat satu potong saja.
- Lanjutkan ukur lagi pada pipa PVC \varnothing 4", dengan ukuran 0,10 m dan potonglah dengan gergaji besi, dan buat 2 bh potongan.
- Ambil salah satu Dop PVC \varnothing 4", lalu lakukan pengeboran pada bagian sisi Dop dan agak ke tepi garis pinggir dop, buat pengeboran dengan lubang 8 mm.
- Lalu siapkan Tee PVC \varnothing 4", kertas pasir/ampelas, selang penyambung, selang dengan roda ulir sebagai pengatur tetesan serta watermuur penyambung selang (diambil dari tabung fentil ban yang sudah tidak dipakai).
- Siapkan pula lem PVC, lalu bersihkan semua bahan pipa yang akan disusun dan disambung dengan kertas pasir.

4) Cara Penyusunan :

- Ambil Tee PVC \varnothing 4", lalu sambung dengan pipa PVC \varnothing 4" ukuran 0,40 m secara vertikal/ berdiri di atas tee, dengan lem PVC hingga rapat dan kuat.
- Ambil 2 buah pipa PVC \varnothing 4" yang ukuran 0,10 m, lakukan penyambungan pada 2 bh Dop PVC \varnothing 4", salah satunya dengan dop yang sudah dibuat lubang untuk watermuur dan selang pengatur.

- Lakukan penyambungan dengan lem PVC hingga rapat dan kuat, dan biarkan kering terlebih dahulu.
- Ambil watermuur (tabung fentil), lalu pasang pada sambungan Dop PVC Ø 4", yang sudah ada lubangnya, pasang hingga rapat dan kuat agar tidak ada kemungkinan bocor.
- Ambil Dop PVC Ø 4" yang sudah disambung dengan PVC Ø 4" ukuran 0,10 m tadi, lalu sambung kan dengan Tee PVC Ø 4" bagian bawah vertikal tabung dengan lem hingga rapat dan kuat dan biarkan kering dahulu.
- Pada dop PVC Ø 4", yang ada sambungan watermuur, masukkan beberapa lapis waterfill sebagai penyaring larutan nantinya.
- Lakukan penyambungan dop PVC Ø 4" yang sudah dilengkapi watermuur dan waterfill pada Tee PVC Ø 4" yang ada disisi tabung vertikal, dengan lem PVC sampai kuat dan merata, dan biarkan kering dahulu.
- Selanjutnya pasang selang penyambung pada tabung watermuur yang ada pada dop PVC Ø 4" tadi.
- Pasang atau sambung pula selang roda ulir sebagai pengatur tetesan dengan selang penyambung tadi, gunakan lem bila diperlukan.

- Pasangkan tutup tabung vertikal bagian atas dengan 1 bh dop PVC Ø 4" yang belum dipakai pada mulut Pipa PVC Ø 4", panjang 0,40 m tadi, dan tidak di lem, agar bisa dibuka kembali.
- Tabung siap digunakan, dan tinggal memasukkan cairan chlor yang sudah dihitung angka kebutuhan sisa chlor aktifnya.
- Lakukan pengaturan tetesan dengan mengatur ulir roda pada selang pengatur tetesan.

5) Cara Perhitungan bahan kaporit :

Untuk petunjuk perhitungan kebutuhan bubuk $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ 60 % pada tabung tetes ini adalah bisa dijabarkan sebagai berikut :

- Rumus perhitungan : Debit air 24 jam x $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ yang diharapkan x faktor kecepatan tetes ($1/20$)ml x faktor gaya gravitasi ($1/9,8 \text{ m/det}^2$) x konsentrasi aktif $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ x lama waktu yang dikehendaki.
- Misal direncanakan kebutuhan $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ 60 % dibuat 1 mg/lt maka jumlah total volume air selama 24 jam adalah : $1 \text{ lt/det} \times 24 \text{ jam} \times 60 \text{ menit} \times 60 \text{ det} = 86.400 \text{ lt/hari}$.
- Misal direncanakan kebutuhan $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ 60 % dibuat 1 mg/lt maka kebutuhan $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ adalah :

$$86.400 \text{ lt/hari} \times 1 \text{ mg/lt} \times (1/20) \times (1/9,8) \times (100/60) = 734,69 \text{ mg/hari} = 0,735 \text{ gr/hari}$$
- Untuk waktu kontak 10 hari = $0,735 \text{ gr/hari} \times 10 \text{ hari} = 7,35 \text{ gr}$.

Jika kebutuhan kaporit telah diketahui untuk setiap harinya maka tinggal merencanakan konsentrasinya, bila didapatkan data seperti di atas, maka konsentrasi bisa direncanakan sebagai berikut :

- Untuk menjaga larutan kaporit agar tidak terlalu pekat maka sebaiknya tabung tetes cukup diisi kaporit antara 5000 mg sampai 10.000 mg untuk disesuaikan dengan interval tetes pada tabung 3500 ml tersebut.
- Untuk pengaturan pipet tetes, perlu dicatat volume larutan yang dimasukkan pada tabung 3500 ml dan 1 (satu) tetes setara dengan 1/20 ml, jadi jumlah tetesan untuk menghabiskan volume larutan kaporit adalah :

$$\text{Volume ml} / (1/20) \text{ ml} = \text{xy. Tetes} \quad \text{.....} \rightarrow \text{Rumus 2.10}$$

- Untuk menentukan jumlah tetesan setiap harinya, perlu direncanakan jumlah hari untuk menghabiskan xy. tetes tersebut, misal Volume larutan kaporit sebanyak 2000 ml, direncanakan habis dalam 10 hari maka jumlah tetesan setiap harinya akan didapat : $40.000 \text{ tetes} / 10 \text{ hari} = 4000 \text{ tetes/hari}$.
- 1 hari = 24 jam x 60 menit = 1.440 menit, maka untuk jumlah tetesan setiap harinya dari 4000 tetesan adalah $4.000 \text{ tetes} / 1.440 \text{ menit} = 2,77 = 3 \text{ tetes/menit}$, 1 tetes memerlukan waktu 20 detik.
- Untuk konsentrasi kaporit dalam tabung selama 10 hari harus disesuaikan dengan kebutuhannya, bila dalam 1 hari diperlukan

0,735 gr maka untuk kebutuhan bubuk kaporit selama 10 hari didapat : $0,735 \text{ gr/hari} \times 10 \text{ hari} = 7,35 \text{ gram kaporit } 60 \%$.

- Jika berada pada kondisi di lapangan maka kita bisa memakai ukuran penyetaraan, dimana 0,2 gram bubuk kaporit setara dengan $\frac{3}{4}$ sendok makan bubuk kaporit. Jadi kebutuhan kaporit selama 10 hari dengan takaran sendok adalah $7,35 \text{ gr} / 0,2 \text{ gr} \times \frac{3}{4} \text{ Sendok} = 27,56 \text{ sendok}$ dibulatkan jadi 28 sendok kaporit 60 %.

6) Cara Perawatan :

- Apabila selang tidak keluar tetesannya, dicek jangan sampai ada penyumbatan pada selang atau pada tabung fentil watermuur.
- Sebaiknya tempatkan tabung tetes pada tempat yang teduh untuk mengurangi pengaruh pemanasan pada tabung tetes tersebut.
- Apabila tabung terlihat berkerak, sebaiknya dilakukan pencucian dan pembersihan, bilas berulang kali, lalu jemur hingga kering.
- Tabung bisa digunakan kembali.

B. Hasil Penelitian yang Relevan

Hasil penelitian yang bisa dijadikan acuan atau pembandingan dalam kajian penelitian masalah chlorinasi ini adalah sebagai berikut :

1. Studi penelitian masalah chlorinasi :

- a. Baumann (1962) penelitian tentang Hubungan antara Sisa Chlor Bebas dan kondisi pH pada proses chlorinasi air.⁵²

Dalam penelitian Baumann, didapat kesimpulan bahwa sisa Chlor akan efektif pada pH antara 5 – 7 , dimana senyawa HOCl^- yang sangat kuat

sebagai desinfektan. Efektifitas chlor akan menurun bila terjadi penyimpangan pH, dan konsentrasi chlor akan lebih banyak diperlukan apabila ingin didapatkan desinfeksi lebih kuat dalam kondisi pH yang tinggi. Baumann merekomendasikan, sisa chlor bebas kisaran (0,2– 0,6) ppm sudah sangat efektif dalam membunuh bakteri pathogen dan virus lainnya. Dengan waktu kontak 5 –10 menit dalam kisaran pH 7,0 – 8,5.

- b. Les, EP (1968) Effect of acidified chlorinated water on reproduction C3H/HeJ and C57BL/6J. (Lab. Experimental).⁵³

Les melakukan studi efek chlorinasi dalam kondisi asam dengan pH 2,5 dan dosis yang digunakan adalah 10 ppm, selama periode 6 bulan pada pengolahan air. Residu chlor sebagai (C3H/HeJ and C57BL/6J) terdapat dalam air. Dari hasil pengamatan tidak ditemukan indikasi yang merugikan pada pengguna air (indicated no detrimental effect). Selanjutnya Les merekomendasikan, bahwa dalam sistem pengolahan air tertentu, tidak boleh dilakukan chlorinasi dalam kondisi pH di bawah pH 5. Pada kondisi tersebut chlor akan terlarut sebagai gas Cl₂ dalam air yang akan menyebabkan gangguan pada sistem pengolahan air tersebut.

- c. Homberger, F.R, Z.Pataki, and P.E. Thomann (1993) Control of Pseudomonas aeruginosa infection in mice by chlorine treatment of drinking water. (Lab. Experimental).⁵⁴

Dalam eksperimen Homberger et.al, berupaya meminimalkan dosis yang dipakai dalam mengontrol bakteri pseudomonas aeruginosa yang

diinfeksi pada tubuh binatang uji. Dengan metode alat pemberian di dalam botol minum yang diujikan pada binatang uji, hasilnya cukup bagus. Bahwa hanya diperlukan dosis chlor kurang dari 2 ppm untuk mengendalikan *Pseudomonas aeruginosa*.

- d. Penelitian Cantor et.al, 1987, Study that associated bladder cancer with chlorinated surface water versus nonchlorinated groundwaters in the United States.⁵⁵

Dengan studi case control yang diterapkan, Cantor menyatakan bagaimanapun juga penelitian masalah chlorinasi yang sudah dilakukan oleh para peneliti lain (baik dosis dan dampaknya) adalah “*sangat dangkal*” apabila digunakan untuk menilai kualitas air secara umum.

Dalam hal ini Cantor berpendapat sebagai berikut :

- 1) Adanya sisa chlor dalam air, tidak bisa mengeneralisir parameter keseluruhan kualitas air itu sendiri.
- 2) Sisa chlor bukan satu-satunya variabel penentu dalam mutu kualitas air.

- e. Edstrom Industries (1996)

Survey study of animal facilities, a range of chlorine concentration met microbial quality goals. (Lab.Experimental).⁵⁶

Penelitian ini dilakukan oleh asosiasi industri pengelola air minum di Amerika. Dengan metode survey dan eksperimen pada beberapa bakteri yang uji dengan dosis pemberian chlor yang berbeda. Hasil akhir dari eksperimen yang dilakukan Edstrom Industries menyatakan bahwa

untuk mengendalikan kualitas bakteriologis air diperlukan dosis chlor antara (0,15 – 3,0) ppm.

2. Studi penelitian dampak chlorinasi bagi kesehatan :

- a. Fidler, I.J (1977) Depression of macrophages in mice drinking hyperchlorinated water. (Lab. Experimental).²⁷

Dalam studi epidemiologinya, Fidler memberikan perlakuan pada tikus melalui air minum yang dikondisikan dengan kandungan chlor pada dosis tertentu. Dari hasil penelitiannya didapat kesimpulan, pada level dosis chlor 25-30 ppm ada gejala negatif pada tikus, namun gejala negatif tidak ditemukan pada dosis 12 - 16 ppm.

- b. Hermann,L.M., W.J.White, and C.M. Lang (1982) Prolonged exposure to acid, chlorine, or tetracycline in drinking water : Effect on delayed type hypersensitivity, hemagglutination titers, and reticulo-endothelial clearance rates in mice. (Lab. Experimental).⁵⁸

Penelitian epidemiologi Hermann et.al, memberikan perlakuan pada tikus melalui air minum yang dikondisikan dengan dosis chlor sebesar 30 ppm dan diamati dalam beberapa waktu.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui dampak kronis yang dapat mempengaruhi atau menyebabkan gangguan sistem syaraf bahkan pada tingkat kemandulan pada tikus. Dan kesimpulan akhir penelitiannya menyatakan bahwa tidak ada dampak yang signifikan selama observasi.

- c. Bull, R.J.and F.C. Kopfler (1991) Health effect of Disinfectants and Disinfection by Products. AWWA Research Foundation and American Water Works Assosiation.⁵⁹

Dalam penelitian ini Bull,et.al berusaha mereview kembali dan mengklarifikasi beberapa penelitian tentang dampak penggunaan chlor pada chlorinasi pada air, antara lain :

- 1) Pada penelitian yang dilakukan oleh (Drukrey, 1968; Furukawa et.al, 1980; Hasegawa et.al, 1986; Kurokawa et.al, 1986b).⁶⁰

Dari hasil penelitian pada binatang percobaan (tikus) yang diberikan dosis sebesar 250 mg/l, ternyata lolos dari pengamatan dan tidak ditemukan gangguan secara toksikologi.

- 2) Penelitian yang dilakukan oleh NTP (National Toxicology Program) 1988, pada binatang uji yang sama didapat hasil bahwa ada indikasi depresi berat dengan dosis chlor yang tinggi, namun hubungan ini sebatas pada hasil pengamatan yang menunjukkan rasa keengganan binatang uji dalam mengkonsumsi air chlorinasi dosis tinggi tersebut.

- 3) Note an Association (NAS), 1987, Drinking Water and Health Journal,US. Dalam laporannya menuliskan bahwa beberapa penelitian epidemiologi menyatakan ada resiko kanker pada penggunaan chlor pada air.⁶¹

C. Kerangka Teori

Dalam pemanfaatan air bersih sebagai air minum harus memenuhi syarat-syarat antara lain memenuhi syarat bakteriologis, hal ini sehubungan air minum merupakan media pembawa penyakit terutama yang ditularkan oleh bakteri atau kuman. Kita menyadari bahwa air merupakan lingkungan yang mudah tercemar, dan bahan pencemar tersebut tidak terkecuali benda-benda tinja dan zat-zat organik. Sumber air yang mengandung bakteri coliform diklasifikasikan sebagai air yang kualitasnya rendah. Hal ini disebabkan oleh pernyataan bahwa adanya bakteri coliform di dalam air atau bahan lain, berarti air mengandung bakteri patogen yang berasal dari usus dan keluar bersama-sama dengan tinja, baik oleh manusia maupun hewan.⁴¹

Dalam sumber air tidak hanya terdapat coliform akan tetapi banyak organisme lain yang ada di dalamnya, termasuk zat-zat organik. Organisme yang terlarut kedalam air ada yang dapat beradaptasi dengan berbagai zat organik akan terus hidup pada lingkungan air, akan tetapi bagi organisme di dalam air yang tidak dapat melangsungkan kehidupannya dan segera mati, hal ini tentunya akan mencemari air PMA. Selanjutnya akan mempengaruhi tingkat kualitas air secara bakteriologis, karena dengan adanya pertumbuhan organisme patogen dalam air akan dimungkinkan timbulnya bakteri *E. Coli*. Kualitas air akan menurun, karena secara alami kandungan senyawa zat peroksida dalam air terhadap organisme patogen sangat kecil sekali. Dari sinilah diperlukan suatu zat atau senyawa peroksida untuk mengikat senyawa

organik dan membunuh organisme pathogen dalam menjaga kualitas air bersih.^{24,46}

Untuk mengetahui kualitas air secara bakteriologis, air dari suatu sumber harus diuji, sedangkan sebagian besar organisme didalam air tidak semua dapat ditumbuhkan pada media uji laboratorium. Satu hal yang sangat menguntungkan yaitu bahwa dalam pemeriksaan air, tidak perlu semua organisme dalam air itu harus diuji, organisme yang harus diuji dan diketahui adalah yang merupakan sebagian besar faktor penentu dari kualitas air yaitu bakteri *E.Coli* sebagai indikator adanya coliform tinja.⁴⁶⁻⁴⁷

Dalam sistem distribusi jaringan air minum di tengah masyarakat, sebagian besar pada tahap-tahap distribusi air inilah proses kontaminasi mudah terjadi, bisa karena keterbatasan pengetahuan masyarakat, sarana dan alat-alatnya serta pengelolaan sarana yang belum mendapat perhatian secara serius (lingkungan dan sumber pencemar bagi PMA).

Dalam menjaga dan meningkatkan kualitas air sebagai air minum secara bakteriologis adalah hal penting untuk mendapatkan ***“sisa chlor yang tepat, aman, dan angka kuman rendah di dalam air”***, yaitu dengan cara desinfeksi air dengan proses chlorinasi.³⁵

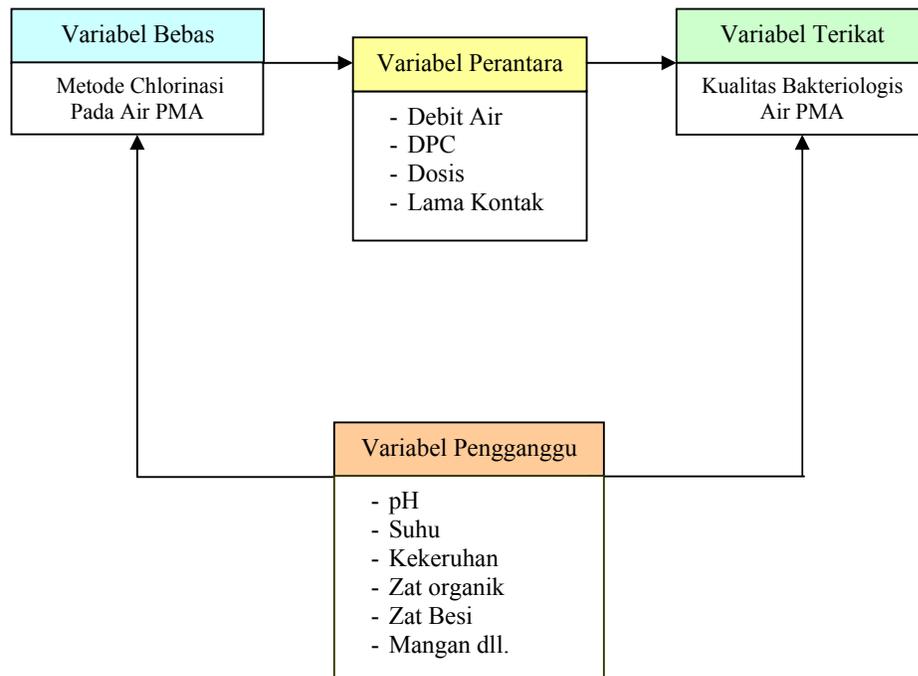
Selanjutnya untuk memperjelas alur kerangka teori ini peneliti menggambarkannya dalam bagan alur, pada ***“ Kerangka Teori ”*** seperti pada gambar. 2.12 di halaman berikut:

BAB III
METODE PENELITIAN

A. Kerangka Konsep & Hipotesis

1. Kerangka Konsep Pemikiran

Di dalam kerangka konsep penelitian ini, alur proses dan seberapa besar faktor-faktor variabel pengganggu berpengaruh pada kualitas air bersih pada sarana PMA secara Bakteriologis sebelum dan sesudah dilakukan tindakan Kaporitisasi sederhana, bisa digambarkan dengan alur *Kerangka Konsep* Penelitian seperti pada gambar 3.1 di bawah ini.⁶²⁻⁶³



Gambar 3.1

Kerangka Konsep Penelitian.⁶²⁻⁶³

Berdasar pada kerangka konsep di atas yang terdiri dari empat variabel (variabel bebas, variabel terikat, variabel perantara dan variabel pengganggu), dimana terdapat hubungan yang saling mempengaruhi pada variabel terikat. Subyek dalam penelitian ini adalah terdapat pada variabel bebas (Metode Chlorinasi PMA) yang akan mempengaruhi variabel terikat (Kualitas Bakteriologis Air PMA).

Dalam variabel di atas, terdapat variabel pengganggu yang berpengaruh pada variabel bebas dan variabel terikat. Sehingga peneliti merasa perlu untuk mengetahui keberadaannya untuk mengurangi faktor-faktor bias penelitian. Sedang untuk variabel perantara yang diasumsikan sebagai penghubung variabel bebas terhadap variabel terikat (Debit air, DPC, Dosis dan Lama Kontak) peneliti akan berupaya meminimasi faktor bias yang akan terjadi melalui pengukuran dan perlakuan yang tepat dan sesuai prosedur. Untuk diketahui dalam penelitian ini, masih banyak variabel pengganggu yang tidak semuanya dapat dikendalikan. Dalam hal ini seperti menyangkut (sumber air baku, tingkat pencemaran, keragaman mikroorganisme, tingkat pengelolaan sarana, konstruksi, jaringan dan distribusi), peneliti menganggap sebagai variabel rambang (sedikit pengaruhnya dan sulit dilakukan penilaian atau pengukuran secara objektif), sehingga pengukurannya diabaikan, agar tidak mengganggu hasil penelitian. Selanjutnya untuk variabel pengganggu atau perantara yang memiliki nilai terukur dalam proses chlorinasi air PMA seperti (pH, suhu, kekeruhan, zat organik, Besi, Mangan) dan (Debit air, Daya Penyerap

Chlor atau DPC, Dosis Chlor, Lama Kontak) Sisa Chlor dan Kandungan *E.Coli*, akan dilakukan penilaian dan pengukuran baik skala lapangan dan laboratorium. Faktor lain yang dapat mempengaruhi hasil penelitian, diluar kemampuan peneliti, dianggap telah homogen dan memenuhi syarat.

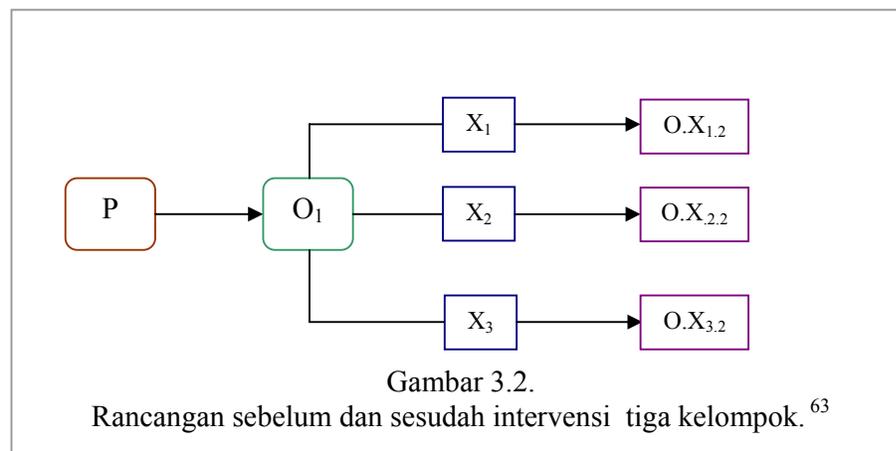
2. Hipotesis.

Berdasarkan kerangka konsep di atas, maka hipotesis yang dapat diajukan adalah sebagai berikut :

- a. Seberapa besar kebutuhan chlor yang dibutuhkan dalam uji Daya Penyergap Chlor pada air baku PMA sebelum perlakuan beberapa metode kaporitisasi.
- b. Ada perbedaan rata-rata parameter Chlor dari beberapa metode kaporitisasi pada sarana PMA di Wilayah Boawae.
- c. Ada perbedaan rata-rata parameter Total Coliform dan *E.Coli* dari beberapa metode kaporitisasi pada sarana PMA di Wilayah Boawae
- d. Ada perbedaan kualitas bakteriologis air PMA sebelum dan sesudah dilakukan beberapa metode kaporitisasi pada sarana PMA di Wilayah Boawae.
- e. Ada perbedaan kualitas bakteriologis air PMA sesudah dilakukan 3 metode kaporitisasi pada PMA di Wilayah Boawae.
- f. Ada perbedaan kualitas keandalan alat perlakuan dari 3 metode kaporitisasi dalam meningkatkan kualitas bakteriologis air PMA di Wilayah Boawae.

B. Jenis dan Rancangan Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan ini dikategorikan dalam penelitian Quasi Eksperimental research, one Group Before and After Intervention Design.⁶² Karena dalam penelitian ini cara yang dipakai adalah dengan suatu perlakuan dan pengendalian variabel, namun tidak semua variabel mampu dikendalikan dan dimanipulasikan agar menjadi relevan. Dalam unit eksperimen ini kelompok perlakuan sekaligus sebagai kelompok kontrol. Kelompok pembanding demikian disebut sebagai Reflective Control. Dan gambaran rancangan penelitian yang dilakukan seperti sebagai berikut :



Keterangan :

- P : Objek kelompok sasaran penelitian sebagai populasi
- O₁ : Pengamatan Objek sebelum perlakuan satu kali
- X₁ : Jenis intervensi yang dilakukan dengan alat X₁
- X₂ : Jenis intervensi yang dilakukan dengan alat X₂
- X₃ : Jenis intervensi yang dilakukan dengan alat X₃
- O.X_{1.2} : Pengamatan Objek sesudah perlakuan dengan alat X₁
- O.X_{2.2} : Pengamatan Objek sesudah perlakuan dengan alat X₂
- O.X_{3.2} : Pengamatan Objek sebelum perlakuan dengan alat X₃

C. Subyek Penelitian

1) Populasi dan Objek penelitian.⁶³⁻⁶⁵

Populasi sasaran dalam penelitian ini adalah populasi sarana air bersih dari perlindungan mata air (PMA) yang berada di wilayah Boawae Kabupaten Ngada Propinsi Nusa Tenggara Timur tahun 2006.

Sedang objek dari penelitian ini adalah sarana perlindungan mata air (PMA) di wilayah Boawae Ngada Flores NTT, dengan target sasaran adalah satu buah sumber PMA utama dan tiga buah Reservoir yang akan dikenai perlakuan.

2) Sampel.²⁷

Dalam penelitian ini sampel yang diambil adalah sebagian dari sarana PMA, dan untuk menentukan besar sampel yang akan diambil peneliti mengacu pada rumus menurut Hanafiah, Kemas Ali (2000), dimana untuk mendapatkan banyaknya replikasi (pengulangan) dalam setiap perlakuan sampel pada sarana PMA adalah sebagai berikut :

$$(t - 1) (r - 1) \geq 15 \quad (\text{Rumus 3.1}).^{27}$$

Dimana :

t = banyaknya perlakuan dalam penelitian

r = replikasi yang dilakukan

Sebelum dilakukan perlakuan peneliti mengambil sampel 1 kali untuk dilakukan pemeriksaan terlebih dulu, yaitu untuk pemeriksaan parameter kimia (pemeriksaan lapangan) dan kandungan Total Coliform &

E. Coli (pemeriksaan laboratorium) pada titik sampel terpilih dari PMA. Selanjutnya peneliti akan memberi perlakuan pada 3 macam alat kaportisasi, (tabung saringan tunggal, tabung saringan berlapis, dan tabung tetes). Dari masing-masing alat akan diberikan bubuk kaporit (CaOCl_2) 61% dengan dosis yang sama, pada sumber PMA yang sama, selanjutnya akan diberi perlakuan melalui pengukuran sisa chlor di lapangan dan kandungan Total MPN Coli di laboratorium yang didapatkan selama 5 kali perlakuan alat dengan interval (2 hr, 4 hr, 6 hr, 8 hr, 10 hr) dari masing-masing sampel dari 3 alat perlakuan yang berbeda (tabung tunggal, tabung berlapis dan tabung tetes). Sehingga masing-masing perlakuan diulang sebanyak seperti pada perhitungan 3.2.berikut :

Perhitungan untu **r** adalah sebagai berikut :

$$(t - 1) (r - 1) \geq 15$$

$$(5 - 1) (r - 1) \geq 15$$

$$r = 4,5$$

Rumus 3.2.²⁷

Dari hasil di atas didapat $r = 4,5$ (diambil 4 saja dengan pertimbangan biaya) sehingga perhitungan sampel perlakuan sebanyak $9 \times 5 = 45$, $\times 3$ sampel = 135 sampel, $\times 2$ jenis (analisa kimia dan Bakteriologis) = 270 sampel, sehingga keseluruhan sampel perlakuan sebanyak 150 sampel.

D. Variabel Penelitian

1. Jenis Variabel.^{66,67}

a. Variabel Bebas

Variabel bebas yaitu variabel yang mempengaruhi nilai variabel dependent dan merupakan variabel pengaruh yang paling diutamakan dalam penelitian. Sebagai variabel bebas dalam penelitian ini adalah alat kaportisasi sederhana pada sarana perlindungan mata air (PMA). Tingkat pengaruhnya didasarkan atas sisa chlor yang dihasilkan.

b. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang diduga nilainya akan berubah karena adanya pengaruh dari variabel bebas. Sebagai variabel terikat dalam penelitian ini adalah Peningkatan Kualitas Air Bersih secara Bakteriologis. Dan sebagai ukuran akibat pengaruh proses chlorinasi, akan dihitung nilai Total Coliform dan *E.Coli* dalam air tersebut.

c. Variabel Pengganggu

Variabel pengganggu adalah variabel yang berpengaruh terhadap variabel independent dan variabel dependent, akan tetapi bukan merupakan variabel moderator dan tidak diutamakan, sebagai variabel pengganggu dalam penelitian ini adalah (pH, suhu, kekeruhan, zat organik, Besi, dan Mangan) dari proses chlorinasi terhadap PMA. Ukuran dari variabel pengganggu ini adalah pada penyimpangan parameter yang terukur.

d. Variabel Perantara

Variabel perantara adalah variabel yang menjembatani atau memberikan kemudahan pada variabel bebas dalam mempengaruhi variabel terikat, variabel perantara biasanya lebih dekat ke variabel bebas. Dalam hal ini variabel perantara yaitu (Debit air, Daya Penyerap Chlor atau DPC, Dosis Chlor dan Lama Kontak). Ukuran dari variabel perantara ini adalah pada ketepatan pengukuran dan kesesuaian dengan hasil akhir (kualitas bakteriologis).

2. Definisi Operasional

a. Proses Chlorinasi air PMA

Adalah suatu tindakan desinfeksi yang dilakukan terhadap air dengan menggunakan bahan desinfektan berupa senyawa chlor, dalam hal ini digunakan $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ dengan sasaran sarana PMA berupa Reservoir. Selanjutnya metode yang akan digunakan dalam desinfeksi air PMA ada 3 metode yaitu (Tabung saringan tunggal, tabung saringan berlapis dan tabung tetes). Dari tiga metode tersebut, dua diantaranya (yaitu tabung saringan), desinfeksi dilakukan dengan cara bahan kaporit dimasukkan atau dicampur dalam lapisan pasir halus (Ø 1 mm) yang ada dalam tabung, lalu tabung direndamkan atau ditenggelamkan pada air reservoir PMA. Sedangkan pada alat tabung tetes desinfeksi dilakukan dengan cara membuat larutan kaporit sesuai dengan dosis lalu dimasukkan tabung tetes, selanjutnya alat diletakkan di dekat inlet reservoir dan diatur tetesannya. Ketiga alat tersebut dipakai untuk

perlakuan pada tiga buah Reservoar dan selanjutnya akan dilakukan pengukuran sisa Chlornya pada interval waktu tertentu (yaitu interval 2 hari selama 5 kali pengukuran pada sampel yang diambil).

b. Alat Kaporitisasi.

Adalah keseluruhan seperangkat alat yang tersusun dari berbagai bahan meliputi pipa, waterfill, pasir dan perlengkapan lainnya yang dijadikan sebagai alat desinfeksi terhadap air PMA. Alat yang dimaksud terbagi dari 3 jenis yaitu tabung saringan tunggal, tabung saringan berlapis dan tabung tetes.

c. Kaporit.

Adalah bahan kimia yang berupa serbuk putih dengan rumus kimia sebagai $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ atau disebut Kalsium Hipoklorit dengan konsentrasi aktif bahan berdasar berat massa sebesar 61%. Senyawa ini yang akan dipakai sebagai bahan desinfektan dalam proses chlorinasi melalui alat kaporitisasi.

d. Kualitas Bakteriologis air PMA.^{48,52}

Adalah suatu parameter atau indikator yang digunakan untuk mengetahui kualitas air berdasarkan kandungan bakteri pathogen yang ada, dalam hal ini yaitu total Total Coliform dan *E.Coli*. Pengukuran indikator ini dilakukan dengan cara pengambilan sampel air lalu dilakukan pemeriksaan laboratorium. Metode yang digunakan dalam uji laboratorium yaitu metode tabung ganda dan metode membran filter.

e. pH

Adalah tingkat derajat keasaman air yang terkandung dalam air. Hal ini perlu diketahui karena derajat keasaman air akan mempengaruhi kualitas fisik air dan juga pada proses chlorinasi yang dilakukan. pH yang baik untuk proses chlorinasi pada kisaran pH kurang dari 7,2. Sedang untuk kualitas fisik air kisaran pH yang boleh dikonsumsi manusia adalah 6,8 – 8,5. pH dengan kisaran dibawah 7 disebut pH asam dan kisaran diatas 7 – 14 disebut pH basa.

f. Suhu

Adalah merupakan indikator fisik yang ditunjukkan dengan nilai tinggi rendahnya temperatur air tersebut dalam skala pengukuran di tempat. Suhu perlu diketahui karena termasuk salah satu parameter fisik air, dimana indikator normal suhu air baku adalah pada kisaran $\pm 3^{\circ}\text{C}$ dari suhu udara di tempat sarana air yang diukur. Disamping itu dalam suhu yang relatif tinggi proses chlorinasi akan berjalan kurang efektif.

g. Kekeruhan

Adalah merupakan indikator fisik yang ditunjukkan dengan tingkat kejernihan air tersebut. Kekeruhan bisa dijadikan indikator awal adanya pencemaran bahan-bahan organik yang terlarut dalam air.

h. Zat organik

Adalah merupakan zat yang terkandung dalam air akibat proses alam, sintesa senyawa dan fermentasi oleh mikroorganisme pada bahan-bahan

organik yang dihasilkan oleh kegiatan domestik. Kandungan zat organik dinyatakan sebagai KMnO_4 sebagai bilangan oksidatornya.

i. Besi / Fe

Adalah indikator kimia anorganik dalam air sebagai organik mikro yang terlarut bersama senyawa-senyawa organik lain. Kandungan organik mikro sebagai Fe ini perlu diketahui, karena dalam proses chlorinasi akan memiliki daya ikat terhadap chlor bebas.

j. Mangan / Mn

Adalah indikator kimia anorganik dalam air sebagai organik mikro yang terlarut bersama senyawa organik lain, dan sebagian besar berpengaruh pada warna air. Pada uji orthotolidine terkadang terjadi penyimpangan warna, sehingga perlu ketelitian pembacaan hasil. Kandungan Mn juga tidak bagus untuk chlorinasi bila melebihi normal.

k. Debit Air

Adalah jumlah volume air yang mengalir pada sarana PMA yang digunakan per satuan waktu. Debit perlu diketahui agar dalam proses chlorinasi bisa direncanakan berapa besar dosis yang diperlukan.

l. DPC (Daya Penyergap Chlor)

Adalah tingkat kebutuhan chlor segera dalam air per satuan liter setelah dilakukan uji DPC melalui indikator orthotolidine dan larutan kaporit 0,2% ($0,2 \text{ g.l}^{-1}$). DPC ini perlu diketahui karena untuk menentukan besaran dosis yang direncanakan dan sisa chlor bebas yang diharapkan dalam proses chlorinasi air.

m. Dosis.^{68,69}

Adalah merupakan jumlah bahan kaporit 61% yang dibutuhkan dalam proses chlorinasi per satuan liter dalam air yang akan diharapkan sebagai sisa chlor bebas sebagai angka aman chlor dalam air.

n. Lama Kontak

Adalah interval waktu (30-60) menit yang diperlukan agar terjadi proses chlorinasi yang mampu memberikan sisa chlor bebas sebagai angka pengaman air, sampai sisa chlor habis tereduksi dalam air.

3. Skala Pengukuran.⁶⁷

Dalam penelitian ini skala dan ukuran yang dipakai bisa dilihat pada tabel Daftar Variabel, seperti tabel.3.1 ini :

Tabel. 3.1 . Daftar Variabel dan Skala Pengukuran.

No	Variabel	Satuan	Skala
a.	Kandungan Chlor	mg.l ⁻¹	Rasio
b.	Kandungan <i>E.Coli</i>	Kol /100ml sampel	Rasio
c.	pH	-	Rasio
d.	Suhu	°C	Rasio
e.	Kekeruhan	NTU	Rasio
f.	Zat organik (KMnO ₄)	mg.l ⁻¹	Rasio
g.	Fe	mg.l ⁻¹	Rasio
h.	Mn	mg.l ⁻¹	Rasio
i.	Debit	L/det atau M ³ /det	Rasio
j.	DPC	mg.l ⁻¹	Rasio
k.	Dosis	mg.l ⁻¹	Rasio
l.	Lama Kontak	menit	Rasio
m.	Ca(OCl) ₂ ; Kaporit	gram	Rasio

4. Pengendalian variabel.⁷⁰⁻⁷²

Untuk mengendalikan variabel yang berpengaruh pada penelitian akan dilakukan tindakan seperti dalam tabel. 3.2 di halaman berikut :

Tabel. 3.2. Langkah pengendalian Variabel Penelitian.

No	Variabel	Item	Langkah pengendalian
1	V. Perantara	- Debit Air - DPC - Dosis - Lama Kontak	Akan dilakukan : - Pengukuran dengan teliti. - Pengukuran, pemeriksaan sesuai dengan alat yang akan digunakan. - Kalibrasi alat pengukuran.
2	V. Pengganggu	- pH - Suhu - Kekeruhan - Zat organik - Zat besi - Mangan	Akan dilakukan : - Kalibrasi alat yang akan dipakai untuk pengukuran - Pengukuran ,pemeriksaan sesuai dengan parameter. - Apabila terjadi,ditemukan penyimpangan parameter, akan dilakukan treatment yang sesuai pada objek atau pergantian target objek penelitian.

E. Sumber Data Penelitian

Sumber dari pengumpulan data yang dilakukan peneliti dalam penelitian ini melalui :^{63,64}

- Data primer diperoleh dari hasil pemeriksaan parameter Chlor, total Coliform dan angka *E.Coli*, sebelum dan sesudah diberikan perlakuan pada 3 macam alat kaporitisasi dengan interval perlakuan dan pengukuran pada kondisi kontak setelah (2 hr, 4 hr, 6 hr, 8 hr, dan 10 hr). Juga data pH, Suhu, kekeruhan, Fe, Mn, dan Nitrat organik.

- Data sekunder diperoleh peneliti melalui beberapa jenis yaitu melalui studi pustaka yang berkaitan dengan proses chlorinasi dan Bakteriologis air melalui buku bacaan, journal, skripsi, tesis, internet, buku petunjuk teknis, arsip, dokumen serta laporan yang menyangkut dan mendukung serta berhubungan dengan penelitian ini.⁹⁻¹¹

Untuk mengurangi bias dan kesalahan tak terduga, penelitian berupaya :

- Melakukan test perbandingan dengan seteliti mungkin antara alat ukur dengan obyek penelitian.
- Melakukan pengumpulan data di lapangan dengan cermat, baik data primer dan sekunder.
- Melakukan pengambilan dan pengiriman sampel sesuai prosedur pengambilan dan pengiriman yang benar sesuai dengan pengawasan dan petunjuk dari pembimbing lapangan.(terlampir)
- Analisa dan pengukuran laboratorium sesuai dengan prosedur dan cara kerja pemeriksaan yang benar sesuai dengan bimbingan dan pelaksana laboratorium. (terlampir)

F. Alat dan Instrumen Penelitian.⁷⁰⁻⁷²

Dalam penelitian ini, peneliti mengklasifikasikan alat penelitian menjadi 3 (tiga) yaitu :

- a) Alat penelitian di lapangan yang meliputi :
 - Alat Kaportisasi sederhana (ada tiga metode)
 - Alat penguji kadar sisa Chlor (Spektro Fotometer ; Chlot Tester)
 - Alat pengukur suhu (thermometer air)

- Alat pengukur kekeruhan (Turbidity meter)
 - Alat pengukur Fe, Mn dan Nitrat (Water Test Kit)
 - Alat pengukur satuan panjang dan satuan berat
 - Alat pelengkap (tali,sendok pengaduk,cutter dll)
 - Alat tulis, Kamera, tas, serta kalkulator
- b) Alat penelitian di laboratorium yang meliputi :
- Alat penguji kandungan *E.Coli* dalam air (seperangkat alat tabung ganda, autoclaf, media LB dan BGLB, serta inkubator).
 - Tabel MPN Coli.
 - Alat tulis,Kalkulator serta Komputer.
- c) Alat kelengkapan observasi dan administrasi pelaporan:
- Lembar observasi Sarana PMA & pengambilan data sekunder.
 - Lembar persetujuan penanggung jawab sarana PMA yang diteliti.
 - Alat tulis, kamera serta Komputer.

G. Prosedur Pengumpulan Data. ²⁶

1. Tahap awal
 - a. Peneliti menginventarisir data sekunder awal yang ada, untuk melengkapi data yang akan diperlukan.
 - b. Peneliti mempersiapkan segala keperluan administratif penelitian, khususnya untuk persetujuan rencana dan lokasi penelitian.
 - c. Menentukan lokasi penelitian yang telah disetujui.
 - d. Mempersiapkan alat dan bahan yang akan diperlukan
 - e. Memberikan informasi pada objek terpilih pada penelitian.

2. Tahap pengambilan Data

- a. Peneliti mengambil data pendukung penelitian, sekaligus memantapkan rencana penelitian.
- b. Menentukan titik lokasi sampling.
- c. Meminta persetujuan pengelola objek penelitian.
- d. Peneliti dibantu tim pengambil sampel, melakukan pengambilan sampel awal pada sarana PMA, untuk diketahui parameter kimia dan bakteriologis dari kondisi air baku.
- e. Sampel air dengan indikator fisik dan kimia diupayakan diperiksa di lokasi penelitian.
- f. Sampel bakteriologis disimpan dan dikirim dengan box sampel ke Lab.Kesling Dinkes Kab.Ngada.
- g. Sampel untuk uji daya sergap chlor juga dibawa ke Lab.Kesling Dinkes Kab. Ngada.

3. Tahap perlakuan.

- a. Alat kaporitisasi disiapkan dan dibawa ke lokasi penelitian.
- b. Melakukan perhitungan debit air dengan sistem konversi volume bak reservoir yang ada dengan nilai rerata per satuan waktu.
- c. Melakukan perhitungan jumlah bahan yang dibutuhkan, sesuai dengan hasil uji DPC di labkes ditambah dengan dosis yang akan direncanakan sebagai angka pengaman.
- d. Bahan chlor dimasukkan pada alat perlakuan sesuai dengan spesifikasi masing-masing alat (tabung tunggal, tabung berlapis atau tabung tetes).

- e. Selanjutnya alat kaporitisasi yang dipakai (salah satu alat yang dipakai) dihubungkan dengan tabung kontak distribusi jaringan air yang terhubung pada bak reservoir.
- f. Saat air sudah mengalir dan terjadi kontak dengan alat kaporitisasi, usahakan alat benar-benar aman dari resiko jatuh atau terguling.
- g. Waktu kontak ditunggu sampai lebih dari 30 menit, atau 1 jam.
- h. Selanjutnya dilakukan pengambilan sampel air pada aliran outlet yang sudah melewati alat kaporitisasi.
- i. Pengambilan sampel dilakukan bersama tim peneliti, dan sampel air yang diambil yaitu untuk pemeriksaan kimia dan bakteriologis.
- j. Sampel diambil sebanyak 6 kali dengan waktu yang berbeda untuk parameter kimia (3 sampel) dan parameter bakteriologis (3 sampel).
- k. Selanjutnya sampel yang bisa diperiksa di lapangan, segera diukur di lapangan dan untuk pemeriksaan laboratorium akan dikirim ke labkes Dinkes Kabupaten.
- l. Alat kaporitisasi tetap terpasang pada pipa distribusi yang ada pada bak reservoir, pastikan terjaga dengan aman.
- m. Pengambilan sampel dan pengukuran selanjutnya akan dilakukan pada hari ke 2, ke 4, ke 6, ke 8 oleh tim peneliti.
- n. Bila perlakuan dengan alat kaporitisasi yang pertama sudah selesai maka alat dilepas terlebih dahulu, sambil mempersiapkan alat perlakuan yang kedua dengan tabung berlapis.

- o. Dengan prosedur yang hampir sama dengan perlakuan pertama, perlakuan kedua dilakukan pada bak reservoir.
 - p. Sampel juga diambil sama seperti prosedur perlakuan pertama.
 - q. Dan apabila perlakuan kedua telah selesai maka dilanjutkan dengan perlakuan yang ketiga dengan tabung tetes pada jaringan pipa air yang akan masuk reservoir.
 - r. Sampel diambil sama seperti prosedur perlakuan pertama dan kedua.
 - s. Setiap memberikan perlakuan alat, harus melakukan pengecekan secara prosedural pada masing-masing perlakuan yang dilakukan saat itu juga untuk menghindari kesalahan.
 - t. Apabila semua perlakuan sudah selesai dilakukan, alat disimpan kembali dengan hati-hati agar tidak rusak.
 - u. Data pemeriksaan lapangan dan labkes dikumpulkan dan siap diolah sebagai data primer.
4. Parameter yang diuji

Berdasarkan kemampuan alat yang oleh Laboratorium Kesehatan Lingkungan Dinas Kesehatan Kabupaten Ngada, parameter yang diperiksa meliputi :

- a. Parameter Fisik-Kimia :
 - 1) Parameter Bau dan Rasa
 - 2) Parameter warna dan kekeruhan.
 - 3) Parameter suhu dan pH.
 - 4) Parameter TDS (Total Dissolved Solid).

- 5) Parameter Chlor (Cl).
- 6) Parameter Besi (Fe).
- 7) Parameter Mangan (Mn).
- 8) Parameter Nitrit (NO₂).
- 9) Parameter Nitrat (NO₃).
- 10) Parameter Flour (F).
- 11) Parameter Kesadahan sebagai CaCO₃.

b. Parameter Bakteriologis :

- 1) Parameter Total Coliform dalam 100 ml sampel.
- 2) Parameter *E. Coli* dalam 100 ml sampel.

5. Jenis pemeriksaan dalam penelitian

Sesuai dengan prosedur penelitian yang telah direncanakan, dan berdasarkan ketersediaan alat pemeriksaan yang siap digunakan, jenis pemeriksaan ini meliputi :

a. Pemeriksaan di lapangan .

Pemeriksaan ini terbatas pada kualitas fisika-kimia yaitu pH, suhu, sisa chlor dan TDS. Sedang parameter kimia yang lain diperiksa di laboratorium kabupaten. Alat lapangan yang dipakai yaitu Water Checker pH and Chlor, Water test Kit serta Cyber Scan TDS meter.

b. Pemeriksaan Laboratorium

Pemeriksaan ini dilakukan pada sampel air untuk uji bakteriologis, yaitu untuk mengetahui kandungan Total Coliform dan *E.Coli*. Waktu yang diperlukan untuk membaca hasil keseluruhan

pemeriksaan ini selama 3 hari. Sampel dikirim dengan waktu tempuh 1 jam perjalanan, sehingga masih bisa dilakukan pemeriksaan langsung. Penyimpanan dilakukan apabila sampel belum bisa diperiksa dengan cara menyimpan sampel air dalam freezer dengan tidak melebihi batas waktu selama 24 jam.

Pemeriksaan sampel air secara kimia yang dilakukan di laboratorium kabupaten yaitu meliputi parameter kadar Besi, Mangan, Flour, Kesadahan, Nitrat dan Nitrit. Pemeriksaan ini dilakukan untuk menghindari kesalahan saat pembacaan hasil pengamatan pada parameter yang diuji.

6. Tahap evaluasi data

- a. Memastikan semua data terekam dalam lembar pengamatan peneliti.
- b. Cross chek hasil dengan para pelaku tim peneliti yang terlibat.
- c. Mendiskusikan hasil penelitian secara singkat
- d. Memastikan data telah terekam dengan benar.
- e. Data siap diolah dan dimasukkan dalam laporan penelitian.

H. Teknik Pengolahan Data

Selanjutnya dari data hasil observasi, dan pengukuran dari beberapa variabel akan dilakukan pengolahan data dengan cara:^{26,66}

- Editing yaitu dengan melakukan koreksi, seleksi dan menilai data yang telah diperoleh di lapangan.

- Coding yaitu dengan cara memberikan kode pada data yang diperoleh guna mempermudah pengambilan atau pencarian kembali pada data tersebut .
- Saving yaitu melakukan penyimpanan data yang diperoleh baik secara manual seperti dokumen, arsip ataupun secara elektrik seperti file, disket, CD, atau LD.
- Tabulasi yaitu dengan melakukan pembagian data yang telah diperoleh kedalam bentuk-bentuk tabel-tabel tertentu, guna mempermudah analisis data selanjutnya.

I. Teknik Penyajian Data.⁷³

Selanjutnya untuk penyajian data yang diperoleh dari penelitian yaitu meliputi data 3 metode penerapan kaportisasi (tabung saringan tunggal, tabung saringan berlapis dan tabung tetes) masing- masing dari hasil pengukuran sisa chlor dan angka total MPN Coli, akan disajikan dalam bentuk tabel ,grafik atau disesuaikan dengan keperluan penyajian data.

J. Teknik Analisis Data.⁷⁴⁻⁻⁷⁵

Sedangkan untuk analisis data penelitian, untuk menguji adanya perbedaan hasil pengukuran parameter yang dimaksud, akan diuji dengan uji t-tes, dan untuk uji hubungan dan pengaruh yang lain akan dilakukan melalui uji statistik dengan SPSS 11,5 sebagai berikut :

- 1) Untuk menganalisis perbedaan nilai rerata parameter kualitas air (pH, TDS, Fe, Mn, Nitrit, Nitrat, Flour dan Kesadahan) setelah dilakukan kaportisasi, akan dipakai uji 1 sampel K-S atau One Sample

Kolmogorov-Smirnov. Uji ini dilakukan untuk mengetahui normalitas data perbedaan nilai parameter dari masing-masing alat serta analisis deskriptifnya baik frekuensi, mean, median dan standart deviasinya.

- 2) Untuk menganalisis perbedaan nilai rerata parameter Chlor setelah dilakukan kaporitisasi, akan dipakai uji Two Independent Sample T-Test dengan metode Mann-Whiney. Untuk diketahui perbedaan nilai chlor sebelum dan sesudah serta analisis deskriptifnya baik frekuensi, mean, median dan standart deviasinya serta nilai signifikansinya.
- 3) Untuk menganalisis perbedaan nilai rerata parameter Total Coliform dan *E.Coli* setelah dilakukan kaporitisasi, akan dipakai uji Two Independent Sample T-Test dengan metode Mann-Whiney. Untuk diketahui kandungan Total Coliform dan *E.Coli* sebelum dan sesudah serta analisis deskriptifnya baik frekuensi, mean, median dan standart deviasinya serta nilai signifikansinya.
- 4) Untuk menganalisis perbedaan nilai parameter Chlor terhadap Total Coliform dan *E.Coli* setelah dilakukan kaporitisasi, akan dipakai uji berpasangan Two-Related-Sample dengan metode Wilcoxon. Untuk diketahui perbedaan antara 2 alat perlakuan serta analisis deskriptifnya baik frekuensi, mean, median dan standart deviasinya serta nilai signifikansinya.
- 5) Untuk menganalisis perbedaan kualitas bakteriologis air PMA setelah dilakukan kaporitisasi, akan dipakai uji K-Independent-Sample-T Test dengan metode Kruskal-Wallis. Untuk diketahui perbedaan 3 alat

perlakuan sekaligus serta analisis deskriptifnya baik frekuensi, mean, median dan standart deviasinya serta nilai signifikansinya.

- 6) Untuk menguji perbedaan keandalan alat perlakuan (tabung tunggal, tabung berlapis dan tabung tetes) dalam meningkatkan kualitas bakteriologis air PMA, akan dipakai uji K-Related-Sample dengan metode Uji Cochran.⁷⁴⁻⁷⁵

K. Organisasi Penelitian.

Adapaun susunan keterangan pelaksana dalam penelitian ini adalah :

- a. Penanggung Jawab : dr. Onny Setiany, PhD.
Ketua Program Magister Kesling Undip Semarang.
- b. Dosen Pembimbing I : Nurjazuli, SKM, M.Kes.
- c. Dosen Pembimbing II : Ir. Tri Joko, MSi.
- d. Pembimb. Lapangan : dr. Valens Sili Tupen, MKM
Kepala Dinas Kesehatan Kab. Ngada Prop.NTT
- e. Pembimb. Lab.Kes : Gabriel Rotok Lewar, beserta Tim.
Kasi TTU dan Kebling Dinas Kesehatan
Kab.Ngada Prop.NTT.
- f. Tim laboratorium : Damianus Jehamur
Penanggung Jawab Labkesling
Dinkes Kab. Ngada Prop.NTT
- g. Pelaksana : Miftahur Rohim,ST
- h. Pembantu Pelaksana : Sanitarian Puskesmas beserta Tim.
- i. Sasaran : Masyarakat Pengelola PMA (3 orang).

L. Tempat dan Jadwal Penelitian

Dalam penelitian ini, untuk lebih memperjelas masalah tempat dan waktu, maka ditegaskan bahwa yang dimaksud tempat dalam penelitian adalah meliputi :

1. Tempat lokasi pengambilan sampel penelitian yaitu pada sarana reservoir PMA yang ada di Wilayah Puskesmas Kecamatan Boawae Kabupaten Ngada Propinsi Nusa Tenggara Timur.
2. Tempat lokasi pengukuran variabel-variabel penelitian yaitu di Puskesmas Boawae (di lapangan) dan Kantor Dinas Kesehatan Kabupaten Ngada di Laboratorium Kesehatan Lingkungan Kabupaten Ngada Flores Bajawa Propinsi Nusa Tenggara Timur.
3. Tempat lokasi pengolahan dan analisis data penelitian yaitu di Puskesmas Boawae, Kantor Dinas Kesehatan Kabupaten Ngada serta di Kampus Pasca Sarjana Universitas Diponegoro Semarang, Program Magister Kesehatan Lingkungan.

Dan untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada tabel Jadwal kegiatan penelitian secara rinci, yang ditunjukkan dengan uraian kegiatan, waktu dan lokasi dari masing-masing tahapan penelitian tersebut (tahap persiapan, tahap pelaksanaan, dan tahap penyelesaian), bisa dilihat pada tabel 3.2 seperti di halaman berikut ini.

Tabel 3.3. Uraian Jadwal Kegiatan Penelitian

No	Kegiatan	Waktu		Lokasi
A Tahap Persiapan				
1.	Survey Lokasi Awal	Maret	2005	Dinkes Bajawa
2.	Survey Lokasi Lanjutan	April	2005	Puskesmas Boawae
3.	Stratifikasi Populasi & Sampel	April	2005	Puskesmas Boawae
4.	Identifikasi Referensi	Mei	2005	PPs.UNDIP Semarang
B Tahap Pelaksanaan				
1.	Pengumpulan Data	Juni	2005	Puskesmas Boawae
2.	Pengambilan Data	Juni	2005	Puskesmas Boawae
3.	Evaluasi Data	Juni	2005	Puskesmas Boawae
4.	Pangambilan Sampel Awal	Juli	2005	Dinkes Bajawa
5.	Pemeriksaan Sampel Awal	Juli	2005	Dinkes Bajawa
6.	Penyuluhan & Kaportisasi	Agustus	2005	Puskesmas Boawae
7.	Pengambilan Sampel Akhir	September	2005	Puskesmas Boawae
8.	Pemeriksaan Sampel Akhir	September	2005	Dinkes Bajawa
9.	Pengolahan Data	September	2005	Dinkes Bajawa
C Tahap Penyelesaian				
1.	Pengajuan Proposal Tesis	Oktober	2005	PPs.UNDIP Semarang
2.	Konsul Perbaikan	Desember	2005	PPs.UNDIP Semarang
3.	Seminar Proposal	Januari	2006	PPs.UNDIP Semarang
4.	Penelitian di Boawae	Maret – Mei	2006	Puskesmas Boawae
5.	Review Hasil	Juni – Juli	2006	PPs.UNDIP Semarang
5.	Penyusunan Tesis	Agustus	2006	PPs.UNDIP Semarang
6.	Konsul Perbaikan	September	2006	PPs.UNDIP Semarang
7.	Pengukuhan Sidang Tesis	Oktober	2006	PPs.UNDIP Semarang
8.	Penyelesaian Akhir	Oktober	2006	PPs.UNDIP Semarang

M. Outline Laporan

1. Abstrak
2. Bagian Permulaan
 - a. Sampul
 - b. Halaman Judul
 - c. Halaman Pengesahan
 - d. Lembar Pernyataan
 - e. Halaman Persembahan
 - f. Biodata Peneliti
 - g. Kata Pengantar
 - h. Daftar Isi
 - i. Daftar Tabel
 - j. Daftar Gambar
 - k. Daftar Bagan / Skema
 - l. Daftar Reaksi Kimia
 - m. Daftar Singkatan/Symbol
 - n. Daftar Lampiran
 - o. Daftar Dokumen
3. Bagian Isi
 - a. Pendahuluan
 - b. Landasan Teori
 - c. Metode Penelitian
 - d. Hasil Penelitian dan Pembahasan
 - e. Kesimpulan dan Saran
4. Bagian Penutup
 - a. Daftar Pustaka.
 - b. Dokumen-dokumen.
 - c. Lampiran.

BAB IV

HASIL PENELITIAN

A. Gambaran Umum Wilayah Penelitian

Boawae adalah nama tempat yang merupakan pusat ibu kota Kecamatan yang juga sebagai nama Puskesmas induk yang ada di wilayah Kecamatan Boawae. Letak wilayah kecamatan Boawae ini cukup strategis untuk wilayah pengembangan kota, baik sebagai ibukota kabupaten Ngada maupun untuk pengembangan wisata daerah Ngada serta pusat pengembangan hasil pertanian. Secara geografis kota Boawae terletak antara garis ($36^{\circ}50' - 51^{\circ}50'$) Lintang Selatan dan garis ($121^{\circ}08' - 121^{\circ} 30'$) Bujur Timur.

Wilayah kerja Puskesmas Boawae meliputi 20 Desa, 78 Dusun, 104 RW dan 208 RT. Luas wilayah keseluruhan $\pm 678.340,6 \text{ Km}^2$. Jarak tempuh ke Kota Kabupaten di Bajawa adalah 40 Km, dengan waktu tempuh rata-rata 45 menit. Sedangkan jarak tempuh pada wilayah desa terjauh adalah 60 km, dengan waktu tempuh 1,5 jam. Secara administrasi wilayah kerja Puskesmas Boawae dibatasi oleh wilayah kecamatan lain :

- a. Utara : Kecamatan Aesesa dan Kecamatan Riung.
- b. Timur : Kecamatan Nangaroro.
- c. Barat : Kecamatan Golewa dan Kecamatan Bajawa.
- d. Selatan : Kecamatan Mauponggo.

Data cakupan air bersih untuk rata-rata wilayah per-Desa atau Kelurahan di Kecamatan Boawae, yang terlayani yaitu sebesar 57,51% atau sebanyak 16.096 jiwa dari jumlah penduduk. Rincian cakupan air bersih ini bisa dilihat pada tabel 4.1 berikut ini :

Tabel. 4.1. Prosentase cakupan SAB terhadap liputan jumlah penduduk di wilayah Pusk.Boawae Kab. Ngada Prop.NTT Tahun 2006.

No	Nama Desa	Jml. Penddk	Jml. KK	Cakupan SAB						Prosent
				PMA/HU		PP/PDAM		PAH		
				Jml (unit)	Lpt. (jiwa)	Jml (unit)	Lpt. (jiwa)	Jml (unit)	Lpt. (jiwa)	
1.	Natanage	4397	718	7	1752	1	525	-	-	51,80
2.	Nageoga	2105	450	5	842	1	461	-	-	61,89
3.	Rega	1994	416	5	757	1	473	-	-	61,70
4.	Wolopogo	1165	271	8	779	-	-	-	-	66,86
5.	Kelimado	1433	328	10	943	-	-	-	-	65,83
6.	Mulakoli	1147	328	2	218	-	-	2	156	32,57
7.	Wolowea	2232	328	4	1084	-	-	-	-	48,55
8.	Wea'au	978	248	5	396	-	-	2	155	56,37
9.	Raja	2775	650	5	1641	-	-	-	-	59,13
10.	Ratongamobo	1831	378	4	1290	-	-	-	-	70,45
11.	Gero	996	259	3	565	-	-	2	66	63,33
12.	Nagerawe	2459	461	2	437	-	-	2	173	24,80
13.	Dhereisa	731	164	4	355	-	-	2	51	55,49
14.	Leguderu	1035	259	4	711	-	-	-	-	68,71
15.	Kelewae	1269	336	6	693	-	-	-	-	54,61
16.	Solo	637	203	4	495	-	-	-	-	77,72
17.	Rowa	1059	229	4	718	-	-	-	-	67,84
18.	Rigi	849	173	3	191	1	266	-	-	53,79
19.	Olakile	841	212	2	166	1	260	-	-	50,65
20.	Nagespadhi	1316	344	5	324	1	390	-	-	54,26
Jumlah / Rerata		31.249	6755	112	14357	6	2375	10	601	57,51

Sumber : Data SP2TP (Hygiene & Sanitasi) Puskesmas Boawae tahun 2006.

Ket : Lpt = Liputan jumlah jiwa.

B. Subyek Penelitian

1. Populasi dan objek penelitian.

Dari jumlah populasi 10 buah PMA dan 102 buah HU yang ada di Wilayah Boawae, peneliti mengambil 1 titik lokasi pada jaringan PMA. Jaringan ini berasal dari sumber mata air “Mata Dhuge” yang digunakan Puskesmas Boawae sebagai sumber air bersih dan air minum. Jarak mata air dengan reservoir Puskesmas sepanjang 500 m. Sebagai objek dalam penelitian ini adalah 1 buah PMA, 1 buah Reservoir dan 5 buah kran sambungan rumah.

2. Sampel dan titik pengambilan.

Sampel dalam penelitian ini bisa diklasifikasikan menjadi 2 jenis yaitu sampel air sebelum perlakuan dan sampel air sesudah perlakuan. Titik pengambilan sampel yaitu meliputi pada titik sumber air baku, air reservoir dan air distribusi jaringan. Pengambilan sampel dilakukan oleh 3 (tiga) tim, meliputi : Tim I mengambil sampel pada titik lokasi air baku. Tim II mengambil sampel pada titik reservoir. Sedangkan Tim III mengambil sampel pada jaringan distribusi. Rincian jumlah sampel yang telah diambil bisa diuraikan sebagai berikut :

a. Sebanyak 135 sampel Kimia dengan rincian :

- Sampel air baku PMA Mata Dhuge : 15 sampel.
- Sampel air reservoir sebelum perlakuan : 15 sampel.
- Sampel air reservoir perlakuan tabung tunggal : 15 sampel.
- Sampel air reservoir perlakuan tabung berlapis : 15 sampel.

- Sampel air reservoir perlakuan tabung tetes : 15 sampel.
 - Sampel air distribusi PP sebelum perlakuan : 15 sampel.
 - Sampel air distribusi PP dengan tabung tunggal : 15 sampel.
 - Sampel air distribusi PP dengan tabung berlapis : 15 sampel.
 - Sampel air distribusi PP dengan tabung tetes : 15 sampel.
- b. Sebanyak 135 sampel Bakteriologis dengan rincian :
- Sampel air baku PMA Mata Dhuge : 15 sampel.
 - Sampel air reservoir sebelum perlakuan : 15 sampel.
 - Sampel air reservoir perlakuan tabung tunggal : 15 sampel.
 - Sampel air reservoir perlakuan tabung berlapis : 15 sampel.
 - Sampel air reservoir perlakuan tabung tetes : 15 sampel.
 - Sampel air distribusi PP sebelum perlakuan : 15 sampel.
 - Sampel air distribusi PP dengan tabung tunggal : 15 sampel.
 - Sampel air distribusi PP dengan tabung berlapis : 15 sampel.
 - Sampel air distribusi PP dengan tabung tetes : 15 sampel.

Keseluruhan sampel diperiksa berjumlah 270 sampel air, dan pemeriksaan dilakukan sesuai dengan prosedur tetap pemeriksaan air oleh Laboratorium Kesehatan Lingkungan Dinkes Kabupaten Ngada.

C. Hasil Pengamatan dan Pemeriksaan Kualitas Air selama Penelitian.

1. Penentuan Uji Daya Sergap Chlor.

Sesuai dengan data hasil uji laboratorium pemeriksaan DPC dari air sampel reservoir Puskesmas pada tanggal 03 April 2006, didapat hasil sebagai berikut :

- Sisa Chlor segera : 0,6 mg/l.
- 10 menit ke-1 : 0,6 mg/l.
- 10 menit ke-2 : 0,6 mg/l.
- 10 menit ke-3 : 0,4 mg/l.
- 10 menit ke-4 : 0,3 mg/l.
- 10 menit ke-5 : 0,3 mg/l.
- 10 menit ke-6 : 0,3 mg/l.
- Sisa chlor tetap : 0,3 mg/l.

Sehingga Chlor yang dibutuhkan adalah sisa chlor tetap + angka chlor pengaman (0,3 mg/l) yaitu sebesar $(0,3 \text{ mg/l} + 0,3 \text{ mg/l}) = (0,6 \text{ mg/l})$, jadi jika bahan kimia yang dipakai adalah kaporit (CaOCl_2) 61%, maka dosis yang diperlukan adalah : $100/61 \times 0,6 \text{ mg/l} = 0,98 \text{ mg/l} = \underline{\underline{1,0 \text{ mg/l}}}$.

2. Kebutuhan Bahan pada Alat perlakuan.

Perhitungan bahan kaporit (CaOCl_2) 61% yang diperlukan untuk masing-masing tabung kaporitisasi sederhana adalah sebagai berikut:

a. Untuk tabung tunggal :

Diketahui :

Faktor perlambatan saringan : 0,1.

Dosis : 1 mg/l dan konsentrasi aktif bahan kaporit : 61 %

Debit air : 0,2 liter per detik maka debit dalam 24 jam adalah :

- $0,2 \text{ lt/det} \times 24 \text{ jam} \times 60 \text{ menit} \times 60 \text{ detik} \times 0,1 = 1.728 \text{ lt/hari}$.

Kebutuhan bahan kaporit untuk tabung tunggal selama 10 hari adalah :

- $1728 \text{ lt/hari} \times 1 \text{ mg/l} \times 100/61 \times = 2.832 \text{ mg}$

- Jadi untuk 10 hari adalah : $2.832 \text{ mg} \times 10 = 28.320 \text{ mg}$ atau 28,32 gr.

Bahan kaporit sebanyak 28,32 gram tersebut dimasukkan dalam tabung tunggal dengan cara mencampur pada saringan pasirnya. Selanjutnya tabung tunggal dimasukkan dalam tabung kontak.

b. Untuk tabung berlapis :

Diketahui :

Faktor perlambatan saringan pasir : 0,042.

Dosis : 1 mg/lit dan konsentrasi aktif bahan kaporit : 61 %

Debit air : 0,2 liter per detik maka debit dalam 24 jam adalah :

$$- 0,2 \text{ lt/det} \times 24 \text{ jam} \times 60 \text{ menit} \times 60 \text{ detik} \times 0,042 = 725,76 \text{ lt/hari.}$$

Kebutuhan bahan kaporit untuk tabung berlapis adalah :

$$- 725,76 \text{ lt/hari} \times 1 \text{ mg/lit} \times 100/61 = 1189,77 \text{ mg} \text{ atau } 1,189 \text{ gr}$$

Jadi untuk 10 hari adalah $1,189 \text{ gr} \times 10 = 11,189 \text{ gr}$.

Bahan kaporit sebanyak 11, 189 gram, lalu dimasukkan tabung berlapis dengan cara memasukkan kaporit pada tabung pipa $\emptyset \frac{3}{4}$ " , yang ada di tengah tabung saringan berlapis. Selanjutnya tabung berlapis dimasukkan dalam tabung kontak secara perlahan agar air yang meresap pada lapisan saringan bisa merata.

c. Untuk tabung tetes :

Diketahui :

Faktor gravitasi tetes tabung : $1 / 9,8 = 0,102$.

Dosis : 1 mg/lit dan konsentrasi aktif bahan kaporit : 60 %

Debit air : 0,2 liter per detik maka debit dalam 24 jam adalah :

$$- 0,2 \text{ lt/det} \times 24 \text{ jam} \times 60 \text{ menit} \times 60 \text{ detik} \times 0,102 = 1.762,56 \text{ lt/hari.}$$

Kebutuhan bahan kaporit adalah :

- $1.762,56 \text{ lt/hari} \times 1 \text{ mg/lt} \times 100/61 = 2.889,44 \text{ mg}$ atau 2,889 gr.
- Jadi untuk 10 hari adalah : $2,889 \text{ gr} \times 10 = \underline{28,89 \text{ gr}}$.

Bahan sebanyak 28,89 gr dilarutkan dalam tabung tetes dengan air sebanyak 3 liter atau 3000 ml. Apabila diketahui 1 tetes tabung setara dengan 1/20 ml, maka untuk mengatur tetesan tabung agar habis dalam 10 hari adalah sebagai berikut :

- 3000 ml dibagi 1/20 tetes = 60.000 tetes, dalam 10 hari.
- Tetesan tiap 1 hari adalah : $60.000/10 = 6000$ tetes.
- Tetesan tiap menit adalah 6000 tetes dibagi 24 jam x 60 menit = $6000 \text{ dibagi } 1440 = 4,16$ tetes per menit atau dibuat 4 tetes permenit.
- Jadi setiap tetes memerlukan pengaturan waktu selama : 60 detik dibagi 4, yaitu 15. Jadi interval waktu tetes selama **15 detik**.

Dalam pelaksanaannya tabung tetes ini memerlukan pengawasan secara rutin, ini dimaksud untuk menjaga kontinuitas tetesan yang mengalir pada tabung kontak. Disamping itu harus dijaga keamanannya dari gangguan seperti benturan atau guncangan pada tabung tetes. Roda ulir pengatur tetesan pada tabung harus dijaga kestabilannya agar tetesan selalu mengalir dengan kontinyu. Tempat untuk meletakkan tabung tetes yang dipakai ini sebaiknya dengan kondisi teduh, tidak langsung terkena matahari, ini dimaksudkan agar konsentrasi kaporit relatif stabil sehingga tidak mudah menggumpal saat menetes.

3. Kualitas Air Baku sebelum perlakuan.

Untuk mendapatkan kualitas air baku yang digunakan sebagai sumber utama dan masuk pada reservoir Puskesmas, maka telah dilakukan uji laboratorium pada mata air “ Mata Dhuge”, yang bertujuan untuk mengetahui kualitas air tersebut sebelum dikenai perlakuan. Sampel sebanyak 15, data selengkapnya seperti pada tabel.4.2. sebagai berikut :

Tabel. 4.2. Hasil pemeriksaan kualitas air baku mata air “Mata Dhuge”

Hari & No. Smpl	Parameter yang diperiksa											Ket.
	Kimia (dalam mg/lt)									Bakteriologis (Kol/100 ml)		
	pH	Cl	TDS	Fe	Mn	NO ₂	NO ₃	F	CaCO ₃	Total Coliform	<i>E.Coli</i>	
I.1	7,0	0	15	0,1	0,5	0,1	1	1,5	100	1100	210	TMS
I.2	6,8	0	15	0,1	0,5	0,1	1	1,5	100	1100	210	TMS
I.3	6,8	0	15	0,1	0,5	0,1	1	1,5	100	1100	210	TMS
II.1	6,8	0	15	0,1	0,5	0,1	1	1,5	100	1100	210	TMS
II.2	6,8	0	15	0,1	0,5	0,1	1	1,5	100	1100	210	TMS
II.3	6,8	0	15	0,1	0,5	0,1	1	1,5	100	1100	210	TMS
III.1	6,8	0	15	0,1	0,5	0,1	1	1,5	100	1100	210	TMS
III.2	6,8	0	15	0,1	0,5	0,1	1	1,5	100	1100	210	TMS
III.3	6,8	0	15	0,1	0,5	0,1	1	1,5	100	1100	210	TMS
IV.1	6,8	0	15	0,1	0,5	0,1	1	1,5	100	1100	210	TMS
IV.2	6,8	0	15	0,1	0,5	0,1	1	1,5	100	1100	210	TMS
IV.3	6,8	0	15	0,1	0,5	0,1	1	1,5	100	1100	210	TMS
V.1	6,8	0	15	0,1	0,5	0,1	1	1,5	100	1100	210	TMS
V.2	6,8	0	15	0,1	0,5	0,1	1	1,5	100	1100	210	TMS
V.3	6,8	0	15	0,1	0,5	0,1	1	1,5	100	1100	210	TMS
Rt2	6,8	0	15	0,1	0,5	0,1	1	1,5	100	1100	210	TMS

Keterangan :

- Satuan parameter kimia dalam satuan mg/l, kecuali pH tidak bersatuan.
- Parameter Bakteriologis dalam satuan koloni per 100 ml air sampel.
- TMS ,tidak memenuhi syarat secara Bakteriologis (Permenkes 416. Th 1990).
- Rt2, rata-rata.

4. Kualitas Air Baku Reservoir sebelum perlakuan.

Untuk mengetahui kualitas air baku yang akan masuk pada reservoir Puskesmas, maka telah dilakukan uji laboratorium pada jaringan pipa inlet reservoir utama. Pemeriksaan dimaksud untuk mengetahui kualitas air baku reservoir tersebut sebelum dikenai perlakuan. Sampel sebanyak 15 sampel, dan secara fisika-kimia air baku memenuhi syarat Namun dari segi kualitas bakteriologis tidak memenuhi syarat, karena kandungan Total Coliform sebesar 1100 ko/100 ml sampel dan *E. Coli* sebesar 210 kol/100 ml sampel.

5. Kualitas Air pada jaringan distribusi reservoir sebelum perlakuan.

Untuk mengetahui kualitas air pada jaringan distribusi Puskesmas, maka telah dilakukan uji laboratorium air sampel dari jaringan distribusi seperti di rumah dinas, ruang rawat, ruang lab dan toilet Puskesmas. Pemeriksaan dimaksud untuk mengetahui kualitas air distribusi dari reservoir tersebut sebelum dikenai perlakuan. Sampel diambil sebanyak 15 sampel dan sebagian besar hasil secara bakteriologis tidak memenuhi syarat kesehatan, dimana kandungan kandungan Total Coliform sebesar 1100 ko/100 ml sampel dan *E. Coli* sebesar 210 kol/100 ml sampel.

6. Kualitas Air Reservoir sesudah diberikan perlakuan.

a. Kualitas air reservoir sesudah perlakuan Tabung Tunggal.

Untuk mengetahui kualitas air reservoir setelah perlakuan tabung tunggal, maka dilakukan uji laboratorium air sampel dari pipa outlet reservoir. Pemeriksaan ini untuk mengetahui kualitas air pada

pipa outlet reservoir sesudah perlakuan. Sampel sebanyak 15 dan selengkapnya bisa dilihat pada tabel.4.3. sebagai berikut :

Tabel. 4.3. Hasil pemeriksaan kualitas air reservoir sesudah perlakuan “Tabung Tunggal”

Hari & No. Smpl	Parameter yang diperiksa											Ket.
	Fisika-Kimia (dalam mg/l)									Bakteriologis (koloni/100 ml)		
	pH	Cl	TDS	Fe	Mn	NO ₂	NO ₃	F	CaCO ₃	Total Coliform	<i>E.Coli</i>	
I.1	7,0	0,35	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80	8,0	8,0	MS
I.2	7,0	0,35	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80	8,0	8,0	MS
I.3	7,0	0,35	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80	8,0	8,0	MS
II.1	6,8	0,30	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80	8,0	8,0	MS
II.2	6,8	0,30	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80	8,0	8,0	MS
II.3	6,8	0,30	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80	8,0	8,0	MS
III.1	7,0	0,25	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80	7,0	5,0	MS
III.2	7,0	0,25	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80	7,0	5,0	MS
III.3	7,0	0,25	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80	7,0	5,0	MS
IV.1	7,0	0,20	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80	12	7,0	MS
IV.2	7,0	0,20	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80	12	7,0	MS
IV.3	7,0	0,20	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80	12	7,0	MS
V.1	7,0	0,15	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80	12	7,0	MS
V.2	7,0	0,15	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80	12	7,0	MS
V.3	7,0	0,15	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80	12	7,0	MS
Rt2	6,92	0,25	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80	9,0	7,0	MS

Keterangan :

- Satuan parameter fisika-kimia dalam satuan mg/l, kecuali pH tidak bersatuan.
- Parameter Bakteriologis dalam satuan koloni per 100 ml air sampel.
- MS , berarti memenuhi syarat secara Bakteriologis (Permenkes 416 Th.1990).
- Rt2, rata-rata.

b. Kualitas air reservoir sesudah perlakuan Tabung Berlapis.

Untuk mengetahui kualitas air reservoir setelah perlakuan tabung berlapis, maka dilakukan uji laboratorium air sampel dari pipa outlet reservoir. Pemeriksaan ini untuk mengetahui kualitas air pada

pipa outlet reservoir sesudah perlakuan. Sampel sebanyak 15 dan selengkapnya bisa dilihat pada tabel.4.17. sebagai berikut :

Tabel. 4.4. Hasil pemeriksaan kualitas air reservoir sesudah perlakuan “Tabung Berlapis”

Hari & No. Smpl	Parameter yang diperiksa											Ket.
	Fisika – Kimia (dalam mg/l)									Bakteriologis (koloni/100 ml)		
	pH	Cl	TDS	Fe	Mn	NO ₂	NO ₃	F	CaCO ₃	Total Coliform	<i>E.Coli</i>	
I.1	6,8	0,35	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80	5,0	2,0	MS
I.2	6,8	0,35	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80	5,0	2,0	MS
I.3	6,8	0,35	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80	5,0	2,0	MS
II.1	6,8	0,30	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80	2,0	0	MS
II.2	6,8	0,30	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80	2,0	0	MS
II.3	6,8	0,30	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80	2,0	0	MS
III.1	6,8	0,25	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80	2,0	0	MS
III.2	6,8	0,25	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80	2,0	0	MS
III.3	6,8	0,25	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80	2,0	0	MS
IV.1	6,8	0,20	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80	2,0	0	MS
IV.2	6,8	0,20	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80	2,0	0	MS
IV.3	6,8	0,20	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80	2,0	0	MS
V.1	6,8	0,20	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80	5,0	2,0	MS
V.2	6,8	0,20	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80	5,0	2,0	MS
V.3	6,8	0,20	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80	5,0	2,0	MS
Rt2	6,8	0,26	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80	3,0	0,0	MS

Keterangan :

- Satuan parameter kimia dalam satuan mg/l, kecuali pH tidak bersatuan.
- Parameter Bakteriologis dalam satuan koloni per 100 ml air sampel.
- MS , berarti memenuhi syarat secara Bakteriologis;(Permenkes 416 Th.1990)
- Rt2, rata-rata.

c. Kualitas air reservoir sesudah perlakuan Tabung Tetes.

Untuk mengetahui kualitas air reservoir setelah perlakuan tabung tetes, maka dilakukan uji laboratorium air sampel dari pipa outlet reservoir. Pemeriksaan ini untuk mengetahui kualitas air pada

pipa outlet reservoir sesudah perlakuan. Sampel sebanyak 15 dan selengkapnya bisa dilihat pada tabel.4.5. sebagai berikut :

Tabel. 4.5. Hasil pemeriksaan kualitas air reservoir sesudah perlakuan “Tabung Tetes”

Hari & No. Smpl	Parameter yang diperiksa											Ket.
	Fisika - Kimia (dalam mg/l)									Bakteriologis (koloni/100 ml)		
	pH	Cl	TDS	Fe	Mn	NO ₂	NO ₃	F	CaCO ₃	Total Coliform	<i>E.Coli</i>	
I.1	6,8	0,35	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80	2,0	0	MS
I.2	6,8	0,35	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80	2,0	0	MS
I.3	6,8	0,35	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80	2,0	0	MS
II.1	6,8	0,30	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80	4,0	0	MS
II.2	6,8	0,30	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80	4,0	0	MS
II.3	6,8	0,30	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80	4,0	0	MS
III.1	6,8	0,30	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80	0	0	MS
III.2	6,8	0,30	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80	0	0	MS
III.3	6,8	0,30	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80	0	0	MS
IV.1	6,8	0,30	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80	0	0	MS
IV.2	6,8	0,30	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80	0	0	MS
IV.3	6,8	0,30	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80	0	0	MS
V.1	6,8	0,30	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80	0	0	MS
V.2	6,8	0,30	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80	0	0	MS
V.3	6,8	0,30	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80	0	0	MS
Rt2	6,8	0,31	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80	1,0	0	MS

Keterangan :

- Satuan parameter fisika-kimia dalam satuan mg/l, kecuali pH tidak bersatuan.
- Parameter Bakteriologis dalam satuan koloni per 100 ml air sampel.
- MS , berarti memenuhi syarat secara Bakteriologis.(Permenkes 416 Th.1990).
- Rt2, rata-rata.

7. Kualitas air pada jaringan distribusi reservoir sesudah perlakuan.

Kualitas air pada jaringan distribusi menunjukkan secara fisika-kimia kualitas memenuhi syarat. Terjadi penurunan sisa chlor pada jaringan distribusi.

Kualitas bakteriologis air jaringan distribusi terjadi perbedaan kandungan Total Coliform dan *E.Coli*. Pada jaringan distribusi ini kandungan bakteri lebih tinggi bila dibandingkan pada air reservoir sesudah perlakuan. Pada tabung tunggal, rerata Total Coliform sebesar 18 kol/100 ml sampel dan *E.Coli* sebesar 10 kol/100 ml sampel. Pada tabung berlapis rerata Total Coliform sebesar 7 kol/100 ml sampel dan *E.Coli* sebesar 4 kol/100 ml sampel dan pada tabung tetes rerata Total Coliform sebesar 6 kol/100 ml sampel dan *E.Coli* sebesar 3 kol/100 ml sampel

8. Perbandingan nilai rerata parameter hasil pemeriksaan.

a. Parameter fisika-kimia.

1) Kualitas air sebelum perlakuan.

Secara umum kualitas fisika-kimia air baku PMA yang dimanfaatkan oleh Puskesmas Boawae memenuhi syarat sebagai air bersih. Dari hasil pemeriksaan lapangan dan laboratorium diperoleh rata-rata nilai parameter kualitas air baku PMA seperti pada tabel.4.6 berikut ini :

Tabel.4.6. Data rerata parameter fisika-kimia air baku PMA

Kualitas parameter terpantau (dalam mg/l)									
Parameter	pH	Cl	TDS	Fe	Mn	NO ₂	NO ₃	F	CaCO ₃
Rerata	6,8	0	15	0,1	0,5	0,1	1	1,5	100
Keterangan	MS	-	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS

Keterangan : Satuan dalam mg/l; kecuali pH tidak bersatuan; MS,memenuhi syarat.

2) Kualitas air sesudah perlakuan.

Untuk memperjelas gambaran parameter terpantau kualitas air sesudah perlakuan ini bisa dilihat pada tabel.4.7 berikut ini :

Tabel.4.7. Data rerata parameter fisika-kimia air reservoir sebelum dan sesudah perlakuan 3 alat perlakuan.

Kualitas Parameter terpantau (dalam mg/l)									
Parameter	pH	Cl	TDS	Fe	Mn	NO ₂	NO ₃	F	CaCO ₃
Rt ² . Sebelum	6,8	0	15	0,1	0,5	0,1	1	1,5	100
Tab.Tunggal	6,9	0,25	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80
Tab.Berlapis	6,8	0,26	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80
Tab.Tetes	6,8	0,31	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80
Rt ² Sesudah	6,83	0,27	12	0,05	0,3	0,05	0,5	0,5	80
Selisih prmtr	0,03	0,27	3	0,05	0,2	0,05	0,5	1,0	20
Keterangan	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS

Keterangan : Satuan dalam mg/l ; kecuali pH tidak bersatuan; MS, memenuhi syarat.

b. Parameter Bakteriologis.

Untuk membandingkan perbedaan kualitas bakteriologis antara air sebelum dan sesudah perlakuan, bisa dilihat pada tabel.4.8 di bawah berikut ini :

Tabel.4.8. Data rerata parameter bakteriologis Air Reservoir sebelum dan sesudah perlakuan 3 Tabung.

Kualitas Parameter Bakteriologis terpantau (koloni/100 ml sampel)			
Parameter	Total Coliform	<i>E. Coli</i>	Keterangan
Rata ² . Sebelum	1100	210	TMS
Tabung Tunggal	9	7	MS
Tabung Berlapis	3	1	MS
Tabung Tetes	1	0	MS
Rata ² Sesudah	4	2	MS
Selisih kandungan rata ²	1096	208	

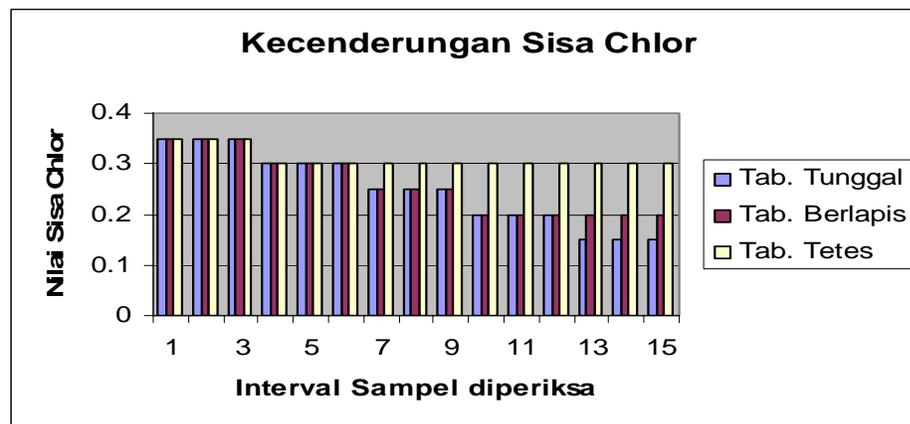
Keterangan :

- Satuan dalam kol/100 ml air sampel
- TMS, tidak memenuhi syarat.
- MS, memenuhi syarat.
- Standart berdasarkan Permenkes 416 Th. 1990.

9. Kecenderungan nilai parameter kualitas air setelah perlakuan.

a. Kecenderungan parameter sisa chlor.

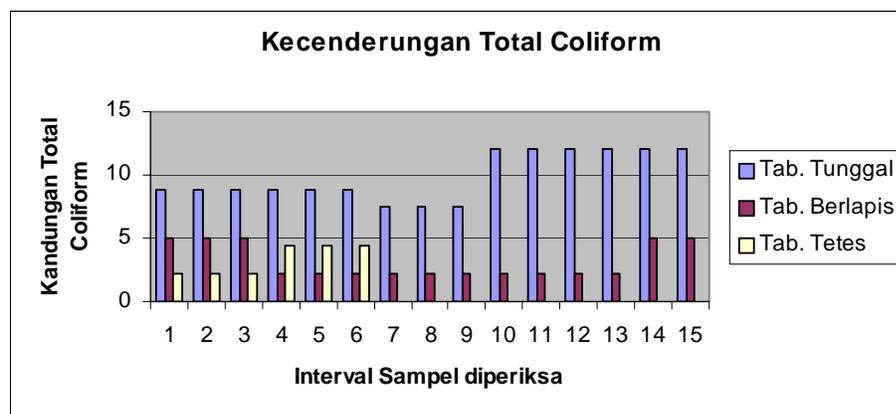
Kecenderungan sisa chlor sesudah perlakuan bila divisualisasikan dalam gambar, seperti pada gambar 4.1.1 terlihat dibawah berikut ini :



Gambar.4.1.1. Grafik Kadar Chlor sesudah perlakuan

b. Kecenderungan parameter Total Coliform.

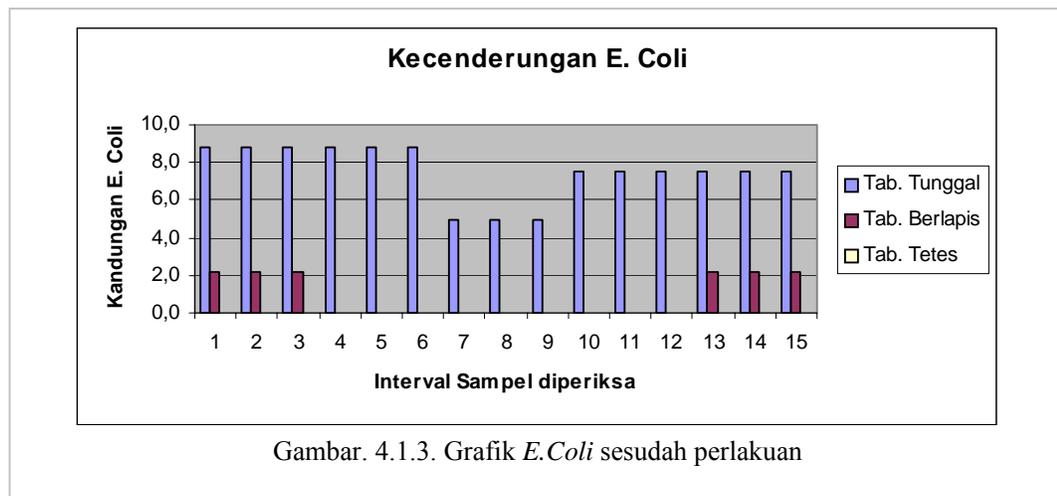
Jumlah koloni total Coliform sesudah perlakuan pada outlet air reservoir Puskesmas bisa divisualisasikan seperti pada gambar 4.1.3 berikut ini :



Gambar. 4.1.2. Grafik Total Coliform sesudah perlakuan

c. Kecenderungan kandungan *E.Coli*.

Kecenderungan kandungan *E.Coli* atau Coli Tinja pada outlet air reservoir Puskesmas bila divisualisasikan dalam trend grafik terlihat seperti gambar 4.1.3 dibawah berikut ini :



Gambar. 4.1.3. Grafik *E.Coli* sesudah perlakuan

D. Analisis Hasil Penelitian.

Untuk mendeskriptifkan hasil penelitian ini bisa dianalisis statistik secara non parametrik dengan tahapan analisis sebagai berikut :

1. Analisis Deskriptif.

Pada analisis data penelitian secara deskriptif ini hasil yang didapat menunjukkan sebagian besar dari data yang diolah baik melalui analisis deskriptif ataupun frekuensi tabel pada metode SPSS 11,5 menunjukkan sebagian besar data tidak normal bersifat konstan (yaitu parameter pH, TDS, Fe, Mn, NO₂, NO₃, F dan Kesadahan sebagai CaCO₃). Sedang pada

parameter Chlor, Total Coliform dan *E.Coli* (Coli tinja) menunjukkan adanya hasil data yang bervariasi dari hasil perlakuan masing-masing alat.

Untuk melihat distribusi data hasil pemeriksaan ini (parameter Chlor, Total Coliform dan *E.Coli*), dapat dilihat seperti pada tabel berikut :

a. Hasil pemeriksaan sisa chlor :

Tabel.4.9. Distribusi hasil pemeriksaan chlor sesudah perlakuan “Tabung Tunggal”

No	Sisa Chlor dalam mg/lit	Frekuensi	%
1	0,15	3	20,0
2	0,20	3	20,0
3	0,25	3	20,0
4	0,30	3	20,0
5	0,35	3	20,0
Total		15	100,0

Tabel.4.10. Distribusi hasil pemeriksaan chlor sesudah perlakuan “Tabung Berlapis”

No	Sisa Chlor dalam mg/lit	Frekuensi	%
1	0,15	-	-
2	0,20	6	40,0
3	0,25	3	20,0
4	0,30	3	20,0
5	0,35	3	20,0
Total		15	100,0

Tabel.4.11. Distribusi hasil pemeriksaan chlor sesudah perlakuan “Tabung Tetes”

No	Sisa Chlor dalam mg/lit	Frekuensi	%
1	0,15	-	-
2	0,20	-	-
3	0,25	-	-
4	0,30	12	80,0
5	0,35	3	20,0
Total		15	100,0

Dari tabel (Tabel.4.9 – 4.11) pemeriksaan Sisa Chlor diatas menggambarkan pada tabung tunggal, masing-masing rentang kandungan menyebar pada 3 sampel atau sebesar 20% dari 15 sampel. Selanjutnya pada tabung berlapis, rentang kandungan sisa chlor sebagian besar pada rentang 0,2 mg/Lt yaitu sebanyak 6 sampel atau 40% dari 15 sampel. Sedangkan pada tabung tetes sebagian besar pada rentang sisa chlor 0,3 mg/Lt yaitu sebanyak 12 sampel atau 80% dari 15 sampel diperiksa.

b. Hasil Pemeriksaan Total Coliform :

Tabel.4.12. Distribusi hasil pemeriksaan total Coliform sesudah perlakuan “Tabung Tunggal”

No	Total Coliform (koloni/100 ml sampel)	Frekuensi	%
1	0,0	-	-
2	2,0	-	-
3	4,0	-	-
4	5,0	-	-
5	7,0	3	20,0
6	8,0	6	40,0
7	12,0	6	40,0
Total		15	100,0

Tabel.4.13. Distribusi hasil pemeriksaan total Coliform sesudah perlakuan “Tabung Berlapis”

No	Total Coliform (koloni/100 ml sampel)	Frekuensi	%
1	0,0	-	-
2	2,0	9	60,0
3	4,0	-	-
4	5,0	6	40,0
5	7,0	-	-
6	8,0	-	-
7	12,0	-	-
Total		15	100,0

Tabel.4.14. Distribusi hasil pemeriksaan total Coliform sesudah perlakuan “Tabung Tetes”

No	Total Coliform (koloni/100 ml sampel)	Frekuensi	%
1	0,0	9	60,0
2	2,0	3	20,0
3	4,0	3	20,0
4	5,0	-	-
5	7,0	-	-
6	8,0	-	-
7	12,0	-	-
Total		15	100,0

Dari tabel (Tabel.4.12- 4.14) pada pemeriksaan kandungan total Coliform pada tabung tunggal, masing-masing rentang kandungan total Coliform menyebar. Sebanyak 6 sampel atau sebesar 40% dengan total Coliform 8,0 dan 6 sampel atau 40% dengan total Coliform 12,0 dari 15 sampel. Selanjutnya pada tabung berlapis, rentang kandungan total Coliform sebagian besar pada rentang total Coliform 2,0 yaitu sebanyak 9 sampel atau 60% dari 15 sampel. Sedangkan pada tabung tetes sebagian besar kandungan total Coliform 0,0 yaitu sebanyak 9 sampel atau 60% dari 15 sampel diperiksa.

c. Hasil Pemeriksaan *E. Coli* :

Tabel.4.15. Distribusi hasil pemeriksaan *E. Coli* sesudah perlakuan “Tabung Tunggal”

No	<i>E. Coli</i> (koloni/100 ml sampel)	Frekuensi	%
1	0,0	-	-
2	2,0	-	-
3	4,0	-	-
4	5,0	3	20,0
5	7,0	6	40,0
6	8,0	6	40,0
7	12,0	-	-
Total		15	100,0

Tabel.4.16. Distribusi hasil pemeriksaan *E.Coli* sesudah perlakuan “Tabung Belapis”

No	<i>E. Coli</i> (koloni/100 ml sampel)	Frekuensi	%
1	0,0	9	60,0
2	2,0	6	40,0
3	4,0	-	-
4	5,0	-	-
5	7,0	-	-
6	8,0	-	-
7	12,0	-	-
Total		15	100,0

Tabel.4.17. Distribusi hasil pemeriksaan *E.Coli* sesudah perlakuan “Tabung Tetes”

No	<i>E. Coli</i> (koloni/100 ml sampel)	Frekuensi	%
1	0,0	12	80,0
2	2,0	3	20,0
3	4,0	-	-
4	5,0	-	-
5	7,0	-	-
6	8,0	-	-
7	12,0	-	-
Total		15	100,0

Dari tabel (Tabel.4.15 - 4.17) pada pemeriksaan kandungan *E.Coli* diatas menggambarkan pada tabung tunggal, masing-masing rentang kandungan menyebar. Sebanyak 6 sampel atau sebesar 40% dengan *E.Coli* 7,0 dan 6 sampel atau 40% dengan *E.Coli* 8,0 dari 15 sampel. Selanjutnya pada tabung berlapis, rentang kandungan *E.Coli* sebagian besar pada rentang *E.Coli* 0,0 yaitu sebanyak 9 sampel atau 60% dari 15 sampel. Sedangkan pada tabung tetes sebagian besar kandungan *E.Coli* 0,0 yaitu sebanyak 12 sampel atau 80% dari 15 sampel diperiksa.

2. Analisis statistik inferensial non parametrik.

Syarat uji statistik non parametrik lebih longgar, yaitu tidak berdasar distribusi sampel sehingga uji ini sering disebut sebagai uji bebas distribusi. Peneliti menggunakan metode analisis statistik non parametrik ini karena berdasar hasil uji normalitas data sebagian besar menunjukkan data distribusi tidak normal.

Pada analisis inferensial ini akan dilakukan beberapa tahap uji statistik dengan uji beda untuk mengukur varian dari masing-masing parameter setelah dilakukan perlakuan 3 metode yang berbeda.

a) Uji Beda pada 2 (dua) sampel independent.

Untuk uji beda statistik 2 (dua) sampel independent ini akan dipakai uji Mann-Whitney, pada metode SPSS 11,5. Uji ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan hasil antara 2 alat perlakuan yang dibandingkan dengan mengacu data statistik Non Parametrik. Dalam metode ini hipotesis yang dipakai sebagai berikut :

- H_0 = Tidak ada perbedaan nilai antara 2 alat yang berbeda.
- H_1 = Ada perbedaan nilai antara 2 alat yang berbeda.
- Derajat α sebesar 5% .
- Jika Asymp Sig (2-tailed) $> \alpha$, maka H_0 diterima.
- Jika Asymp Sig (2-tailed) $< \alpha$, maka H_0 ditolak.

Dari hasil uji Mann-Whitney ini dapat diketahui hasil uji beda antara 2 alat yang berbeda dari keseluruhan parameter kualitas air yang

telah diuji, baik fisika-kimia dan bakteriologis. Secara rinci hasil uji ini bisa dilihat pada tabel-tabel di halaman berikut :

1) Metode Tabung Tunggal.

Tabel.4.18. Hasil Uji Mann-Whitney antara 2 alat perlakuan
“Tabung Tunggal dan Tabung Berlapis”

No.	Parameter	p value	Keterangan
1	pH	0,0001	Ada beda
2	Kadar TDS	1,000	Tidak ada beda
3	Sisa Chlor	0,702	Tidak ada beda
4	Kadar Fe	1,000	Tidak ada beda
5	Kadar Mn	1,000	Tidak ada beda
6	Nitrit	1,000	Tidak ada beda
7	Nitrat	1,000	Tidak ada beda
8	Flour	1,000	Tidak ada beda
9	Kesadahan	1,000	Tidak ada beda
10	Total Coliform	0,0001	Ada beda
11	<i>E. Coli</i>	0,0001	Ada beda

2) Metode Tabung Berlapis.

Tabel.4.19. Hasil Uji Mann-Whitney antara 2 alat perlakuan
“Tabung Tunggal dan Tabung Tetes”

No.	Parameter	p value	Keterangan
1	pH	0,0001	Ada beda
2	Kadar TDS	1,000	Tidak ada beda
3	Sisa Chlor	0,016	Ada beda
4	Kadar Fe	1,000	Tidak ada beda
5	Kadar Mn	1,000	Tidak ada beda
6	Nitrit	1,000	Tidak ada beda
7	Nitrat	1,000	Tidak ada beda
8	Flour	1,000	Tidak ada beda
9	Kesadahan	1,000	Tidak ada beda
10	Total Coliform	0,0001	Ada beda
11	<i>E. Coli</i>	0,0001	Ada beda

3) Metode Tabung Tetes.

Tabel.4.20. Hasil Uji Mann-Whitney antara 2 alat perlakuan “Tabung Berlapis dan Tabung Tetes”

No.	Parameter	p value	Keterangan
1	pH	1,000	Tidak ada beda
2	Kadar TDS	1,000	Tidak ada beda
3	Sisa Chlor	0,016	Ada beda
4	Kadar Fe	1,000	Tidak ada beda
5	Kadar Mn	1,000	Tidak ada beda
6	Nitrit	1,000	Tidak ada beda
7	Nitrat	1,000	Tidak ada beda
8	Flour	1,000	Tidak ada beda
9	Kesadahan	1,000	Tidak ada beda
10	Total Coliform	0,002	Ada beda
11	<i>E. Coli</i>	0,105	Tidak ada beda

Dari tabel (Tabel.4.18 s/d 4.20) pada hasil uji Mann-Whitney diatas, nilai p value dari masing-masing parameter uji 2 alat yang berbeda telah menunjukkan sebagian besar hasil kurang signifikan. Hasil ini berdasar pada derajat α sebesar 5 % dengan nilai p value $> 0,05$. Secara rinci bisa diuraikan bahwa pada uji beda 2 alat antara tabung tunggal dan tabung berlapis, nilai p value (0,000-1,000). Sebagian besar parameter mengalami perubahan setelah perlakuan tabung tunggal dan tabung berlapis. Namun antara keduanya tidak ada perbedaan perubahan pada 8 parameter (TDS, Chlor, Fe, Mn, Nitrit, Nitrat, Flour dan Kesadahan). Perbedaan pada uji 2 alat antara tabung tunggal dan tabung berlapis ini terlihat pada parameter (pH, total Coliform dan *E.Coli*) dengan nilai p value sebesar 0,0001. Ketiga

parameter ini didapatkan nilai Asymp Sig (2-tailed) $< (0,05)$, maka H_0 ditolak. Jadi untuk ketiga parameter tersebut antara tabung tunggal dan tabung berlapis menunjukkan ada perbedaan kualitas yang signifikan.

Pada uji beda 2 alat antara tabung tunggal dan tabung tetes, nilai p value (0,000-1,000), sebagian besar parameter juga mengalami perubahan setelah perlakuan tabung tunggal dan tabung tetes. Namun antara keduanya tidak ada perbedaan perubahan pada 7 parameter (TDS, Fe, Mn, Nitrit, Nitrat, Flour dan Kesadahan). Perbedaan pada uji 2 alat antara tabung tunggal dan tabung tetes ini baru terlihat pada parameter (pH, Chlor, total Coliform dan *E.Coli*) dengan nilai p value masing-masing parameter : Chlor, p value sebesar (0,016), pH, total Coliform dan *E.Coli* memiliki p value yang sama yaitu sebesar (0,0001). Untuk keempat parameter ini didapat nilai Asymp Sig (2-tailed) $< (0,05)$, maka H_0 ditolak. Jadi pada keempat parameter tersebut antara tabung tunggal dan tabung tetes menunjukkan ada perbedaan kualitas yang signifikan.

Selanjutnya pada uji beda 2 alat antara tabung berlapis dan tabung tetes, nilai p value (0,0001-1,000). Sebagian besar parameter juga mengalami perubahan setelah perlakuan tabung berlapis dan tabung tetes. Namun antara keduanya tidak ada perbedaan perubahan pada 9 parameter (pH, TDS, Fe, Mn, Nitrit, Nitrat, Flour dan Kesadahan) dengan p value 1,000 dan parameter *E.Coli* dengan p value 0,105. Perbedaan pada uji 2 alat antara tabung berlapis dan tabung tetes ini baru terlihat pada 2

parameter (Chlor dan total Coliform) dengan nilai p value masing-masing parameter meliputi: Chlor, p value sebesar (0,016), dan total Coliform memiliki p value sebesar (0,002). Untuk kedua parameter ini besaran nilai Asymp Sig (2-tailed) < (0,05), maka H_0 ditolak. Jadi pada kedua parameter tersebut antara tabung berlapis dan tabung tetes menunjukkan ada perbedaan kualitas yang signifikan.

b) Uji Beda pada beberapa sampel independent.

Pada tahap analisis ini akan dilakukan uji beda secara simultan pada masing-masing sampel terhadap alat perlakuan yang dipakai dalam penelitian, antara sebelum dan sesudah perlakuan 3 (tiga) metode tabung kaportisasi. Metode uji yang dipakai untuk mengolah data hasil ini yaitu metode uji Kruskal-Wallis. Metode ini untuk menguji median suatu variabel pada beberapa sampel independent yang ditentukan oleh suatu variabel group. Hipotesis yang dipakai sebagai berikut :

- H_0 = Tidak ada perbedaan nilai antara ketiga alat perlakuan.
- H_1 = Ada perbedaan nilai antara ketiga alat perlakuan.
- Derajat α sebesar 5% .
- Jika Asymp Sig (2-tailed) > α , maka H_0 diterima.
- Jika Asymp Sig (2-tailed) < α , maka H_0 ditolak.

Dari hasil uji Kruskal-Wallis ini dapat diketahui hasil uji beda antara ketiga alat sekaligus dari keseluruhan parameter kualitas air yang telah diuji, baik fisika-kimia dan bakteriologis. Secara rinci hasil uji Kruskal-Wallis ini bisa dilihat pada tabel berikut :

Tabel.4.21. Hasil Uji Kruskal-Wallis antara 3 alat perlakuan
“Tabung Tunggal-Tabung Berlapis-Tabung Tetes”

No.	Parameter	p value	Keterangan
1	pH	0,0001	Ada beda
2	Kadar TDS	0,0001	Ada beda
3	Sisa Chlor	0,0001	Ada beda
4	Kadar Fe	0,0001	Ada beda
5	Kadar Mn	0,0001	Ada beda
6	Nitrit	0,0001	Ada beda
7	Nitrat	0,0001	Ada beda
8	Flour	0,0001	Ada beda
9	Kesadahan	0,0001	Ada beda
10	Total Coliform	0,0001	Ada beda
11	<i>E. Coli</i>	0,0001	Ada beda

Dari tabel (Tabel.4.21) pada hasil uji Kruskal-Wallis diatas, nilai p value dari masing-masing parameter uji 3 alat sekaligus, telah menunjukkan sebagian besar hasil sangat signifikan. Hasil ini berdasar yaitu pada keseluruhan nilai Asymp Sig (2-tailed) > 0,05, yaitu p value (0,000) < derajat α sebesar 5 % (0,05). Maka H_0 ditolak dan H_1 diterima, jadi ada perbedaan nilai parameter kualitas air secara signifikan pada ketiga alat perlakuan Kaporitisasi.

c) Uji Beda pada 2 (dua) sampel yang berkaitan.

Uji beda 2 (dua) sampel yang berkaitan menitik beratkan pada uji hipotesis data yang diambil dari 2 (dua) sampel yang berhubungan. Metode ini biasanya digunakan untuk mengetahui beda antara kedua kelompok hasil pengukuran yang berpasangan dalam penelitian, antara sebelum dan sesudah perlakuan. Alat sarana yang dipakai untuk

mengolah data hasil ini adalah metode uji Wilcoxon pada SPSS 11,5. Dengan metode uji Wilcoxon ini akan diketahui nilai-nilai varian dari 2 (dua) sampel berpasangan. Dalam metode uji Wilcoxon ini hipotesis yang dipakai sebagai berikut :

- H_0 = Kedua Variabel memiliki median yang sama.
- H_1 = Kedua Variabel memiliki median yang berbeda.
- Derajat α sebesar 5%.
- Jika Asymp Sig (2-tailed) $> \alpha$, maka H_0 diterima.
- Jika Asymp Sig (2-tailed) $< \alpha$, maka H_0 ditolak.

Dari hasil uji wilcoxon ini dapat diketahui hasil uji beda dari keseluruhan parameter kualitas air yang telah diuji, baik fisika-kimia dan bakteriologis. Secara rinci hasil uji ini bisa dilihat pada tabel-tabel berikut:

1) Metode Tabung Tunggal.

Tabel.4.22. Hasil Uji Wilcoxon sebelum dan sesudah perlakuan “Tabung Tunggal”

No.	Parameter	p value	Keterangan
1	pH	0,021	Ada beda
2	Kadar TDS	0,000	Ada beda
3	Sisa Chlor	0,001	Ada beda
4	Kadar Fe	0,000	Ada beda
5	Kadar Mn	0,000	Ada beda
6	Nitrit	0,000	Ada beda
7	Nitrat	0,000	Ada beda
8	Flour	0,000	Ada beda
9	Kesadahan	0,000	Ada beda
10	Total Coliform	0,001	Ada beda
11	<i>E. Coli</i>	0,001	Ada beda

2) Metode Tabung Berlapis.

Tabel.4.23. Hasil Uji Wilcoxon sebelum dan sesudah perlakuan “Tabung Berlapis”

No.	Parameter	p value	Keterangan
1	pH	0,046	Ada beda
2	Kadar TDS	0,000	Ada beda
3	Sisa Chlor	0,001	Ada beda
4	Kadar Fe	0,000	Ada beda
5	Kadar Mn	0,000	Ada beda
6	Nitrit	0,000	Ada beda
7	Nitrat	0,000	Ada beda
8	Flour	0,000	Ada beda
9	Kesadahan	0,000	Ada beda
10	Total Coliform	0,000	Ada beda
11	<i>E. Coli</i>	0,000	Ada beda

3) Metode Tabung Tetes.

Tabel.4.24. Hasil Uji Wilcoxon sebelum dan sesudah perlakuan “Tabung Tunggal”

No.	Parameter	p value	Keterangan
1	pH	0,046	Ada beda
2	Kadar TDS	0,0001	Ada beda
3	Sisa Chlor	0,0001	Ada beda
4	Kadar Fe	0,0001	Ada beda
5	Kadar Mn	0,0001	Ada beda
6	Nitrit	0,0001	Ada beda
7	Nitrat	0,0001	Ada beda
8	Flour	0,0001	Ada beda
9	Kesadahan	0,0001	Ada beda
10	Total Coliform	0,0001	Ada beda
11	<i>E. Coli</i>	0,0001	Ada beda

Dari tabel (Tabel.4.22 s/d 4.24) pada hasil uji Wilcoxon diatas, nilai p value pada masing-masing parameter yang diuji telah menunjukkan hasil yang signifikan pada derajat α sebesar 5 % yaitu nilai p value $< 0,05$. Secara rinci bisa diuraikan bahwa pada perlakuan tabung tunggal, nilai p value (0,000-0,021). Parameter yang mengalami perubahan setelah perlakuan tabung tunggal ini sebanyak 7 parameter (TDS, Fe, Mn, Nitrit, Nitrat, Flour dan Kesadahan) dengan nilai p value 0,0001, sedang parameter (Chlor, total Coliform dan *E.Coli*) nilai p value 0,001 dan parameter pH nilai p value 0,021.

Pada perlakuan tabung berlapis, nilai p value (0,0001 - 0,046), sebagian besar nilai parameter juga mengalami perubahan setelah perlakuan tabung berlapis. Pada tabung berlapis ini ada 9 parameter (TDS, Fe, Mn, Nitrit, Nitrat, Flour, Kesadahan, total Coliform dan *E.Coli*) memiliki nilai p value 0,0001, pada parameter Chlor memiliki nilai p value 0,001 dan parameter pH dengan nilai p value 0,046.

Pada perlakuan tabung tetes, nilai p value (0,0001-0,046), dengan Confidence Interval 95 %, sebagian besar nilai parameter mengalami perubahan setelah perlakuan tabung tetes. Pada tabung tetes ini sebagian besar atau 10 parameter (TDS, Chlor, Fe, Mn, Nitrit, Nitrat, Flour, Kesadahan, total Coliform dan *E.Coli*) memiliki nilai p value sebesar 0,0001.

Sedang 1 parameter yaitu parameter pH memiliki nilai p value 0,046. Keseluruhan nilai Asymp Sig (2-tailed) < (0,05), maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Jadi ada perbedaan nilai median pada ketiga variabel.

d) Uji Beda pada beberapa sampel yang berkaitan.

Uji beda beberapa sampel yang berkaitan ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan antara kelompok-kelompok yang terbagi dalam sub-kelompok yang homogen yang biasanya disebut dengan blok. Uji ini sering juga disebut dengan rancangan blok lengkap (*Randomized Complete Block Design*). Metode ini menggunakan sistem analisis varians dua arah yang menitikberatkan pada pengukuran-pengukuran sesungguhnya yang diperoleh melalui eksperimen atau percobaan.

Dalam tahap uji ini metode yang dipakai adalah uji Cochran, dimana dalam penelitian yang menggunakan rancangan blok lengkap teracak, reaksi terhadap suatu perlakuan dapat dinyatakan dengan salah satu dari dua nilai, dalam hal ini misalnya peneliti menggunakan angka 1 untuk menyatakan *Andal* dan 0 menyatakan *Cukup andal*. Dikatom nilai variabel ini dimaksud untuk menguji tingkat keandalan dari ketiga alat perlakuan diatas, sehingga dipakai uji Cochran pada SPSS 11,5.

Uji ini dilakukan untuk mengetahui tingkat keandalan alat dalam meningkatkan kualitas parameter air. Pada uji ini peneliti memfokuskan pada parameter (Chlor, Total Coliform dan *E.Coli*) sebagai indikator keandalan ketiga alat perlakuan tersebut.

Dalam metode Cochran ini hipotesis yang dipakai sebagai berikut :

- H_0 = Proporsi Keandalan ketiga alat perlakuan sama.
- H_1 = Proporsi Keandalan ketiga alat perlakuan tidak sama.
- Derajat α sebesar 5% .
- Jika Asymp Sig (2-tailed) $> \alpha$, maka H_0 diterima.
- Jika Asymp Sig (2-tailed) $< \alpha$, maka H_0 ditolak.

Dari hasil uji Cochran ini dapat diketahui proporsi keandalan masing-masing ketiga alat perlakuan sekaligus melalui parameter kualitas air yang telah diuji yaitu Chlor, total Coliform dan *E.Coli*.

Secara rinci distribusi hasil uji Cochran ini bisa dilihat pada tabel masing-masing berikut ini :

Tabel.4.25. Distribusi hasil uji Cochran antara 3 alat perlakuan terhadap sisa kadar Chlor

No	Jenis Alat	Frekuensi		Jml.	% Keandalan	Ket.
		0	1			
1	Tabung Tunggal	9	6	15	40 %	Cukup
2	Tabung Berlapis	9	6	15	40 %	Cukup
3	Tabung Tetes	0	15	15	100 %	Andal

* p value 0,0001 ; df = 2

Keterangan :

- Variabel 1 s/d 3 merupakan variabel ordinal dikatomi tipe nominal.
- Nilai value 0 = cukup andal ; dan 1 = andal.

Tabel.4.26. Distribusi hasil uji Cochran antara 3 alat perlakuan terhadap kandungan total Coliform.

No	Jenis Alat	Frekuensi		Jml.	% Keandalan	Ket.
		0	1			
1	Tabung Tunggal	15	0	15	0 %	Tidak
2	Tabung Berlapis	6	9	15	60 %	Cukup
3	Tabung Tetes	3	12	15	80 %	Andal

* p value 0,0001 ; df = 2

Keterangan :

- Variabel 1 s/d 3 merupakan variabel ordinal dikatomi tipe nominal.
- Nilai value 0 = cukup andal ; dan 1 = andal.

Tabel.4.27. Distribusi hasil uji Cochran antara 3 alat perlakuan terhadap kandungan *E. Coli*.

No	Jenis Alat	Frekuensi		Jml.	% Keandalan	Ket.
		0	1			
1	Tabung Tunggal	15	0	15	0 %	Tidak
2	Tabung Berlapis	0	15	15	100 %	Andal
3	Tabung Tetes	0	15	15	100 %	Andal

* p value 0,0001 ; df = 2

Keterangan :

- Variabel 1 s/d 3 merupakan variabel ordinal dikatomi tipe nominal.
- Nilai value 0 = cukup andal ; dan 1 = andal.

Dari tabel (Tabel.4.25 - 4.27) pada hasil uji Cochran diatas, nilai p value dari masing-masing parameter, telah menunjukkan sebagian besar hasil sangat signifikan. Hasil ini berdasar hasil statistik uji Cochran yaitu pada nilai Asymp Sig (2-tailed) < 0,05, atau p value nilai parameter (0,000) < derajat α sebesar 5 % dan Confidence Interval sebesar 95%. Maka H_0 ditolak dan H_1 diterima, jadi ada perbedaan nilai proporsi keandakan alat perlakuan yang dipakai dalam kaporitisasi.

Untuk melihat tingkat keandalan dari ketiga alat yang dipakai dalam perlakuan (Tabung Tunggal, Tabung Berlapis dan Tabung Tetes), kita bisa mengacu pada hasil prosentase keandalan alat pada uji Cochran diatas. Lebih jelasnya bisa dilihat seperti pada tabel dibawah berikut ini :

Tabel.4.28. Prosentase Keandalan masing-masing Alat alat perlakuan.

No	Jenia Alat	Prosen Keandalan pada Parameter			Rata-rata	Ranking Keandalan
		Chlor	Total Coliform	<i>E.Coli</i>		
1	Tabung Tunggal	40%	0%	0%	13,3%	III
2	Tabung Berlapis	40%	60%	100%	66,6%	II
3	Tabung Tetes	100%	80%	100%	93,3%	I

Dari tabel prosentase keandalan alat diatas, bisa diambil suatu asumsi bahwa dari masing-masing ketiga alat perlakuan tersebut memiliki tingkat keandalan alat yang berbeda. Pada ketiga alat tersebut, yang memiliki tingkat keandalan paling bagus adalah pada Tabung Tetes dengan nilai prosen sebesar 93,3%. Sedang yang memiliki tingkat keandalan cukup yaitu pada Tabung Berlapis dengan nilai prosen sebesar 66,6 % dan yang kurang bagus yaitu pada Tabung Tunggal dengan nilai prosen keandalan sebesar 13,3%.

Apabila keandalan alat ini dikaitkan pada aspek konstruksi, jumlah bahan yang dipakai, biaya, tingkat kesulitan dalam penerapan dan kualitas yang dihasilkan, maka alat perlakuan bisa diklasifikasikan berdasar alternatif pilihan terbanyak. Berdasar hasil di lapangan peneliti mengklasifikasikan seperti pada tabel.4.29 dibawah berikut ini :

Tabel.4.29. Klasifikasi Keandalan Alat Perlakuan.

Jenis Alat	Aspek dan Peringkat Keandalan terpilih					Peringkat Keandalan
	Konstruksi	Jmlh Bahan	Biaya	Penerapan	Kualitas	
Tab.Tunggal	3	2	2	2	3	Peringkat 3
Tab.Berlapis	2	1	1	1	2	Peringkat 1
Tab.Tetes	1	3	3	3	1	Peringkat 2

Keterangan :

- 1 = Alternatif pilihan kategori terbaik.
- 2 = Alternatif pilihan kategori cukup baik.
- 3 = Alternatif pilihan kategori kurang baik.

Berdasar alternatif pilihan terbaik diatas, dalam arti alat tersebut memiliki efisiensi dan efektifitas yang cukup tinggi, maka alat tabung berlapis bisa digunakan sebagai alat kaportisasi yang cukup tinggi keandalannya.

BAB V

PEMBAHASAN

A. Kondisi Air PMA di Wilayah Boawae.

Sebanyak 90 % dari masyarakat Boawae yang terlayani air bersih berasal dari sumber air perlindungan mata air (PMA) yang di distribusikan melalui perpipaan (PP). Pada umumnya sarana PMA ini dikelola oleh masyarakat sendiri secara swadaya, melalui kelompok pemakai air (Pokmair) serta unit pengelola sarana (UPS). Sistem pengelolaan sarana yang baik diharapkan bisa mengurangi faktor-faktor resiko yang bisa menimbulkan pencemaran terhadap air PMA itu sendiri.

Dari sisi cakupan air bersih yang terlayani, wilayah pedesaan di Boawae juga masih rendah bila dibandingkan dengan cakupan skala Nasional. Cakupan air bersih rata-rata saat ini 57,51% dan skala Nasional adalah 65%. Cakupan air bersih terendah pada Desa Mulakoli dengan cakupan sebesar 32,57% dan Cakupan tertinggi pada Desa Solo dengan cakupan sebesar 77,72%. Perbedaan nilai cakupan ini memang cukup besar, dan ini memang dipengaruhi faktor keberadaan letak sumber PMA dan jumlah warga yang dilayani.

Disamping cakupan yang masih rendah, hasil dari pemeriksaan kualitas bakteriologis air PMA di wilayah Boawae telah menunjukkan 64% tidak memenuhi syarat secara bakteriologis.¹¹ Fakta di lapangan pada air sumber yang digunakan Puskesmas Boawae saja, air baku yang digunakan hampir 100% tidak memenuhi syarat bakteriologis. Jumlah total Coliform rata-rata

1100 kol/100 ml air sampel dan *E.Coli* rata-rata 210 kol/100 ml air sampel. Pada jaringan utama PMA yang digunakan Puskesmas saat ini, memang ditemukan beberapa penyebab rendahnya kualitas air baku ini, antara lain :

- Kondisi bak PMA yang sudah lama dan tidak terjaga, serta letaknya yang kurang aman dari pencemaran, yaitu berada di lereng antara kali kering dan lahan di atasnya (areal kebun dan pemukiman baru).
- Kondisi pipa jaringan yang sudah tua dan banyak yang patah serta disambung dengan binen/karet sehingga masih ada kebocoran.
- Jaringan pipa distribusi yang melalui tepian kali kering, sewaktu-waktu muncul hujan akan rawan kontaminasi pada jaringan perpipaan.
- Bertambahnya areal pemukiman di atas mata air “Mata Dhuge”, yang seharusnya tidak boleh ada dalam radius 500 m dari mata air.
- Adanya sampah dan air buangan rumah tangga yang dibuang dan dialirkan pada lereng kali kering, sehingga sangat rawan pencemaran terhadap pipa jaringan distribusi air PMA yang akan dimanfaatkan.

Apabila dikaitkan dengan sistem pengelolaan air bersih yang ada saat ini, tentunya air dari PMA tersebut tidak layak untuk di konsumsi. Selama ini Puskesmas belum pernah melakukan upaya teknis ataupun treatment pada air PMA yang masuk ke reservoir tersebut.

Bagi peneliti sendiri dengan asumsi bahwa terjaminnya kualitas air sebelum dikonsumsi masyarakat adalah penting sekali. Sehingga alternatif pilihan yang praktis dan cepat adalah dengan jalan memperbaiki kualitas air itu sendiri. Metode yang akan dipakai yaitu dengan cara memberi

perlakuan yang tepat pada objek kualitas (yaitu air itu sendiri) melalui proses chlorinasi. Dengan adanya perlakuan ini kualitas air bisa ditingkatkan dan aman dikonsumsi bagi masyarakat.²⁵

B. Analisis Penerapan Metode Chlorinasi.

Metode Chlorinasi adalah bagian dari suatu desinfeksi yaitu dengan cara pencuci hamaan suatu material, benda atau obyek dengan bahan tertentu dan dosis tertentu pula. Harapan dari proses ini bisa mensterilkan alat, bahan dan obyek dari virus, jamur ataupun bakteri yang bisa menimbulkan penyakit.

Hal yang sama bisa dilakukan pada obyek berupa air, dimana secara umum media air memang paling banyak ditumbuhi dan dihinggapi virus, jamur ataupun bakteri. Alasan kenapa harus menggunakan metode chlorinasi, karena memang hingga saat ini beberapa penelitian seperti yang dilakukan oleh (AWWA dan WHO), masih merekomendasikan secara Internasional bahwa senyawa Chlor layak digunakan sebagai bahan desinfektan dalam proses pengolahan air.²⁹

Di Indonesia sendiri sebagian besar dalam pengolahan air juga menggunakan senyawa Chlor. Ini dijumpai pada proses pengolahan air oleh PDAM dan pengolahan limbah cair industri yang biasa digunakan adalah gas Chlorin yang diinjeksikan dalam tabung pipa secara kontinyu. Namun tidaklah demikian halnya untuk air yang tanpa memiliki sistem pengolahan yang baik dan permanen. Sebagian besar masyarakat di Indonesia, khususnya daerah pedesaan pada umumnya masih mengkonsumsi air secara langsung tanpa proses pengolahan terlebih dahulu. Sarana ini bisa kita jumpai seperti

sumur gali (SGL), sumur pompa tangan (SPT), perlindungan mata air (PMA), dan sarana air bersih lainnya.

Di wilayah Boawae sendiri pada umumnya memanfaatkan perlindungan mata air (PMA). Dalam pemanfaatan PMA ini juga masih tradisional, air disadap dan ditampung lalu didistribusikan pada jaringan tanpa adanya pengolahan ataupun perlakuan apapun. Dari segi kualitas tentunya tidak menjamin apakah air yang dikonsumsi itu layak atau tidak, sehingga rawan sekali untuk timbulnya suatu penyakit bawaan air.

Keterbatasan pengetahuan dan sumber daya masyarakat dalam memahami persoalan kualitas air bersih, menuntut adanya suatu solusi dan penyelesaian yang mudah diterapkan serta dipahami oleh masyarakat itu sendiri. Selama ini masyarakat memahami penggunaan senyawa chlor atau yang mereka kenal sebagai kaporit, digunakan dikala terjadi kasus diare yang meningkat. Dan pemahaman masyarakat juga terbatas pada penaburan kaporit pada suatu badan air akan membunuh kuman penyebab diare.

Beberapa alternatif sudah pernah dilakukan, khususnya di jajaran Departemen Kesehatan melalui Dinas Kesehatan, pada bidang penyehatan air dan lingkungan di masing-masing daerah. Seperti pada Propinsi NTT, di Dinas Kesehatan Kab.Ngada misalnya alternatif dalam chlorinasi bagi sarana air bersih masyarakat. Beberapa alternatif yang sudah pernah dipakai yaitu tabung saringan dari bambu, tabung saringan dari gentong dan tabung saringan pasir dari paralon. Namun metode ini mencampur pasir dan kaporit secara langsung sehingga tingkat kelarutan kaporit sulit dipertahankan. Selain

itu kelemahan lainnya adalah tidak adanya filter yang bisa menahan campuran pasir dan kaporit dari lubang saringan. Dalam perhitungan dan penggunaannya antara bahan penyaring dan dosis chlor juga tidak bisa menjamin berapa lama kelarutan kaporit akan bertahan. Tingkat kerapatan bahan penyaring akan sangat menentukan berapa lama proses chlorinasi tersebut bisa bertahan.

Ada tiga metode yang telah dipakai dalam proses chlorinasi pada penelitian ini. Metode ini merupakan suatu model pengembangan metode-metode yang konvensional di atas. Perbedaan utama pada alat ini adalah pada susunan bahan penyaring dan pada metode kontakannya. Pada metode konvensional alat chlorinasi tanpa waterfill dan langsung dimasukkan ke dalam air, namun pada tiga alat yang dipakai dalam penelitian ini disertai waterfill dan tidak langsung kontak pada air tampungan. Kontak terjadi pada tabung kontak tersendiri, yang dibuat khusus agar masing-masing tabung kaporit bisa kontak secara kontinyu.

Untuk mencapai hasil yang optimal dari proses chlorinasi yang diharapkan, tentunya harus memahami alur proses kimia senyawa chlor didalam air. Saat pertama senyawa chlor masuk dalam air, tidaklah serentak senyawa ini sebagai desinfektan yang bisa menangkap virus, kuman, jamur dan bakteri didalam air. Senyawa chlor akan berikatan lebih dahulu dengan bahan-bahan , senyawa organik, partikel dan mineral dalam air yang pada umumnya membawa sifat-sifat kualitas fisik-kimia air. Senyawa organik ini seperti TDS, Fe, Mn, NO₂, NO₃ dan Kesadahan sebagai CaCO₃. Senyawa

organik tersebut akan diikat terlebih dahulu oleh senyawa chlor sampai pada titik normal yang sering disebut sebagai “Break point Chlorination”. Pada proses selanjutnya terciptalah sisa chlor bebas dalam air, dan senyawa chlor bebas inilah yang diharapkan sebagai desinfektan yang ampuh dalam air .

Untuk menjamin agar tahapan proses chlorinasi tersebut bisa berjalan dengan baik terlebih dahulu harus diperhatikan beberapa faktor berikut ini :

1. Uji Daya Penyergap Chlor.

Sebelum dilakukan proses chlorinasi, terlebih dahulu harus dilakukan uji daya sergap chlor. Uji ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kestabilan sisa chlor yang akan diperlukan sebagai patokan dalam perhitungan dosis chlor dalam proses chlorinasi. Masing-masing sumber air memiliki karakteristik kandungan senyawa organik yang berbeda, untuk itu perlu dilakukan uji ini. Semakin banyak kandungan senyawa organik dalam sumber air tersebut akan semakin lama diperoleh tingkat kestabilan sisa chlor yang diharapkan.

Pada sarana PMA di wilayah Boawae, uji DPC yang telah dilakukan memperoleh data sisa chlor stabil sebesar 0,3 mg/l. Nilai sisa chlor stabil pada uji daya sergap chlor inilah yang akan menjadi patokan dalam menentukan besar dosis yang akan diberikan dalam proses chlorinasi nantinya. Angka 0,3 mg/l dari sisa chlor stabil adalah angka yang digunakan untuk mereduksi senyawa-senyawa organik lain, sehingga untuk mencapai sisa chlor bebas harus ditambahkan nilai sisa chlor pengaman yaitu sebesar 0,3 mg/l.

Sehingga besar dosis yang dibutuhkan adalah sisa chlor tetap + angka chlor pengaman yaitu sebesar $(0,3 \text{ mg/l} + 0,3 \text{ mg/l}) = (0,6 \text{ mg/l})$, jadi jika bahan kimia yang dipakai adalah kaporit $(\text{CaOCl})_2$ 61%, maka banyak dosis yang diperlukan adalah : $100/61 \times 0,6 \text{ mg/l} = \underline{1,0 \text{ mg/l}}$.

Perlu diingat bahwa dosis bukanlah nilai permanen yang bisa menghasilkan sisa chlor bebas sesuai dengan peraturan yang berlaku. Dalam mencapai sisa chlor bebas itu sendiri nantinya akan dipengaruhi beberapa hal seperti : pH, debit air, kontinuitas, serta ketelitian dalam perhitungan bahan dan rentang waktu yang diharapkan.⁴⁷

2. Bahan Yang digunakan.

Proses chlorinasi juga sangat bergantung pada bahan yang dipakai sebagai desinfektan. Besaran prosen chlor aktif yang terkandung di dalam senyawa chlor umumnya sangat dipengaruhi pada bentuk senyawa tersebut. Sodium Hypochlorit sebagai senyawa chlor cair memiliki kisaran prosen chlor aktif sebesar (5-15) %.

Calcium Hypochlorit atau $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ yang dikenal sebagai kaporit sebagai senyawa chlor padat memiliki kisaran prosen chlor aktif sebesar (60-65) %. Sedang pada senyawa Chlorine gas memiliki kisaran prosen chlor aktif sebesar (95-100) %. Senyawa kaporit lebih banyak di pasaran dan lebih mudah didapatkan. Disamping karena faktor harganya yang relatif murah, juga mudah dalam penyimpanannya, sehingga masyarakat umum lebih mudah mendapatkan dan memanfaatkannya.

Pada proses chlorinasi air PMA di Boawae peneliti menggunakan kaporit dengan kisaran chlor aktif sebesar (60-65)%. Ini berarti bahwa setiap dalam 1 satuan berat ataupun volume, kandungan chlor aktif murni sebesar (60-65)%. Namun pada proses perhitungan dosis peneliti menetapkan nilai chlor aktif sebesar 60% saja, ini dilakukan untuk memberikan nilai toleransi nilai chlor aktif itu sendiri dalam proses chlorinasi nantinya. Dan secara laboratorium seharusnya nilai chlor aktif ini harus dilakukan pemeriksaan di laboratorium, namun sayangnya laboratorium Dinkes Ngada belum memiliki alat yang dimaksud. Sehingga peneliti menetapkan nilai toleransi sebesar 60% untuk prosen aktif chlor pada senyawa kaporit yang dipakai.

3. Alat dan Cara penerapan.

Untuk mendapatkan suatu proses chlorinasi yang tepat dan efisien tentunya tidak lepas dari peralatan serta cara penerapan dari alat itu sendiri. Pada penelitian kualitas air PMA di wilayah Boawae, alat perlakuan yang digunakan yaitu meliputi Tabung Saringan Tunggal, Tabung Saringan Berlapis dan Tabung Tetes.

Antara ketiga tabung tersebut, masing-masing memiliki spesifikasi susunan alat yang berbeda. Pada tabung saringan misalnya, lapisan filter pada tabung tunggal hanya terdiri dari 2 lapisan yaitu lapisan water fill dan lapisan pasir secara tunggal. Namun pada tabung berlapis terdiri dari 4 lapisan yaitu lapisan waterfill, lapisan pasir $\text{Ø } 2 \text{ mm}$, lapisan pasir $\text{Ø } 1 \text{ mm}$ dan tabung pipa lapisan pasir $\text{Ø } \frac{3}{4}''$ sebagai screen dan tempat kaporit

dalam tabung berlapis. Selanjutnya pada tabung tetes hanya dilengkapi lapisan waterfill pada bagian bawah sebagai penyaring larutan kaporit.

Perbedaan jumlah lubang dan lapisan saringan inilah yang membuat tingkat koefisien perlambatan kelarutan bahan kaporit dalam tabung tersebut berbeda. Pada tabung tunggal memiliki koefisien perlambatan sebesar 0,1 dan pada tabung berlapis memiliki koefisien perlambatan sebesar 0,042. Pada tabung tetes sendiri karena aliran tetesnya dipengaruhi gaya gravitasi sehingga nilai koefisien kecepatan tetes sebesar $1/9,8$ atau 0,102. Bahasan masalah koefisien ini telah diuraikan dengan jelas pada bab sebelumnya. Perbedaan koefisien ini pula yang membedakan besaran banyak kebutuhan bahan yang akan dipakai pada masing-masing alat perlakuan. Kebutuhan bahan didapat setelah dosis dikali dengan koefisien dan rencana lama sisa chlor aktif yang diharapkan (10 hari). Pada perhitungan didapat hasil pada tabung tunggal perlu bahan kaporit sebanyak 28,32 gram. Pada tabung berlapis perlu kaporit sebanyak 11,189 gram dan tabung tetes sebanyak 28,89 gram.

Rencana awal dalam perlakuan alat tersebut akan dikontakkan secara langsung pada media air tampungan reservoir PMA. Namun cara ini ternyata tidak bisa menjamin adanya titik kontak yang sama, antara air dari inlet dan air outlet ke reservoir. Berkat masukan serta pendapat dari para dosen pembimbing dan penguji, akhirnya didapatkan suatu alternatif yaitu melalui “Tabung Kontak” yang dihubungkan pada pipa inlet air menuju pipa outlet air ke reservoir. Adanya tabung kontak ini diharapkan

keseluruhan air yang mengalir akan mengalami titik kontak dengan bahan kaporit yang ada dalam tabung saringan atau tabung tetes yang mengalir. Apabila air inlet dari PMA bisa dijamin alirannya melalui titik kontak terlebih dahulu dengan alat perlakuan yang dipakai, maka bisa dipastikan air outlet ke reservoir telah mengalami proses chlorinasi terlebih dahulu.

Pada hasil perlakuan dari masing-masing alat, berdasar hasil pemeriksaan sisa chlor yang ada, didapat hasil yang bagus yaitu sisa chlor positif dan kandungan total Coliform dan *E.Coli* cenderung menurun. Pengamatan dari masing-masing alat dilakukan selama 10 hari dan tiap 2 hari sekali diambil 3 sampel dalam interval jam yang berbeda. Dari hasil pemeriksaan tersebut didapat bahwa ketiga alat tersebut memiliki perbedaan nilai parameter kualitas air yang terpantau dalam uji laboratorium, disamping ada nilai parameter yang sama sesudah alat perlakuan tersebut.

Nilai parameter kualitas air terpantau sesudah perlakuan yang memiliki nilai berbeda meliputi : pH, sisa chlor dan kandungan total Coliform serta *E.Coli*. Sedang pada parameter kualitas air terpantau sesudah perlakuan yang nilainya sama meliputi : Kadar TDS, Fe, Mn, NO₂, NO₃ dan Kesadahan sebagai CaCO₃.

C. Analisis Kualitas Air PMA sebelum dan sesudah perlakuan.

Sebelum proses perlakuan pada air PMA dilakukan, terlebih dahulu dilakukan pengujian parameter kualitas air baku PMA, air reservoir dan air distribusi jaringan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui dan mengontrol ada

tidaknya perubahan-perubahan parameter yang lain selama dilakukan perlakuan terhadap air PMA tersebut. Dan dari hasil uji laboratorium, baik skala di lapangan maupun di ruang laboratorium, hasil dari parameter yang terpantau bisa diuraikan sebagai berikut :

1. Parameter Fisika-Kimia.

Pada parameter fisika-kimia ini perlu dipantau karena akan berhubungan dengan proses chlorinasi yang akan berlangsung, seperti parameter pH, TDS, Fe, Mn, Flour, Nitrit, Nitrat dan Kesadahan. Untuk lebih jelasnya bisa diuraikan sebagai berikut :

a. Kualitas air sebelum perlakuan.

Secara umum kualitas fisika-kimia air baku PMA yang dimanfaatkan oleh Puskesmas Boawae memenuhi syarat sebagai air bersih. Dari hasil pemeriksaan lapangan dan laboratorium diperoleh rata-rata nilai parameter kualitas air baku PMA seperti yang tercantum pada tabel 4.7. Data Rerata Parameter Fisika-Kimia Air Baku PMA.

Apabila dilihat dari hasil tersebut, kualitas air baku PMA sudah memenuhi syarat kualitas, namun negatif kandungan chlor. Untuk lebih jelasnya bisa dibandingkan dengan standart pengawasan kualitas air bersih yaitu Permenkes Nomor. 416 /Menkes/ Per/IX/1990. Berdasar hasil perbandingan dengan standart parameter di atas, air baku PMA Boawae sebagian besar telah memenuhi syarat secara fisika-kimia. Namun ada 1 parameter yang tidak terpenuhi yaitu kadar chlor yang masih nihil. Hal ini terjadi karena secara alamiah senyawa chlor sulit

ditemukan secara bebas bersama air tanpa ada perlakuan atau pemberian. Pada kondisi normal air baku PMA ini cukup bagus sebagai air bersih. Bahkan bila dilihat dan dibandingkan dengan standart air minum, parameter terpantau pada air baku ini juga bisa memenuhi standart air minum. Perbandingan ini sebatas untuk parameter fisika-kimia, sedangkan apabila dikaitkan parameter bakteriologis yang ada, berarti air baku tersebut tergantung pada hasil pemeriksaan bakteriologis.

Parameter fisika-kimia ini penting diketahui, karena apabila di dalam kandungannya melebihi batas standart yang ditentukan tentunya akan mempengaruhi proses chlorinasi yang akan dilakukan. Seperti pada pH, apabila besaran nilai pH di atas 7,6 maka akan lebih sulit untuk mencapai sisa chlor yang stabil. Kandungan TDS juga mempengaruhi proses chlorinasi, dimana apabila TDS tinggi bisa sebagai media pelindung bakteri terhadap senyawa chlor dalam air.

Senyawa Nitrat dan Nitrit dalam air akan bereaksi dengan chlor dan tentunya mengurangi kekuatan chlor. Apabila terjadi reaksi lebih kompleks yaitu adanya reaksi chlor (Cl^{-1}) dengan senyawa Amoniak (NH^{-3}) maka membentuk senyawa NHCl_3 (Chloramin).

Senyawa ini merupakan senyawa sisa chlor kombinasi dengan senyawa lain, sehingga sifatnya sebagai desinfektan lebih rendah bila dibandingkan dengan sisa chlor bebas.

Kandungan senyawa anorganik seperti Besi (Fe), Flour (F), Mangan (Mn) serta tingkat kesadahan sebagai CaCO_3 dalam air akan mempengaruhi proses chlorinasi yang berlangsung. Seperti pada Fe dan Mn akan bereaksi dengan chlor bebas dalam keadaan tereduksi, sehingga akan menambah jumlah chlor yang dibutuhkan untuk proses chlorinasi. Hal yang sama juga akan terjadi pada air dengan kesadahan tinggi, maka akan terjadi reaksi chlor dan membentuk senyawa Calcium Chlorida (CaCl_2). Senyawa yang dihasilkan ini mudah sekali untuk mengendap, sehingga akan menambah jumlah bahan chlor yang dibutuhkan untuk proses chlorinasi dalam air.⁴⁸⁻⁴⁹

Kandungan Fe dan Mn yang berlebihan di dalam air juga akan mempengaruhi warna saat dilakukan pemeriksaan kimia dengan pereaksi orthotolidine, biasanya akan terjadi penyimpangan warna.⁷⁶ Biasanya koreksi hasil pemeriksaan ini memakai pereaksi orthotolidine-arsenit. Namun saat dilakukan pemeriksaan di lapangan air baku PMA Boawae, hasil parameter pH, TDS, Fe, Mn, F, NO_2 , NO_3 dan Kesadahan masih dibawah standart semua. Kondisi ini dianggap peneliti sebagai faktor yang mendukung tingkat kestabilan proses chlorinasi yang dilakukan.⁴⁴

b. Kualitas air sesudah perlakuan.

Kualitas fisika-kimia air reservoir Puskesmas Boawae sesudah perlakuan menunjukkan adanya perubahan parameter. Perubahan yang cukup besar yaitu pada parameter sisa chlor, ini terjadi karena memang

sebelumnya kandungan chlor tidak ada. Selanjutnya dengan alat perlakuan terjadilah proses chlorinasi yang mampu memberikan sisa chlor tersebut. Pada parameter yang lain (seperti TDS, Fe, Mn, F dan Kesadahan) diketahui sebagian besar cenderung menurun. Ini akibat proses ikatan ion dan pemecahan senyawa kimia anorganik dalam air yang berperan dalam penurunan kadar zat terlarut, senyawa Besi, Mangan, Nitrit, Nitrat, Flour dan mineral lain dalam kesadahan pada air baku setelah proses chlorinasi.⁴⁷ Sedangkan pada parameter pH relatif stabil pada kisarannya yaitu 6,8-7,1.

Kondisi pH yang cukup stabil ini sangat membantu efektifitas proses chlorinasi yang terjadi dalam air. Efektifitas chlor akan menurun bila terjadi penyimpangan pH. Kisaran pH yang bagus untuk proses chlorinasi adalah antara pH 5 – pH 7, sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Baumann.⁵² Sesuai dengan parameter terpantau kualitas air sesudah perlakuan yang tercantum pada pada tabel.4.7. Data rerata parameter fisika-kimia Air Reservoar sebelum dan sesudah perlakuan 3 (tiga) tabung.

Dari tabel.4.7 di atas bisa dibandingkan tingkat perubahan parameter fisika-kimia yang terukur. Hampir dari ketiga alat memberikan pengaruh perubahan pada parameter kualitas air baku sebelumnya. Sisa chlor pada ketiga perlakuan menunjukkan hasil yang berbeda yaitu dengan variasi rerata 0,25, 0,26 dan 0,31. Perbedaan ini menurut peneliti bisa dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain :

jenis lapisan tabung yang berbeda sehingga mempengaruhi tingkat kecepatan serap air dalam mengalirkan senyawa kaporit. Faktor yang lain akibat jumlah bahan kaporit yang berbeda pada masing-masing tipe tabung perlakuan yang dipakai.

Selanjutnya pada parameter lain (TDS, Fe, Mn, NO₂, NO₃, F, dan CaCO₃) mempunyai nilai parameter yang sama. Kesamaan nilai parameter ini menurut peneliti berdasar teori proses chlorinasi, bisa saja terjadi karena kecepatan daya sergap chlor pada masing-masing alat memiliki kemampuan yang sama. Teori ini didasarkan peneliti bahwa sebelum dicapai sisa chlor bebas dalam air, akan didahului oleh proses oksidasi serta pengikatan dan pemecahan senyawa seperti dalam parameter tersebut. Kadar zat terlarut, senyawa Besi, Mangan, Nitrit, Nitrat, Flour dan mineral lain dalam kesadahan pada air baku akan mengalami ikatan ion serta pemecahan-pemecahan senyawa kimia anorganik dalam air tersebut. Akibat proses ikatan ion dan pemecahan senyawa kimia anorganik dalam air inilah yang berperan dalam penurunan kadar zat terlarut, senyawa Besi, Mangan, Nitrit, Nitrat, Flour dan mineral lain dalam kesadahan pada air baku setelah proses chlorinasi.⁴⁷

Pada fase puncak proses chlorinasi tersebut yang sering dikenal sebagai titik retak atau break point chlorination, kebutuhan chlor yang dipakai bisa saja sama jumlahnya antara tabung tunggal, tabung berlapis dan tabung tetes. Akan tetapi pada fase pelepasan senyawa chlor bebas

telah dicapai, jumlah dari sisa chlor bebas tiap alat ini akan berbeda tentunya. Jumlah sisa chlor bebas inilah yang akan menentukan tingkat perbedaan kekuatan chlor sebagai desinfektan.⁴⁸

2. Parameter Bakteriologis.

Pada parameter bakteriologis pemeriksaan dilakukan pada air baku dan air reservoir sesudah perlakuan. Ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana tingkat efektifitas proses chlorinasi yang sudah dilakukan pada masing-masing alat.

Perlu diingat bahwa standart parameter bakteriologis dalam pengawasan kualitas air bersih berdasar Permenkes 416 tahun 1990 dan air minum berdasar Kepmenkes 907 tahun 2002 menerangkan, untuk air bersih kandungan MPN Coli maksimum 10 kol/100 ml air sampel perpipaan dan 50 kol/100 ml air sampel non perpipaan. Sedang untuk air minum kandungan Total Coliform dan *E.Coli* harus Nol.

Untuk membandingkan perbedaan kualitas bakteriologis antara kualitas air reservoir air sebelum dan sesudah perlakuan, bisa dilihat pada tabel.4.8, Data rerata parameter bakteriologis Air Reservoir sebelum dan sesudah perlakuan 3 (tiga) tabung perlakuan.

a. Kualitas bakteriologis air sebelum perlakuan.

Untuk kualitas bakteriologis air reservoir sebelum perlakuan, hasil pemeriksaan laboratorium menunjukkan rata-rata nilai total Coliform sebesar 1100 kol/100 ml sampel dan angka *E.Coli* sebesar 210 kol/100 ml sampel. Kualitas air reservoir Boawae ini bila dibandingkan

dengan standart parameter berarti tidak memenuhi syarat dan sangat memprihatinkan sekali. Rendahnya kualitas bakteriologis air PMA yang dipakai Puskesmas Boawae ini diakibatkan beberapa faktor. Diantara faktor penyebab tersebut adalah kondisi jaringan yang sudah lama dan banyak patahan pipa. Faktor penyebab yang lain adalah akibat tidak ditimbunnya jaringan pipa, sementara jaringan pipa dilewatkan pada kali kering. Dimana kali kering tersebut sering menjadi tempat buangan sampah dan aliran limbah rumah tangga di sekitar wilayah tersebut.

Kondisi jaringan pipa dan kualitas air bersih Puskesmas Boawae ini sudah dipahami oleh jajaran Instansi Pemerintah Kabupaten Ngada. Untuk itu melalui Dinkes Kabupaten Ngada, pada tahun 2007 nanti telah dianggarkan dana rehabilitasi sarana air bersih Puskesmas Boawae. Kegiatan ini meliputi akan dilakukan survey mata air yang baru, lokasi sumber agak jauh dari pemukiman, serta jaringan akan dipindahkan dari jalur lama dari tepian kali kering menuju dekat jalan raya. Apabila rencana kegiatan ini terealisasi dengan lancar maka kualitas air Puskesmas Boawae sedikit banyak bisa diperbaiki dan ditingkatkan kualitas dan kuantitasnya.

b. Kualitas bakteriologis air sesudah perlakuan.

Kualitas bakteriologis air reservoir Puskesmas sesudah dilakukan 3 metode perlakuan (tabung tunggal, tabung berlapis dan tabung tetes), seperti yang tercantum pada tabel.4.8 di atas hasilnya rata-rata cukup baik. Kandungan rata-rata total Coliform yang bisa diturunkan oleh

ketiga alat perlakuan ini mencapai (99,5%), dari rata-rata total Coliform sebesar 1100 kol/100 ml sampel menjadi 4,0 kol/100 ml sampel air. Kisaran rata-rata penurunan kandungan total Coliform pada ketiga alat perlakuan ini berkisar antara (1,0 – 9,0) kol/100 ml sampel air. Sedangkan pada rata-rata Total Coliform yang bisa diturunkan oleh ketiga alat perlakuan mencapai (98,6%), dari rata-rata Total Ciliform sebesar 210 kol/100 ml sampel menjadi 2,0 kol/100 ml sampel air. Kisaran rata-rata penurunan Total Coliform pada ketiga alat perlakuan ini yang bisa dicapai berkisar antara (0,0 - 7,0) kol/100 ml sampel air.

Penurunan kandungan Total Coliform dan *E.Coli* pada air reservoir, menunjukkan bahwa efektifitas ketiga alat perlakuan sangat efektif. Secara keseluruhan hasil perlakuan berdasar rata-rata pemeriksaan laboratorium, ketiga alat perlakuan memang tidak mampu menekan angka kandungan Total Coliform dan *E.Coli* pada level 0. Akan tetapi pada hasil pemeriksaan koloni pada tabung berlapis dan tabung tetes, beberapa sampel didapatkan nilai kandungan Total Coliform dan *E.Coli* pada level 0 (nol).

D. Analisis Keandalan Alat Perlakuan.

Ketiga alat perlakuan yang telah dipakai dalam penelitian ini secara umum telah menunjukkan hasil yang signifikan. Ketiga alat terbukti mampu meningkatkan kadar sisa chlor bebas, menurunkan kandungan Total Ciliform dan *E.Coli* serta menstabilkan parameter kualitas lain yang terkait dengan proses chlorinasi pada air PMA tersebut.

Dari hasil uji statistik metode Cochran, diperoleh data bahwa pada tabung tetes yang memiliki tingkat keandalan paling baik dalam meningkatkan kualitas air secara bakteriologis. Namun peneliti akan mencoba memberikan analisis secara detail tentang perbandingan keandalan dari ketiga alat ini dipandang dari beberapa sisi atau aspek, yaitu :

1. Konstruksi Tabung.

Dari sisi model konstruksi tabung yang dipakai dalam perlakuan ini, ketiga tabung memiliki perbedaan pada lapisan saringan dan tabung penyusunnya. Konstruksi yang paling sederhana adalah pada tabung tunggal, dimana lapisan penyusun saringan hanya satu lapis saja. Pada tabung berlapis konstruksi tabung sudah lebih lengkap karena dibuat dua lapisan saringan. Sedang pada tabung tetes model konstruksi lebih spesifik karena dirancang untuk media larutan kaporit yang akan diteteskan.

Perbedaan di antara konstruksi ini menurut peneliti memberikan alternatif pilihan terhadap alat perlakuan yang akan dipilih. Alternatif pilihan alat kaporitisasi ini tentunya yang sesuai dengan kemampuan masyarakat dan kondisi di lapangan. Secara umum pembuatan tabung tunggal dan tabung tetes tidak jauh berbeda bila dibandingkan dengan tabung tetes. Dan untuk menentukan pilihan alternatif alat yang akan dipakai tentunya akan mengacu pada hasil parameter kualitas air terukur yang mampu ditingkatkan kualitasnya setelah dilakukan perlakuan dengan ketiga alat tersebut.

2. Jumlah bahan kaporit yang digunakan.

Hasil perhitungan jumlah bahan kaporit yang dipakai dalam perlakuan ketiga tabung menunjukkan hasil yang berbeda, walaupun memakai dosis dan rentang waktu pengamatan sisa chlor yang sama. Dosis chlor dipakai 1 mg/lt, sedang rentang waktu selama 10 hari. Perbedaan terletak pada koefisien perlambatan kelarutan kaporit, dimana koefisien tabung tunggal sebesar 0,1; tabung berlapis sebesar 0,042 dan koefisien tabung tetes sebesar 0,102.

Dari data hasil perhitungan tersebut telah didapatkan masing-masing alat memerlukan jumlah bahan sebagai berikut : pada tabung tunggal menghabiskan kaporit sebanyak 28,80 gram; pada tabung berlapis menghabiskan kaporit sebanyak 12,096 gram dan tabung tetes menghabiskan kaporit sebanyak 29,37 gram.

Dilihat dari efisiensi bahan kaporit yang digunakan, maka tabung berlapis yang memiliki efisiensi bahan paling bagus, karena hanya menghabiskan sejumlah 12,096 gram kaporit. Dan nilai efisiensi tabung berlapis ini hampir mencapai 2,5 kali lebih efisien bila dibanding kedua alat yang lain (tabung tunggal dan tabung tetes).

3. Aspek biaya yang dikeluarkan.

Untuk mengacu pada aspek biaya tentunya harus melihat kembali pada model konstruksi yang dipakai dan jumlah bahan yang dihabiskan pada masing-masing alat. Berdasarkan praktek peneliti saat persiapan dan pembuatan alat penelitian, dari segi biaya pembuatan alat ketiga tabung

tersebut, antara tabung tunggal dan tabung berlapis perbedaan biaya tak terlalu jauh berbeda. Pada tabung tetes diperlukan biaya sedikit lebih banyak, karena konstruksi yang lebih spesifik. Konstruksi tabung tetes ini lebih banyak memerlukan soket dan tee PVC untuk penyambungan dan ukuran pipa yang lebih besar bila dibandingkan dengan tabung tunggal dan tabung berlapis. Biaya belanja bahan yang dikeluarkan untuk membuat masing-masing satu unit tabung perlakuan yang sudah jadi yaitu tabung tunggal sebesar Rp. 50.000,- ; tabung berlapis sebesar Rp.75.000.- dan tabung tetes sebesar Rp. 150.000,-. Biaya ini belum termasuk ongkos pembuatan pada masing-masing alat tabung tersebut.

Dari segi biaya bahan kaporit yang digunakan tentunya pada tabung berlapis memerlukan biaya paling murah karena hanya menghabiskan 12,096 gram kaporit. Harga kaporit di pasaran sebesar Rp. 5000.- per botol dalam kemasan 50 gram, sehingga harga per satuan gram sebesar Rp.100.- Alternatif pemilihan alat berdasar efisiensi biaya yang dikeluarkan tentunya pada tabung berlapis. Pada tabung berlapis ini dipandang lebih hemat biaya bila dibanding dengan alat perlakuan tabung tunggal dan alat tabung tetes.

4. Tingkat kesulitan dalam penerapan.

Dalam praktek di lapangan, penerapan ketiga alat perlakuan ini juga berbeda. Perbedaan ini terlihat jelas pada pengisian atau pencampuran kaporit pada tabung masing-masing. Pada tabung tunggal pengisian kaporit dilakukan setelah mengeluarkan lapisan pasir terlebih dahulu, lalu

mencampurkannya hingga rata, dan memasukkannya kembali dengan hati-hati pada tabung tunggal. Pada tabung berlapis bahan kaporis yang sudah sesuai kebutuhan tinggal dimasukkan pada tabung kecil yang berada di tengah lapisan tabung berlapis lalu menutupnya. Sedang pada tabung tetes bahan kaporit harus terlebih dahulu dicampur dengan air dalam ember lalu diaduk sampai larut dan homogen lalu dimasukkan pada tabung tetes. Tabung tetes juga memerlukan pemantauan secara rutin, karena aliran tetes pada tabung kontak harus sesuai dengan kebutuhan tetes setiap detiknya agar larutan menetes sesuai dengan dosis dan tidak cepat habis.

Dipandang dari sisi kemudahan dan tingkat kepraktisan dalam penggunaannya, tabung berlapis lebih mudah dalam penerapannya, karena tidak perlu mencampur dengan pasir atau mengaduk hingga larut dalam air. Sehingga untuk alternatif pilihan penerapan alat perlakuan yang paling mudah di praktekkan oleh masyarakat adalah pada tabung berlapis bila dibandingkan dengan alat perlakuan tabung tunggal dan alat tabung tetes.

5. Efektifitas kualitas hasil yang dicapai.

Berdasarkan hasil yang dicapai dari masing-masing alat perlakuan ini menunjukkan ketiganya sama-sama ada nilai positif dalam peningkatan kualitas bakteriologis air. Namun dari hasil pemeriksaan di lapangan dan di laboratorium terlihat jelas adanya perbedaan frekuensi nilai parameter terpantau serta kecenderungan kenaikan sisa chlor, Total Coliform dan *E.Coli*.

Efektifitas alat perlakuan berdasar kecenderungan hasil pemeriksaan parameter terpantau ini bisa dilihat dalam gambar 4.1.1.s/d 4.1.3. dan bisa dijelaskan sebagai berikut :

a. Kecenderungan Sisa Chlor.

Setelah dilakukan proses clorinasi dan berdasar hasil pemeriksaan, kecenderungan sisa chlor chlor yang dihasilkan seperti yang divisualisasikan dalam gambar.4.1.1, maka alternatif pilihan alat perlakuan yang terbaik adalah pada tabung tetes. Pada tabung tetes ini kecenderungan kestabilan lebih besar kemungkinannya bila dibanding dengan tabung tunggal dan tabung berlapis. Kecenderungan kestabilan sisa chlor pada tabung tetes mencapai nilai 0,3 mg/lit. Sedang pada tabung tunggal kecenderungan kestabilan sebesar 0,15 mg/lit dan tabung berlapis kecenderungan kestabilan sebesar 0,20 mg/lit.

Apabila sisa chlor tersebut dikaitkan dengan batasan kualitas air bersih, maka tabung tetes adalah pilihan yang terbaik untuk digunakan karena sisa chlor 0,3 mg/lit masuk dalam batasan (0,2-0,6) mg/lit untuk kualitas air bersih sesuai Permenkes 416 tahun 1990. Akan tetapi bila dikaitkan dengan batsan kualitas air minum, dimana batasan maksimum sisa chlor sebesar 0,25 mg/lit, maka pilihan yang terbaik adalah tabung berlapis yaitu pada kestabilan sisa chlor 0,20 mg/lit. Hasil sisa chlor ini bila dibandingkan dengan hasil penelitian Baumann, (1962) memberi rekomendasi maksimum 0,5 mg/lit. Homberger et.all,(1993), pada

batasan tidak boleh melebihi nilai 0,2 mg/l. Edstrom Industries, (1996), merekomendasikan batasan (0,15-0,3) mg/l.

b. Kecenderungan Total Coliform.

Selanjutnya setelah dilakukan proses clorinasi dan berdasar hasil pemeriksaan, total Coliform pada outlet air reservoir Puskesmas kecenderungan yang bisa divisualisasikan seperti yang tercantum pada gambar 4.1.2. Grafik Kecenderungan Total Coliform.

Apabila mengacu pada kecenderungan total Coliform yang mampu diturunkan setelah perlakuan, maka alternatif pilihan alat yang terbaik adalah pada tabung tetes. Pada tabung tetes, kecenderungan kestabilan jumlah total Coliform yang mampu diturunkan lebih rendah bila dibanding dengan tabung tunggal dan tabung berlapis. Kecenderungan kestabilan jumlah total Coliform pada tabung tetes mencapai nilai 0 kol/100 ml sampel air. Sedang pada tabung tunggal kecenderungan kestabilan jumlah total Coliform sebesar 12 kol/100 ml sampel air dan pada tabung berlapis kecenderungan kestabilan jumlah total Coliform sebesar 5 kol/100 ml sampel air. Bila dibandingkan dengan standart parameter kualitas air bersih yaitu maksimum 10 kol/100 ml air sampel perpipaan, maka alat yang bisa digunakan yaitu tabung berlapis dan tabung tetes.

c. Kecenderungan kandungan *E.Coli*.

Pada nilai kandungan *E.Coli* setelah dilakukan proses clorinasi dan berdasar hasil pemeriksaan, kandungan *E.Coli* pada outlet air

reservoir Puskesmas yang telah divisualisasikan dalam kecenderungan grafik tercantum pada gambar 4.1.3. Kecenderungan kandungan *E.Coli* setelah perlakuan .

Apabila mengacu pada grafik kecenderungan kandungan *E.Coli* yang mampu diturunkan setelah perlakuan, maka alternatif pilihan alat yang terbaik adalah pada tabung tetes. Pada tabung tetes ini kecenderungan kestabilan kandungan *E.Coli* yang mampu diturunkan lebih rendah bila dibanding dengan tabung tunggal dan tabung berlapis. Kecenderungan kestabilan kandungan *E.Coli* pada tabung tetes mencapai nilai 0 kol/100 ml sampel air. Sedang pada tabung tunggal kecenderungan kestabilan kandungan *E.Coli* sebesar 7,5 kol/100 ml sampel air dan pada tabung berlapis kecenderungan kestabilan kandungan *E.Coli* sebesar 2,0 kol/100 ml sampel air. Bila dibandingkan dengan standart parameter kualitas air bersih Permenkes 416 1990 yaitu maksimum 10 kol/100 ml air sampel perpipaan, maka keseluruhan alat bisa digunakan. Namun bila dibandingkan dengan standart air minum Kepmenkes 907 tahun 2002, maka alat yang bisa digunakan yaitu tabung tetes saja.

Dari keseluruhan perbandingan ketiga alat perlakuan di atas, baik dari segi konstruksi, jumlah bahan, biaya, penerapan dan kualitas yang dihasilkan bisa diklasifikasikan berdasar alternatif pilihan yang terbaik. Selanjutnya dalam klasifikasi ini aspek-aspek yang menjadi alternatif

pilihan terbaik akan diberikan scoring dengan kategori alternatif pilihan (1 = terbaik; 2 = cukup baik; 3 = kurang baik).

Scoring ini dipakai untuk membedakan peringkat keandalan antara tabung tunggal, tabung berlapis dan tabung tetes berdasar jumlah pilihan alternatif terbaik. Klasifikasi alternatif pilihan yang terbaik terhadap ketiga alat perlakuan ini bisa dibuat dalam bentuk tabel klasifikasi yang tercantum pada tabel 4.29. Klasifikasi keandalan alat perlakuan dalam pokok bahasan sebelumnya.

Dari tabel.4.29 tersebut terlihat beberapa alternatif pilihan terbaik banyak dimiliki oleh tabung berlapis dalam pemakaian alat perlakuan chlorinasi. Beberapa keunggulan yang dimiliki tabung berlapis bila dibanding dengan tabung tunggal dan tabung tetes adalah dari segi bahan yang digunakan, biaya dan metode penerapannya. Sedang dari segi kualitas bakteriologis tabung berlapis pada peringkat 2 bila dibanding dengan tabung tetes. Ini terlihat pada kecenderungan grafik kandungan *E.Coli*, dimana tabung berlapis kecenderungan sebesar 2,0 kol/100 ml sampel air, sedang tabung tetes kecenderungan *E.Coli* mampu pada level 0 kol/100 ml sampel air. Sedangkan pada kecenderungan sisa chlor, pada tabung berlapis memiliki kecenderungan yang lebih bagus bila dibandingkan dengan tabung tetes. Kecenderungan tabung berlapis berada pada level sisa chlor sebesar 0,20 mg/lit, sedang pada tabung tetes kecenderungan berada pada level 0,30 mg/lit. Sisa chlor 0,30 mg/lit ini berada di atas nilai

ambang batas kandungan sisa chlor untuk kualitas air minum yaitu pada batas 0,25 mg/lit.^{1,17}

Menurut peneliti berdasarkan asumsi dan beberapa argumen atas dasar teori dan praktek penelitian di lapangan, alternatif terbaik dalam pemakaian alat chlorinasi di atas yaitu pada tabung berlapis. Tabung berlapis memiliki keunggulan seperti dari segi bahan, biaya dan penerapan, dengan hasil kualitas bakteriologis air yang cukup bagus (angka *E. Coli* sebesar 2,0 kol/100 ml sampel air) dan sisa chlor (yaitu pada level 0,2 mg/lit) yang sudah cukup aman untuk dikonsumsi oleh masyarakat.

E. Keterbatasan dan Kekurangan Penelitian.

Dalam melaksanakan penelitian tentang metode kaportisasi sederhana (tabung tunggal, tabung berlapis dan tabung tetes), peneliti merasa banyak kendala, hambatan serta keterbatasan materi yang dikuasai oleh peneliti. Penelitian ini dilakukan dengan skala eksperimen, dimana peneliti berupaya semaksimal mungkin untuk menerapkan dan menggabungkan dasar-dasar teori keilmuan yang dimiliki yaitu antara Ilmu Teknik Lingkungan, Kesehatan Lingkungan dan Kesehatan Masyarakat.

Peneliti juga berharap besar dalam penelitian ini mampu membuktikan bahwa dengan metode atau teknik yang tepat melalui alat perlakuan tertentu, mampu menghasilkan suatu teknologi dan inovasi dalam menjaga serta meningkatkan kualitas lingkungan, dalam hal ini yaitu kualitas bakteriologis

air. Sehingga dengan kualitas air yang terjamin derajat kesehatan masyarakat mampu ditingkatkan.

1. Keterbatasan penelitian.

- a). Penelitian ini berskala Eksperimental, baik di lapangan maupun di laboratorium, sehingga data-data pengukuran diperoleh secara langsung di tempat dan saat eksperimen berlangsung.
- b). Dalam penelitian ini banyak digunakan perangkat dan alat ukur yang dipakai dalam menguji sampel-sampel eksperimen. Pemeriksaan di lapangan atau di laboratorium, menuntut kemampuan individual peneliti dalam memahami penggunaan alat pemeriksaan, sehingga bisa mengontrol dan mengurangi bias pengukuran yang terjadi.
- c). Penelitian ini merupakan suatu aplikasi terapan ilmu teknik dan kesehatan lingkungan dalam upaya meningkatkan kualitas air secara bakteriologis. Beberapa alat perlakuan Chlorinasi telah di ujitobakan untuk menentukan alternatif terbaik pada alat yang bisa dipakai dengan hasil kualitas yang memuaskan.
- d). Alat perlakuan yang digunakan dalam penelitian merupakan hasil rekayasa dan pengembangan sendiri dari beberapa model alat chlorinasi oleh peneliti berdasarkan teori dan bekal keilmuan serta keahlian peneliti di bidang penyehatan air.
- e). Keterbatasan kemampuan ilmu dan pengetahuan para dosen pembimbing serta penguji sangat mempengaruhi nilai hasil akhir dari penelitian ini.

f). Penelitian ini dilakukan pada obyek air PMA di wilayah Boawae Ngada Flores NTT. Akan tetapi penelitian bisa digeneralisir untuk dilakukan penelitian serupa dimana saja pada wilayah yang memiliki kesamaan topografi, sumber air dan sarana air bersih yang dimiliki.

2. Kekurangan penelitian.

a) Penelitian ini menggunakan berbagai alat perlakuan dan tentunya sampel yang diuji juga cukup banyak. Diperlukan biaya yang cukup untuk pembuatan alat perlakuan serta biaya pengujian sampel.

b) Dari sisi waktu, penelitian ini sebenarnya memerlukan waktu yang lama karena diperlukan eksperimen ulangan pada alat dan obyek yang sama sehingga bisa didapat hasil yang benar-benar meyakinkan.

c) Karena obyek penelitian ini langsung pada obyek lingkungan yaitu sumber air PMA, sehingga kualitas parameter obyek terukur akan dipengaruhi kondisi lingkungan sekitarnya.

d) Diperlukan banyak tenaga dalam pelaksanaan penelitian, khususnya tenaga pengambilan sampel di beberapa titik lokasi dan tenaga untuk mengawasi alat perlakuan selama penelitian serta tenaga dalam pemeriksaan sampel.

e) Faktor bias pengukuran di lapangan atau pemeriksaan di laboratorium bisa saja terjadi, karena indera masing-masing orang berbeda. Dan untuk mengurangi bias pengukuran dan pemeriksaan ini peneliti mengambil jalan dengan cara menyamakan persepsi hasil pengukuran sebelum hasil pengukuran dicatat sebagai data penelitian.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan.

Berdasar hasil dari penelitian yang dilakukan, peneliti menarik beberapa kesimpulan penting yang didapat dari hasil analisis antara lain yaitu :

1. Kalitas bakteriologis air baku PMA tidak memenuhi syarat, *E.Coli* sebesar 210 kol/100 ml sampel. Dan setelah perlakuan ada peningkatan kualitas bakteriologis, kandungan *E.Coli* sebesar (0 – 8) kol/100 ml.
2. Pada uji Mann-Whitney ada perbedaan rerata pada 4 parameter setelah perlakuan yaitu pada parameter pH, Sisa Chlor, jumlah total Coliform dan *E.Coli*. Pada $\alpha = 5 \%$; nilai p value antara 0,0001 s/d 0,002.
3. Pada uji Kruskal-Wallis ada perbedaan signifikan rerata semua parameter setelah perlakuan, yaitu parameter : pH, TDS, Sisa Chlor, Fe,Mn, Nitrit, Nitrat, Flour, Kesadahan, Total Coliform dan *E. Coli*. Pada $\alpha = 5 \%$; nilai p value sebesar 0,0001.
4. Pada uji Wilcoxon pada ketiga alat ada perbedaan signifikan rerata pada semua parameter setelah perlakuan, melalui uji 2 sampel yang berkaitan. Pada $\alpha = 5 \%$ dengan nilai p value berkisar antara 0,0001 s/d 0,046.
5. Pada uji Cochran (melalui variabel dikatomi), ada perbedaan 3 parameter yang signifikan dari keandalan alat perlakuan dalam meningkatkan kualitas air yaitu parameter : Chlor, Total Coliform dan *E. Coli*. Pada $\alpha = 5 \%$ dengan nilai p value sebesar 0,0001.

6. Keandalan alat perlakuan berdasar uji Cochran didapat hasil bahwa : tabung tetes memiliki keandalan sebesar 93,3%, tabung berlapis memiliki keandalan sebesar 66,6% dan tabung tunggal memiliki keandalan sebesar 13,3%. Pada $\alpha = 5\%$ dengan nilai p value sebesar 0,0001; $df = 2$.
7. Keandalan alat perlakuan berdasar analisis efisiensi alat, bahan, biaya, sistem penerapan dan batasan sisa chlor yang diperkenankan, maka alat yang terbaik adalah Tabung Berlapis.

B. Saran.

Dalam penelitian ini saran yang bisa diambil dan direkomendasikan oleh peneliti, antara lain :

1. Bagi masyarakat pengguna air dianjurkan dalam kegiatan kaporitisasi menggunakan alat Tabung Berlapis karena disamping lebih murah dan mudah, alat ini direkomendasikan cukup andal oleh peneliti.
2. Bagi Pemerintah Kabupaten Ngada, semoga dengan hasil penelitian ini dimana tabung berlapis sebagai alternatif terbaik dalam kaporitisasi bisa memberikan manfaat dan sumbangan pikiran dalam bidang pengelolaan, serta penyehatan air bersih dan air minum bagi masyarakat.
3. Dinas Kesehatan Kabupaten Ngada Flores NTT melalui Laboratorium Kesehatan Lingkungan yang ada, diharapkan senantiasa melakukan kegiatan monitoring dalam upaya penyehatan air melalui pengembangan dan inovasi teknologi lebih lanjut dari tabung kaporitisasi yang mudah dimanfaatkan oleh masyarakat.

4. Bagi Puskesmas Boawae sebagai obyek lokasi penelitian, melalui tenaga sanitarian Puskesmas diharapkan mampu memanfaatkan serta mengembangkan secara mandiri alat kaporitisasi yang telah diujicobakan pada reservoir Puskesmas Boawae. Dengan sistem pemanfaatan secara mandiri ini nanti, diharapkan lambat laun masyarakat akan mudah memahami, meniru, melakukan dan menerapkan alternatif alat kaporitisasi yang telah diterapkan dalam penelitian.
5. Bagi peneliti lain, perlu diketahui bahwa penelitian ini bersifat inovatif, teknis dan aplikatif. Peneliti sendiri berharap hasil ini bisa dikembangkan lebih lanjut dalam meningkatkan kualitas bakteriologis air secara lebih luas. Untuk itu diperlukan penelitian lebih lanjut di bidang penerapan metode kaporitisasi ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Depkes RI, 2002, *Keputusan Menteri Kesehatan RI. No.97/Menkes/SK/VII/ 2002, tentang Syarat-syarat & Pengawasan Kualitas Air Minum*, Depkes, Jakarta.
2. CV.Eko Jaya, 2004, *Himpunan Peraturan di Bidang Lingkungan Hidup 2002-2004 – Suplemen 1*, Jakarta.
3. Sunu, P., 2001, *Melindungi Lingkungan Dengan Menerapkan ISO 14001*, PT. Grasindo, Jakarta.
4. Komisi WHO, Bidang Kesehatan & Lingkungan, 2001, *Planet Kita Kesehatan Kita*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
5. Pustaka AMPL, 2004, Percik Vol.4 Tahun I/Juni 2004, *Journal Media Informasi Air Minum & Penyehatan Lingkungan*, Depkes, Jakarta.
6. Kantor MNLH, 1997, *AGENDA 21 INDONESIA - Strategi Nasional Untuk Pembangunan Berkelanjutan.*, Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup, Jakarta.
7. Widjonarko, RBA, SKM, M.Kes, 1995, *Modul Pelatihan Pengawasan Kualitas Air dan Lingkungan Bagi Pengelola Program PABPL-MPR Tingkat Kecamatan*, Proyek Pengawasan Kualitas Air dan Penyuluhan PAB, Dinkes Prop. NTT, Kupang.
8. Labkesling Dinkes Bajawa, 1999, *Materi Pelatihan Lab.Paket.C Tingkat Regional Propinsi DKI, Jatim, NTT, NTB, Kaltim, Bali dan Kalsel*, Depkes R.I
9. Dinkes Bajawa, 2005, *Laporan dan Evaluasi Kegiatan Program Kesling*, Dinkes Kab. Ngada.
10. Puskesmas Boawae, 2005, *Mini Laporan PKL Tingkat Puskesmas Boawae*, Dinkes Kab. Ngada.
11. Dinkes Bajawa, 2005, *Laporan dan Rekapitulasi Data Hasil Pemeriksaan Laboratorium Kesehatan Lingkungan*, Dinkes Kab. Ngada.
12. Puskesmas Boawae, 2005, *Laporan 10 Penyakit Terbesar Puskesmas Boawae*, Dinkes Kab. Ngada

13. Djabu, Udin, et al, 1991, *Pedoman Bidang Studi Pembuangan Tinja dan Air Limbah*, Institusi Pendidikan Sanitasi Kesehatan Lingkungan, Jakarta.
14. Slamet, J.S., 2002, *Kesehatan Lingkungan*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
15. Kusnoputranto, H., 1997, *Air Limbah dan Ekskreta Manusia – Aspek Kesehatan Masyarakat dan Pengolahannya*, Dirjen. Dikti, Depdikbud, Jakarta.
16. Sastrawijaya, A.Trisna, M.Sc, 2000, *Pencemaran Lingkungan*, Cetakan ke-2, Rineka Cipta, Jakarta.
17. Depkes RI, 1990, Permenkes No.416/Menkes/Per/1990, *Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air*, Depkes, Jakarta.
18. Pusdiknakes, 1992, *Pendekatan Epidemiologi dan Dasar-dasar Surveylans*, Jakarta, Depkes R.I.
19. Dit.Jen PPM & PLP, 1993, *Petunjuk Teknis Pemantauan Wilayah Setempat Program Penyehatan Air*, Jakarta, Depkes R.I.
20. World Health Organization, 1998, *Perbendaharaan Istilah Dipergunakan dalam “Seri Kesehatan Untuk Semua”*, Jakarta, Pusdiknakes, Depkes R.I.
21. Depdikbud, 1999, *Kamus Besar Bahasa Indonesia*, Jakarta.
22. Dit.Jen, PPM dan PLP, 1990, *Pedoman Teknis Perbaikan Kualitas Air Bagi Petugas Pembinaan Kesehatan Lingkungan*, Depkes R.I, Jakarta.
23. Dit.Jen PPM & PLP, 1992, *Pedoman Teknis Pengawasan Sanitasi Air Minum di Pelabuhan, Jakarta*, Depkes R.I.
24. Kusnoputranto, Haryoto, 1995, *Pengantar Toksikologi Lingkungan*, Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Jakarta.
25. Muara Agung Jakarta, 1994, *Pembangunan Berwawasan Lingkungan - Peraturan Pemerintah di Bidang Lingkungan Hidup*, CV.Muara, Jakarta.
26. Nasution, S, 1991, *Metode Research, Penelitian Ilmiah*, Thesis, Jemmars, Bandung.

27. Hanafiah, Kemas Ali, 2000, *Rancangan Percobaan : Teori dan Aplikasi*, Raja Grafindo Persada, Jakarta.
28. Journal AWWA, 1997, *Disinfection of Drinking Water is A Critical Public Health Need*,. [/http://www.drinking_water.chlorination_facts_about_Chlorine.htm](http://www.drinking_water.chlorination_facts_about_Chlorine.htm), 10/15/2005.
29. WHO, 1995, *Chlorine and Drinking Water : Here's to Your Health, Brochure-Chlorine Chemistry Council*, [/http://www.drinking_water.chlorination_Chlorine_and_Drinking_Water.htm](http://www.drinking_water.chlorination_Chlorine_and_Drinking_Water.htm), 10/15/2005.
30. Djajadiningrat,S.,1996, *Aspek Ekonomi Pengendalian Air untuk Perkotaan, Makalah untuk Hari Air Sedunia IV*, Maret 1996.
31. Sanroepi, Djasio, et al, 1984, *Pedoman Bidang Studi Penyediaan Air Bersih, APK TS*, Jakarta, Proyek Pengembangan Tenaga Sanitasi Pusat.
32. Odum,Eugene.P, 1993, *Dasar-Dasar Ekologi* , Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
33. Dit Jen PPM & PLP, 1996, *Petunjuk Pelaksanaan Penyusunan Master Plan Penyediaan Air Bersih (PAB) Pedesaan Kabupaten*, Jakarta, Depkes R.I.
34. Sutrisno,C.T., dan E.Suciasuti., 2002, *Teknologi Penyediaan Air Bersih*, PT Rineka Cipta, Jakarta.
35. Purwanto, Slamet, MSc, 1996, *Pengolahan Air*, AKL Purwokerto, Depkes R.I.
36. Ditjen. PPM & PLP, 1998, *Pedoman Upaya Penyehatan Air Bagi Petugas Sanitasi Puskesmas*, Depkes R.I, Jakarta.
37. Waluyo.,L, 2005, *Mikrobiologi Lingkungan*, Penerbit Universitas Muhammadiyah, UMM Press, Malang.
38. Ditjen. PPM& PLP, 1995, *Pengawasan Kualitas Air Untuk Penyediaan Air Bersih Pedesaan dan Kota Kecil*, Depkes R.I, Jakarta.
39. De Rosarie, Yose, 1996, FWSSRDP (Flores Water Supply and Sanitation Rekonstruksi Development Project), *Gender Of Training*, Aus-AID, Maumere.
40. Bourne. Peter. G, 1984, *Water and Sanitation*, Academic Press, Orlando, Florida USA.

41. Soeroso, Lasam, DR, MappSc, 1996, ***Petunjuk Praktikum Mikrobiologi Lingkungan***, Fakultas Ilmu Biologi, Laboratorium Mikrobiologi Lingkungan, UNSOED, Purwokerto.
42. Soemirat, J. Slamet, 2000, ***Epidemiologi Lingkungan***, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
43. Ditjen. PPM & PLP, 1995, ***Petunjuk Pemakaian Alat Untuk Pemeriksaan Bakteriologis Air – Sistem Tabung Ganda***, Depkes. R.I, Jakarta.
44. Buckle. K.A, et.al, 1987, ***Ilmu Pangan, Departemen of Education and Culture – Directorate of Higher Education – DGHE – IDP, International Development Program of Australian Universities and Colleges***, Penerjemah hari Purnomo Adiono, Penerbit, UI-Press.
45. Giyantini, 2004, ***Deinfeksi Air dengan Chlorinasi, (5): 17-18., Journal Info Penyehatan Air dan Sanitasi***, ISSN: 1414-761X, Volume VI, No. 11, Juli 2004, Ditjen. PPM & PL., [E-mail : subdit_hsmm@yahoo.com](mailto:subdit_hsmm@yahoo.com).
46. Sri Laksmi Jenie, Betty, 1998, ***Sanitasi Dalam Industri Pangan***, Lembaga Sumber Daya Informasi, IPB, Bogor.
47. Muslimin, L.W., 1995, ***Mikrobiologi Lingkungan***, Dirjen. Dikti., Proyek Pengembangan Pusat Studi Lingkungan., Depdikbud., Jakarta.
48. Monod.J, et.al., 1991, ***Water Treatment Handbook - Sixth Edition - Volume 1***, Degremont, Water and The Environment, France.
49. Monod.J, et.al., 1991, ***Water Treatment Handbook - Sixth Edition - Volume 2***, Degremont, Water and The Environment, France.
50. Jawet, E., J.L. Melnick, dan E.A.Adelberg, 2001, ***Mikrobiologi Kedokteran, Penerbit EGC***, Jakarta (Alih Bahasa : Nugroho,E dan Maulana).
51. IWACO (Consultand for Water and Environment), 1998, ***Wanita dan Air***, Yayasan Melati, Jakarta.
52. Baumann,E.R. 1962. ***Should small water supplies be superchlorinated? Part I and II. Water and Sewage Works.*** (12): 463-465 ; (1) : 21-24, [/http://www.drinking_water.chlorination_Edstrom_Industries.com.PDF](http://www.drinking_water.chlorination_Edstrom_Industries.com.PDF), 10/15/2005.

53. Les, E.P., 1968., *Effect of acidified chlorinated water on reproduction in C3H/HeJ and C57BL/6J mice. Lab. Anim. Care* (69): 221-235., /[http://www.drinking water.chlorination_Edstrom Industries. com. PDF](http://www.drinkingwater.chlorination_EdstromIndustries.com.PDF), 10/15/2005.
54. Homberger, F.R., Z. Pataki, and P.E. Thomann., 1993., *Control of Pseudomonas aeruginosa infection in mice by chlorine treatment of drinking water. Lab Anim. Sci.* 43(6):635-637., /[http://www.drinking water.chlorination_ Edstrom Industries.com.PDF](http://www.drinkingwater.chlorination_EdstromIndustries.com.PDF), 10/15/2005.
55. Cantor, K.P., R. Hoover, P. Hartage, et.al, 1987, *Bladder Cancer, Drinking Water Source and Tap Water Consumption : A case control study., J.Natl.Cancer Inst,* 79 : 1269-1279, /[http://www.drinking water.chlorination_ Edstrom Industries.com.PDF](http://www.drinkingwater.chlorination_EdstromIndustries.com.PDF), 10/15/2005.
56. Edstrom Industries.,1996, *Microbiological Survey in US Water System,* /[http://www.drinking water.chlorination_ Edstrom Industries.com.PDF](http://www.drinkingwater.chlorination_EdstromIndustries.com.PDF), 10/15/2005.
57. Fidler, I.J, 1977, *Depression of macrophages in mice drinking hyperchlorinated water. : Experimental.,* /[http://www.drinking water.chlorination_ Edstrom Industries.com.PDF](http://www.drinkingwater.chlorination_EdstromIndustries.com.PDF), 10/15/2005.
58. Hermann, L.M., W.J. White, and C.M. Lang, 1982, *Prolonged exposure to acid, chlorine, or tetracycline in drinking water: Effects on delayed-type hypersensitivity, hemagglutination titers, and reticulo-endothelial clearance rates in mice. Lab.Anim.Sci.* (32):603-608., /[http://www.drinking water.chlorination_ Edstrom Industries.com.PDF](http://www.drinkingwater.chlorination_EdstromIndustries.com.PDF), 10/15/2005.
59. Bull, R.J and F.C. Kofpler, 1991, *Health Effect of Disinfectans and Disinfection By-Products. AWWA Reseach Foundation and American Water Works Association.,* /[http://www.drinking water.chlorination_ Edstrom Industries.com.PDF](http://www.drinkingwater.chlorination_EdstromIndustries.com.PDF), 10/15/2005.
60. Drukrey, H., 1968, *Chlorinated Drinking Water, toxicity tests, involving seven generation of rats. Food Cosmet. Toxicol.,* (6): 147-154., /[http://www.drinking water.chlorination_ Edstrom Industries.com.PDF](http://www.drinkingwater.chlorination_EdstromIndustries.com.PDF), 10/15/2005.
61. NAS, 1987, *Drinking Water and Health: Disinfectans and Disinfectans Byproducts.* Vol.7. Washington,DC: National Academy Press. /[http://www.drinking water.chlorination_ Edstrom Industries.com.PDF](http://www.drinkingwater.chlorination_EdstromIndustries.com.PDF), 10/15/2005.
62. Nasir, Moh. 1988, *Metode Penelitan,* Ghalia Indonesia, Jakarta.

63. Murti,B, 2000, *Prinsip dan Metode Riset Epidemiologi*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
64. Azwar, Saifuddin,MA, 1997, *Metode Penelitian*, Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
65. Sugiyono, 1999, *Statistik Untuk Penelitian*, CV. Alfabet, Bandung.
66. Riduwan, Drs, MBA, 2004, *Metode dan Teknik Menyusun Tesis*, Pengantar, Prof.DR.Buchari Alma, Alfabeta, Bandung.
67. Riduwan, Drs, MBA, 2002, *Skala pengukuran Variabel-variabel Penelitian*, Pengantar – Prof.DR.Buchori Alma, Alfabeta, Bandung.
68. EPA, 1998, *Chlorine - A Special Problem for Drinking Water*,./http: //www.drinking water.chlorination.htm, 10/15/2005.
69. CWQA (Canadian Water Quality Association), 2005, *Drinking Water Chlorination & Point-of-Use Dechlorination in the Home*, /http: //www.drinking water.chlorination_CWQA.htm, 10/15/2005.
70. Depkes R.I, 1999, *Metode Penelitian Kesehatan, Penuntun Latihan Metode Penelitian*, Balai Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, Gramedia Printing Group, Jakarta.
71. Hamidi , DR, Msi, 2004, *Metode Penelitian Kualitatif – Aplikasi Praktis Pembuatan Proposal dan Laporan Penelitian*, UMM Press, Malang.
72. Arikunto, Suharsimi, 1998, *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*, Cetakan ke-8 Rineka Cipta, Yogyakarta.
73. Depkes R.I, 1999, *Metode Penelitian Kesehatan, Penuntun Latihan Metode Penelitian*, Balai Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, Gramedia Printing Group, Jakarta.
74. Trihendradi, Cornelius, 2004, *Memecahkan Kasus Statistik dengan SPSS-12*, ANDI, Yogyakarta.
75. Salemba Infotex, 2001, *Pengolahan Data Statistik Dengan SPSS 10,0*; Penerbit Salemba Infotex – Wahana Komputer, Jakarta.
76. WHO, 1997, *Treatment of Ground Water : Unit 6*. /http: //www.ground water.treatment.chlorination_CWQA .com.PDF, 10/06/2006.
77. WHO, 1985, *Guidelines For Drinking-Water Quality, Volume 1-3*, Geneva, World Health Organization.