

Ace bendel



28/10/2016



Ace bendel selalu men-
capat kembali dan di DPU
26/10/16

Ace Penguji anggota



23-09-2016

Euy

**DESTRUKSI BAKTERI *Escherichia coli* dan *Salmonella* ASAL MATA AIR
SUMBER JIRUN DESA MOJO KECAMATAN PADANG KABUPATEN
LUMAJANG MENGGUNAKAN TAWAS DAN KAPORIT**

SKRIPSI

oleh

Edi Mistari

NIM 101710101007

Dr. Nurhayati, S.TP, M.Si (DPU)

dr. Enny Suswati, M.Kes (DPA)

JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

UNIVERSITAS JEMBER

2016



**DESTRUKSI BAKTERI *Escherichia coli* dan *Salmonella* ASAL MATA AIR
SUMBER JIRUN DESA MOJO KECAMATAN PADANG KABUPATEN
LUMAJANG MENGGUNAKAN TAWAS DAN KAPORIT**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknologi Hasil Pertanian (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknologi Pertanian

oleh

Edi Mistari

NIM 101710101007

JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

UNIVERSITAS JEMBER

2016

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

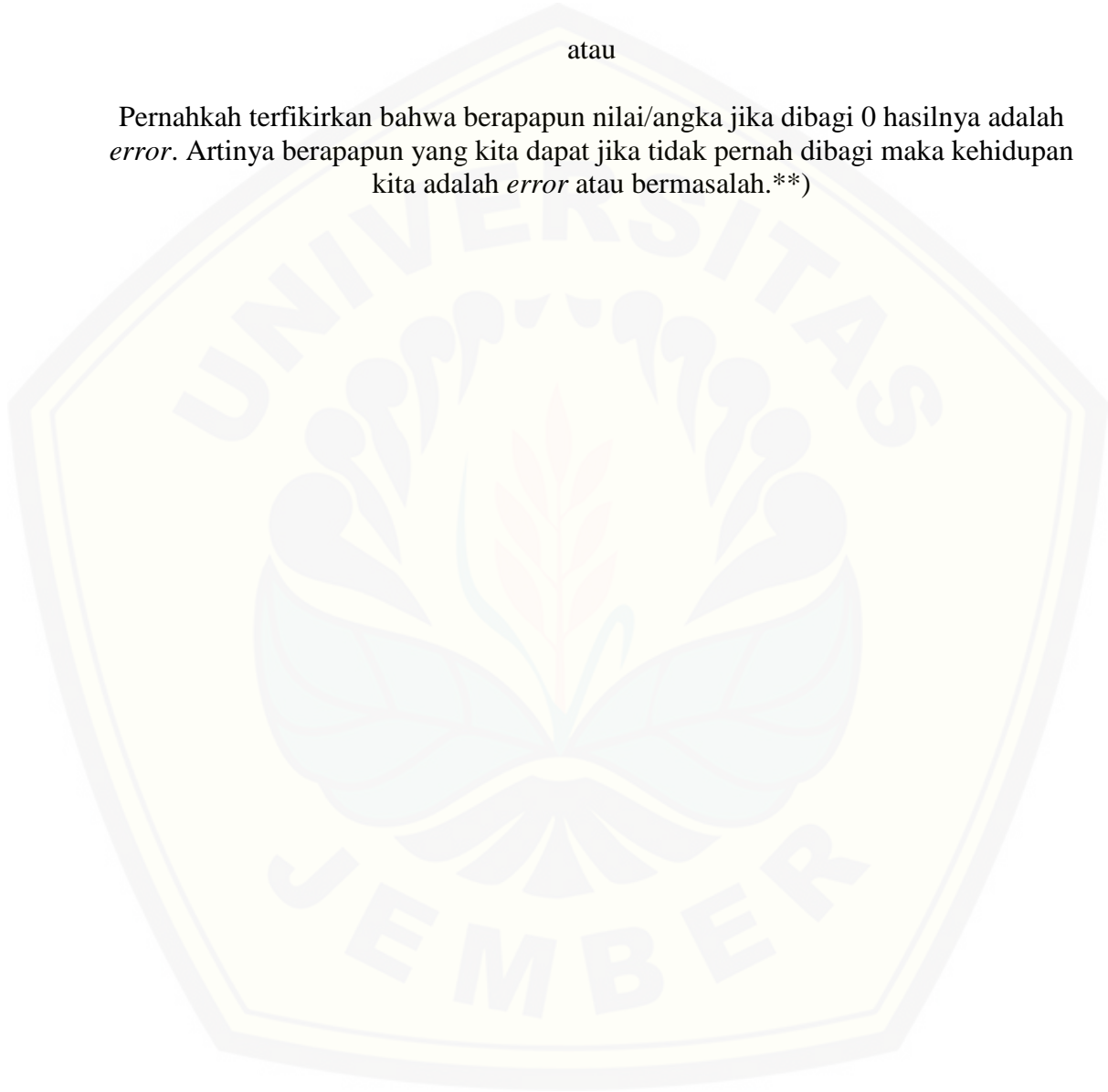
1. Ibunda Sulastri dan Ayahanda Abdul Halil tercinta yang senantiasa memotivasi dan berjuang untuk membiayai kuliah saya. Mudah-mudahan diberkahi dan dipanjangkan umur mereka.
2. Saudara - saudara saya yang bersangkutan mengenai perkuliahan saya. Berkat do'a dan sharing yang kalian berikan.
3. Semua almamater Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember, seluruh jajaran Dosen, bagian akademik, bagian umum, bagian administrasi dll, saya ucapkan terima kasih atas semua bimbingan yang telah diberikan.

MOTTO

Katakanlah: “Terangkanlah kepadaku jika sumber air kamu menjadi kering; maka siapakah yang akan mendatangkan air yang mengalir bagimu?”
(terjemahan Surat *Al-Mulk* ayat 30)*)

atau

Pernahkah terfikirkan bahwa berapapun nilai/angka jika dibagi 0 hasilnya adalah *error*. Artinya berapapun yang kita dapat jika tidak pernah dibagi maka kehidupan kita adalah *error* atau bermasalah.**)



*) Departemen Agama Republik Indonesia. 2005. Al Qur'an dan Terjemahannya. Bandung: Jumaatul Ali Art (J-ART).

***) Frengky. 2012. Sarapan Pagi (Santap Kata di Pagi Hari). Yogyakarta: Vidyasena Production.

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Edi Mistari

NIM : 101710101007

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “*Destruksi Bakteri Escherichia coli dan Salmonella Asal Mata Air Sumber Jirun Desa Mojo Kecamatan Padang Kabupaten Lumajang Menggunakan Tawas Dan Kaporit*” adalah benar - benar hasil karya saya sendiri, kecuali dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan kepada institusi manapun serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggungjawab atas keabsahan dan kebenaran isi laporan ini sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapatkan sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 7 November 2016

Yang menyatakan,

Edi Mistari

NIM 101710101007

SKRIPSI

**DESTRUKSI BAKTERI *Escherichia coli* dan *Salmonella* ASAL MATA AIR
SUMBER JIRUN DESA MOJO KECAMATAN PADANG KABUPATEN
LUMAJANG MENGGUNAKAN TAWAS DAN KAPORIT**

Oleh

Edi Mistari
101710101007

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Nurhayati, S.TP, M.Si
Dosen Pembimbing Anggota : dr. Enny Suswati, M.Kes

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Destruksi Bakteri *Escherichia coli* dan *Salmonella* Asal Mata Air Sumber Jirun Desa Mojo Kecamatan Padang Kabupaten Lumajang Menggunakan Tawas Dan Kaporit” oleh Edi Mistari, NIM. 101710101007 telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : Kamis, 14 November 2016

Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Tim Penguji

Penguji Utama,

Penguji Anggota,

Dr. Ir. Jayus

NIP 196805161992031004

Ahmad Nafi’, STP, MSi

NIP 197804032003121003

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknologi Pertanian

Universitas Jember

Dr. Yuli Witono, S.TP.,MP.

NIP 196912121998021001

RINGKASAN

Destruksi Bakteri *Escherichia coli* dan *Salmonella* Asal Mata Air Sumber Jirun Desa Mojo Kecamatan Padang Kabupaten Lumajang Menggunakan Tawas Dan Kaporit; Edi Mistari, 101710101007, 2016: 60 halaman; Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Mata air sumber Jirun merupakan sarana utama bagi masyarakat di Desa Mojo Kecamatan Padang Kabupaten Lumajang sebagai penyedia kebutuhan air. Kebutuhan air minum sebagian warga sekitar dapat terpenuhi dari air sumber Jirun. Apabila dilihat dari kondisi sumber Jirun yang terbuka dan dialirkan melalui pipa-pipa yang tidak terkontrol kebersihannya serta tidak adanya alat penyaring dapat memungkinkan terjadinya pencemaran mikroba meskipun keadaan fisik air tersebut nampak jernih. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kemampuan destruksi kimiawi tawas dan kaporit yang berbeda konsentrasi terhadap persentase dan nilai koefisien destruksi bakteri *E. coli* dan *Salmonella* berpopulasi tinggi (lebih dari 1000 cfu/ml) dan mengetahui kemampuan destruksi kombinasi tawas (0,05 g/100 ml) dan kaporit (0,1 mg/100ml) terhadap persentase dan nilai koefisien destruksi bakteri *E. coli* dan *Salmonella* berpopulasi tinggi (lebih dari 1000 cfu/ml).

Penelitian dilaksanakan di Desa Mojo Kecamatan Padang Kabupaten Lumajang dengan cara sampling mata air sumber Jirun. Pengambilan sampel air dilakukan pada bulan februari 2015. Pengujian air secara kuantitatif terhadap bakteri *E. coli* dan *Salmonella* dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Pangan dan Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember. Bakteri *E. coli* dan *Salmonella* ditumbuhkan hingga mencapai populasi masing - masing sebesar $2010,45 \times 10^1$ dan $1939,09 \times 10^0$ cfu/ml. Pengujian yang dilakukan yaitu kemampuan tawas dan kaporit untuk mendestruksi bakteri *E. coli* dan *Salmonella*. Tawas dilakukan dengan dua dosis, yaitu 0,05 (A1) dan 0,1 (A2) g/ 100 ml air. Kaporit dilakukan dengan tiga dosis, yaitu 0,1 (B1), 0,2 (B2), dan 0,3 (B3) mg/100 ml air. Campuran tawas dan kaporit dilakukan dengan dosis 0,05 g tawas dan 0,1 mg kaporit per 100 ml sampel (C).

Semakin tinggi dosis aplikasi tawas dan kaporit terhadap mata air sumber Jirun menunjukkan adanya peningkatan persentase dan nilai koefisien destruksi bakteri *E. coli* dan *Salmonella*. Persentase destruksi bakteri *E. coli* sebesar 2,24% dan *Salmonella* sebesar 60,73%. Nilai koefisien destruksi bakteri *E. coli* sebesar 0,07 dan *Salmonella* sebesar 1,53. Penggunaan kaporit dengan dosis 0,3 mg/100 ml air memiliki peran yang lebih efektif jika dibandingkan dengan penggunaan tawas ataupun campuran. Hal ini terjadi karena senyawa kaporit dapat membunuh secara langsung bakteri *E. coli* dan *Salmonella* daripada senyawa tawas yang

membunuh secara bertahap yaitu dengan mengendapkan bakteri *E. coli* dan *Salmonella* terlebih dulu. Aplikasi kombinasi tawas (0,05 g/100 ml) dan kaporit (0,1 mg/100ml) terhadap mata air sumber Jirun menunjukkan adanya peningkatan persentase dan nilai koefisien destruksi bakteri *E. coli* dan *Salmonella*. Persentase destruksi bakteri *E. coli* sebesar 1,94% dan *Salmonella* sebesar 38,81%. Nilai koefisien destruksi bakteri *E. coli* sebesar 0,06 dan *Salmonella* sebesar 0,98. Selanjutnya berdasarkan keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia yang menetapkan standar kualitas air minum bahwa tidak boleh terdapat bakteri *E. coli* dan *Salmonella* lebih dari 0 per 100 ml air minum. Dalam hal ini, dapat disimpulkan bahwa penggunaan kaporit dengan dosis 0,3 mg/100 ml air tidak mampu mendestruksi Bakteri *E. coli* dan *Salmonella* yang berpopulasi lebih dari 1000 cfu/ml.

SUMMARY

Destruction of Bactery *Escherichia coli* And *Salmonella* From Jirun Wellspring at Mojo Village Padang District Lumajang Regency Using Aluminium Sulphate And Calcium Hypochlorite; Edi Mistari, 101710101007, 2016: 60 pages; Agricultural Product Technology Department, Agricultural Technology Faculty, Jember University.

Jirun wellspring are the primary means for people in the Mojo Village Padang District Lumajang Regency as the provision of water needs. Drinking water needs of local people can be met partly out of the Jirun wellspring. When viewed from the condition Jirun wellspring open source and flowed through the pipes that are not controlled cleanliness and the absence of filtering devices may allow microbial contamination even though the physical state of the water was cleared. The purpose of this study was to determine the chemical destruction ability of aluminium sulphate and calcium hypochlorite different doses against percentage and coefficient destruction of the *E. coli* and *Salmonella* bacteria high population (more than 1000 cfu/ml) and determine the destruction ability of the combination aluminium sulphate (0.05 g/ 100 ml) and calcium hypochlorite (0.1 mg/ 100 ml) against percentage and coefficient destruction of the *E. coli* and *Salmonella* bacteria high population (more than 1000 cfu/ml).

The research was conducted in the Mojo Village Padang District Lumajang Regency by means of surveys and sampling Jirun wellspring. Water sampling conducted in February 2015. Testing water quantitatively against *E. coli* and *Salmonella* bacteria conducted at the Laboratory of Food Microbiology and Agriculture Product, Department of Agricultural Product Technology, Faculty of Agriculture Technology, Jember University. *E. coli* and *Salmonella* bacteria were grown until it reaches a population of each amounting to 2010.45 and 1939.09 x 10¹ x 100 CFU / ml. Tests performed was the aluminium sulphate and calcium hypochlorite ability to destruct *E. coli* and *Salmonella* bacteria. Aluminium sulphate was done in two doses, ie 0.05 (A1) and 0.1 (A2) g / 100 ml of water. Calcium hypochlorite was done in three doses, ie 0.1 (B1), 0.2 (B2), and 0.3 (B3) mg / 100 ml of water. A mixture of aluminium sulphate and calcium hypochlorite was done with a dose of 0.05 g aluminium sulphate and 0.1 mg calcium hypochlorite per 100 ml sample (C).

The higher dose of aluminium sulphate and calcium hypochlorite application at the Jirun wellspring showed an increase in the percentage and coefficient destruction of *E. coli* and *Salmonella* bacteria. The destruction percentage of *E. coli* was 2.24% and 60.73% at *Salmonella* bacteria. The

destruction coefficient of *E. coli* was 0.07 and 1.53 at *Salmonella* bacteria. The calcium hypochlorite used with 0.3 mg / 100 ml of water dose have a more effective role if compared with the use of aluminium sulphate or a mixture. This occurs because the calcium hypochlorite compounds can directly kill the *E. coli* and *Salmonella* bacteria than aluminium sulphate compound that kills gradually, namely by depositing the *E. coli* and *Salmonella* bacteria in advance. The combination applications of aluminium sulphate (0.05 g / 100 ml) and calcium hypochlorite (0.1 mg / 100ml) against Jirun wellspring showed an increase in the percentage and coefficient destruction of *E. coli* and *Salmonella* bacteria. The destruction percentage of *E. coli* was 1.98% and 38.81% at *Salmonella* bacteria. The destruction coefficient of *E. coli* was 0.06 and 0.98 at *Salmonella* bacteria. Furthermore, based on the decision of the Health Minister Indonesian Republic, which set standards of drinking water quality that can not be contained *E. coli* and *Salmonella* bacteria more than 0 per 100 ml of water. In this case, it can be concluded that the use of calcium hypochlorite at a 0.3 mg / 100 ml of water dose was not able to destruct bacteria *E. coli* and *Salmonella* with a population of more than 1000 cfu / ml.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Destruksi Bakteri *Escherichia coli* dan *Salmonella* Asal Mata Air Sumber Jirun Desa Mojo Kecamatan Padang Kabupaten Lumajang Menggunakan Tawas Dan Kaporit”. Sholawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan ke junjungan Nabi Muhammad saw. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

Skripsi ini tidak lepas dari dukungan, bimbingan, dan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Dr. Yuli Witono, S.Tp., M.P selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember atas fasilitas dan kesempatan yang diberikan selama menempuh pendidikan di Universitas Jember;
2. Dr. Nurhayati, S.TP, M.Si. dan dr. Enny Suswati, M.Kes selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, pikiran, tenaga dan perhatiannya dalam penulisan skripsi ini;
3. Dosen penguji Bapak Dr. Ir. Jayus dan Bapak Ahmad Nafi', S.TP, M.Si yang banyak memberikan kritik, saran dan masukan yang membangun dalam penulisan skripsi ini;
4. Direktur Jendral Pendidikan Tinggi (DIKTI) atas bantuan dana penelitian wilayah lingkungan yang diselenggarakan tahun 2015 atas nama Dr. Nurhayati, S.TP, M.Si.

Penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun, baik dari segi isi maupun susunannya. Akhirnya, semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk semua pihak.

Jember, 7 November 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	x
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Bakteri Koliform.....	5
2.2 Tawas dan Dampaknya Bagi Kesehatan Manusia.....	5
2.3 Kaporit dan Dampaknya Bagi Kesehatan Manusia.....	7
2.4 Prinsip Destruksi Mikroba dalam Penanganan Air Minum.....	8
2.5 Karakteristik dan Jenis-jenis Air	13
2.6 Mutu Baku Air Minum	15

BAB 3. METODE PENELITIAN.....	18
3.1 Jenis Penelitian	18
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....	18
3.3 Variabel Penelitian.....	18
3.4 Definisi Operasional	19
3.5 Alat dan Bahan Penelitian	19
3.6 Tahapan Penelitian.....	20
3.7 Parameter Pengamatan.....	27
BAB 4. PEMBAHASAN	28
4.1 Pengaruh Penambahan Tawas dan Kaporit Terhadap Persentase Destruksi Bakteri <i>E.coli</i> Asal Mata Air Sumber Jirun.....	28
4.2 Pengaruh Penambahan Tawas dan Kaporit Terhadap Persentase Destruksi Bakteri <i>Salmonella</i> Asal Mata Air Sumber Jirun.....	31
4.3 Laju Destruksi Penambahan Tawas Terhadap Bakteri <i>E.coli</i> dan Bakteri <i>Salmonella</i>	33
4.4 Laju Destruksi Penambahan Kaporit Terhadap Bakteri <i>E.coli</i> dan Bakteri <i>Salmonella</i>	35
4.5 Perbandingan Antara Pengaruh Penambahan Tawas, Kaporit dan Campuran Tawas - Kaporit Serta Penyinaran UV Alat Komersil Depo Air Minum Terhadap Jumlah Populasi Bakteri <i>E.coli</i> dan <i>Salmonella</i>	37
BAB 5. PENUTUP	41
5.1 Kesimpulan.....	41
5.2 Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN - LAMPIRAN.....	45

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Distribusi Air di Bumi	14
2.2 Persentase ketersediaan air tawar di bumi dengan kualitas yang memadai bagi konsumsi manusia.....	14
2.2 Persyaratan mutu air minum dalam kemasan.....	16
4.1 Nilai koefisien bakteri <i>E. coli</i> dan <i>Salmonella</i> pada pemberian konsentrasi tawar yang berbeda.....	34
4.2 Nilai koefisien bakteri <i>E. coli</i> dan <i>Salmonella</i> pada pemberian konsentrasi kaporit yang berbeda.....	36
4.3 Total populasi dan persentase bakteri <i>E. coli</i> dan <i>Salmonella</i> sebelum atau sesudah perlakuan.....	38

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
3.1 Diagram alir tahapan proses isolasi bakteri <i>E. coli</i> dan <i>Salmonella</i> dari sampel mata air sumber Jirun.....	22
3.2 Diagram alir tahapan proses pemurnian isolasi bakteri <i>E. coli</i> dan <i>Salmonella</i>	23
3.3 Biang per 100ml Kontrol (K), Tawas 0,05 g/100ml (A1), Tawas 0,1 g/100ml (A2), Kaporit 0,1mg/100ml (B1), Kaporit 0,2mg/100ml (B2), Kaporit 0,3mg/100ml (B3) dan Campuran Tawas (0,05g) - Kaporit (0,1 mg) /100ml.....	24
3.4 Diagram alir perlakuan destruksi bakteri <i>E. coli</i> dan <i>Salmonella</i> dengan pemberian tawas dan kaporit.....	26
4.1 Persentase destruksi bakteri <i>E.coli</i> asal mata air sumber Jirun pada perlakuan pemberian: tawas 0,05 g/ 100 ml (A1), 0,1 g/ 100 (A2), kaporit 1 mg/l (B1), 2 mg/l (B2), 3 mg/l (B3), dan campuran tawas kaporit 0,5 g + 1 mg / l (C).....	29
4.2 Persentase destruksi bakteri <i>Salmonella</i> asal mata air sumber Jirun pada perlakuan pemberian: tawas 0,05 g/ 100 ml (A1), 0,1 g/ 100 (A2), kaporit 1 mg/l (B1), 2 mg/l (B2), 3 mg/l (B3), dan campuran tawas kaporit 0,5 g + 1 mg / l (C).....	32
4.3 Laju destruksi bakteri <i>E. coli</i> dan <i>Salmonella</i> tiap pemberian 0,05 gram tawas dalam 100 ml sampel pada rentang waktu 3 menit.....	35
4.4 Laju destruksi bakteri <i>E. coli</i> dan <i>Salmonella</i> tiap pemberian 0,1 mg kaporit dalam 100 ml sampel pada rentang waktu 3 menit.....	37
4.5 Persentase destruksi bakteri <i>E. coli</i> pada pemberian tawas, pemberian kaporit, dan pemberian campuran tawas.....	39

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A Standar kualitas air minum oleh Menteri Kesehatan RI.....	45
B Destruksi bakteri <i>Escherichia coli</i> dan <i>Salmonella</i> asal mata air sumber Jirun Kecamatan Padang Kabupaten Lumjang dengan penambahan tawas, kaporit dan campuran tawas-kaporit.....	47
C Hasil perhitungan standar deviasi dari persentase destruksi bakteri <i>Escherichia coli</i> dan <i>Salmonella</i> ulangan satu dan ulangan dua asal mata air sumber Jirun Kecamatan Padang Kabupaten Lumjang dengan penambahan tawas, kaporit dan campuran tawas-kaporit.....	49
D Hasil perhitungan persentase dan koefisien destruksi (k) bakteri <i>Escherichia coli</i> dan <i>Salmonella</i> asal mata air sumber Jirun Kecamatan Padang Kabupaten Lumjang dengan penambahan tawas, kaporit dan campuran tawas-kaporit.....	54
E Dokumentasi Penelitian.....	56

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu indikator kemajuan suatu masyarakat ialah derajat kesehatannya. Derajat kesehatan ini dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain tingkat ekonomi, keadaan lingkungan dan kehidupan sosial budaya masyarakat tersebut. Komponen yang paling sederhana, sangat penting dan dominan dalam penentu derajat kesehatan masyarakat ialah keadaan air masyarakat tersebut (Kusnaedi, 2002). Menurut Sutrisno (2004) air merupakan sarana utama untuk meningkatkan derajat kesehatan masyarakat dikarenakan air merupakan salah satu media dari berbagai macam penularan penyakit, terutama penyakit perut. Berbagai organisme yang dapat menyebabkan penyakit atau gangguan kesehatan seperti *Salmonella typhosa*, *Shigella dysenteria* dan *Escherichia coli* dapat tumbuh dan berkembang biak dalam suasana yang cocok bagi dirinya yaitu usus manusia dan hewan berdarah panas. Apabila air yang terdapat bakteri patogen diminum oleh manusia, maka bakteri patogen akan masuk ke usus manusia dan akan berkembang hingga dapat menyebabkan penyakit (Alaerts, 1987). Salah satu desa yang mengalami permasalahan ketersediaan air bersih adalah Desa Mojo Kecamatan Padang Kabupaten Lumajang Provinsi Jawa Timur.

Desa Mojo mengalami krisis air bersih dikarenakan keadaan sumber air yang berupa air sungai dan rawa serta letaknya jauh dari pemukiman warga. Selain itu sering pula mengalami kekeringan ketika musim kemarau dan sumber air menjadi sangat kotor ketika memasuki musim hujan. Kebutuhan air minum sebagian warga sekitar dapat terpenuhi dari air sumber Jirun. Akan tetapi, jika dilihat dari kondisi sumber Jirun yang terbuka dan dialirkan melalui pipa-pipa yang tidak terkontrol kebersihannya serta tidak adanya alat penyaring dapat memungkinkan terjadinya pencemaran mikroba meskipun keadaan fisik air tersebut nampak jernih. Bakteri *E. coli* dan *Salmonella* yang dapat menyebabkan penyakit bisa hidup dan berkembang biak dalam air sumber Jirun. Oktavianto (2014) melaporkan bahwa mata air asal sumber Jirun yang dikonsumsi oleh masyarakat Desa Mojo telah terdapat bakteri *E. coli* dan *Salmonella* yang dapat

membahayakan kesehatan manusia. Jumlah koloni bakteri *E. coli* dan *Salmonella* yang terdapat pada sumber air masing - masing sebesar 1 log cfu/ml dan 3 log cfu/ml. Warga di Desa Mojo sering mengalami gangguan saluran pencernaan yaitu diare. Oktavianto (2014) melaporkan data yang diperoleh dari puskesmas Padang bahwa rata - rata penderita diare di Desa Mojo sebanyak 461 orang tiap bulan pada tahun 2013. Sebagian yang terserang diare ini adalah anak - anak. Oleh sebab itu perlu suatu metode untuk mendestruksi bakteri tersebut yaitu dengan melalui konsep *non-thermal*, seperti penambahan tawas dan kaporit.

Penambahan tawas atau aluminium sulfat ($Al_2(SO_4)_3$) akan membuat kotoran yang berada dalam air berupa padatan tersuspensi misalnya zat organik, lumpur halus, bakteri dan lain-lain dapat menggumpal dan cepat mengendap. Proses ini dinamakan proses koagulasi (PDAM, 2010). Muhammad (2009) melaporkan bahwa penggunaan aluminium sulfat sebagai zat koagulan lebih efektif jika digunakan pada konsentrasi 1 g/L. Kaporit dengan rumus kimia $Ca(OCl)_2$ merupakan disinfektan yang sering digunakan dalam disinfeksi karena cukup efektif dan terjangkau dari segi ekonomi, bersifat stabil serta dapat disimpan lebih lama (Komala, 2014). Menurut Ali (2010), bila kaporit dilarutkan ke dalam air maka akan menghasilkan atom - atom ion asam. Atom - atom ion asam inilah yang sebenarnya aktif membunuh bakteri - bakteri, karena bakteri - bakteri dioksidasi. Bakteri - bakteri juga mempunyai enzim dan oleh atom - atom ion asam, enzim dioksidasi sehingga enzim dan seluruh sel bakteri rusak serta menyebabkan kematian pada bakteri tersebut (Hadi, 1980). Dosis maksimum kaporit atau *calcium hypochlorite* adalah 3 mg/L air. Apabila lebih dari 3 mg/L air, maka akan dapat menimbulkan gangguan pada pernafasan manusia.

1.2 Perumusan Masalah

Semakin maju tingkat hidup seseorang, maka semakin tinggi pula tingkat kebutuhan air dari masyarakat tersebut. Untuk keperluan minum dibutuhkan air rata-rata 5 liter/hari, sedangkan secara keseluruhan kebutuhan akan air suatu rumah tangga untuk masyarakat Indonesia diperkirakan sebesar 60 liter/hari. Penanganan, pengolahan serta peningkatan kualitas air yang akan diperlukan

sebagai air minum mutlak dilakukan terutama apabila air tersebut berasal dari air permukaan. Pengolahan yang dimaksud bisa dari cara yang sangat sederhana atau bahkan sampai pada cara yang sangat kompleks atau lengkap. Cara yang digunakan tergantung dari keadaan sumber mata air yang ditangani. Semakin kotor sumber air, maka semakin banyak tahapan pengolahan yang diperlukan agar sumber air yang diolah dapat dimanfaatkan sebagai air minum (Sutrisno, 2004).

Desa Mojo memiliki delapan sumber mata air aktif dan sebuah rawa. Masyarakat Desa Mojo banyak menggunakan aliran sungai dari sumber air dan rawa untuk kebutuhan mandi, cuci dan kakus (MCK). Kebutuhan air minum dapat dipenuhi dari sumber air jirun dengan lima buah mesin pompa air (pompa hidran) dan bak penampung (tandon), akan tetapi belum adanya jaminan kualitas mutu dari sumber air tersebut. Kondisi sumber air jirun yang terbuka dan dialirkan melalui pipa-pipa yang tidak terkontrol kebersihannya serta tidak adanya alat penyaring dapat memungkinkan terjadinya pencemaran mikroba meski secara kasat mata keadaan fisik air tersebut nampak jernih. Oktavianto (2014) melaporkan bahwa mata air asal sumber Jirun yang dikonsumsi oleh masyarakat Desa Mojo telah terdapat bakteri *E. coli* dan *Salmonella* yang dapat membahayakan kesehatan manusia. Jumlah koloni bakteri *E. coli* dan *Salmonella* yang terdapat pada sumber Jirun masing - masing sebesar 1 log cfu/ml dan 3 log cfu/ml. Untuk memperoleh air minum yang aman dikonsumsi, maka bakteri tersebut harus didestruksi. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk menganalisis dan mendestruksi populasi bakteri *E. coli* dan *Salmonella* dalam upaya meningkatkan kualitas mutu air asal sumber Jirun di Desa Mojo sebagai air minum.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini yaitu penggunaan campuran tawas - kaporit dengan dosis tawas dan kaporit yang tinggi, yaitu tawas 0,1 g/100 ml air dengan kaporit 2 mg atau 3 mg/ 1 liter air. Dalam penelitian ini hanya menggunakan campuran tawas dan kaporit dalam dosis yang kecil, yaitu 0,05 g/100 ml air untuk tawas dan 1 mg/ 1 liter air untuk kaporit.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kemampuan destruksi kimiawi tawas dan kaporit yang berbeda konsentrasi terhadap persentase dan nilai koefisien destruksi bakteri *E. coli* dan *Salmonella* berpopulasi tinggi (lebih dari 1000 cfu/ml).
2. Mengetahui kemampuan destruksi kombinasi tawas (0,05 g/100 ml) dan kaporit (0,1 mg/100ml) terhadap persentase dan nilai koefisien destruksi bakteri *E. coli* dan *Salmonella* berpopulasi tinggi (lebih dari 1000 cfu/ml).

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari hasil penelitian ini yaitu memberikan informasi serta solusi dalam menangani, mengolah serta meningkatkan kualitas mutu air dengan metode penambahan tawas dan kaporit bagi masyarakat Desa Mojo Kecamatan Padang Kabupaten Lumajang Provinsi Jawa Timur.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bakteri Koliform

Bakteri koliform merupakan bakteri indikator keberadaan bakteri patogenik yang lazim digunakan, sehingga dapat menjadi sinyal untuk menentukan suatu sumber air telah terkontaminasi oleh patogen atau tidak. Bakteri ini dapat dijadikan sebagai indikator karena densitasnya berbanding lurus dengan tingkat pencemaran air, memiliki daya tahan yang lebih tinggi dari pada patogen, mudah diisolasi dan ditumbuhkan serta mampu mendeteksi patogen pada air seperti virus, protozoa dan parasit. Bakteri koliform termasuk dalam golongan bakteri intestinal, yaitu hidup dalam saluran pencernaan manusia. Bakteri koliform dapat menghasilkan zat etionin yang dapat menyebabkan kanker. Selain itu juga memproduksi bermacam-macam racun seperti indol dan skatol yang dapat menimbulkan penyakit bila jumlahnya berlebihan di dalam tubuh (Randa, 2012).

Jenis bakteri ini berbentuk bulat, gram negatif, tidak berspora serta memfermentasi laktosa dengan menghasilkan asam dan gas apabila di inkubasi pada 35-37 °C. Bakteri ini terdapat sangat banyak pada feses organisme berdarah panas, dapat juga ditemukan di lingkungan perairan, di tanah dan pada vegetasi. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa apabila terdapat bakteri koliform pada badan air maka badan air tersebut sudah tercemar oleh feses. Genus yang termasuk dalam kelompok bakteri koliform antara lain *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Escherichia coli*, *Hafnia*, *Klebsiella*, *Salmonella* dan *Serratia* (Randa, 2012).

2.2 Tawas dan Dampaknya Bagi Kesehatan Manusia

Menurut Efriandi (2008), tawas (aluminium sulfat) merupakan koagulan yang umum digunakan dalam pengolahan air. Produk yang dipasarkan memiliki kandungan Al_2O_3 sebesar 15%. Bentuk yang biasa digunakan sebagai koagulan adalah $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$ dengan berat molekul 594.

Fungsi tawas adalah sebagai bahan penggumpal padatan-padatan yang terlarut di dalam air. Aluminium dalam tawas adalah ion logam berat yang toksik dan kebanyakan masuk ke dalam tubuh manusia bersama dengan makanan. Pada

usus ion logam tersebut diserap ke dalam darah dan akan terikat sekitar 90% pada eritrosit dan sisanya berada dalam plasma. Ion aluminium tersebut terdistribusi ke seluruh jaringan dan berikatan dengan protein pengikat logam (metalotionein) karena logam tersebut mempunyai kecenderungan untuk berikatan dengan gugus sulfidrilnya (Cheung, 2001).

Toksisitas logam berat pada manusia menyebabkan beberapa akibat negatif terutama menyebabkan kerusakan jaringan detoksifikasi dan ekskresi yakni hati dan ginjal. Beberapa logam berat juga bersifat karsinogenik dan teratogenik (salah bentuk organ pada embrio). Pada tubuh, logam berat dapat dideteksi dalam tiga jaringan utama yang menjadi kompartemen, yaitu di dalam darah terikat pada eritrosit, dalam hati dan ginjal serta pada tulang dan jaringan keras seperti gigi dan kuku. Jika kandungan logam berat tersebut dalam plasma proporsi onal, kandungan tersebut terdapat dalam bentuk feses, keringat, air susu ibu serta didepositkan dalam kuku dan rambut. Akan tetapi biasanya ekskresi tersebut adalah sangat kecil (Guyton and Hall, 1996).

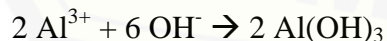
Aluminium sulfat bereaksi didalam air akan membentuk aluminium hidroksida, disamping terbentuknya asam (H^+), dan senyawa sulfat. Menurut Paul (1995), reaksi umum aluminium sulfat / $Al_2(SO_4)_3$ di dalam air dapat dijelaskan sebagai berikut:



Ion Hidroksida berasal dari proses ionisasi dari air



Ion Aluminium (Al^{3+}) kemudian akan bereaksi dengan ion hidroksida (OH^-)



Selain terbentuknya aluminium hidroksida akan terbentuk pula asam.

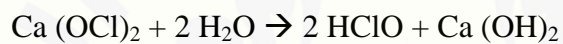


Dengan bereaksinya Aluminium Sulfat / $Al_2(SO_4)_3$ dengan H_2O maka akan dihasilkan H^+ yang akan menaikkan keasaman air. Oleh sebab itu penggunaan dosis tawas yang berlebihan akan mengakibatkan penurunan pH yang cukup besar dan air yang diolah menjadi asam.

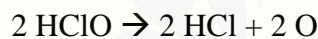
2.3 Kaporit dan Dampaknya Bagi Kesehatan Manusia

Calcium Hypochlorite $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ umum disebut pula kaporit. Setelah terjadi wabah kolera di Hamburg, orang barat mulai mendesinfektir air minum dan desinfektan yang dipakai adalah Calcium Hypochlorite. Jadi kaporit adalah desinfektan yang tertua. Di Indonesia untuk mendesinfektir air minum banyak digunakan kaporit sebagai desinfektan, terutama oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM). Kaporit lebih ekonomis dan mudah didapat dipasaran. Selain dari itu kaporit juga lebih stabil dan dapat disimpan lebih lama dari serbuk penglantang (Ali, 2010).

Kaporit apabila dilarutkan kedalam air maka reaksi kimianya berlangsung bertahap sebagai berikut :



(As. Hypochlorite) (Calcium Hidroksida)



(As. Chlorida) (Atom Zat Asam)

Bila dijumlahkan kedua reaksi kimia diatas akan menjadi :



Jadi bila kaporit dilarutkan ke dalam air maka akan menghasilkan atom - atom ion asam. Atom - atom ion asam inilah yang sebenarnya aktif membunuh bakteri - bakteri, karena bakteri - bakteri dioksidasi. Bakteri - bakteri juga mempunyai enzim dan oleh atom - atom ion asam enzim dioksidasi sehingga bukan saja enzim tetapi seluruh sel bakteri rusak. Kerusakan tersebut mengakibatkan bakteri - bakteri mati. Dosis maksimum calcium hypochlorite adalah 3 mg/L air. Apabila lebih dari 3 mg/L air dapat menimbulkan gangguan pada pernafasan manusia. (Ali, 2010).

Kelebihan kaporit bila dibandingkan dengan klor yang lain adalah :

1. Keunggulan kaporit terutama ialah karena zat ini tidak terdekomposisi sebagaimana serbuk pemutih pada saat disimpan. Zat ini juga dua kali lebih kuat dari serbuk pemutih biasa yang tidak bersifat higroskopis (Austin, 1984).
2. Kaporit lebih stabil dan dapat disimpan lebih lama dari pada serbuk penglantang. Keuntungan lain ialah membuat larutan kaporit untuk dipergunakan

sebagai zat desinfektan termasuk pekerjaan mudah. Namun kita juga harus hati - hati terhadap kaporit (juga desinfektan lain yang mengandung klor), karena klor sangat bersifat korosif terhadap sebagian besar logam - logam, mudah bergabung hampir dengan semua unsur - unsur dan merupakan oksidator yang kuat, sehingga hampir semua barang - barang dirusak oleh klor kecuali barang - barang yang terbuat dari bahan - bahan gelas, plastik dan ebonite, maka wadah untuk menyimpan kaporit harus dibuat dari bahan ini. Kaporit berupa bubuk dan bersifat higroskopis, karena itu menyimpan kaporit harus ditutup rapat (Hadi, 1980).

3. Menurut Mursid, 1991, kaporit lebih sering dipergunakan dari pada CaOCl_2 (*Chloride of Lime*), karena sifatnya yang lebih stabil dan lebih melarut dalam air.

2.4 Prinsip Destruksi Mikroba dalam Penanganan Air Minum

Air mentah dari berbagai tempat dapat mempunyai sifat-sifat bakteriologis, biologis, fisik dan kimiawi yang berbeda-beda. Apabila air mentah tidak memenuhi standar baku sebagai air minum, maka air tersebut perlu dilakukan pemurnian dengan kombinasi perlakuan kimiawi, fisik dan biologis. Pencemar utama dari air (warna, kekeruhan, benda-benda tersuspensi, unsur mineral, mikroorganisme, dan sebagainya) dapat dihilangkan atau dikurangi jumlahnya dengan beberapa proses penanganan standar, seperti koagulasi dan flokulasi kimiawi, pengendapan, penyaringan, desinfeksi, pengurangan aus (*corrosiveness*), pengendalian rasa, bau dan pelunakan (Buckle *et al*, 1985).

Dalam standar mutu baku air minum, keberadaan mikroba merupakan salah satu faktor yang perlu dikendalikan. Pengendalian mikroba ini secara umum dapat dilakukan secara fisik, kimia, ataupun dengan bahan khemoterapi (antibiotik).

2.4.1 Pengendalian Mikroba Secara Fisik

Pengendalian mikroba secara fisik dapat dilakukan dengan cara-cara sebagai berikut:

a. Suhu Tinggi

Suhu merupakan faktor ekstrinsik yang penting dan mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme. Dibandingkan dengan makhluk tingkat tinggi, mikroorganisme memiliki rentang pertumbuhan yang sangat lebar (kira-kira -15 s/d 90 °C). Pada suhu rendah, pertumbuhannya akan berhenti, sedangkan pada suhu tinggi organisme ini akan mati. Pada kedua situasi di atas, terkait proses terjadinya metabolisme yang menyebabkan terjadinya kerusakan bahan makanan. Karena proses enzimatik juga bergantung pada suhu, maka perlakuan dengan suhu ekstrim akan menyebabkan kematian pada mikroorganisme. Pengendalian mikroorganisme melalui perlakuan suhu tinggi pada umumnya dilakukan dengan pasteurisasi atau sterilisasi. Pasteurisasi adalah pemanasan dengan suhu di bawah 100 °C dan tidak akan menyebabkan inaktivasi mikroba dan enzim secara sempurna. Dengan demikian produk yang dipasteurisasi tidak akan bertahan lama bila tidak disertai perlakuan pendinginan atau faktor proses lainnya seperti perubahan a_w dan pH. Sterilisasi adalah pemanasan yang dapat menyebabkan inaktivasi mikroba dan enzim sehingga produk dapat tahan lama (Prescott *et al*, 1999).

Pada air mendidih, sel-sel vegetatif mikroba akan terbunuh dalam waktu 10 menit. Namun beberapa spora bakteri dapat bertahan berjam-jam meskipun dalam kondisi air mendidih. Sedangkan pada proses pasteurisasi, biasanya bahan yang digunakan adalah susu, rum dan beberapa minuman yang mengandung alkohol (bir dan anggur). Pasteurisasi dilakukan dengan memberikan panas terkendali untuk mematikan tipe mikroba tertentu tetapi tidak mematikan mikroba yang lain. Suhu yang digunakan didasarkan pada waktu kematian termal bagi tipe mikroba patogen yang paling resisten untuk dibunuh. Misalnya pasteurisasi pada susu yang dilakukan dengan suhu 62,8 °C selama 30 menit (Ristiati, 2000).

b. Suhu Rendah (Pendinginan)

Pendinginan adalah penyimpanan bahan pangan di atas suhu pembekuan bahan yaitu -2 sampai +10 °C. Cara pengawetan dengan suhu rendah lainnya yaitu pembekuan. Pembekuan adalah penyimpanan bahan pangan dalam keadaan beku yaitu pada suhu 12 sampai -24 °C. Pembekuan cepat (quick freezing) dilakukan

pada suhu -24 sampai -40 °C. Pendinginan biasanya dapat mengawetkan bahan pangan selama beberapa hari atau minggu tergantung pada macam bahan panganya, sedangkan pembekuan dapat mengawetkan bahan pangan untuk beberapa bulan atau kadang beberapa tahun. Perbedaan lain antara pendinginan dan pembekuan adalah dalam hal pengaruhnya terhadap keaktifan mikroorganisme di dalam bahan pangan. Penggunaan suhu rendah dalam pengawetan pangan tidak dapat membunuh bakteri, sehingga jika bahan pangan beku misalnya di keluarkan dari penyimpanan dan di biarkan mencair kembali (thawing), pertumbuhan bakteri pembusuk kemudian berjalan cepat kembali. Pendinginan dan pembekuan masing-masing juga berbeda pengaruhnya terhadap rasa, tekstur, nilai gizi, dan sifat-sifat lainnya. Beberapa bahan pangan menjadi rusak pada suhu penyimpanan yang terlalu rendah (Budyanto, 2002).

c. Radiasi

Radiasi dapat meliputi radiasi ultraviolet, gamma, sinar x dan sinar-sinar katode (elektron berkecepatan tinggi). Sinar ultraviolet dengan panjang gelombang 265 nm memiliki efisiensi bakterisida tertinggi. Sinar ultraviolet mempunyai daya tembus yang kecil sehingga hanya mikroba yang ada dipermukaan suatu benda yang secara langsung terkena sinar ultraviolet yang rentan terhadap pembasmian. Inaktivasi mikroba menggunakan penyinaran cahaya ultraviolet secara prinsip adalah penyerapan foton-foton UV-C oleh DNA mikroba, yang selanjutnya proses ini mengakibatkan kerusakan pada DNA dalam bentuk *mutagenic lesions* meliputi *cyclobutane pyrimidine dimers* (CPD) dan *pyrimidine pyrimidone 6-4 photoproducts* (6-4PP), sehingga menyebabkan sel mikroba mati (Endarko *et al*, 2013).

Sinar x bersifat letal bagi mikroba dan bagi bentuk kehidupan yang lebih tinggi. Meskipun sinar x memiliki energi dan daya tembus yang tinggi, jenis radiasi ini tidak banyak digunakan dalam pengendalian populasi mikroba karena daya tembus yang tinggi itu menyulitkan usaha perlindungan terhadap si pemakai dan sulit menggunakannya secara efisien. Sinar x banyak digunakan secara meluas dalam percobaan untuk menghasilkan muatan-muatan mikroba. Daya tembus yang besar ini juga dimiliki oleh sinar gamma. Sinar gamma dipancarkan

dari radio isotop tertentu seperti ^{60}CO , mempunyai panjang gelombang pendek sehingga energinya tinggi. Daya tembusnya besar dan bersifat letal terhadap semua bentuk kehidupan termasuk mikroba. Karena daya tembus serta efek mikrobiosidanya tinggi serta efisiensinya lebih tinggi dibandingkan dengan sinar x, maka sinar gamma lebih disukai untuk digunakan dalam sterilisasi bahan-bahan yang tebal serta besar seperti kemasan peralatan media atau bahan makanan (Ristiati, 2000).

d. Filtrasi

Beberapa bahan khususnya cairan (fluida) biologis seperti serum hewan, enzim, beberapa vitamin dan antibiotik bersifat termolabil atau mudah rusak karena panas. Begitu juga dengan radiasi dapat merusak bahan-bahan tersebut sehingga diperlukan metode filtrasi untuk mensterilkan bahan dari mikroba. Ada beberapa jenis filter yang dapat digunakan untuk mensterilkan, seperti filter bakteriologis dan filter udara (Ristiati, 2000).

Selama bertahun-tahun telah tersedia berbagai macam filter bakteriologis yang dapat dimanfaatkan oleh para peneliti mikrobiologi. Bahan filter tersebut merupakan suatu lapisan yang relatif tebal terbuat dari asbes, tanah diatomea, porselen atau kaca berpori (*sintered glass*). Ditahannya mikroorganisme pada lapisan filter bukanlah hanya disebabkan ukuran pori filter, melainkan hal tersebut disebabkan oleh kombinasi ukuran pori, sifat jaringan bahan berserat atau partikulat penyusun lapisan saringan dan muatan listrik bahan-bahan tersebut (Pelczar *et al*, 1988).

2.4.2 Pengendalian Mikroba Secara Kimia

Banyak bahan kimia yang bersifat menghambat metabolisme sel atau merusak komponen sel sehingga dapat menghambat atau mematikan mikroba. Bahan kimia yang dapat menghambat pertumbuhan atau mematikan ini banyak digunakan di rumah sakit dan laboratorium untuk membersihkan peralatan bedah dan ruang penyiapan media. Untuk mengetahui kekuatan suatu bahan kimiawi harus dibandingkan dengan bahan kimiawi standar yang telah diketahui kekuatannya misalnya desinfektan fenol. Ada beberapa cara untuk

membandingkannya tetapi salah satu yang paling baik adalah dengan pengujian fenol (Ristiati, 2000).

Menurut Anonim (2011), agen kimia yang baik adalah yang memiliki kemampuan membunuh mikroba secara cepat dengan dosis yang rendah tanpa merusak bahan atau alat yang di-disinfeksi. Pada prinsipnya, cara kerja agen kimia ini digolongkan menjadi :

- 1) Agen kimia yang merusak membran sel mikroba.
 - Golongan Surfactants (*Surface Active Agents*), yaitu golongan anionik, kationik dan nonionik.
 - Golongan fenol.
- 2) Agen kimia yg merusak enzim mikroba.
 - Golongan logam berat seperti arsen, perak, merkuri, dll.
 - Golongan oksidator seperti gol. halogen, hidrogen peroksida dan formaldehid.
- 3) Agen kimia yang mendenaturasi protein.

Agen kimiawi yang menyebabkan terjadinya koagulasi dan presipitasi protoplasma, seperti alkohol, gliserol dan bahan - bahan asam dan alkalis. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi Efektivitas Agen kimia di dalam mengendalikan mikroba, yaitu :

- **Konsentrasi agen kimia yang digunakan.** Semakin tinggi konsentrasinya maka efektivitasnya semakin meningkat.
- **Waktu kontak.** Semakin lama bahan tersebut kontak dengan bahan yang disterilkan maka hasilnya akan semakin baik.
- **Sifat dan jenis mikroba.** Mikroba yang berkapsul dan berspora resisten dibandingkan yang tidak berkapsul dan berspora.
- **Adanya bahan organik dan ekstra.** Adanya bahan - bahan organik dapat menurunkan efektivitas agen kimia.
- **pH atau derajat keasaman.** Efektivitas bahan kimia dapat berubah seiring dengan perubahan pH.

2.4.3 Pengendalian Mikroba Menggunakan Bahan Khemoterapi

Bahan khemoterapi merupakan bahan antimikroba tinggi yang dapat digunakan dengan aman secara internal. Bahan ini dapat menghambat atau membunuh mikroba dan biasanya dihasilkan oleh mikroba tertentu, bahan khemoterapi ini disebut antibiotika. Kebanyakan antibiotika dihasilkan oleh bakteri misalnya *Streptomyces* dan *Bacillus* serta fungi seperti *Pennilcillium*. Antibiotika yang dihasilkan oleh bakteri dan fungi dihasilkan selama akhir fase eksponensial atau awal fase stasioner, ketika organisme ini mulai mengadakan sporulasi. Bahan khemoterapi yang disintesis oleh para ilmuwan disebut obat sintesis. Antibiotika maupun obat sintesis dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroba karena bahan ini mengganggu fungsi sel (Ristiati, 2000).

2.5 Karakteristik dan Jenis-jenis Air

Sekitar 70% permukaan bumi ditutupi oleh air dengan jumlah berkisar 1.368 juta km³. Bentuk air bermacam-macam, dapat berupa uap air, es, cairan ataupun berupa salju. Air memiliki karakteristik yang khas yang tidak dimiliki oleh senyawa kimia yang lain. Menurut Effendi (2003), karakteristik air adalah sebagai berikut:

- 1) Pada suhu 0 - 100 °C berwujud cair. Suhu 0 °C merupakan titik beku air (*freezing point*) dan suhu 100 °C merupakan titik didih air (*boiling point*).
- 2) Air sebagai penyimpan panas yang baik, dikarenakan perubahan suhu air yang berlangsung lambat.
- 3) Air memerlukan panas yang tinggi dalam proses penguapan (evaporasi). Sebaliknya, proses perubahan uap air menjadi cairan (kondensasi) melepaskan energi panas yang besar. Sifat ini yang menyebabkan penyebaran panas secara baik di bumi.
- 4) Air adalah pelarut yang baik.
- 5) Air memiliki tegangan permukaan yang tinggi.
- 6) Air merupakan satu-satunya senyawa yang merenggang ketika membeku.

Keberadaan air sangat melimpah di bumi, namun ketersediaan air yang memenuhi syarat untuk keperluan manusia relatif sedikit karena dibatasi oleh

berbagai faktor. Tabel 2.1 menunjukkan bahwa lebih dari 97% air di muka bumi merupakan air laut yang tidak dapat digunakan oleh manusia secara langsung. Dari 3% air yang tersisa, 2% diantaranya tersimpan sebagai gunung es (*glacier*) di kutub dan uap air, yang juga tidak dapat dimanfaatkan secara langsung. Air yang benar-benar tersedia bagi keperluan manusia hanya 0,62%, meliputi air yang terdapat di danau, sungai dan air tanah. Distribusi air di bumi dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Distribusi Air di Bumi

Lokasi	Volume (x 10 ³ km ³)	Persentase (%)
1. Laut	1.320.000 – 1.370.000	97,3
2. Air Tawar:		
a. Gunung es (<i>glacier</i>)	24.000 – 29.000	2,1
b. Uap air di atmosfer	13 – 14	0,001
c. Air tanah hingga kedalaman 4000 m	4.000 – 8.000	0,6
d. Uap air di tanah	60 – 80	0,006
e. Sungai	1,2	0,00009
f. Danau asin	104	0,007
g. Danau air tawar	125	0,009

Sumber: Jeffries and Mills, 1996.

Menurut Effendy (2003), dari 100% total air yang terdapat di bumi, 3% diantaranya adalah air tawar. Air tawar yang tersedia untuk kebutuhan konsumsi sekitar 0,5%. Jika ditinjau dari segi kualitas, air yang memadai bagi konsumsi manusia hanya 0,003% dari seluruh air yang ada. Ketersediaan air tawar di bumi dengan kualitas yang memadai bagi konsumsi manusia dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Persentase ketersediaan air tawar di bumi dengan kualitas yang memadai bagi konsumsi manusia

Keterangan	Persentase (%)
1. Total air di bumi	100
2. Air Tawar	3
3. Air tawar yang tersedia	0,5
4. Air tawar dengan kualitas yang memadai bagi konsumsi manusia	0,003

Sumber: Effendy, 2003.

Berdasarkan penggunaannya, air dibagi menjadi tiga golongan. Pertama yaitu golongan A, merupakan air yang digunakan sebagai air minum tanpa pengolahan terlebih dahulu. Kedua yaitu golongan B, merupakan air yang dapat

digunakan sebagai air baku untuk diolah sebagai air minum dan keperluan rumah tangga. Ketiga yaitu golongan C, merupakan air yang dapat digunakan untuk keperluan perikanan dan peternakan. (Daryanto, 2004).

2.6 Mutu Baku Air Minum

Standar kualitas air minum mencakup tiga kelompok persyaratan, yaitu fisis, khemis dan bakteriologis sebagaimana ditetapkan oleh Menteri Kesehatan RI (Lampiran A). Sesuai dengan dasar pertimbangan dari penetapan standar kualitas air minum tersebut, maka pengolahan terhadap air yang akan digunakan oleh manusia sebagai air minum harus berpedoman pada standar tersebut, terutama dalam melakukan penilaian terhadap produk air minum yang dihasilkan maupun dalam merencanakan sistem dan proses pengolahannya (Sutrisno, 1991).

Standar kualitas air adalah baku mutu yang ditetapkan berdasarkan sifat-sifat fisik, kimia, radioaktif maupun bakteriologis yang menunjukkan persyaratan kualitas air tersebut. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air, air menurut kegunaannya digolongkan menjadi:

a. Kelas I

Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

b. Kelas II

Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, Peternakan, air untuk mengairi pertanaman atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

c. Kelas III:

Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Berdasarkan SNI 01-3553-2006 mengenai syarat mutu air minum dalam kemasan yang diterbitkan oleh BSN, kandungan cemaran bakteri bentuk koli harus kurang dari dua APM/koloni dan harus negatif/100ml untuk bakteri *Salmonella*. SNI syarat mutu air minum dalam kemasan dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 2.3 Persyaratan mutu air minum dalam kemasan

No	Kriteria uji	Satuan	Persyaratan	
			Air mineral	Air demineral
1.	Keadaan			
1.1	Bau	-	Tidak berbau	Tidak berbau
1.2	Rasa		Normal	Normal
1.3	Warna	Unit Pt-Co	maks.5	maks. 5
2.	pH	-	6,0 – 8,5	5,0 – 7,5
3.	Kekeruhan	NTU	maks. 1,5	maks. 1,5
4.	Zat yang terlarut	mg/l	maks. 500	maks. 10
5.	Zat organik (angka KmnO ₄)	mg/l	maks. 1,0	-
6.	Total organik karbon	mg/l	-	maks. 0,5
7.	Nitrat (sebagai NO ₃)	mg/l	maks. 45	-
8.	Nitrit (sebagai NO ₂)	mg/l	maks. 0,005	-
9.	Amonium (NH ₄)	mg/l	maks. 0,15	-
10.	Sulfat (SO ₄)	mg/l	maks. 200	-
11.	Klorida (Cl)	mg/l	maks. 250	-
12.	Fluorida (F)	mg/l	maks. 1	-
13.	Sianida (CN)	mg/l	maks. 0,05	-
14.	Besi (Fe)	mg/l	maks. 0,1	-
15.	Mangan (Mn)	mg/l	maks. 0,05	-
16.	Klor bebas (Cl ₂)	mg/l	maks. 0,1	-
17.	Kromium (Cr)	mg/l	maks. 0,05	-
18.	Barium (Ba)	mg/l	maks. 0,7	-
19.	Boron (B)	mg/l	maks. 0,3	-
20.	Selenium (Se)	mg/l	maks. 0,01	-
21	Cemaran logam			
21.1	Timbal (Pb)	mg/l	maks. 0,005	maks. 0,005
21.2	Tembaga (Cu)	mg/l	maks. 0,5	maks. 0,5
21.3	Kadmium (Cd)	mg/l	maks. 0,003	maks. 0,003
21.4	Raksa (Hg)	mg/l	maks. 0,001	maks. 0,001
21.5	Perak (Ag)	mg/l	-	maks. 0,025
21.6	Kobalt (Co)	mg/l	-	maks. 0,01
22	Cemaran arsen	mg/l	maks. 0,01	maks. 0,01
23	Cemaran mikroba			
23.1	Angka lempeng total awal *)	Koloni/ml	maks. 1,0 x 10 ²	maks. 1,0 x 10 ²
23.2	Angka lempeng total akhir **)	Koloni/ml	maks. 1,0 x 10 ⁵	maks. 1,0 x 10 ⁵
23.3	Bakteri bentuk koli	APM/100ml	< 2	< 2
23.4	<i>Salmonella</i>	-	Negatif/100ml	Negatif/100ml
23.5	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Koloni/ml	Nol	Nol

Keterangan *) Di Pabrik

**) Di Pasaran

Syarat bakteriologis kualitas air bersih adalah jumlah perkiraan terdekat atau *Most Probable Number* (MPN) bakteri per 100 ml sampel maksimal 50 cfu untuk air non perpipaan dan 10 cfu untuk air perpipaan. Sesuai Permenkes Nomor 492 tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, ditetapkan bahwa air yang akan dipergunakan sebagai air minum dalam 100 ml air, total koliform tinja harus nol, dan apabila untuk air bersih ditetapkan total koliform 50 cfu/100 ml untuk bukan air perpipaan dan 10 cfu /100 ml untuk air perpipaan (Mahida, 1986). Sementara menurut Notoatmojo (2003), air minum yang berasal dari mata air dan sumur dalam dapat diterima sebagai air yang sehat, asalkan tidak tercemar oleh kotoran - kotoran terutama kotoran manusia maupun binatang. Oleh karena itu, mata air atau sumur yang ada di pedesaan harus mendapat pengawasan dan perlindungan agar tidak tercemar bahan berbahaya oleh penduduk yang menggunakan air tersebut.

Kualitas air bawah tanah secara umum sangat baik bagi air permukaan dan di beberapa tempat yang memiliki musim dingin bisa memanfaatkan salju sebagai sumber air. Hal ini bisa menghemat biaya operasional dan pemeliharaan karena secara umum kualitas air bawah tanah sangat baik sebagai air baku. Khusus untuk air bawah tanah yang diambil dengan cara pengeboran tentunya melalui perijinan. Hal ini untuk mencegah terjadinya eksploitasi secara besar - besaran. Akibat dari eksploitasi secara besar - besaran bisa mengakibatkan kekosongan air dibawah tanah karena tidak seimbang antara air yang masuk dengan air yang diambil, sehingga menyebabkan pondasi bangunan yang berada diatasnya bisa turun atau settlement seperti yang terjadi di beberapa gedung di Jakarta, juga bisa mengakibatkan intrusi air laut yang masuk merembes menggantikan air tanah tersebut, akibatnya air menjadi asin dan tidak layak pakai seperti di utara Jakarta (Pudjarwoto, 1993).

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan yaitu secara deskriptif. Penelitian dilakukan di Desa Mojo Kecamatan Padang Kabupaten Lumajang dengan cara sampling mata air sumber Jirun yang banyak digunakan oleh warga setempat sebagai sarana air bersih. Selanjutnya dilakukan pengujian air secara kuantitatif terhadap bakteri *E. coli* dan *Salmonella*. Bakteri *E. coli* dan *Salmonella* ditumbuhkan hingga mencapai populasi masing - masing sebesar $2010,45 \times 10^1$ dan $1939,09 \times 10^0$ cfu/ml. Pengujian yang dilakukan yaitu kemampuan tawas dan kaporit dalam mendestruksi bakteri *E. coli* dan *Salmonella*. Tawas dilakukan dengan dua dosis yaitu 0,05 (A1) dan 0,1 (A2) g/100 ml air. Kaporit dilakukan dengan tiga dosis yaitu 0,1 (B1), 0,2 (B2), dan 0,3 (B3) mg/100 ml air. Campuran tawas dan kaporit dilakukan dengan dosis 0,05 g tawas dan 0,1 mg kaporit per 100 ml air (C).

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat pengambilan sampel air yaitu sumber air Jirun di Desa Mojo Kecamatan Padang Kabupaten Lumajang. Pengujian air secara kuantitatif terhadap bakteri *E. coli* dan *Salmonella* dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Pangan dan Hasil Pertanian Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Universitas Jember. Penelitian ini dilaksanakan selama kurang lebih empat bulan, dimulai bulan Februari sampai bulan Mei 2015.

3.3 Variabel Penelitian

Ada beberapa variabel yang digunakan pada penelitian ini, yaitu variabel bebas, variabel terikat dan variabel terkontrol. Variabel bebas pada penelitian ini antara lain, yaitu sampel air yang diambil dari Jirun Sumber (JS), dosis tawas dan kaporit yang digunakan dalam penelitian. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah jumlah bakteri *E. coli* dan *Salmonella* dan persentase destruksinya setelah pemberian tawas dan kaporit. Sedangkan variabel terkontrol dari penelitian ini,

yaitu biakan bakteri *E. coli* dan *Salmonella*, media yang digunakan SCA (*Salmonella Chromogenic Agar*), larutan fisiologis, serta suhu dan lama inkubasi, yaitu 37 °C selama 24 jam.

3.4 Definisi Operasional

Beberapa definisi operasional dalam penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa isolat bakteri koliform, yaitu *E. coli* dan *Salmonella* asal mata air yang diambil dari sumber Jirun Desa Mojo Kecamatan Padang Kabupaten Lumajang.
- b. Larutan fisiologis yang digunakan untuk pengenceran adalah larutan 8,5 gram NaCl dalam 1 liter aquades.
- c. Perlakuan kontrol adalah jumlah bakteri *E. coli* dan *Salmonella* pada sampel yang diencerkan hingga 10^3 dan ditumbuhkan pada media SCA tanpa pemberian tawas dan kaporit.
- d. Dalam pembuatan kultur kerja, isolat bakteri *E. coli* dan *Salmonella* diambil 3 - 4 kali ose yang kemudian disegarkan pada media *Nutrient Broth* (NB) sampai warna menjadi keruh.
- e. Persentase destruksi bakteri *E. coli* dan *Salmonella* adalah selisih antara perlakuan kontrol dengan perlakuan pemberian tawas dan kaporit yang dikonversi dalam bentuk persen (%).
- f. Koefisien destruksi adalah kemampuan penambahan tawas dan kaporit terhadap destruksi bakteri dalam satuan waktu.

3.5 Alat dan Bahan Penelitian

Alat – alat yang akan digunakan meliputi cawan petri, tabung reaksi, rak tabung reaksi, gelas ukur, erlenmeyer, pipet tetes, pipet mikro, *blue tip*, ose lurus dan bulat, *beaker glass*, vortex, *hot plate*, bunsen, autoklaf, *colony counter*, inkubator, kamera digital, neraca analitik, karet gelang, tisu, kapas, masker, kertas, kertas label, aluminium foil dan alat tulis menulis. Bahan - bahan yang

digunakan dalam penelitian ini adalah sampel air, tawas, kaporit, SCA, *Nutrient Broth* (NB), alkohol 70%, NaCl, dan aquades.

3.6 Tahapan Penelitian

Penelitian ini terdiri dari enam tahap, yaitu persiapan media, isolasi bakteri *E. coli* dan *Salmonella* asal mata air sumber Jirun, penyiapan kultur kerja suspensi bakteri *E. coli* dan *Salmonella*, penyiapan biang tawas dan kaporit dalam takaran per 100 ml *sample* air, *treatment* suspensi isolat murni bakteri *E. coli* dan *Salmonella* dengan penambahan tawas dan kaporit, dan analisis destruksi bakteri *E. coli* dan *Salmonella*. Penjelasan mengenai tahapan - tahapan tersebut adalah sebagai berikut:

3.6.1 Persiapan media

a. Larutan Fisiologis

Larutan fisiologis dalam penelitian ini digunakan untuk mengencerkan *sample* bakteri *E. coli* dan *Salmonella* sebelum dilakukan *plating*. Hal ini berguna agar jumlah populasi yang tumbuh nantinya dapat dengan mudah diamati dan dihitung. Larutan fisiologis dibuat dengan cara melarutkan 8,5 gram NaCl ke dalam erlenmeyer yang berisi 1 liter aquadest. Kemudian tuangkan sebanyak 9 ml ke dalam tabung reaksi, sehingga akan diperoleh kurang lebih 110 tabung reaksi yang berisi 9 ml larutan fisiologis. Terakhir lakukan sterilisasi dengan cara menggunakan autoklaf pada suhu 121 °C selama 15 menit

b. Media NB

Media NB dalam penelitian ini digunakan untuk menumbuhkan isolat murni bakteri *E. coli* dan isolat murni bakteri *Salmonella* yang akan digunakan dalam penambahan tawas dan kaporit. Cara pembuatan media NB yaitu dengan melarutkan 0,4 gram NB ke dalam erlenmeyer yang berisi 50 ml aquadest serta dilakukan pemanasan sambil diaduk. Selanjutnya masukkan ke dalam tabung reaksi sebanyak 8 ml, maka akan diperoleh 6 media NB dalam tabung reaksi yang nantinya akan digunakan sebagai media pertumbuhan isolat murni dari kedua bakteri yaitu *E. coli* dan *Salmonella*. Kemudian 6 media NB tersebut disterilisasi

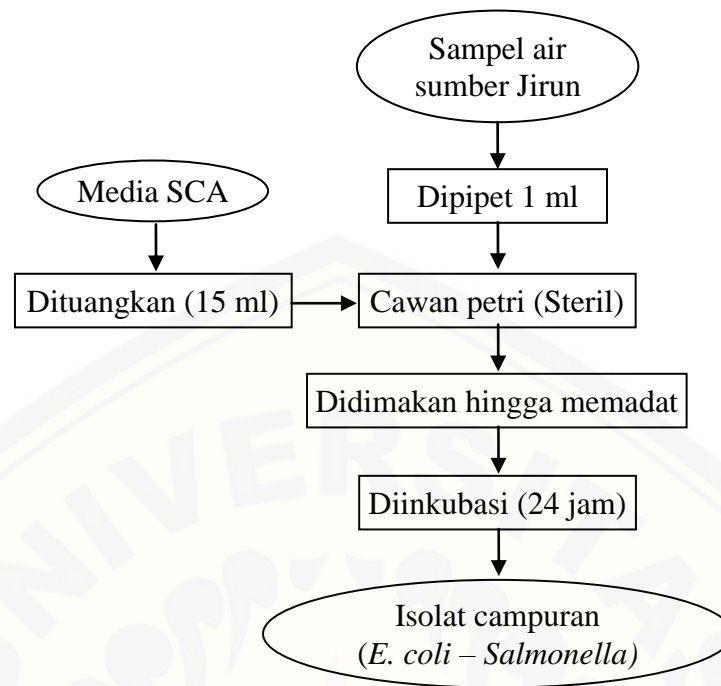
dengan menggunakan autoklaf pada suhu 121 °C selama 15 menit. Terakhir lakukan penyimpanan pada inkubasi dengan suhu 37 °C sebelum digunakan.

c. Media SCA

Media selanjutnya yang digunakan dalam penelitian ini yaitu media SCA (*Salmonella Chromogenic Agar*). Media ini diperlukan untuk menumbuhkan bakteri *Escheria coli* dan *Salmonella* pada tahapan isolasi serta tahapan penambahan tawas dan kaporit. Sebelum menumbuhkan bakteri, media harus dipersiapkan terlebih dahulu. Pertama, dipersiapkan erlenmeyer 250 ml yang berisi 200 ml aquades steril untuk media SCA yang akan digunakan kemudian dipanaskan hingga mendidih. Media ditimbang sesuai dengan takaran yang ditentukan, yaitu SCA 37,1 gram/liter. Panaskan kembali sambil diaduk kemudian tunggu hingga suhu turun (belum memadat). Setelah itu tutup dengan aluminium foil dan ikat dengan karet.

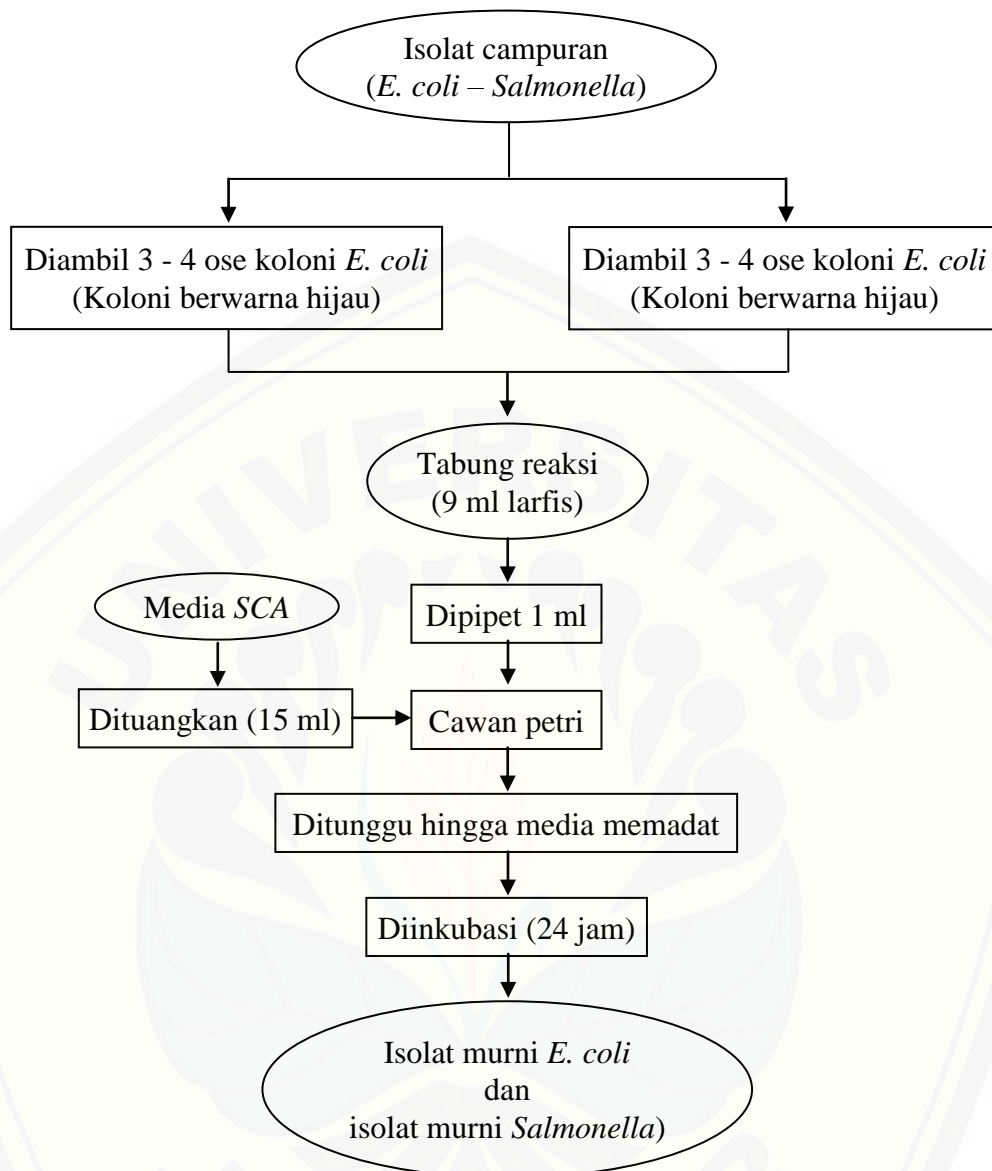
3.6.2 Isolasi bakteri *E. coli* dan *Salmonella* asal mata air sumber Jirun

Isolasi bakteri *E. coli* dan *Salmonella* asal mata air sumber Jirun dilakukan dengan cara menumbuhkannya pada media SCA. Isolasi ini bertujuan untuk mendapatkan isolat bakteri *E. coli* dan *Salmonella* dengan cara menumbuhkannya pada media SCA tanpa adanya penambahan tawas dan kaporit sebelumnya. Pertama yang dilakukan adalah *plating* dari sampel air Jirun, yaitu dengan cara dipipet 1 ml dan dimasukkan kedalam cawan petri. Setelah itu media SCA dituangkan kedalam cawan petri yang telah berisi 1 ml sampel air. Media didiamkan hingga memadat, kemudian diinkubasi selama 24 jam dalam inkubator supaya bakteri tumbuh optimal. Hasil isolat bakteri koliform yaitu *E. coli* dan *Salmonella* pada media SCA akan berbeda warna. Bakteri *E coli* akan berwarna hijau, sedangkan bakteri *Salmonella* akan berwarna ungu. Berikut gambar diagram alir tahapan isolasi bakteri *E. coli* dan *Salmonella* yang diperoleh dari *sample* mata air sumber Jirun.



Gambar 3.1 Diagram alir tahapan proses isolasi bakteri *E. coli* dan *Salmonella* dari sampel mata air sumber Jirun

Selanjutnya dilakukan pengelompokan jenis bakteri berdasarkan warna koloni untuk mendapatkan isolat murni. Isolat yang tumbuh pada cawan petri masih berupa isolat campuran *E. coli* dan *Salmonella*. Supaya diperoleh satu jenis bakteri dalam penambahan tawas dan kaporit, maka perlu adanya upaya pemurnian isolat untuk menghindari pengaruh kontaminasi dari bakteri lain. Pertama yang dilakukan yaitu panaskan ose sebelum mengambil isolat campuran dari cawan petri. Kemudian isolat koloni yang berwarna hijau diambil 3 - 4 ose ke dalam tabung reaksi yang berisi 9 ml larfis, begitu juga dengan isolat yang berwarna ungu. Sehingga akan diperoleh 2 tabung reaksi yang masing - masing berisi koloni *E. coli* dan koloni *Salmonella*. Selanjutnya masing - masing koloni dalam tabung reaksi tersebut dilakukan *plating* dengan cara dipipet 1 ml ke dalam cawan petri. Setelah itu tuangkan media SCA kedalam cawan petri tersebut dan tunggu hingga memadat. Kemudian diinkubasi selama 24 jam dalam inkubator supaya kedua bakteri tumbuh optimal. Sehingga akan diperoleh dua isolat murni, yaitu bakteri *E. coli* dan *Salmonella*. Berikut gambar diagram alir tahapan untuk memperoleh isolat murni bakteri *E. coli* dan *Salmonella*.



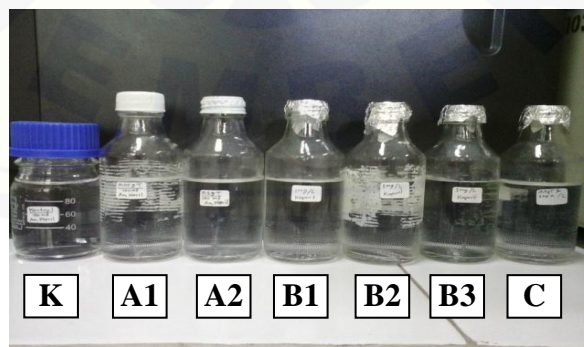
Gambar 3.2 Diagram alir tahapan proses pemurnian isolasi bakteri *E. coli* dan *Salmonella*

3.6.3 Penyiapan kultur kerja suspensi bakteri *E. coli* dan *Salmonella*

Setelah kedua isolat murni tumbuh optimal, isolat murni *E. coli* dan *Salmonella* tersebut diambil masing - masing 3 sampai 4 ose, kemudian dimasukkan kedalam tabung reaksi yang berisi 8 ml media *NB* steril, sehingga diperoleh dua kultur kerja yang mengandung isolat murni *E. coli* dan isolat murni *Salmonella*. Kemudian diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam.

3.6.4 Penyiapan biang tawas dan kaporit dalam takaran per 100 ml *sample* air

Penyiapan biang ini dilakukan dengan cara menuangkan aquadest ke dalam 3 botol ukuran 150 ml masing - masing 100 ml aquadest untuk kontrol serta biang tawas dan ke dalam 4 erlenmeyer ukuran 1 liter masing - masing 1 liter aquadest untuk biang kaporit. Selanjutnya dilakukan sterilisasi dengan cara diautoklaf, sehingga dihasilkan aquadest steril. Dari ketiga botol yang berisi 100 ml aquadest steril masing - masing ditambahkan tawas dengan takaran dosis yang berbeda, yaitu 0,05 g tawas sebagai biang A1 dan 0,1 g tawas sebagai biang A2, serta tanpa penambahan tawas ataupun kaporit sebagai kontrol (K). Lakukan langkah tersebut secara aseptis untuk menghindari kontaminasi dari udara luar. Untuk keempat erlenmeyer yang berisi 1 liter aquadest steril masing - masing ditambahkan kaporit dengan takaran yang berbeda, 1 mg kaporit sebagai B1, 2 mg kaporit sebagai B2, dan 3 mg kaporit sebagai B3 serta 1 liter erlenmeyer terakhir ditambahkan campuran tawas kaporit dengan takaran 0,5 g tawas dan 1 mg kaporit sebagai C. Selanjutnya keempat aquadest steril yang telah tercampur kaporit dan tawas - kaporit tersebut masing - masing dituangkan 100 ml ke dalam 4 botol berukuran 150 ml secara aseptis untuk menghindari kontaminasi. Sehingga didapat takaran yang sama yaitu biang tawas dan kaporit maupun campuran tawas - kaporit serta larutan kontrol per 100 ml yang nantinya akan ditambahkan suspensi bakteri *E. coli* dan *Salmonella* sebagai *treatmen* utama. Hasil dari persiapan biang ini dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Biang per 100ml Kontrol (K), Tawas 0,05 g/100ml (A1), Tawas 0,1 g/100ml (A2), Kaporit 0,1mg/100ml (B1), Kaporit 0,2mg/100ml (B2), Kaporit 0,3mg/100ml (B3) dan Campuran Tawas (0,05g) - Kaporit (0,1 mg) /100ml

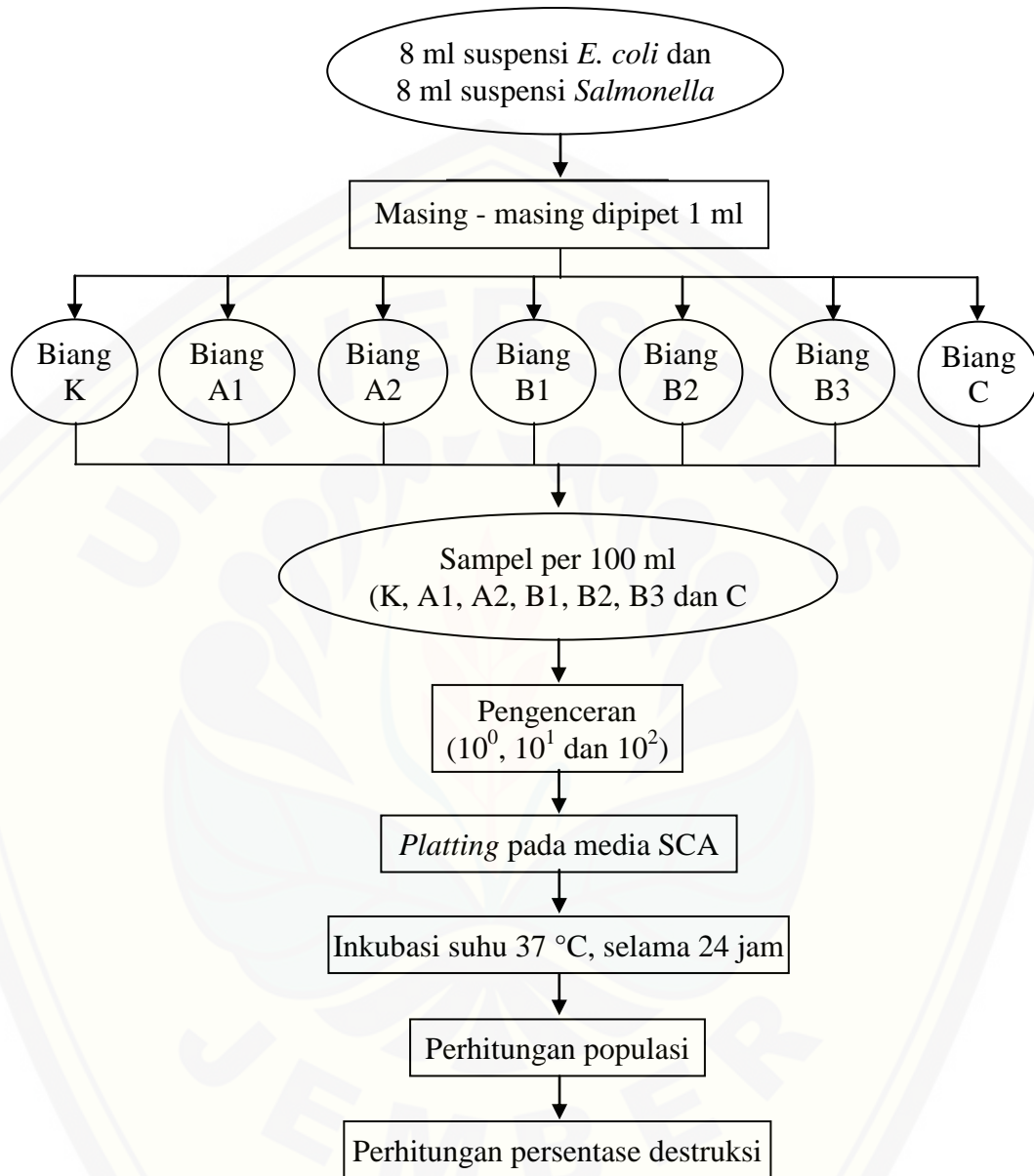
3.6.5 *Treatment* suspensi isolat murni bakteri *E. coli* dan *Salmonella* dengan pemberian tawas dan kaporit

Dari dua suspensi yaitu suspensi *E. coli* (E), dan *Salmonella* (S) yang telah diperoleh, masing - masing dipipet 1 ml dan ditambahkan pada biang kontrol (tanpa pemberian tawas dan kaporit), biang tawas, biang kaporit serta biang campuran tawas - kaporit dengan berbagai macam dosis yang telah dipersiapkan sebelumnya. Dosis tawas yang digunakan yaitu 0,05 (A1) dan 0,1 (A2) g/100 ml aquades steril. Sedangkan dosis kaporit yang digunakan yaitu 1 (B1), 2 (B2), dan 3 (B3) g/100 ml aquades steril. Kemudian masing - masing dosis dijadikan per 100ml. Selain itu juga digunakan campuran tawas dan kaporit dengan dosis masing - masing 0,5 g dan 1 mg (C) /L aquades steril yang dijadikan per 100ml. Lakukan proses tersebut secara aseptis untuk menghindari kontaminasi dan setelah tercampur, diamkan selama 3 menit. Sehingga akan diperoleh sampel Kontrol (K), A1, A2, B1, B2, B3 dan C.

Selanjutnya masing - masing sampel setelah didiamkan selama 3 menit, lakukan pengenceran 10^0 , 10^1 , dan 10^2 kedalam tabung reaksi yang berisi 9 ml larfis. Pengenceran yang dilakukan harus secara aseptis supaya tidak ada kontaminasi bakteri dari faktor lain, misalnya dari peralatan atau manusia, sehingga sebelum melakukan pengenceran, tangan harus dicuci dengan alkohol terlebih dahulu untuk menghindari kontaminasi dari tangan. Setiap memindahkan sampel harus didekatkan dengan bunsen dan mencuci atau mengganti pipet yang digunakan supaya terhindar dari kontaminan.

Langkah selanjutnya yaitu masing - masing sampel yang sudah dilakukan pengenceran ditumbuhkan pada media SCA dengan cara mengambil 1 ml dari masing - masing pengenceran yang akan dilakukan *plating*, kemudian dimasukkan kedalam cawan petri yang diikuti penuangan media SCA. Selanjutnya diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam. Setelah itu menghitung pertumbuhan bakteri *E. coli* dan *Salmonella* hasil *treatment*, dibandingkan dengan perlakuan kontrol dan dilakukan perhitungan untuk memperoleh persentase destruksi bakteri melalui *treatment* tawas dan kaporit. Diagram alir perlakuan destruksi bakteri *E. coli* dan

Salmonella dengan pemberian tawas dan kaporit ditunjukkan oleh gambar 3.4 sebagai berikut:



Gambar 3.4 Diagram alir perlakuan destruksi bakteri *E. coli* dan *Salmonella* dengan pemberian tawas dan kaporit

3.6.6 Analisis Destruksi Bakteri *E. coli* dan *Salmonella* serta Standar Deviasinya.

Analisis destruksi bakteri *E. coli* dan *Salmonella* dilakukan dengan cara menghitung persentase destruksi dan nilai koefisien (nilai k) destruksi. Persentase destruksi bakteri *E. coli* dan *Salmonella* dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\% \text{Destruksi} = [(N_0 - N_t) / N_0] \times 100\%$$

Keterangan:

N_0 : Populasi bakteri awal (kontrol)

N_t : Populasi bakteri pada waktu ke – t

Untuk menghitung koefisien destruksi bakteri *E. coli* dan *Salmonella* setelah penambahan tawas dan kaporit yaitu menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$k = (\ln N_0 - \ln N_t) / t$$

Keterangan:

N_t : Populasi pada waktu ke – t

N_0 : Populasi awal (kontrol)

k : Koefisien destruksi bakteri enteropatogenik

t : Waktu kontak

3.7 Parameter Pengamatan

Parameter pengamatan dalam penelitian ini terdiri dari dua parameter. Parameter pertama yaitu total populasi bakteri *E. coli* dan *Salmonella* sebelum atau setelah pemberian tawas dan kaporit. Parameter kedua yaitu persentase destruksi dan nilai koefisien (nilai k) destruksi bakteri *E. coli* dan *Salmonella* setelah pemberian tawas dan kaporit.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a. Semakin tinggi dosis aplikasi tawas dan kaporit terhadap mata air sumber Jirun menunjukkan adanya peningkatan persentase dan nilai koefisien destruksi bakteri *E. coli* dan *Salmonella*. Persentase destruksi bakteri *E. coli* sebesar 2,24% dan *Salmonella* sebesar 60,73%. Nilai koefisien destruksi bakteri *E. coli* sebesar 0,07 dan *Salmonella* sebesar 1,53.
- b. Aplikasi kombinasi tawas (0,05 g/100 ml) dan kaporit (0,1 mg/100ml) terhadap mata air sumber Jirun menunjukkan adanya peningkatan persentase dan nilai koefisien destruksi bakteri *E. coli* dan *Salmonella*. Persentase destruksi bakteri *E. coli* sebesar 1,94% dan *Salmonella* sebesar 38,81%. Nilai koefisien destruksi bakteri *E. coli* sebesar 0,06 dan *Salmonella* sebesar 0,98.

5.2 Saran

Perlu adanya perlakuan lain untuk mendestruksi bakteri *E. coli* dan *Salmonella* yang memiliki berpopulasi lebih dari 1000 cfu/ml karena terbukti tawas dan kaporit tidak mampu untuk mendestruksi bakteri tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G. 1987. *Metoda Penelitian Air*. Surabaya: Usaha Nasional
- Ali, M. 2010. *Peran Proses Desinfeksi Dalam Upaya Peningkatan Kualitas Produk Air Bersih*. Surabaya: IPN Press
- Anonim. 2011. *Pengendalian Mikroorganisme*. <http://nurilmiyati-mb.blogspot.co.id/2011/04/11-pengendalian-mikroorganisme.html> [diakses 17 september 2016]
- Austin, G. 1984. *Industri Proses Kimia Jilid 1 Edisi 5*. Jakarta: Erlangga
- Buckle, K.A., Edwards, R.A., Fleet, G.H, dan Wootton. 1985. *Ilmu Pangan*. Jakarta: UI Press
- Budiyanto, M.A.K. 2002. *Dasar-Dasar Ilmu Gizi*. Malang: UMM press
- Cheung, K.R.C. 2001. *Heavy Metal Poisoning Clinical Significance and Laboratory Investigation*. Hong Kong: Asia Pasific Analyte Notes. B. D Indispensable to Human Health. Vol 7. No. 1 th 2001.
- Daryanto. 2004. *Masalah Pencemaran*. Bandung: Tarsito
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Yogyakarta: Kanisius
- Efriandi, B. 2008. *Pengaruh Konsentrasi Optimum Tawas Terhadap Turbiditas dengan Metode Jar Test di PDAM Tirtanadi Instalasi Sunggal*. Medan: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatra Utara
- Endarko, Putro, T., Nuzula, N.I., Armawati, N., Wardana, A., Rubiyanto, A., dan Muntini, M.S. 2013. *Rancang Bangun Sistem Penjernihan Dan Dekontaminasi Air Sungai Berbasis Biosand Filter Dan Lampu Ultraviolet*. Surabaya: FMIPA ITS
- Guyton, A.C., dan Hall, J.E. 1996. *Textbook of Medical Physiology*. Philadelphia: W.B. Saunders Company. Pennsylvania.
- Hadi, F. 1980. *Ilmu Teknik Penyehatan 2*. Surabaya: ITS

- Jeffries, M., dan Mills, D. 1996. *Freshwater Ecology, Principles, and Applications*. John Wiley and Sons, Chichester, UK. 285 p.
- Komala, P.S. 2014. *Inaktivasi Bakteri Escherichia coli Air Sumur Menggunakan Desinfektan Kaporit*. Jurnal Teknik Lingkungan UNAND 11 (1) : 34-47 (Januari 2014)
- Kusnaedi. 2002. *Mengolah Air Gambut & Air Kotor Untuk Air Minum*. Jakarta: PT Penebar Swadaya
- Mahida, N.U. 1986. *Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri*. Jakarta: CV. Rajawali
- Muhammad. 2009. *Pengolahan Air Limbah Laboratorium dengan Menggunakan Koagulan Alum Sulfat dan Poli Aluminium Klorida (PAC)*. Jurnal Penelitian Sains
- Mursid, R. 1991. *Tugas Akhir Proporsional Chlorination*. Surabaya: FTSP, ITS.
- Oktavianto, A. 2014. *Evaluasi Populasi Bakteri Enteropatogenik Sumber Air Minum Jirun di Desa Mojo Kecamatan Padang Kabupaten Lumajang dan Upaya Destruksinya Melalui Pemanasan*, Skripsi. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember
- Paul, N. 1995. *Handbook Of Water And Wastewater Treatment Technology*. Newyork: Marcel Dekker Inc
- PDAM. 2010. *Pengolahan Air (Water Treatment Plant)*. Surabaya: Departemen Pekerjaan Umum, Sekretariat Jendral-Pusat Pendidikan Dan Pelatihan, Balai Pelatihan Air Bersih dan PLP Wiyung-Surabaya
- Pelczar, M.J., dan Chan, E.C.S. 1988. *Dasar - Dasar Mikrobiologi 2*. Jakarta: UI Press
- Pudjarwoto, dan Nuridah, P. 1993. *Kualitas Air Minum di Jakarta Ditinjau dari Sudut Mikrobiologi*. Sanitas Vil. II (3) : 121-123
- Prescott, L.M., Harley, J.P., dan Klein, D.A. 1999. *Microbiology*. 4th ed. Boston: WCB McGraw-Hill.
- Randa, M.S. 2012. *Analisis Bakteri Coliform (Fekal dan Non Fekal) pada Air Sumur di Komplek Roudi Manokwari*, Skripsi. Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Papua Manokwari

Ristiati, P. 2000. *Pengantar Mikrobiologi Umum*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional

Sutrisno, C.T. 1991. *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Jakarta: PT Rineka Cipta

Sutrisno, C.T. 2004. *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Jakarta: PT Rineka Cipta



Lampiran A. Standar kualitas air minum oleh keputusan Menteri Kesehatan RI

Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor: 907/MENKES/VII/2002

Tanggal 29 Juli 2002 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum

A. Kimia

1. Bahan-bahan inorganik (yang memiliki pengaruh langsung pada kesehatan)

Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
1	2	3
Antimony	(mg/liter)	0,005
Air raksa	(mg/liter)	0,001
Arsenic	(mg/liter)	0,01
Barium	(mg/liter)	0,7
Boron	(mg/liter)	0,3
Cadmium	(mg/liter)	0,003
Kromium	(mg/liter)	0,05
Tembaga	(mg/liter)	2
Sianida	(mg/liter)	0,07
Fluorida	(mg/liter)	1,5
Timah	(mg/liter)	0,01
Molybdenum	(mg/liter)	0,07
Nikel	(mg/liter)	0,02
Nitrat (Sebagai NO ₃)	(mg/liter)	50
Nitrit (Sebagai NO ₂)	(mg/liter)	3
Selenium	(mg/liter)	0,01

2. Bahan-bahan inorganik (yang kemungkinan dapat menimbulkan keluhan bagi konsumen)

Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
1	2	3
Ammonia	(mg/liter)	1,5
Aluminium	(mg/liter)	0,2
Klorida	(mg/liter)	250
Copper	(mg/liter)	1
Kesadahan	(mg/liter)	500
Hidrogen sulfide	(mg/liter)	0,05
Besi	(mg/liter)	0,3
Mangan	(mg/liter)	0,1
pH	(mg/liter)	6,5-8,5
Sodium	(mg/liter)	200
Sulfate	(mg/liter)	250
Total padatan terlarut	(mg/liter)	1000
Seng	(mg/liter)	3

B. Bakteriologis

Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
1	2	3
a. <u>Air Minum</u>		
E.Coli atau fecal coli	Jumlah per 100 ml sampel	0
b. <u>Air yang masuk sistem distribusi</u>		
E.Coli atau fecal coli	Jumlah per 100 ml sampel	0
Total Bakteri Coliform	Jumlah per 100 ml sampel	0
c. <u>Air pada sistem distribusi</u>		
E.Coli atau fecal coli	Jumlah per 100 ml sampel	0
Total Bakteri Coliform	Jumlah per 100 ml sampel	0

C. Fisik

Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
1	2	3
Kekeruhan	NTU	5
Rasa	-	-
Bau	-	-
Temperatur	°C	Suhu udara ± 3 °C
Warna	TCU	15

Lampiran B. Destruksi bakteri *Escherichia coli* dan *Salmonella* asal mata air sumber Jirun Kecamatan Padang Kabupaten Lumajang dengan penambahan tawas, kaporit dan campuran tawas-kaporit

Bakteri	Perlakuan	Pengenceran	Populasi		Hit. BAM (Cfu/ml)	Populasi (Log10 Cfu/ml)
			U1	U2		
<i>E. coli</i>	Kontrol	10 ¹	1291	1218	2010,45 x 10 ¹	4,30
		10 ²	986	928		
	A1	10 ¹	1052	1142	1744,55 x 10 ¹	4,24
		10 ²	891	753		
	A2	10 ¹	1021	1138	1665,91 x 10 ¹	4,22
		10 ²	769	737		
	B1	10 ¹	1127	1149	1836,36 x 10 ¹	4,26
		10 ²	971	793		
	B2	10 ¹	1086	1133	1749,55 x 10 ¹	4,24
		10 ²	899	731		
	B3	10 ¹	1012	1017	1610,91 x 10 ¹	4,21
		10 ²	862	653		
	C	10 ¹	1009	1128	1659,55 x 10 ¹	4,22
		10 ²	798	716		
<i>Salmonella</i>	Kontrol	10 ⁰	1205	1278	1939,09 x 10 ⁰	3,29
		10 ¹	876	907		
	A1	10 ¹	34	36	37,27 x 10 ¹	2,57
		10 ²	9	3		
	A2	10 ¹	23	15	21,36 x 10 ¹	2,33
		10 ²	8	1		
	B1	10 ⁰	532	1089	1151,82 x 10 ⁰	3,06
		10 ¹	94	819		
	B2	10 ⁰	138	502	342,73 x 10 ⁰	2,53
		10 ¹	57	57		
	B3	10 ⁰	16	16	19,55 x 10 ⁰	1,29
		10 ¹	4	7		
	C	10 ⁰	14	123	102,73 x 10 ⁰	2,01
		10 ¹	3	86		

Perhitungan dilakukan dengan metode *Bacteriological Analytical Manual* (BAM) dengan rumus sebagai berikut:

$$N = \frac{\sum N}{(1xd) + (0,1xd)} \times 10^a$$

d = 2; a = pengenceran terendah

*E. coli*

Kontrol;

$$\begin{aligned} N &= [(1291+1218+986+928)/(2,2)] \times 10^1 \\ &= 2010,45 \times 10^1 \text{ CFU/ml} \\ &= \log_{10} (2010,45 \times 10^1) \text{ CFU/ml} \\ &= 4,30 \text{ CFU/ml} \end{aligned}$$

*Salmonella*

Kontrol;

$$\begin{aligned} N &= [(1205+1278+876+907)/(2,2)] \times 10^0 \\ &= 1939,09 \times 10^0 \text{ CFU/ml} \\ &= \log_{10} (1939,09 \times 10^0) \text{ CFU/ml} \\ &= 3,29 \text{ CFU/ml} \end{aligned}$$

A1;		A1;
N	$= [(1052+1142+891+753)/(2,2)] \times 10^1$	N
	$= 1744,55 \times 10^1 \text{ CFU/ml}$	$= [(34+9+36+3)/(2,2)] \times 10^1$
	$= \log_{10} (1744,55 \times 10^1) \text{ CFU/ml}$	$= 37,27 \times 10^1 \text{ CFU/ml}$
	$= 4,24 \text{ CFU/ml}$	$= \log_{10} (37,27 \times 10^1) \text{ CFU/ml}$
		$= 2,57 \text{ CFU/ml}$
A2;		A2;
N	$= [(1021+1138+769+737)/(2,2)] \times 10^1$	N
	$= 1665,91 \times 10^1 \text{ CFU/ml}$	$= [(23+15+8+1)/(2,2)] \times 10^1$
	$= \log_{10} (1665,91 \times 10^1) \text{ CFU/ml}$	$= 21,36 \times 10^1 \text{ CFU/ml}$
	$= 4,22 \text{ CFU/ml}$	$= \log_{10} (21,36 \times 10^1) \text{ CFU/ml}$
		$= 2,33 \text{ CFU/ml}$
B1;		B1;
N	$= [(1127+1149+971+793)/(2,2)] \times 10^0$	N
	$= 1836,36 \times 10^1 \text{ CFU/ml}$	$= [(532+1089+94+819)/(2,2)] \times 10^0$
	$= \log_{10} (1836,36 \times 10^1) \text{ CFU/ml}$	$= 1151,82 \times 10^0 \text{ CFU/ml}$
	$= 4,26 \text{ CFU/ml}$	$= \log_{10} (1151,82 \times 10^0) \text{ CFU/ml}$
		$= 3,06 \text{ CFU/ml}$
B2;		B2;
N	$= [(1086+1133+899+731)/(2,2)] \times 10^1$	N
	$= 1749,55 \times 10^1 \text{ CFU/ml}$	$= [(138+502+57+57)/(2,2)] \times 10^0$
	$= \log_{10} (1749,55 \times 10^1) \text{ CFU/ml}$	$= 342,73 \times 10^0 \text{ CFU/ml}$
	$= 4,24 \text{ CFU/ml}$	$= \log_{10} (342,73 \times 10^0) \text{ CFU/ml}$
		$= 2,53 \text{ CFU/ml}$
B3;		B3;
N	$= [(1012+1017+862+653)/(2,2)] \times 10^1$	N
	$= 1610,91 \times 10^1 \text{ CFU/ml}$	$= [(16+16+4+7)/(2,2)] \times 10^0$
	$= \log_{10} (1610,91 \times 10^1) \text{ CFU/ml}$	$= 19,55 \times 10^0 \text{ CFU/ml}$
	$= 4,21 \text{ CFU/ml}$	$= \log_{10} (19,55 \times 10^0) \text{ CFU/ml}$
		$= 1,29 \text{ CFU/ml}$
C;		C;
N	$= [(1009+1128+798+716)/(2,2)] \times 10^1$	N
	$= 1659,55 \times 10^1 \text{ CFU/ml}$	$= [(14+123+3+86)/(2,2)] \times 10^0$
	$= \log_{10} (1659,55 \times 10^1) \text{ CFU/ml}$	$= 102,73 \times 10^0 \text{ CFU/ml}$
	$= 4,22 \text{ CFU/ml}$	$= \log_{10} (102,73 \times 10^0) \text{ CFU/ml}$
		$= 2,01 \text{ CFU/ml}$

Lampiran C. Hasil perhitungan standar deviasi dari persentase destruksi bakteri *Escherichia coli* dan *Salmonella* ulangan satu dan ulangan dua asal mata air sumber Jirun Kecamatan Padang Kabupaten Lumajang dengan penambahan tawas, kaporit dan campuran tawas-kaporit

Bakteri	Perlakuan	Pengenceran	Populasi			
			U1	BAM	U2	BAM
<i>E. coli</i>	Kontrol	10 ¹	1291	4,32	1218	4,29
		10 ²	986		928	
	A1	10 ¹	1052	4,25	1142	4,24
		10 ²	891		753	
	A2	10 ¹	1021	4,21	1138	4,23
		10 ²	769		737	
	B1	10 ¹	1127	4,28	1149	4,25
		10 ²	971		793	
	B2	10 ¹	1086	4,26	1133	4,23
		10 ²	899		731	
	B3	10 ¹	1012	4,23	1017	4,18
		10 ²	862		653	
	C	10 ¹	1009	4,22	1128	4,22
		10 ²	798		716	
<i>Salmonella</i>	Kontrol	10 ⁰	1205	3,28	1278	3,30
		10 ¹	876		907	
	A1	10 ¹	34	2,59	36	2,55
		10 ²	9		3	
	A2	10 ¹	23	2,45	15	2,16
		10 ²	8		1	
	B1	10 ⁰	532	2,76	1089	3,24
		10 ¹	94		819	
	B2	10 ⁰	138	2,25	502	2,71
		10 ¹	57		57	
	B3	10 ⁰	16	1,26	16	1,32
		10 ¹	4		7	
	C	10 ⁰	14	1,19	123	2,28
		10 ¹	3		86	

Perhitungan dilakukan dengan metode *Bacteriological Analytical Manual* (BAM) dengan rumus sebagai berikut:

$$N = \frac{\sum N}{(1xd) + (0,1xd)} \times 10^a$$

d = 1; a = pengenceran terendah

Perhitungan BAM *E. coli* (U1)

Kontrol;

$$\begin{aligned} N &= [(1291+986)/(1,1)] \times 10^1 \\ &= 2070 \times 10^1 \text{ CFU/ml} \\ &= \log_{10} (2070 \times 10^1) \text{ CFU/ml} \\ &= 4,32 \text{ CFU/ml} \end{aligned}$$

Perhitungan BAM *Salmonella* (U1)

Kontrol;

$$\begin{aligned} N &= [(1205+876)/(1,1)] \times 10^0 \\ &= 1891,82 \times 10^0 \text{ CFU/ml} \\ &= \log_{10} (1891,82 \times 10^0) \text{ CFU/ml} \\ &= 3,28 \text{ CFU/ml} \end{aligned}$$

A1; N	= [(1052+891)/(1,1)] x 10 ¹ = 1766,36 x 10 ¹ CFU/ml = log ₁₀ (1766,36 x 10 ¹) CFU/ml = 4,25 CFU/ml	A1; N	= [(34+9)/(1,1)] x 10 ¹ = 39,09 x 10 ¹ CFU/ml = log ₁₀ (39,09 x 10 ¹) CFU/ml = 2,59 CFU/ml
A2; N	= [(1021+769)/(1,1)] x 10 ¹ = 1627,27 x 10 ¹ CFU/ml = log ₁₀ (1627,27 x 10 ¹) CFU/ml = 4,21 CFU/ml	A2; N	= [(23+8)/(1,1)] x 10 ¹ = 28,18 x 10 ¹ CFU/ml = log ₁₀ (28,18 x 10 ¹) CFU/ml = 2,45 CFU/ml
B1; N	= [(1127+971)/(1,1)] x 10 ⁰ = 1907,27 x 10 ¹ CFU/ml = log ₁₀ (1907,27 x 10 ¹) CFU/ml = 4,28 CFU/ml	B1; N	= [(532+94)/(1,1)] x 10 ⁰ = 569,09 x 10 ⁰ CFU/ml = log ₁₀ (569,09 x 10 ⁰) CFU/ml = 2,76 CFU/ml
B2; N	= [(1086+899)/(1,1)] x 10 ¹ = 1804,55 x 10 ¹ CFU/ml = log ₁₀ (1804,55 x 10 ¹) CFU/ml = 4,26 CFU/ml	B2; N	= [(138+57)/(1,1)] x 10 ⁰ = 177,27 x 10 ⁰ CFU/ml = log ₁₀ (177,27 x 10 ⁰) CFU/ml = 2,25 CFU/ml
B3; N	= [(1012+862)/(1,1)] x 10 ¹ = 1703,64 x 10 ¹ CFU/ml = log ₁₀ (1703,64 x 10 ¹) CFU/ml = 4,23 CFU/ml	B3; N	= [(16+4)/(1,1)] x 10 ⁰ = 18,18 x 10 ⁰ CFU/ml = log ₁₀ (18,18 x 10 ⁰) CFU/ml = 1,26 CFU/ml
C; N	= [(1009+798)/(1,1)] x 10 ¹ = 1642,73 x 10 ¹ CFU/ml = log ₁₀ (1642,73 x 10 ¹) CFU/ml = 4,22 CFU/ml	C; N	= [(14+3)/(1,1)] x 10 ⁰ = 15,45 x 10 ⁰ CFU/ml = log ₁₀ (15,45 x 10 ⁰) CFU/ml = 1,19 CFU/ml
# Perhitungan BAM <i>E. coli</i> (U2)		# Perhitungan BAM <i>Salmonella</i> (U2)	
Kontrol; N	= [(1218+928)/(1,1)] x 10 ¹ = 1950,91 x 10 ¹ CFU/ml = log ₁₀ (1950,91 x 10 ¹) CFU/ml = 4,29 CFU/ml	Kontrol; N	= [(1278+907)/(1,1)] x 10 ⁰ = 1986,36 x 10 ⁰ CFU/ml = log ₁₀ (1986,36 x 10 ⁰) CFU/ml = 3,30 CFU/ml
A1; N	= [(1142+753)/(1,1)] x 10 ¹ = 1722,73 x 10 ¹ CFU/ml = log ₁₀ (1722,73 x 10 ¹) CFU/ml = 4,24 CFU/ml	A1; N	= [(36+3)/(1,1)] x 10 ¹ = 35,45 x 10 ¹ CFU/ml = log ₁₀ (35,45 x 10 ¹) CFU/ml = 2,55 CFU/ml
A2; N	= [(1138+737)/(1,1)] x 10 ¹ = 1704,55 x 10 ¹ CFU/ml = log ₁₀ (1704,55 x 10 ¹) CFU/ml = 4,23 CFU/ml	A2; N	= [(15+1)/(1,1)] x 10 ¹ = 14,55 x 10 ¹ CFU/ml = log ₁₀ (14,55 x 10 ¹) CFU/ml = 2,16 CFU/ml

B1;		B1;
N	$= [(1149+793)/(1,1)] \times 10^0$	N
	$= 1765,45 \times 10^1 \text{ CFU/ml}$	
	$= \log_{10} (1765,45 \times 10^1) \text{ CFU/ml}$	
	$= 4,25 \text{ CFU/ml}$	
B2;		B2;
N	$= [(1133+731)/(1,1)] \times 10^1$	N
	$= 1694,55 \times 10^1 \text{ CFU/ml}$	
	$= \log_{10} (1694,55 \times 10^1) \text{ CFU/ml}$	
	$= 4,23 \text{ CFU/ml}$	
B3;		B3;
N	$= [(1017+653)/(1,1)] \times 10^1$	N
	$= 1518,18 \times 10^1 \text{ CFU/ml}$	
	$= \log_{10} (1518,18 \times 10^1) \text{ CFU/ml}$	
	$= 4,18 \text{ CFU/ml}$	
C;		C;
N	$= [(1128+716)/(1,1)] \times 10^1$	N
	$= 1676,36 \times 10^1 \text{ CFU/ml}$	
	$= \log_{10} (1676,36 \times 10^1) \text{ CFU/ml}$	
	$= 4,22 \text{ CFU/ml}$	
		N
		$= [(1089+819)/(1,1)] \times 10^0$
		$= 1734,55 \times 10^0 \text{ CFU/ml}$
		$= \log_{10} (1734,55 \times 10^0) \text{ CFU/ml}$
		$= 3,24 \text{ CFU/ml}$
		$= [(502+57)/(1,1)] \times 10^0$
		$= 508,18 \times 10^0 \text{ CFU/ml}$
		$= \log_{10} (508,18 \times 10^0) \text{ CFU/ml}$
		$= 2,71 \text{ CFU/ml}$
		$= [(16+7)/(1,1)] \times 10^0$
		$= 20,91 \times 10^0 \text{ CFU/ml}$
		$= \log_{10} (20,91 \times 10^0) \text{ CFU/ml}$
		$= 1,32 \text{ CFU/ml}$
		$= [(123+86)/(1,1)] \times 10^0$
		$= 190 \times 10^0 \text{ CFU/ml}$
		$= \log_{10} (190 \times 10^0) \text{ CFU/ml}$
		$= 2,28 \text{ CFU/ml}$

Bakteri	Perlakuan	Populasi				
		BAM (U1)	BAM (U2)	Jumlah	N	Stdev
<i>E. coli</i>	A1	4,25	4,24	8,49	2	0,0071
	Kuadrat	18,0625	17,9776	36,0401		
	A2	4,21	4,23	8,44	2	0,0142
	Kuadrat	17,72	17,89	35,62		
	B1	4,28	4,25	8,53	2	0,0237
	Kuadrat	18,32	18,06	36,38		
	B2	4,26	4,23	8,49	2	0,0193
	Kuadrat	18,15	17,89	36,04		
	B3	4,23	4,18	8,41	2	0,0354
Kuadrat	17,89	17,47	35,37			
C	4,22	4,22	8,44	2	0,0062	
Kuadrat	17,81	17,81	35,62			
<i>Salmonella</i>	A1	2,59	2,55	5,14	2	0,03
	Kuadrat	6,71	6,50	13,21		
	A2	2,45	2,16	4,61	2	0,20
	Kuadrat	6,00	4,67	10,67		
	B1	2,76	3,24	6	2	0,34
	Kuadrat	7,62	10,50	18,12		
	B2	2,25	2,71	4,96	2	0,32
	Kuadrat	5,06	7,34	12,41		
	B3	1,26	1,32	2,58	2	0,04
Kuadrat	1,59	1,74	3,33			
C	1,19	2,28	3,47	2	0,77	
Kuadrat	1,42	5,20	6,61			

Pada perhitungan standar deviasi, nilai (n) tiap sampel yang dihitung dapat berbeda - beda berdasarkan jumlah sampel yang digunakan, sehingga nilai (n) dapat ditulis berdasarkan tabel diatas. Perhitungan manual standar deviasi dari % destruksi penambahan tawas, kaporit dan campuran tawas-kaporit dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$s = \sqrt{\frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n(n-1)}}$$

Keterangan,

1. n adalah jumlah sampel
2. x adalah nilai % destruksi

3. $\sum_{i=1}^n x_i$ adalah jumlah keseluruhan dari nilai populasi sampel (x)

4. $\sum_{i=1}^n x_i^2$ adalah jumlah keseluruhan dari nilai kuadran populasi sampel (x²)

Perhitungan Standar Deviasi *E. coli*

Sampel A1;

$$\begin{aligned} s &= \sqrt{\frac{(2 \times 36,0401) - (8,49^2)}{2 \times (2-1)}} \\ &= \sqrt{\frac{(72,0802) - (72,0801)}{2}} \\ &= 0,0071 \end{aligned}$$

Sampel A2;

$$\begin{aligned} s &= \sqrt{\frac{(2 \times 35,6170) - (8,44^2)}{2 \times (2-1)}} \\ &= \sqrt{\frac{(71,2340) - (71,2336)}{2}} \\ &= 0,0141 \end{aligned}$$

Perhitungan Standar Deviasi *Salmonella*

Sampel A1;

$$\begin{aligned} s &= \sqrt{\frac{(2 \times 13,2106) - (5,14^2)}{2 \times (2-1)}} \\ &= \sqrt{\frac{(26,4212) - (26,4196)}{2}} \\ &= 0,0283 \end{aligned}$$

Sampel A2;

$$\begin{aligned} s &= \sqrt{\frac{(2 \times 10,6681) - (4,61^2)}{2 \times (2-1)}} \\ &= \sqrt{\frac{(21,3362) - (21,2521)}{2}} \\ &= 0,2051 \end{aligned}$$

Sampel B1;

$$\begin{aligned}
 s &= \\
 &= \sqrt{\frac{(2 \times 36,3809) - (8,53^2)}{2 \times (2-1)}} \\
 &= \\
 &= \sqrt{\frac{(72,7618) - (72,7609)}{2}} \\
 &= 0,0212
 \end{aligned}$$

Sampel B2;

$$\begin{aligned}
 s &= \\
 &= \sqrt{\frac{(2 \times 36,0405) - (8,49^2)}{2 \times (2-1)}} \\
 &= \\
 &= \sqrt{\frac{(72,0810) - (72,0801)}{2}} \\
 &= 0,0212
 \end{aligned}$$

Sampel B3;

$$\begin{aligned}
 s &= \\
 &= \sqrt{\frac{(2 \times 35,3653) - (8,41^2)}{2 \times (2-1)}} \\
 &= \\
 &= \sqrt{\frac{(70,7306) - (70,7281)}{2}} \\
 &= 0,0354
 \end{aligned}$$

Sampel C;

$$\begin{aligned}
 s &= \\
 &= \sqrt{\frac{(2 \times 35,6168) - (8,44^2)}{2 \times (2-1)}} \\
 &= \\
 &= \sqrt{\frac{(71,2336) - (71,2336)}{2}} \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

Sampel B1;

$$\begin{aligned}
 s &= \sqrt{\frac{(2 \times 18,1152) - (6^2)}{2 \times (2-1)}} \\
 &= \sqrt{\frac{(36,2304) - (36)}{2}} \\
 &= 2,0365
 \end{aligned}$$

Sampel B2;

$$\begin{aligned}
 s &= \\
 &= \sqrt{\frac{(2 \times 12,4066) - (4,96^2)}{2 \times (2-1)}} \\
 &= \\
 &= \sqrt{\frac{(24,8132) - (24,6016)}{2}} \\
 &= 0,3253
 \end{aligned}$$

Sampel B3;

$$\begin{aligned}
 s &= \\
 &= \sqrt{\frac{(2 \times 3,3300) - (2,58^2)}{2 \times (2-1)}} \\
 &= \sqrt{\frac{(6,6600) - (6,6564)}{2}} \\
 &= 0,0424
 \end{aligned}$$

Sampel C;

$$\begin{aligned}
 s &= \\
 &= \sqrt{\frac{(2 \times 6,6145) - (3,47^2)}{2 \times (2-1)}} \\
 &= \\
 &= \sqrt{\frac{(13,2290) - (12,0409)}{2}} \\
 &= 0,7707
 \end{aligned}$$

Lampiran D. Hasil perhitungan persentase dan koefisien destruksi (k) bakteri *Escherichia coli* dan *Salmonella* asal mata air sumber Jirun Kecamatan Padang Kabupaten Lumajang dengan penambahan tawas, kaporit dan campuran tawas-kaporit

Bakteri	Perlakuan	%Destruksi	K
<i>E. coli</i>	A1	1,43	0,05
	A2	1,90	0,06
	B1	0,91	0,03
	B2	1,40	0,05
	B3	2,24	0,07
	C	1,94	0,06
<i>Salmonella</i>	A1	21,79	0,55
	A2	29,14	0,74
	B1	6,88	0,17
	B2	22,89	0,58
	B3	60,73	1,53
	C	38,81	0,98

Pada perhitungan BAM, $d = 2$, karena dilakukan dua kali ulangan. Perhitungan manual % destruksi dan koefisien penambahan tawas, kaporit dan campuran tawas-kaporit dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{Destruksi} = (N_0 - N_t) / N_0 \times 100\%$$

$$k = (\ln N_0 - \ln N_t) / t$$

Keterangan,

N_t : Populasi pada waktu ke t

N_0 : Populasi awal (kontrol)

k : Koefisien destruksi bakteri enteropatogenik

t : waktu kontak (3 menit)

*E. coli*

A1;

$$\%D = [(4,30 - 4,24)/4,30] \times 100\% \\ = 1,43\%$$

$$k = (\ln(2010,45 \times 10^1) - (\ln(1744,55 \times 10^1)))/3 \\ = (9,91 - 9,77)/3 \\ = 0,05$$

A2;

$$\%D = [(4,30 - 4,22)/4,30] \times 100\% \\ = 1,90\%$$

$$k = (\ln(2010,45 \times 10^1) - (\ln(1665,91 \times 10^1)))/3 \\ = (9,91 - 9,72)/3 \\ = 0,06$$

*Salmonella*

A1;

$$\%D = [(3,29 - 2,57)/3,29] \times 100\% \\ = 21,79\%$$

$$k = (\ln(1939,09 \times 10^0) - (\ln(37,27 \times 10^1)))/3 \\ = (7,57 - 5,92)/3 \\ = 0,55$$

A2;

$$\%D = [(3,29 - 2,33)/3,29] \times 100\% \\ = 29,14\%$$

$$k = (\ln(1939,09 \times 10^0) - (\ln(21,36 \times 10^1)))/3 \\ = (7,57 - 5,36)/3 \\ = 0,74$$

B1;

$$\%D = [(4,30 - 4,26)/4,30] \times 100\% \\ = 0,91\%$$

$$k = (\ln(2010,45 \times 10^1) - (\ln(1836,36 \times 10^1)))/3 \\ = (9,91 - 9,82)/3 \\ = 0,03$$

B2;

$$\%D = [(4,30 - 4,24)/4,30] \times 100\% \\ = 1,40\%$$

$$k = (\ln(2010,45 \times 10^1) - (\ln(1749,55 \times 10^1)))/3 \\ = (9,91 - 9,77)/3 \\ = 0,05$$

B3;

$$\%D = [(4,30 - 4,21)/4,30] \times 100\% \\ = 2,24\%$$

$$k = (\ln(2010,45 \times 10^1) - (\ln(1610,91 \times 10^1)))/3 \\ = (9,91 - 9,69)/3 \\ = 0,07$$

C;

$$\%D = [(4,30 - 4,22)/4,30] \times 100\% \\ = 1,94\%$$

$$k = (\ln(2010,45 \times 10^1) - (\ln(1659,55 \times 10^1)))/3 \\ = (9,91 - 9,72)/3 \\ = 0,06$$

B1;

$$\%D = [(3,29 - 3,06)/3,29] \times 100\% \\ = 6,88\%$$

$$k = (\ln(1939,09 \times 10^0) - (\ln(1151,82 \times 10^0)))/3 \\ = (7,57 - 7,05)/3 \\ = 0,17$$

B2;

$$\%D = [(3,29 - 2,53)/3,29] \times 100\% \\ = 22,89\%$$

$$k = (\ln(1939,09 \times 10^0) - (\ln(342,73 \times 10^0)))/3 \\ = (7,57 - 5,84)/3 \\ = 0,58$$

B3;

$$\%D = [(3,29 - 1,29)/3,29] \times 100\% \\ = 60,73\%$$

$$k = (\ln(1939,09 \times 10^0) - (\ln(19,55 \times 10^0)))/3 \\ = (7,57 - 2,97)/3 \\ = 1,53$$

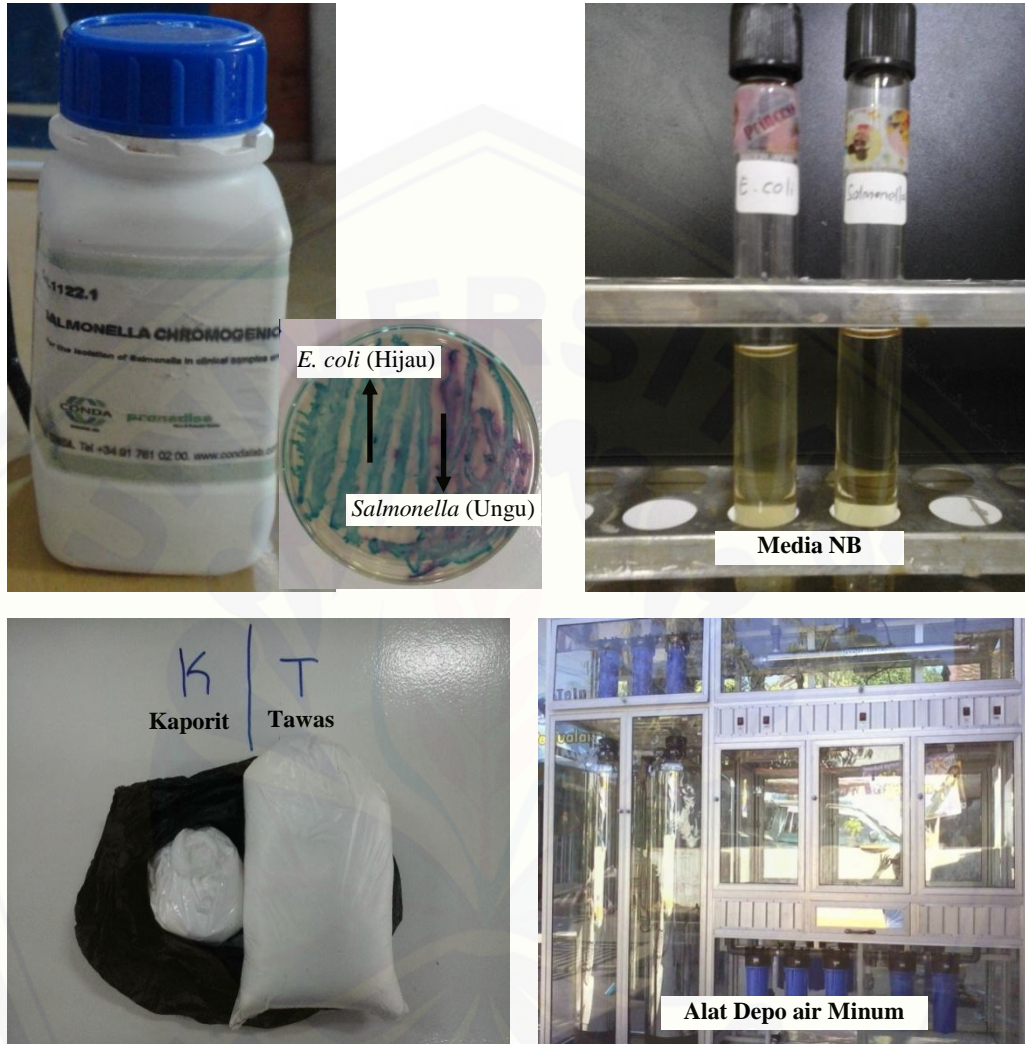
C;

$$\%D = [(3,29 - 2,01)/3,29] \times 100\% \\ = 38,81\%$$

$$k = (\ln(1939,09 \times 10^0) - (\ln(102,73 \times 10^0)))/3 \\ = (7,57 - 4,63)/3 \\ = 0,98$$

Lampiran E. Dokumentasi Penelitian

1. Media SCA, media NB, tawas, kaporit, dan alat komersil depo air minum



2. *Sampling air di mata air sumber Jirun di Desa Mojo*



3. Pengamatan bakteri *E. coli* dan *Salmonella*