

SKRIPSI

**PERBANDINGAN EFEKTIFITAS CHLORINASI DAN ELEKTROFUSI
ULTRAVIOLET UNTUK MENURUNKAN JUMLAH *Escherichia coli*
DALAM PENGOLAHAN LIMBAH CAIR DOMESTIK (*Grey Water*)
MENJADI AIR BAKU**



OLEH :

DESSY ONE MARIA MARPAUNG

10.26.026

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

2014

1950

THE NATIONAL BUREAU OF STANDARDS
DEPARTMENT OF COMMERCE
WASHINGTON, D. C.

UNITED STATES GOVERNMENT
SERIALS

PHYSICAL CHEMISTRY
SERIALS
SERIALS

912

**LEMBAR PERSETUJUAN
SKRIPSI**

**Perbandingan Efektifitas Chlorinasi dan Elektrofusi Ultraviolet untuk
Menurunkan Jumlah *Escherichia coli* dalam Pengolahan Limbah Cair
Domestik (*Grey Water*) Menjadi Air Baku**

Disusun Oleh :

Dessy One Maria Marpaung

10.26.026

Menyetujui :

Tim Pembimbing

Dosen Pembimbing I



Candra Dwi Ratna, ST. MT.
NIP.Y. 1030000349

Dosen Pembimbing II



Dr. Ir. Hery Setyobudiarso, M. Si
NIP.196106201991031002

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Lingkungan



Candra Dwi Ratna, ST. MT.
NIP.Y. 1030000349



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. RAYA Karanglo, Km2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

NAMA : DESSY ONE MARIA MARPAUNG

NIM : 10.26.026

JURUSAN : TEKNIK LINGKUNGAN

**JUDUL : PERBANDINGAN EFEKTIFITAS CHLORINASI DAN ELEKTROFUSI
ULTRAVIOLET UNTUK MENURUNKAN JUMLAH *Escherichia coli*
DALAM PENGOLAHAN LIMBAH CAIR DOMESTIK MENJADI AIR
BAKU**

Dipertahankan dihadapan Tim Penguji Ujian Skripsi Jenjang Program Sastra Satu (S-1)
Pada Hari : Senin
Tanggal : 18 Agustus 2014
Dengan Nilai : 73,65 (B+)

PANITIA UJIAN SKRIPSI

Ketua


Candra Dwi Ratna, ST, MT
NIP. Y.1030000349

Sekretaris


Anis Artiyani, ST. MT
NIP. Y. 1030300384

ANGGOTA PENGUJI

Dosen Penguji I


Sudiro, ST, MT
NIP. Y.1039900327

Dosen Penguji II


Anis Artiyani, ST. MT
NIP. Y. 1030300384

Marpaung, D. O. M., Ratna D. C., Setyobudiarso H., 2014. **Perbandingan Efektifitas Chlorinasi dan Elektrofusi Ultraviolet untuk Menurunkan Jumlah *Escherichia coli* dalam Pengolahan Limbah Cair Domestik (*Grey Water*) Menjadi Air Baku.** Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional Malang.

ABSTRAKSI

Limbah domestik *grey water* yaitu limbah buangan yang berasal dari dapur dan kamar mandi. Limbah rumah susun pada umumnya belum memiliki instalasi pengolahan. Dengan adanya pengolahan limbah cair domestik akan mengatasi masalah pencemaran terhadap lingkungan dengan meminimalisir kandungan beban pencemar bila akan dibuang ke lingkungan. Penelitian ini di khususkan pada proses desinfeksi yaitu mengenai uji efektivitas jenis desinfeksi yang bertujuan untuk menurunkan jumlah bakteri *Echerichia coli* pada air olahan yang akan di desinfeksi telah melalui proses Koagulasi-Flokulasi dan Sedimentasi terlebih dahulu, jenis desinfeksi yang digunakan adalah chlorinasi dengan variasi dosis 4 mg/l, 6 mg/l dan 8 mg/l serta variasi waktu chlorinasi 15 menit dan 45 menit, dan Elektrofusi Ultraviolet dengan variasi daya lampu 24 watt dan 32 watt serta variasi waktu pemaparan UV 30 detik dan 60 detik. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa, proses Chlorinasi mampu menyisihkan bakteri *E. coli* tertinggi pada dosis 8 mg/l dan waktu chlorinasi 45 menit sebesar 72 % dengan jumlah *E.coli* sebesar 140000 koloni/100 ml dengan sisa chlor sebesar 1,6 mg/l. Persen Penyisihan *E.coli* pada proses Elektrofusi Ultraviolet tertinggi pada daya lampu 36 watt dan pada waktu pemaparan 60 detik sebesar 68 % dengan jumlah *E. coli* sebesar 160000 koloni/100 ml.

Kata Kunci : air olahan, *Chlorinasi*, Desinfeksi, Elektrofusi Ultrafiolet, *Echerichia coli*,

Marpaung, D. O. M., Ratna D. C., Setyobudiarso H., 2014. Comparative Effectiveness of Chlorination and Ultraviolet Elektrofusion to Reduce Number of Escherichia coli in Domestic Wastewater Treatment (Grey Water) Becoming Raw Water. Mini Thesis Report. Department of Environmental Engineering National Institute of Technology Malang

ABSTRACTION

Domestic waste grey water is waste disposal derived from kitchen and bathroom. At generally waste of rumah susun not have treatment plant. With domestic wastewater treatment will overcome the problem of pollution of the environment by minimize the pollutant content if it is discarded to the environment. This research especially on disinfection process that is about test the effectiveness type of disinfection which purpose to reduce number of *Echerichia coli* bacteria, in the treated water which will in disinfection has been through the process coagulation-flocculation and sedimentation, type of disinfection used is chlorination with dose variations 4 mg/l, 6 mg/l and 8 mg/l and variation of chlorination time 15 minutes dan 45 minutes, and ultraviolet elektrofusion with variation of lamp power 24 watt and 32 watt and variation of exposure UV time 30 second and 60 second. The results of this research indicate that process of chlorination capable to removing E.coli bacteria the highest at dose 8 mg/l and chlorination time 45 minutes by 72% with the number of E.coli 140000 colony/100 ml with chlorine residual by 1,6 mg/l. percent allowance for E.coli in ultraviolet elektrofusion process the highest at the lamp power 36 watt and exposure time 60 second by 68% with number of E.coli 160000 colony/100 ml.

Keywords : Chlorination, Desinfektion, *Echerichia coli*, treated water, Ultrafiolet Elektrofusion,

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran **TUHAN YANG MAHA KUASA**, yang telah melimpahkan Rahmat dan Hidayat-nya kepada kita semua, dan dengan kesempatan ini saya dapat menyelesaikan Laporan Skripsi yang berjudul ” **Perbandingan Efektifitas Chlorinasi dan Elektrofusii Ultraviolet untuk Menurunkan Jumlah *Escherichia coli* Dalam Upaya Daur Ulang Air Limbah Domestik (*Grey Water*) Menjadi Air Bersih**”.

Penyelesaian laporan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, maka dari itu saya mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. **Kedua Orang tua dan segenap keluarga tercinta** yang selalu memberikan semua dukungan, perhatian, kekuatan serta doa
2. **Ibu Candra Dwi Ratna, ST., MT.** selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional Malang dan sebagai dosen pembimbing
3. **Bapak Dr. Ir. Hery Setyobudiarso, M.Si.** sebagai dosen pembimbing
4. **Bapak Sudiro, ST., MT.** selaku dosen wali mahasiswa angkatan 2010, yang selalu memberikan arahan dan masukan kepada kami untuk mencapai sebuah hasil yang lebih baik
5. **Teman-teman Teknik Lingkungan Angkatan 2010** yang telah memberikan dukungan dan bantuan dalam proses penyelesaian laporan skripsi ini

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan skripsi ini, masih ada kekurangan dan tidaklah sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari para pembaca untuk lebih memperbaiki isi dari laporan ini.

Malang, Agustus 2014

Penyusun

iii

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
ABSTRAKSI	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Ruang Lingkup.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Umum.....	6
2.2 Limbah Domestik.....	7
2.3 Desinfeksi.....	8
2.4 Chlorinasi.....	11
2.5 Prinsip Metode Desinfeksi dengan Kejut Listrik.....	16
2.6 Ultraviolet Water Sterilization Lamp.....	17
2.7 Pemilihan Logam Untuk Elemen.....	18
2.8 Bakteri Escherichia coli	19
2.9 Metode MPN (Most Probable Number.....	22
2.10 Metode Pengolahan Data.....	23
2.11 Pengantar Desain Eksperimen.....	24
2.12 Analisis Of Variance.....	25

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Jenis Penelitian.....	26
3.2	Lokasi Penelitian.....	26
3.3	Data.....	26
3.4	Alat dan Bahan Penelitian.....	27
3.5	Variable Penelitian.....	28
3.6	Pelaksanaan Penelitian.....	29
3.7	Analisis Parmeter Uji.....	31
3.8	Analisis Data.....	33
3.9	Kesimpulan dan Saran.....	34
3.10	Metodologi Penelitian.....	34

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1	Karakterisitik Awal Sampel.....	36
4.2	Data-data Setelah Proses Pengolahan	37
4.3	Analisis Deskriptif.....	39
4.4	Analisis Korelasi.....	43
4.5	Analisis Regresi	46
4.6	Analisis ANOVA Two Way.....	52
4.7	Analisis Sisa Chlor dan Penentuan Breakpoint Chlorination.....	57
4.8	Pembahasan.....	58

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan.....	68
5.2	Saran.....	68

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

2.1	Senyawa Desinfektan Chlor.....	12
4.1	Karakteristik Awal Limbah Cair Grey Water Rumah Susun.....	37
4.2	Hasil Proses Pengolahan Chlorinasi.....	38
4.3	Hasil Proses Pengolahan Elektrofusi Ultraviolet.....	38
4.4	Hasil Analisis $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	38
4.5	Jumlah E.coli Dari Proses Kombinasi Chlorinasi dan Elektrofusi Ultraviolet.....	39
4.6	Jumlah Sisa Chlor dari proses Kombinasi Chlorinasi dan Elektrofusi Ultraviolet	39
4.7	Persentase Penyisihan E.coli Proses Chlorinasi.....	40
4.8	Persentase Penyisihan E.coli Proses Elektrofusi Ultraviolet.....	42
4.9	Hasil uji korelasi antara dosis desinfektan dan waktu chlorinasi terhadap % penyisihan E.coli.....	44
4.10	Hasil uji korelasi antara daya lampu dan waktu pemaparan terhadap % penyisihan E.coli	45
4.11	Hasil uji regresi Persentase penyisihan E.coli Terhadap Dosis Chlor.....	47
4.12	Hasil uji regresi Persentase penyisihan E.coli Terhadap waktu Chlorinasi.....	48
4.13	Hasil uji regresi Persentase Penyisihan Ecoli Terhadap Daya Lampu.....	49
4.14	Hasil uji regresi Persentase Penyisihan Ecoli Terhadap waktu pemaparan..	51
4.15	Hasil Uji ANOVA Antara Dosis Chlor dan Waktu Chlorinasi Terhadap Persentase (%) Penyisihan E.coli	53
4.16	Uji Tukey Variasi Dosis Chlor dengan persentase penyisihan E.coli Proses Chlorinasi.....	54
4.17	Hasil Uji ANOVA Antara waktu pemaparan dan daya lampu Terhadap Persentase (%) Penyisihan E.coli	55
4.18	Uji Tukey Variasi Waktu Pemaparan dengan persentase penyisihan E.coli Proses Elektrofusi Ultraviolet.....	56
4.19	Analisis sisa Chlor pada proses Chlorinasi.....	57

4.20 Perbandingan kualitas air olahan proses Chlorinasi dan elektrofusi	
Ultraviolet dengan standart baku mutu.....	65

DAFTAR GAMBAR

2.1 Bentuk Fisiologis Bakteri E.coli	19
3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian.....	35
4.1 Grafik Persentase Penyisihan E.coli Proses Chlorinsi.....	41
4.2 Grafik Persentase Penyisihan E.coli Proses Elektrofusi Ultraviolet.....	42
4.3 Grafik Sisa Chlor untuk Menentukan Break Point Chlorination.....	58
4.4 Grafik Chlor Break Point Chlorination.....	63

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air yang akan dikonsumsi manusia harus berasal dari sumber yang bersih dan aman, dimana air harus bebas dari kontaminasi kuman atau bibit penyakit tidak boleh mengandung bahan kimia yang berbahaya maupun beracun, air tidak berasa dan tidak juga berbau, memiliki jumlah yang cukup untuk memenuhi kebutuhan domestik dan rumah tangga.

Limbah domestik merupakan limbah yang berasal dari kegiatan pemukiman penduduk kegiatan rumah tangga dan kegiatan usaha seperti pasar, restoran, dan gedung perkantoran. Limbah domestik berupa *black water* yaitu air limbah yang berasal dari kakus dan *grey water* yaitu limbah buangan yang berasal dari dapur dan kamar mandi.

Limbah rumah susun pada umumnya belum memiliki instalasi pengolahan limbah tersendiri dan langsung dibuang ke badan air tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu yang menyebabkan pencemaran pada badan air dikarenakan konsentrasi beban pencemar limbah cair domestik (*grey water*) cukup tinggi. Adanya pengolahan limbah cair domestik akan menghasilkan keuntungan yakni mengatasi masalah pencemaran terhadap lingkungan, sekaligus memperkenalkan penggunaan kembali limbah cair domestik (*grey water*) dari rumah susun sebagai sumber air baku untuk pengolahan air bersih (daur ulang) dan merupakan upaya untuk meminimalisir kandungan beban pencemar bila akan dibuang ke lingkungan.

Secara keseluruhan dalam penelitian ini merupakan rangkaian pengolahan limbah cair domestik (*grey water*) yang berasal dari rumah susun dengan konsentrasi awal limbah untuk parameter detergen 21 mg/l, Fosfat 10 mg/l, BOD 207 mg/l dan 663333 koloni koloni/ml, maka dilakukan pengolahan secara fisik dan kimia untuk dijadikan air baku yang memenuhi standart Peraturan Pemerintah NO. 81 Tahun 2001 pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air

dengan peruntukan air kelas II. Rangkaian Pengolahan ini terdiri dari koagulasi-flokulasi-sedimentasi (KFS), pada proses koagulasi-flokulasi pengolahan secara fisik-kimia dengan melakukan penambahan koagulan biji kelor dan pengadukan secara mekanis pada proses ini air yang diolah merupakan air limbah cair domestik (*grey water*) rumah susun yang ditampung pada reservoir. Setelah proses koagulasi-flokulasi dilanjutkan dengan proses sedimentasi yaitu pemisahan air baku dari flok-flok yang terbentuk pada proses koagulasi-flokulasi, proses ini bertujuan untuk menurunkan deterjen, fosfat, dan BOD. Setelah itu dilakukan pengolahan paling akhir yaitu proses desinfeksi pengolahan secara kimia dengan menggunakan metode chlorinasi dan elektrofusi ultraviolet.

Penelitian ini di khususkan pada proses desinfeksi yaitu mengenai uji efektivitas jenis desinfeksi yang bertujuan untuk menghilangkan bakteri *Escherichia coli* pada air baku yang telah melalui proses koagulasi-flokulasi dan sedimentasi terlebih dahulu, jenis desinfeksi yang digunakan adalah chlorinasi dengan variasi dosis chlor dan waktu chlorinasi. Proses elektrofusi ultraviolet dengan variasi daya lampu dan waktu pemaparan, diharapkan setelah melalui proses desinfeksi air baku yang diolah dapat memenuhi standart baku mutu sesuai Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001, kelas II.

Limbah cair domestik (*grey water*) Sebelum dijadikan air baku atau di buang ke lingkungan, perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu karena konsentrasi beban pencemar pada air limbah tergolong cukup tinggi khususnya Konsentrasi Fecal coli (*E.coli*). Jumlah bakteri Fecal Coli pada limbah cair domestik dengan konsentrasi tertinggi adalah 10^3 - 10^8 koloni/100 ml (Metcalf dan Eddy, 2003). Dilakukanya pengolahan desinfeksi pada limbah cair domestik guna untuk meminimalisir jumlah *E.coli* pada air limbah sebelum dibuang kelingkungan atau untuk digunakan kembali.

Desinfeksi adalah proses pengolahan air dengan tujuan membunuh kuman atau bakteri pathogen yang ada dalam air. Air bersih sebelum di distribusikan proses desinfeksi mutlak dilakukan sebaik apapun hasil pengolahan yang diperoleh dengan menggunakan campuran zat kimia cair agar air tidak mengandung atau bebas bakteri sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.

Adapun jenis dari desinfeksi yang digunakan yaitu chlorinasi dan elektrofusi ultraviolet (UV). Chlorinasi adalah proses desinfeksi dengan menggunakan chlor pada pengolahan air bersih maupun air limbah, sedangkan desinfeksi menggunakan elektrofusi ultraviolet berinteraksi langsung dengan arus listrik yang dialiri melalui elektroda dan sinar UV yang merupakan desinfektan.

Chlor banyak digunakan untuk desinfeksi air termasuk air bersih dan air limbah, chlor selain digunakan untuk membunuh bakteri digunakan juga untuk menghilangkan bau, rasa dan warna pada pengolahan air bersih, serta untuk mengoksidasi Fe^{+2} dan Mn^{-2} . Pengolahan dengan menggunakan UV telah digunakan sebelumnya yaitu elektrofusi ultraviolet merupakan metode penggabungan antara elektrofusi dan ultraviolet water sterilization lamp.

Menurut penelitian (Mahrus Ismail, 2009) Kemampuan chlor yang efektif sebagai bahan desinfektan dalam menurunkan jumlah bakteri *Echerichia coli* (*E.coli*) dan sisa chlor sesuai dengan standart baku mutu telah diteliti oleh Mahrus Ismail dengan variasi dosis dan jenis air bersih yang diolah dengan variasi dosis yaitu 0,006 gr/l, 0,012 gr/l, 0,018 gr/l, 0,024 gr/l, 0,03 gr/l. Pada Tandon I air bersih PDAM dengan dosis 0,06 gr/l mampu menurunkan bakteri *E.coli* dari 5 koloni menjadi 3 koloni mengalami penurunan 40% dengan sisa chlor 0,24 ppm, Tandon II air bersih bawah tanah (ABT) dengan dosis 0,024 gr/l mampu menurunkan Bakteri *E.coli* dari 78 koloni menjadi 5 koloni mengalami penurunan 93% dengan sisa chlor 0,40 ppm, dan Tandon III air bersih campuran ABT dan PDAM dengan dosis 0,24 gr/l mampu menurunkan bakteri *E.coli* dari 60 koloni menjadi 3 koloni sebesar 95% dengan sisa chlor 0,29 ppm.

Menurut penelitian (Yohanes Paulus Seso, 2010) uji efektifitas elektrofusi dan elektrofusi ultraviolet untuk mengendalikan jumlah bakteri *E.coli* pada sistem reaktor aliran kontinyu, dengan menggunakan elektroda tembaga (Cu) dengan variasi waktu pemaparan 10, 15 dan 20 detik dan tegangan listrik 125 volt dan 240 volt. Menunjukkan bahwa presntasi penurunan bakteri *E.coli* tertinggi dengan waktu pemaparan 20 detik dengan tegangan listrik 20 volt sebesar 92%, dan terendah dengan waktu pemaparan 10 detik dan tegangan listrik 125 volt sebesar 19,667 %.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan Masalah yang dikaji dalam penelitian ini adalah :

1. Seberapa efektif chlorinasi dan elektrofusi ultraviolet untuk menurunkan jumlah bakteri *E.coli* dalam upaya pengolahan limbah domestik (*grey water*) rumah susun menjadi air baku.
2. Seberapa besar pengaruh waktu chlorinasi, dosis chlor pada proses Chlorinasi dan waktu pemaparan dan daya lampu pada proses Elektrofusi Ultraviolet, untuk menurunkan kandungan *E.coli* dalam pengolahan limbah domestik (*Grey Water*) rumah susun menjadi baku.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui keefektifan desinfeksi dengan menggunakan metode chlorinasi dan elektrofusi ultraviolet.
2. Mengetahui tingkat penurunan bakteri *E.coli* berdasarkan waktu chlorinasi dan dosis chlor pada proses chlorinasi, Waktu Pemaparan UV dan Daya lampu pada proses elektrofusi ultraviolet

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dalam Penelitian ini adalah untuk menurunkan jumlah *E.coli* dalam pengolahan limbah cair domestik (*grey water*) rumah susun menjadi air baku yang memenuhi standart baku mutu.

1.5 Ruang Lingkup

Dengan melihat permasalahan di atas maka di ambil batasan-batasan sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan dalam skala laboraturim.
2. Penelitian ini dilakukan untuk menurunkan jumlah *E.coli* pada air olahan
3. Merupakan proses pengolahan limbah rumah susun menjadi air baku
4. Air olahan yang digunakan merupakan hasil dari proses koagulasi-flokulasi dan sedimentasi (KFS)

5. Jenis desinfektan yang di gunakan adalah chlor ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$) atau kaporit dan sinar UV.
6. Lampu UV yang digunakan adalah *ultraviolet water sterilization*.
7. Chlor yang digunakan adalah ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$) (*calcium hipoklorit*) atau kaporit dengan tingkat kemurnian 70%
8. pH sampel diatur hingga netral (6,5-7,5).
9. Melakukan pemeriksaan sisa chlor pada outlet chlorinasi.
10. Perlakuan yang diberikan adalah :
 - Chlorinasi
 - Variasi waktu chlorinasi : 15 menit dan 45 menit
 - Variasi dosis chlor : 4 mg/l, 6 mg/l dan 8 mg/l
 - Elekrtofusi Ultraviolet :
 - Variasi waktu pemaparan UV : 30 detik dan 60 detik
 - Variasi daya lampu : 24 watt dan 36 watt
11. Efektivitas desinfeksi ditentukan berdasarkan tingkat removal jumlah bakteri *E.coli* pada air olahan dengan hasil yang diinginkan air baku yang diolah akan memenuhi standart baku mutu sesuai Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001, kelas II.
12. Melakukan perlakuan kombinasi dari proses chlorinasi dengan elektrofusi ultraviolet

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Air adalah materi esensial di dalam kehidupan, tidak satupun makhluk hidup di dunia ini yang tidak memerlukan dan tidak mengandung air. Sel hidup, baik tumbuhan maupun hewan. Sebagian besar tersusun oleh air, seperti di dalam sel tumbuhan terkandung lebih dari 75% atau di dalam sel hewan terkandung lebih dari 67%. 40 juta mil-kubik air yang berada di permukaan dan di dalam tanah, ternyata tidak lebih dari 0,5% (0,2 juta mil-kubik) yang secara langsung dapat digunakan untuk kepentingan manusia. Karena 97% dari sumber air tersebut terdiri dari air laut, 2,5% berbentuk salju abadi yang baru dalam keadaan mencair dapat digunakan. Keperluan sehari-hari terhadap air, berbeda untuk tiap tempat dan untuk tiap tingkatan kehidupan. Semakin tinggi taraf kehidupan, semakin meningkat jumlah keperluan akan air. Menurut Departemen Kesehatan, di Indonesia rata-rata keperluan air adalah 60 liter per kapita, meliputi : 30 liter untuk keperluan mandi, 15 liter untuk keperluan minum dan sisanya untuk keperluan lainnya (Widiyanti, 2004)

Tubuh manusia sebagian terdiri dari air, kira-kira 60-70 % dari berat badannya, air selain sebagai konsumsi makan dan minum juga diandalkan untuk keperluan pertanian, industri dan lain-lain.

Perkembangan peradaban serta semakin bertambahnya jumlah penduduk di dunia ini, dengan sendirinya menambah jumlah penduduk di dunia ini, dengan sendirinya menambah aktivitas kehidupannya yang mau tidak mau menambah pengotoran atau pencemaran air yang pada hakikatnya dibutuhkan. Beberapa abad yang lalu, manusia dalam memenuhi kebutuhan air cukup mengambil dari sumber-sumber air yang ada didekatnya dengan menggunakan peralatan yang sangat sederhana (Totok Sutrisno, 2010)

2.2 Limbah Domestik

Air limbah menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air. Air adalah sisa dari suatu hasil usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair. Definisi lainnya, air limbah adalah kotoran dari masyarakat dan rumah tangga dan juga yang berasal dari industri, air tanah, air permukaan serta buangan lainnya. Sedangkan air limbah rumah tangga atau air buangan adalah sisa air yang tidak diperlukan lagi yang berasal dari rumah tangga, yang pada umumnya mengandung bahan atau zat membahayakan. Sesuai dengan zat yang terkandung di dalam air limbah, maka limbah yang tidak diolah terlebih dahulu akan menyebabkan gangguan kesehatan dan lingkungan hidup antara lain limbah sebagai media penyebaran berbagai penyakit.

Sumber air limbah dari kegiatan rumah tangga seperti dari urine, kegiatan mandi, mencuci peralatan rumah tangga, mencuci pakaian serta kegiatan dapur lainnya. Idealnya sebelum air limbah dibuang ke saluran air harus diolah terlebih dahulu dalam tangki peresapan. Prinsip dasarnya adalah bahwa air limbah yang dilepas ke lingkungan sudah tidak berbahaya lagi bagi kesehatan lingkungan.

Pada umumnya air limbah dapat menimbulkan dampak, yaitu dampak terhadap kehidupan biota air, dampak terhadap kualitas air tanah, dampak terhadap kesehatan, dampak terhadap estetika lingkungan. Pada wilayah perkotaan mudah terlihat adanya sarana air limbah yang dialirkan melalui saluran-saluran, dimana air limbah dari rumah tangga tersebut segera dialirkan ke saluran-saluran yang ada di sekitar wilayah permukiman sampai ke badan air anak sungai dan sungai terdekat. Selain dialirkan ke saluran-saluran yang ada, terdapat satu pendekatan dalam usaha pengolahan air limbah rumah tangga adalah dengan menggunakan instalasi pengelolaan air limbah (IPAL) Komunal (<http://azwarali.wordpress.com>)

Komposisi limbah cair rata-rata mengandung bahan organik dan senyawa mineral yang berasal dari sisa makanan, urin, dan sabun. Sebagian limbah rumah tangga berbentuk suspensi, lainnya dalam bentuk bahan terlarut. Di kota besar misalnya, beban organik (*organic load*) limbah cair domestik dapat mencapai

sekitar 70% dari beban organik total limbah cair yang ada dikota tersebut. Limbah cair rumah tangga memiliki karakteristik yaitu TSS 25-183 mg/l, COD 100-700 mg/l, BOD 47-466 mg/l, Total Coliforms $56 - 803 \times 10^7$ koloni/100 ml.

Limbah cair domestik yang merupakan air buangan rumah tangga sangat berpotensi menjadi salah satu sumber air yang baru. Pengolahan limbah cair untuk penggunaan ulang dapat mengurangi tingkat pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh limbah cair domestik, serta mempromosikan penggunaan limbah cair dari rumah tangga sebagai sumber air bersih yang baru bagi masyarakat (Mulyana, 2010)

2.3 Desinfeksi

Menurut Irianto (2007), pengertian dari desinfeksi adalah suatu zat yang digunakan untuk membunuh bakteri pathogen (bakteri penyebab penyakit) yang penyebarannya melalui air seperti: penyakit typhus, kholera, dysentri, dan lain-lain. Mekanisme kerja desinfeksi dalam membunuh mikroorganisme adalah :

1. Merusak dinding sel
2. Mengubah permeabilitas sel
3. Mengubah sifat koloidal pada protoplasma
4. Menghambat efektivitas enzim

Menurut Priyanto dan Masduqi (2004), efektivitas bahan kimia yang dipergunakan untuk desinfeksi tergantung dari :

a. Waktu kontak,

Pengaruh waktu kontak dikemukakan dalam hukum Chicks yaitu waktu yang dibutuhkan desinfeksi membunuh kuman-kuman yang ada dalam air semakin lama waktu kontak maka semakin cepat kuman atau bakteri terbunuh. Variabel yang paling penting dalam desinfeksi adalah waktu kontak.

b. Konsentrasi desinfeksi

Efektivitas desinfeksi berkaitan dengan konsentrasi, dimana konsentrasi desinfeksi berpengaruh terhadap waktu yang diperlukan untuk mempengaruhi kematian yang konstan.

c. **Temperatur**

Pengaruh temperatur yaitu meningkatnya temperatur akan menghasilkan kematian mikroorganisme yang lebih cepat.

d. **Jumlah mikroorganisme**

Sesuai dengan efektivitas desinfeksi bahan kimia antara waktu kontak, konsentrasi dan temperature maka jumlah atau konsentrasi mikroorganisme yang lebih besar membutuhkan waktu yang lebih lama untuk mematikan.

e. **Tipe mikroorganisme**

Efektivitas beberapa desinfeksi dipengaruhi oleh sifat dan kondisi mikroorganisme. Sebagai contoh, sel bakteri yang hidup viabel mudah dimatikan, sedangkan bakteri berspora sangat resisten dan beberapa desinfeksi yang normal digunakan sedikit atau tidak berpengaruh. Umur dan jumlah mikroorganisme yang besar terutama yang patogen akan memerlukan dosis desinfeksi yang lebih besar pula.

Membunuh mikroorganisme yang bersifat pathogen terkandung di dalam air, misalnya adalah mikroba *E.coli* bahan desinfeksi disebut desinfektan dan biasanya berupa kaporit, Bromin chlorida, gas chlor, gas iod ozon, dan Kalium Permanganat. Desinfektan yang sering digunakan adalah kaporit, gas chlor dan sinar ultraviolet

Kemampuan dari desinfektan ini adalah sebagai berikut :

1. Menghiangkan bau
2. Mematikan alga
3. Mengoksidasi Fe (II) menjadi Fe (III) konsentrasi di air turun
4. Mengoksidasi Mn
5. Mengoksidasi H₂S Menjadi H₂SO₄
6. Mengoksidasi nitrit menjadi nitrat
7. Mengoksidasi ammonia menjadi senyawa amin
8. Mengoksidasi phenol menjadi senyawa phenolat yang tidak berbahaya

Syarat-syarat desinfektan adalah :

1. Dapat mematikan semua jenis organisme pathogen dalam air

2. Dapat membunuh kuman yang dimaksud dalam waktu singkat
3. Ekonomis dan dapat dilaksanakan dengan mudah dalam operasinya
4. Air tidak boleh menjadi toksik setelah didesinfeksi
5. Dosis diperhitungkan agar mempunyai residua atau cadangan untuk mengatasi adanya kontaminasi dalam air

(Tri joko, 2010)

Desinfeksi adalah memusnahkan mikro-organisme yang dapat menimbulkan penyakit. Desinfeksi merupakan benteng manusia terhadap paparan mikro-organisme patogen penyebab penyakit, termasuk di dalamnya virus, bakteri dan protozoa parasite (Said, 2007). Desinfektan didefinisikan sebagai bahan kimia atau pengaruh fisika yang digunakan untuk mencegah terjadinya infeksi atau pencemaran jasad renik seperti bakteri dan virus, juga untuk membunuh atau menurunkan jumlah mikroorganisme atau kuman penyakit lainnya. Bahan desinfektan dapat digunakan untuk proses desinfeksi tangan, lantai, ruangan, peralatan dan pakaian ([http:// Environment.uui.ac.id](http://Environment.uui.ac.id))

Keefektifan desinfektan dalam membunuh mikroorganisme tergantung pada :

1. Jenis desinfektan yang digunakan
2. Konsentrasi residu desinfektan
3. Waktu dimana air kontak dengan desinfektan
4. Temperatur air
5. pH air, yang mempunyai pengaruh dalam mengnon-aktifkan mikroba apabila menggunakan chlor sebagai desinfektan.

Sedangkan menurut Al-layla, desinfektan yang digunakan dalam desinfeksi haruslah :

1. Dapat mematikan semua jenis organisme patogen
2. Ekonomis dan dapat dilaksanakan dengan mudah
3. Tidak menyebabkan air menjadi toksik dan beracun
4. Dosis diperhitungkan agar terdapat residu untuk mengatasi adanya kontaminasi dalam bakteri.

(<http://www.docstoc.com>)

2.4 Chlorinasi

Chlorinasi merupakan salah satu bentuk pengolahan air yang bertujuan untuk membunuh kuman dan mengoksidasi bahan-bahan kimia dalam air. chlorinasi (*Chlorination*) adalah proses pemberian chlor kedalam air yang telah menjalani proses filtarsi dan merupakan langkah yang maju dalam proses purifikasi air. chlor ini banyak digunakan dalam pengolahan limbah industri, air kolam renang, dan air minum di negara-negara sedang berkembang karena sebagai desinfektan, biayanya relative murah, mudah, dan efektif. Senyawa-senyawa chlor yang umum digunakan dalam proses chlorinasi, antara lain, gas chlorin, senyawa hipoklorit, chlor dioksida, bromine chlorida, dihidroisosianurate dan chloramin.

(sumber :<http://akuwewete.blogspot.com>)

Senyawa chlor dapat mematikan mikroorganisme dalam air karena oksigen yang terbebaskan dari senyawa asam hypochlorous mengoksidasi beberapa bagian yang penting dari sel-sel bakteri sehingga rusak.

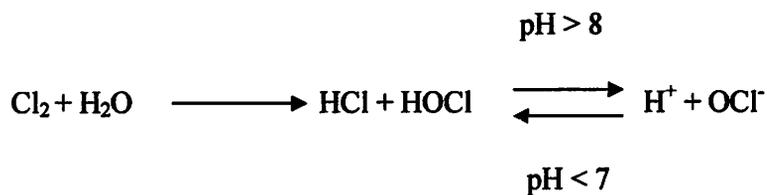
Teori lain menyatakan bahwa proses pembunuhan bakteri oleh senyawa chlor, selain oleh oksigen bebas juga disebabkan oleh pengaruh langsung senyawa chlor yang bereaksi dengan protoplasma. Percobaan lain menyebutkan bahwa kematian mikroorganisme disebabkan reaksi kimia antara asam hipoklorus dengan enzim pada sel bakteri sehingga metabolismenya terganggu (Martin, 2001)

Senyawa chlor yang sering digunakan sebagai desinfektan adalah hipochlorit dari kalsium dan natrium, chloramine , chlor dioksida, dan senyawa kompleks dari chlor. Pada tabel 2.1 merupakan senyawa desinfektan chlor yang biasa digunakan.

Tabel 2.1 Senyawa Desinfektan Chlor

Senyawa	Mol equivalen klor	Persen berat klor
Cl ₂	Cl ₂	100
CaClOCl	Cl ₂	56
Ca(OCl) ₂	2Cl ₂	99.2
NH ₂ Cl	Cl ₂	138
NHCl ₂	2Cl ₂	165
HOCl	Cl ₂	135.4
NaOCl	Cl ₂	95.4

Senyawa klor dalam air akan bereaksi dengan senyawa organik maupun anorganik tertentu membentuk senyawa baru. chlorinasi menggunakan gas chlor atau garam hipoklorit akan mengoksidasi ammonia membentuk kloramin lanjutan dan akhirnya membentuk gas nitrogen dan asam hidroklorik. Reaksi gas chlorin dengan air adalah sebagai berikut :



Asam hypochlorous akan bereaksi dengan ammonia dalam air memproduksi monochloramine (NH₂Cl), dichloramine (NHCl₂), dan trichloramine (NCl₃). Reaksi ini tergantung pada pH, temperature, waktu reaksi, dan jumlah klor pada rasio ammonia. Monochloramine dan dichloramine dibentuk pada pH antara 4,5 sampai 8,5. Pada pH sekitar 8,5, chloramines berbentuk monochloramine, pada pH dibawah 4,5 berbentuk trichloramine.

Beberapa bagian chlor akan tersisa yang disebut sisa chlor. Pada mulanya sisa chlor merupakan chlor terikat, selanjutnya jika dosis chlor ditambah maka sisa chlor terikat akan semakin besar, dan pada suatu ketika tercapai kondisi

“*break point chlorination*”. Penambahan dosis chlor setelah titik ini akan memberi sisa chlor yang sebanding dengan penambahan chlor (Martin, 2001).

Penggunaan chlor yang berlebihan dapat mengakibatkan gangguan hati, ginjal dan susunan saraf pusat dan meningkatkan resiko kanker. Apabila air bersih dengan sisa chlor tinggi digunakan untuk mandi efek pada bagian luar tubuh dapat mengakibatkan iritasi mata dan hidung, dapat terjadi akibat penggunaan klorin jangka panjang (Dirjen Yanmed, 2002).

Air yang didesinfeksi oleh chlor sebaiknya tidak mengandung senyawa ammonia karena dapat membentuk senyawa nitrotriklorida (NCl_3) atau dikloramin yang sangat berbau, jika belum mencapai titik breakpoint klorinasi.

Chlor sisa setelah tercapai break point itulah yang sering digunakan dalam air untuk proses desinfeksi. Penggunaan chlor yang terlalu tinggi dapat menyebabkan terbentuknya senyawa Tehalometan (merupakan hasil chlorinasi dari sisa material humat) dan organoklorin dan senyawa-senyawa ini bersifat karsinogenik (Tri Joko, 2010)

Macam-macam sistem chlorinasi atau kaporitisasi menurut Pudjarwoto (1993), adalah sebagai berikut:

1. Pembubuhan Langsung

Pembubuhan kaporit dilakukan langsung ke dalam bak air terlebih dahulu sudah di ketahui volume airnya. Sistem pembubuhan harus dilakukan secara kontinue dalam waktu yang sama (misalnya setiap pagi).

2. Cara Sederhana

Kaporit secara sederhana ini dapat digunakan botol bekas yang dilubangi dan diisi serta kaporit dalam botol kecil didalamnya. Perbandingan volume pasir dan kaporit 7:1. Selanjutnya dimasukkan dengan tali ke dalam bak air, kemudian setiap saat digerakkan dan dicek kalau baunya berlebihan diangkat. Cara ini bisa tahan 15-25 hari. Kemudian diangkat dan kaporit diganti dengan kaporit yang baru.

3. Type Mom

Biasanya digunakan pada perusahaan-perusahaan air minum. Untuk pelayanan sehari semalam disediakan dua bak yang bekerja secara

bergantian setiap 12 jam (masing-masing volume 300 liter). Kaporit yang dimasukkan dalam bak didasarkan pada hasil perhitungan kebutuhan untuk 12 jam.

4. Desoring Pump

Pemakaian cukup praktis, tetapi sistem pengambilan air harus dengan pompa karena setiap pompa air jalan, pompa kaporit juga berjalan (Mahrus Ismail, 2009)

Chlor banyak digunakan karena mudah digunakan, murah, daya desinfeksi tahan lama, dapat memecah molekul organik. Biasanya clor dalam bentuk padatan, cair, dan gas.

Bentuk senyawa klor antara lain :

Gas Cl_2 : *Chlorine*

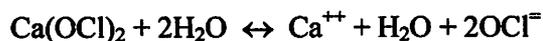
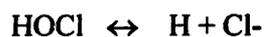
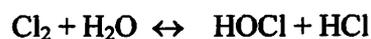
HOCl : asam hipochlorit (paling baik)

OCl^- : ion hipoklorit

Senyawa amino :

- Monochloramin (NH_2Cl)
- Dichloramin (NHCl_2)
- Trichloramin (NCl_3)

Chlor merupakan senyawa yang paling sering digunakan sebagai desinfektan. Sebagai oksidan chlor dipakai untuk mengoksidasi Fe dan Mn, menghilangkan rasa, warna dan amonia nitrogen dalam air. Chlor yang digunakan umumnya berupa gas chlor atau chlor cair atau senyawa chlor yang terdiri dari CaOCl_2 dan $\text{Ca}(\text{OCl})_2$. Chlor bereaksi dengan air pada pH 5 dan 6 akan membentuk *hypochlorous* dan *hydrochloric acids*.



Senyawa chlor dapat mematikan bakteri karena oksigen yang terbebaskan dari senyawa asam *hypochlorous* mengoksidasi beberapa bagian yang penting dari sel bakteri sehingga rusak (<http://www.docstoc.com>)

$\text{Ca}(\text{OCl})_2$ yang dikenal dengan nama kaporit merupakan senyawa yang banyak digunakan oleh PDAM dalam pengolahan air minum karena senyawa ini dapat membunuh bakteri atau mikroorganisme. Kaporit dijual dalam keadaan bebas, dengan harga yang murah. $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ mengandung klorin (Cl_2) sebesar 60%. Menurut Djajadiningrat dengan penambahan Cl_2 dapat menurunkan kandungan sianida, BOD, dan COD. Reaksi yang terjadi dengan penambahan Cl_2 ini dipengaruhi oleh pH. Menurut Eckenfelder jumlah klorin yang diperlukan untuk mengoksidasi CN adalah 6,82 bagian Cl_2 per bagian CN. Berdasarkan latar belakang tersebut maka dalam penelitian ini akan dipelajari penggunaan $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ untuk menurunkan kandungan sianida dan COD dengan menentukan kondisi optimum pengolahan limbah, yaitu pH, berat $\text{Ca}(\text{OCl})_2$, dan waktu kontak. Pemilihan parameter ini karena kandungan sianida cukup besar dalam limbah industri tapioka dan sifat toksiknya. Sifat klorin yang dapat membunuh bakteri atau mikroorganisme menyebabkan aktivitas bakteri yang menguraikan senyawa organik berkurang sehingga nilai COD turun (Riyanti, 2010)

Terdapat beberapa prinsip yang perlu diperhatikan ketika melakukan proses chlorinasi, antara lain:

1. Air harus jernih dan tidak keruh karena kekeruhan pada air akan menghambat proses chlorinasi.
2. Kebutuhan chlor harus diperhitungkan secara cermat agar dapat efektif mengoksidasi bahan-bahan organik dan dapat membunuh kuman patogen dan meninggalkan sisa chlor bebas dalam air.
3. Tujuan chlorinasi pada air adalah untuk mempertahankan sisa chlor bebas sebesar 0,2 mg/l dalam air. Nilai tersebut merupakan *margin of safety* (nilai batas keamanan) pada air untuk membunuh kuman pathogen yang mengontaminasi pada saat penyimpanan dan pendistribusian air.
4. Dosis chlor yang tepat adalah jumlah chlor dalam air yang dapat di pakai untuk membunuh kuman patogen serta untuk mengoksidasi bahan organik dan untuk meninggalkan sisa chlor bebas sebesar 0,2 mg/l dalam air. Berikut istilah dalam proses chlorinasi mematisasikan MO :

- a) Dosis chlor/*Chlorine Dosage* = Jumlah chlor yang ditambahkan, biasanya dinyatakan dalam satuan mg/l.
- b) Kebutuhan chlor/*Chlorine Demand* = Jumlah chlor yang tidak tersedia sebagai desinfektan sebagai akibat reaksi dari berbagai senyawa.
- c) Residu chlor/*Chlorine Residual* = Jumlah chlor yang tersedia sebagai desinfektan setelah waktu kontak tertentu.
- d) Ketersediaan residu chlor bebas = Jumlah dari residu chlor yang tersedia dalam air maupun air limbah. Cl₂, HOCl, dan OCl⁻ adalah “residu chlor bebas” karena semuanya menghasilkan chlor bebas dalam air:

$$\text{Cl}_{2(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} \leftrightarrow \text{HOCl}_{(\text{aq})} + \text{H}^+_{(\text{aq})} + \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$$

$$\text{OCl}^-_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} \leftrightarrow \text{HOCl}_{(\text{aq})} + \text{OH}^-_{(\text{aq})}$$
 Break Point chlorination
- e) Efektivitas chlorinasi juga dipengaruhi oleh pH (keasaman) air. chlorinasi tidak akan efektif jika pH air lebih dari 7.8 atau kurang dari 6.8 .

(Sumber : Anonim, 2007)

2.5 Prinsip Metode Desinfeksi dengan Kejut Listrik

Berdasarkan sifat dari senyawa protein yang mempunyai muatan Positif dan Negatif sebagai penyusun dinding sel dan membran sitoplasma dilakukan usaha pemisahan protein dengan kejut listrik, sehingga protein yang terurai berdasarkan muatan penyusunnya. Hal ini mengakibatkan kerusakan pada lapisan pelindung sel bakteri, yaitu dinding sel dan membran sel. Apabila lapisan pelindung mengalami kerusakan yang besar, maka akan mengakibatkan kematian bakteri (Damar, 2005).

Berdasarkan teori oleh Mc Gray, elektroporasi merupakan suatu fenomena mengenai membrane sel yang terpapar oleh arus medan listrik berintensitas tinggi, sehingga mengakibatkan destabilisasi pada region yang spesifik pada sel sedangkan elektrofusi merupakan proses pelepasan arus listrik ke media yang dialiri. Dalam bahasa awam, elektroporasi merupakan efek yang ditimbulkan

sedangkan elektrofusi adalah rangkaian peralatan yang digunakan. Pada kondisi ini membrane sel akan sangat permeable terhadap molekul-molekul yang ada di media. Telah diketahui bahwa medan listrik yang sangat tinggi dapat pula mengakibatkan sel lisis (Yohanes Paulus. 2010)

Apabila sel dikenai medan listrik, maka terjadi kerusakan fisik dan biologis. Adanya medan listrik bertegangan rendah menyebabkan membrane sel terpolarisasi. Jika kuat medan listrik mencapai titik kritis dalam rentangan 200-400 mW, kuat medan listrik ini akan menimbulkan ketidak teraturan metabolisme dan terjadilah gangguan sementara. Mengakibatkan membrane permeable terhadap molekul dan makromolekul. Sel-sel dalam keadaan keadaannya ini dapat disebut mengalami permeabilisasi.

Proses desinfeksi yang menggunakan elektrofusi ultraviolet ini setelah listrik dan radiasi UV dipancarkan pada media yang berisi bakteri, maka membran bakteri permeable terhadap molekul dan makromolekul. Kondisi ini mengakibatkan membrane bakteri tidak dapat memberi perlindungan terhadap kondisi luar, sehingga bakteri akan mati dan peristiwa inilah yang diharapkan untuk proses desinfeksi (Kristiawan A, 2004)

2.6 *Ultraviolet Water Sterilization Lamp*

Spora-spora dan virus lebih dapat bertahan terhadap sinar ultraviolet. Sinar ultraviolet biasanya dipakai untuk mensterilkan udara, air, plasma darah dan bahan lainnya (Lud Waluyo, 2007). Cahaya Ultraviolet (UV) adalah cahaya yang tidak dapat dilihat oleh mata dan merupakan radiasi elektromagnetik yang berada pada kisaran panjang gelombang 10-400 nm. Jenis Lampu UV yang dibuat untuk tujuan sterilisasi terbuat dari uap merkuri dengan panjang gelombang 253,7 nm (Lekang, 2007).

Lampu merkuri dengan tekanan rendah adalah cahaya yang paling baik dalam mematikan mikroorganisme karena dihasilkan oleh radiasi awal dari lampu yang mengandung spektrum cahaya dengan panjang gelombang 254 nm yang hampir mendekati puncak kemampuan membunuh organisme yakni 265 nm (Aquatic eco-systems, inc, 2005).

Setiap mikroorganisme mempunyai karakteristik yang berbeda sehingga membutuhkan dosis yang berbeda pula. Ultraviolet mampu secara efektif meminimalisir populasi bakteri, virus, algae, protozoa dan jamur. Sinar UV akan membentuk ikatan dimer (*thiamine-thiamine double bond*) atau dua ikatan tiin yang tidak seharusnya. Cahaya UV akan mengganggu dan mengacaukan rantai DNA/RNA pada proses transkrip dan duplikasi, sehingga mikroorganisme menjadi steril, tidak aktif, tidak bisa melakukan reproduksi atau mati. Namun timin dalam bentuk dimer masih memungkinkan kembali normal seperti semula, sehingga perlu dosis yang tepat untuk mendesinfeksi secara permanen (Lechevallier dan Kwok-Keung Au, 1999)

2.7 Pemilihan Logam untuk Elemen

Metode desinfeksi menggunakan medan listrik masih tergolong baru dan saat ini masih berusaha dikembangkan. Hal ini terbukti dari banyaknya riset yang berkenan dengan metode ini yang diumumkan secara luas melalui media internet. Karena hal tersebut, maka terbuka luas, untuk riset mengenai pemilihan elemen yang tepat untuk keperluan desinfeksi, namun pemilihan elemen itupun harus memenuhi beberapa kriteria yaitu :

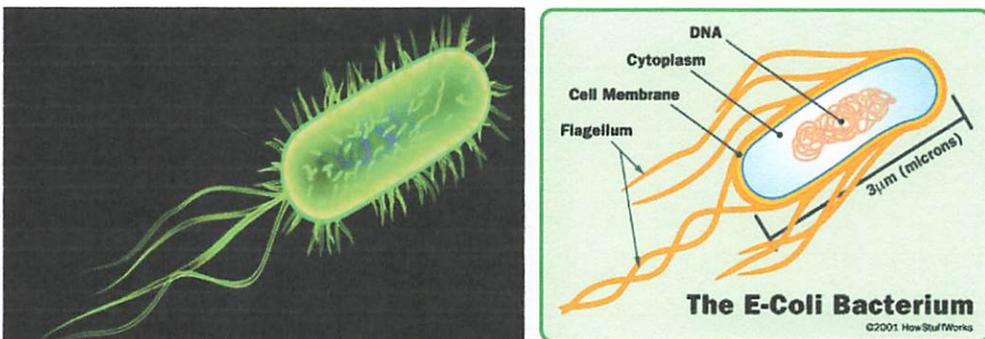
1. Kemampuan suhu yang stabil dan tidak gampang panas
2. Resistensi (tahanan) yang kecil
3. Kemampuan mengalirkan arus listrik yang besar
4. Tidak menghasilkan senyawa yang beracun
5. Tidak mudah berkarat

Dalam Melakukan riset ini dipilih tembaga (CU) sebagai elemen yang akan digunakan dalam pelaksanaan desinfeksi bakteri *E.coli* karena logam ini memenuhi beberapa sifat dari persyaratan penggunaan elemen (Damar, 2005)

2.8 Bakteri Escherichia Coli

Escherichia coli atau biasa disingkat *E.coli* adalah salah satu jenis spesies utama bakteri gram negatif. Bakteri gram negatif adalah bakteri yang tidak mempertahankan zat warna Kristal violet sewaktu proses pewarnaan gram sehingga akan berwarna Kristal violet sewaktu proses pewarnaan gram sehingga akan berwarna merah bila diamati dengan mikroskop. Kebanyakan *E.coli* tidak berbahaya, tetapi beberapa seperti *E.coli* tipe O157:H7 merupakan jenis *E.coli* yang patogen terhadap manusia dan banyak menyebarkan penyakit pada manusia. Bakteri ini dapat megakibatkan keracunan makanan yang serius pada manusia dan akan mengalami diare, kram perut, gagal ginjal, dan menyebabkan kematian mikroflora dalam usus berdarah. Bakteri ini bersifat patogen karena ekosistem yang dihasilkan bernama verotoksin. Toksin yang dihasilkan *E. coli* galur ini adalah toksin yang mirip dengan *Shigella dysenteriae* yang menyebabkan penyakit disentri pada manusia

Secara garis besar klasifikasi bakteri *E.coli* berasal dari Filum *Protobacteria kelas*, *Gamma Protobacteria*, *Ordo Enterobacterials*, *Familia Enterobacteriaceae*, *Genus Escherichia*, *Spesies Escherichia coli*. Secara morfologi *E.coli* berbentuk batang pendek, gemuk, berukuran $2,4 \mu \times 0,4$ sampai $0,7 \mu$, gram negatif, tidak bersimpai, bergerak aktif dan tidak berspora seperti yang terlihat pada gambar 2.1 *E.coli* dapat bertahan hingga suhu 60°C selama 15 menit atau pada 55°C selama 60 menit (Ken dan Lisa, 2011)



Gambar 2.1 Bentuk Fisiologis Bakteri E.coli

E.coli merupakan bakteri fakultatif anaerob, kemoorganotropik, mempunyai tipe metabolisme fermentasi dan respirasi. Pertumbuhan yang baik

pada suhu optimal 37°C pada media yang mengandung 1% peptone sebagai sumber karbon dan nitrogen. *E.coli* memfermentasikan laktosa dan memproduksi indol yang digunakan untuk mengidentifikasi bakteri pada makanan dan air.

Bakteri *E.coli* adalah bakteri yang paling banyak digunakan sebagai indikator sanitasi karena bakteri ini adalah bakteri komersial pada usus manusia, umumnya merupakan patogen penyebab penyakit dan relative tahan hidup di air sehingga dapat dianalisis keberadaannya di dalam air yang sebenarnya bukan merupakan medium yang ideal untuk pertumbuhan. Bakteri *E.coli* dapat dipindah sebarakan melalui air yang tercemar tinja atau air seni orang yang menderita infeksi pencernaan, sehingga dapat menular pada orang lain. Infeksi yang timbul pada pencemaran akibat dari serangan bakteri *E.coli* pada dinding usus menimbulkan gerakan larutan dalam jumlah besar dan merusak kesetimbangan elektrolit dalam membrane mucus hal ini dapat menyebabkan penyerapan air pada dinding usus berkurang dan terjadi diare (Anggraeni, 2012)

Menurut Dwijoseputro (2005), temperatur yang optimum sepanjang tahun di Indonesia ini merupakan penyebab air di alam terbuka selalu mengandung mikroorganisme yang menyebabkan tercemar seperti alga, bakteri saproit, protozoa serta bakteri pathogen, meskipun bakteri pathogen tidak dapat bertahan lama di dalam perairan bebas. Berikut merupakan beberapa genus mikroorganisme pathogen yang terdapat pada air:

- *Salmonella typosa*, penyebab tipus perut
- *Escherichia coli*, penyebab diare atau disentri
- *Shigella dysentriae*, penyebab penyakit disentri
- *Vibrio comma*, penyebab penyakit kolera

Golongan *E.coli* merupakan semua bakteri yang berbentuk batang, bersifat aerob fakultatif anaerob, tidak membentuk spora bersifat gram negatif dan dapat meragikan lactose serta membentuk gas dalam waktu 2 x 24 jam pada suhu 37 °C.

Coliform merupakan suatu kelompok bakteri yang digunakan sebagai indikator polusi kotoran dan sanitasi yang tidak baik terhadap air, makanan, susu, dan produk-produk yang dibuat dari susu. Adanya bakteri coliform didalam makanan atau minuman menunjukkan kemungkinan adanya mikroorganisme yang

bersifat enteropatogenetik dan toksigenetik bagi kesehatan. Bakteri coliform dapat dibedakan menjadi dua kelompok:

1. Coliform Fekal, merupakan suatu coliform yang dapat memfermentasi laktosa pada suhu 44°C, misalnya *Escherichia coli* yang berasal dari kotoran hewan maupun manusia.
2. Coliform non Fekal, misalnya *Enterobacter aerogenes* yang biasanya ditemukan pada hewan atau tumbuhan yang telah mati.

Bakteri *E.coli* merupakan jasad indikator dalam air, bahan makanan, dan sebagainya untuk kehadiran jasad berbahaya yang memiliki persamaan sifat gram negatif, berbentuk batang, tidak membentuk spora, serta mampu memfermentasikan kaldu laktosa pada temperatur 37 °C dengan membentuk asam dan gas dalam waktu 48 jam. *Escherichia* sebagai salah satu contoh bakteri *E.coli* memiliki beberapa spesies hidup dalam saluran pencernaan makanan manusia dan hewan berdarah panas. *E.coli* dalam jumlah tertentu dalam air dapat digunakan sebagai indikator adanya jasad pathogen (Suriawiria, 2003).

Kualitas air secara biologis ditentukan oleh kehadiran bakteri *E.coli* di dalamnya. Kandungan bakteri *E.coli* dalam air berdasarkan ketentuan WHO (1968), air untuk rekreasi jumlah maksimum yang diperkenankan setiap 100 ml adalah 100 koloni, air untuk kolam renang 20 koloni, dan untuk air minum 1 koloni. Standart Permenkes No.416/PERMENKES/PER/IX/1990 yaitu dalam setiap 100 ml air terdapat 10 koloni total bakteri *E.coli*. Penentuan kehadiran bakteri dalam air berdasarkan kebutuhannya, dimaksudkan untuk mengetahui ada tidaknya jenis yang berbahaya sebagai penyebab penyakit, penghasil toksin, dan penyebab pencemaran air (Suriawiria, 2003).

Suriawiria (2003), menuliskan bahwa jasad hidup yang mungkin ditemukan dalam air, misalnya air sungai, danau, dan kolam antara lain seperti bakteri, mikroalge, serta cacing.

Air yang tidak aman untuk kesehatan biasanya mengandung jasad hidup yang tidak diharapkan. Pengaruh kehadiran jasad hidup terhadap kualitas air akan menyebabkan

- a. Rasa dan bau ditimbulkan oleh adanya bakteri dan mikroalge.
- b. Air menjadi berlendir dan berwarna merah disebabkan oleh bakteri besi.
- c. Bau yang tidak sedap sehingga dari segi estetika air tidak diterima untuk diminum disebabkan kehadiran jasad renik.

2.9 Metode MPN (*Most Probable Number*)

Metode hitungan cawan dengan menggunakan medium padat, tetapi pada metode MPN dengan menggunakan medium cair di dalam tabung reaksi. Perhitungan MPN berdasarkan pada jumlah tabung reaksi yang positif, yakni tabung yang ditumbuhi oleh mikroba setelah inkubasi pada suhu dan waktu tertentu. Pengamatan tabung yang positif dapat dilihat dengan mengamati timbulnya kekeruhan atau terbentuknya gas di dalam tabung kecil (tabung Durham) yang diletakkan dengan posisi terbalik, yaitu untuk jasad renik berbentuk gas. Untuk setiap pengenceran pada umumnya dengan menggunakan 3 atau 5 seri tabung. Lebih baik banyak tabung yang digunakan menunjukkan ketelitian yang lebih tinggi, tetapi alat gelas (tabung reaksi) yang digunakan juga lebih banyak.

Metode MPN biasanya digunakan untuk menghitung jumlah mikroba di dalam sampel yang berbentuk cair, meskipun dapat juga digunakan dalam sampel yang berbentuk padat. Kelompok jasad renik yang dapat dihitung dengan metode MPN juga bervariasi tergantung dari medium yang digunakan untuk pertumbuhan.

Metode MPN dapat digunakan untuk menghitung jumlah mikroba tertentu yang terdapat di antara campuran mikroba lain, misalnya jika digunakan medium kaldu laktosa, ditunjukkan dengan terbentuknya gas dalam tabung MPN kelompok bakteri Coliform, termasuk juga bakteri-bakteri yang dapat memfermentasikan laktosa (Lud Waluyo, 2007)

2.10 Metode Pengolahan Data

a. Statistika Deskriptif dan Inferensi

Secara garis besar, statistik dibedakan menjadi dua, yaitu statistika deskriptif dan statistika inferensi. Metode statistika yang meringkas, menyajikan, dan mendeskriptifkan data dalam bentuk yang mudah dibaca sehingga memberikan kemudahan dalam memberikan informasi disebut statistika deskriptif. Hasil analisis data akan memberikan informasi lebih rinci sehingga kita memperoleh suatu kesimpulan mengenai suatu fenomena berdasarkan sampel yang diambil. Analisis tersebut dinamakan statistika inferensi (Iriawan dan Astuti, 2006).

b. Analisis Korelasi

Koefisien korelasi *Pearson* berguna untuk mengukur tingkat keeratan hubungan linier antara 2 variabel. Nilai korelasi berkisar antara -1 sampai +1. Nilai korelasi negatif berarti hubungan antara 2 variabel adalah negatif. Artinya, apabila salah satu variabel menurun maka variabel lainnya akan meningkat. Sebaliknya, nilai korelasi positif berarti hubungan antara kedua variabel adalah positif. Artinya, apabila salah satu variabel meningkat, maka variabel lainnya akan meningkat. Suatu variabel dikatakan kuat apabila semakin mendekati 1 atau -1. Sebaliknya, suatu hubungan antara 2 variabel dikatakan lemah apabila semakin mendekati 0 (nol).

Hipotesis

Hipotesis untuk uji korelasi adalah :

$$H_0 : \rho = 0$$

$$H_1 : \rho \neq 0$$

H_0 diterima jika

- $r_{hitung} \leq r_{table} (\alpha, n-2)$ atau
- $t_{hitung} \leq t_{table} (\alpha, n-2)$

H_1 diterima jika

- $r_{hitung} > r_{table} (\alpha, n-2)$ atau
- $t_{hitung} > t_{table} (\alpha, n-2)$

c. Analisis Regresi

Model regresi memiliki variabel respon (y) dan variabel prediktor (x). Variabel respon adalah variabel yang dipengaruhi suatu variabel prediktor. Variabel respon sering dikenal variabel *dependent* karena peneliti tidak bisa bebas mengendalikannya. Kemudian variabel prediktor digunakan untuk memprediksi nilai variabel respon yang sering disebut variabel *independent* karena peneliti bebas mengendalikannya (Iriawan dan Astuti, 2006).

Kedua variabel dihubungkan dalam bentuk persamaan matematika secara umum bentuk persamaan regresi dinyatakan sebagai berikut :

$$Y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \dots + \mathcal{E}$$

2.11 Pengantar Desain Eksperimen

Desain eksperimen berperan penting dalam mengembangkan proses dan dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan-permasalahan dalam proses agar kinerja proses meningkat. Desain eksperimen dapat didefinisikan sebagai suatu uji atau rentetan uji dengan mengubah-ubah variabel *input* (faktor) suatu proses sehingga bias diketahui penyebab perubahan output (respon). Desain eksperimen memerlukan tahap-tahap penting yang berguna agar desain mengarah pada hasil yang diinginkan. Berikut adalah langkah-langkah melakukan desain eksperimen :

1. Mengenali permasalahan
2. Memilih variabel respon
3. Menentukan faktor dan level
4. Memilih metode desain eksperimen
5. Melaksanakan eksperimen
6. Analisis data
7. Membuat suatu keputusan

2.12 *Analysis Of Variance*

Analysis Of Variance atau sering dikenal sebagai ANOVA digunakan untuk menyelidiki hubungan antara variabel respon (*dependent*) dengan 1 atau beberapa variabel prediktor (*independent*). ANOVA sama dengan regresi, tetapi skala data variabel *independent* adalah data kategori yaitu skala ordinal atau nominal. Lebih lanjut ANOVA tidak mempunyai nominal (Iriawan dan Astuti, 2006).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini termasuk dalam penelitian Laboratorium (*Laboratory Experiment*), yang dilaksanakan dalam skala laboratorium. Adapun penelitian yang dilakukan adalah untuk mengetahui penurunan *Escherichia coli* dalam upaya pengolahan limbah cair domestik (*grey water*) menjadi air baku dengan menggunakan metode chlorinasi dan elektrofusi ultraviolet sebagai metode desinfeksi.

3.2 Lokasi Penelitian

Adapun lokasi-lokasi yang digunakan sebagai tempat penelitian adalah sebagai berikut :

1. Rumah susun Blok A Jln Muharto No 5, sebagai titik pengambilan sampel limbah cair domestik (*grey water*)
2. Laboratorium Teknik Kimia, ITN Malang. Merupakan tempat uji kandungan *E.coli* pada air olahan.
3. Laboratorium Teknik Lingkungan, ITN Malang. Merupakan tempat penelitian desinfeksi, serta pengambilan sampel air baku setelah proses koagulasi-fokulasi dan sedimentasi dan sebagai tempat menganalisis sampel air untuk mengetahui sisa chlor pada air hasil pengolahan dengan metode chlorinasi.

3.3 Data

Data merupakan hal penting dalam sebuah penelitian, setelah menyusun rancangan desain penelitian yang akan dilakukan, peneliti melakukan pengumpulan data. Dimana data yang akan digunakan adalah data pendukung dalam penelitian tersebut.

3.3.1 Data Primer

Merupakan Data Awal yang di dapat dari hasil pengukuran pada saat pengambilan sampel di lokasi yaitu pH dan suhu, sehingga dapat mengetahui kondisi air limbah pada saat keluar dari titik outlet rumah susun.

3.3.2 Data Sekunder

Merupakan data yang didapatkan dari hasil analisis di Laboratorium yaitu jumlah *E.coli* dan sisa chlor.

3.4 Alat dan Bahan Penelitian

3.4.1 Alat

a. Lampu Ultraviolet

Lampu UV digunakan adalah lampu UV dengan daya yang ada 24 watt dan 36 watt.

b. Transmitter Medan Listrik

Merupakan alat yang dirancang guna mengatur pemancaran listrik.

c. Reaktor chlorinasi

Reaktor Pencampur chlor merupakan reaktor *rectangular* yang terbuat dari kaca 8 mm. Hal ini diharapkan dapat menahan tekanan pada paddle saat proses pengadukan chlor, dengan dimensi sebagai berikut :

- panjang = 22,5 cm
- lebar = 20 cm
- kedalaman bak = 20 cm
- dimensi bak desinfektan panjang = lebar = tinggi yaitu 6 cm

d. Paddle Pengaduk

Paddle pengaduk merupakan paddle dengan kecepatan putar 100 rpm dengan dimensi paddle adalah panjang paddle 16 cm dan lebar paddle 2,7 cm

e. Bak desinfeksi Elktrofusi Ultraviolet

Dengan dimensi bak : panjang = 15 cm
lebar = 8 cm
tinggi = 20 cm

3.4.2 Bahan

- a. Air olahan setelah proses koagulasi-flokulasi dan sedimentasi (KFS) limbah cair domestik (grey water) rumah susun A kelurahan kota lama
- b. Desinfektan menggunakan chlor ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$) atau kaporit dengan kemurnian 70%

3.5 Variabel Penelitian

1. Variabel tetap

Pada penelitian ini menggunakan reaktor desinfeksi dengan menggunakan:

- a. Chlor ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$) atau kaporit dengan kemurnian 70%.
- b. Tegangan listrik 240 volt/AC

2. Variabel terikat (*Dependent Variable*)

Parameter yang diteliti adalah *E.coli* dan sisa chlor pada proses Chlorinasi dari limbah cair domestik (grey water).

3. Variabel bebas

- Variabel Chlorinasi

- a. Variasi waktu chlorinasi : 15 menit dan 45 menit
- b. Dosis chlor : 4 mg/l, 6 mg/l dan 8 mg/l

Pemilihan variabel prediktor berdasarkan konsentrasi desinfektan pada penelitian yang dilakukan oleh Ismail, Mahrus (2009) menggunakan konsentrasi Chlor : 6 mg/l, 12 mg/l, 18 mg/l, 24 mg/l dan 30 mg/l didapatkan dosis optimum 6 mg/l dan 24 mg/l. Oleh karena itu, dalam penelitian ini mengambil range dosis yang lebih kecil yaitu 4 mg/l, 6 mg/l dan 8 mg/l untuk mengetahui apakah dosis 8 mg/l dapat

menurunkan jumlah bakteri *E.coli* lebih banyak daripada konsentrasi 6 mg/l.

- Variabel Elektrofusi Ultraviolet
 - c. Variasi daya lampu : 24 watt dan 36 watt
 - d. Waktu pemaparan UV : 30 detik dan 60 detik

4. Variabel Perlakuan

Melakukan Kombinasi dari Proses chlorinasi dengan elektrofusi ultraviolet.

3.6 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan. Tahapan-tahapan tersebut adalah sebagai berikut :

3.6.1 Proses Sampling

Air olahan yang akan diolah pada proses merupakan air olahan yang sudah melalui proses koagulasi-flokulasi dan sedimentasi kemudian dialirkan ke bak desinfeksi. Sampel pengujian diambil dari tiga titik, titik pertama yaitu pada outlet reservoir yaitu limbah cair rumah susun (*grey water*), titik kedua yaitu inlet reaktor desinfeksi atau outlet reaktor sedimentasi dan titik ketiga yaitu pada outlet reaktor desinfeksi. Parameter yang akan dianalisa dan diturunkan adalah *E.coli* dan menganalisa sisa chlor pada proses chlorinasi.

3.6.2 Pengujian Sampel Awal

Air baku yang digunakan sebagai objek penelitian ini diambil dari air limbah domestik (*grey water*) rumah susun setelah melalui proses koagulasi-flokulasi dan sedimentasi. Sebelum memulai penelitian ini, dilakukan pengujian sampel awal kandungan *E.coli*, BOD, Fosfat dan Detergen dimana uji awal tersebut digunakan sebagai acuan penelitian sampel berikutnya. Pengujian sampel dilakukan lagi setelah proses koagulasi-flokulasi dan sedimentasi yaitu kandungan

E.coli, BOD, Fosfat dan Detergen serta menganalisa sisa chlor pada outlet reaktor chlorinasi.

3.6.3 Tahap operasional.

a. Bak Chlorinasi

Prosedur pengoperasian ini dilakukan setelah proses pengolahan air limbah dengan proses koagulasi-flokulasi dan sedimentasi. Adapun cara pengoperasian reaktor desinfektan dengan pencampur chlor sebagai berikut :

- a. Mempersiapkan chlor yang ada pada bak pengaduk chlor dengan menggunakan paddle dengan kecepatan pengadukan sebesar 100 rpm, dengan variasi dosis 4 mg/l, 6 mg/l, 8 mg/l.
- b. Air baku Limbah cair domestik (*grey water*) Rumah Susun setelah melalui proses koagulasi-flokulasi dan sedimentasi dialirkan ke bak pencampur chlor dan bak elektrofusi ultraviolet kemudian, atur pH air baku (pH kontrol 6,5 – 7,5).
- c. Setelah itu, dilakukan analisis awal untuk mendapatkan gambaran mengenai kondisi air baku.
- d. Atur debit air baku pada *effluent* reaktor bak penampung sebesar 10 ml/detik, kemudian air baku dialirkan ke reaktor desinfeksi.
- e. Larutan chlor dialirkan ke bak desinfeksi yang telah berisi air baku dengan waktu kontak 15 menit dan 45 menit. Dilakukan pengadukan dengan kecepatan putaran 100 rpm agar larutan chlor tercampur rata dengan air baku
- f. *Effluent* yang keluar dari reaktor chlorinasi dianalisis sesuai dengan parameter uji, yaitu *E.coli* dan menganalisa sisa chlor.

b. Bak Elektrofusi Ultraviolet

- a. Melakukan kalibrasi alat sebanyak 3 kali pengulangan yaitu pada transmiter medan listrik dengan tegangan listrik 240 volt
- b. Menyiapkan sampel yang akan diolah, kedalam bak penampung

- c. Sampel yang akan di desinfeksi dimasukkan kedalam reaktor secara kontinyu dengan waktu pemaparan 30 detik dan 60 detik menyalakan suplai listrik dari transmitter medan listrik yang telah terpasang elektroda
- d. Melakukan pergantian variasi daya lampu 24 watt dan 36 watt
- e. Melakukan analisa jumlah *E.coli* pada outlet reaktor.

3.7 Analisis Parameter Uji

3.7.1 Bakteri *Escherichia coli*

Analisis Bakteri *E.coli* dilakukan untuk mengetahui besarnya kandungan *E.coli* dalam air baku sebelum dilaksanakan penelitian, yang nantinya akan dibandingkan dengan *E.coli* pada *effluent* sehingga dapat diketahui penyisihan *E.coli*. Analisis yang digunakan metode MPN (Most Probable Number), dalam metode MPN digunakan metode cair dalam tabung steril, dimana perhitungan didasarkan pada jumlah tabung yang positif yaitu tabung yang ditumbuhi mikroba setelah inkubasi pada suhu dan waktu tertentu. Pengamatan tabung positif dapat dilihat dengan mengamati kekeruhan dan terbentuknya gas dalam tabung durham untuk mikrobiologi pembentuk gas dan medium cair yang menggunakan kaldu nutrisi.

1. Alat dan Bahan
 - a. Daging
 - b. Agar-agar
 - c. Beaker gelas
 - d. Tabung reaksi
2. Prosedur Percobaan
 - a. Pembuatan Nutrisi Agar
 - Daging ditimbang sebanyak 15 gram, ditumbuk hingga halus
 - Daging dan agar-agar (1 bungkus) dicampur dan dilarutkan dalam aquadest sebanyak 300 mL dalam beaker gelas dan kemudian dipanaskan
 - Suhu diturunkan hingga 50°C dan pH diatur hingga 7

- Beaker gelas ditutup dengan plastik dan disterilkan di dalam autoclaf selama 20 menit pada suhu 121°C
- Setelah disterilisasi media di simpan di dalam lemari es.

b. Metode MPN

- Menyiapkan 9 tabung reaksi
- 3 tabung untuk seri A, 3 tabung untuk seri B, dan 3 tabung untuk seri C
- 1 mL air sampel dengan pengenceran 10^{-5} , 10^{-6} , dan 10^{-7} untuk tabung seri A, B, dan C dimasukkan ke dalam tabung reaksi
- Memasukkan tabung Durham pada semua tabung reaksi dengan posisi mulut tabung di bawah
- Mengisi semua tabung reaksi dengan 9 mL KFL
- Tabung reaksi ditutup dengan kapas atau tissue dan diinkubasi selama 24-48 jam pada suhu 37°C
- Mengamati perubahan pada tabung Durham dan menghitung jumlah tabung positif untuk seri tabung dengan menggunakan metode MPN.

$$\text{MPN mikroba} = \text{Nilai MPN} \times \frac{1}{\text{angka pengenceran}}$$

(Penuntun Praktikum Mikrobiologi, 2014)

3.7.2 Sisa Chlor

Analisis sisa chlor dalam *effluent* dilakukan untuk mengetahui besarnya sisa chlor setelah dilakukan proses chlorinasi dengan perbandingan dosis yang telah ditentukan. Analisis yang digunakan adalah metode iodometri

1. Alat dan Bahan
 - a. Amylum
 - b. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (Natrium Tiosulfat)
 - c. KI (Kalium Iodida)
 - d. CH_3COOH (Asam Asetat)

- e. Buret 25 ml
 - f. labu Ukur
 - g. Beaker Gelas
2. Prosedur Percobaan
- a. Volume sampel sebanyak 25 ml pada erlenmeyer
 - b. Tambahkan Asam Asetat 2,5 ml
 - c. Tambahkan KI 1 gram, larutan kuning
 - d. Tambahkan indikator Amylum 0,5 % 0,5 m, larutan biru
 - e. Titrasi dengan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,01 N sampai warna biru hamper hilang (larutan bebas dari iodine)
 - f. Hitung sisa Chlor dengan rumus berikut :

$$\text{Sisa Chlor} = \frac{1000}{100} \times \text{ml Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times \text{N Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times 35,5$$

(Alaerts dan Santika, 1987)

3.8 Analisis Data

Data hasil percobaan yang didapat, kemudian dianalisis data dengan metode analisis deskriptif, korelasi, regresi dan ANOVA.

Analisis deskriptif ditujukan untuk mendapatkan gambaran berdasarkan gejala dan fakta yang diperoleh dari sampel penelitian yang ditampilkan dalam bentuk grafik.

Analisa korelasi bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara variabel terhadap penurunan jumlah *E.coli*,

Analisa regresi bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaannya atau tidak secara statistik antara variasi variabel yang dilakukan terhadap penurunan jumlah bakteri *E.coli* pada sampel yang dibuat.

Analisa ANOVA bertujuan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh antara waktu chlorinasi, dosis chlor, Waktu Pemaparan UV dan daya lampu terhadap presentase penyisihan bakteri *E.coli*.

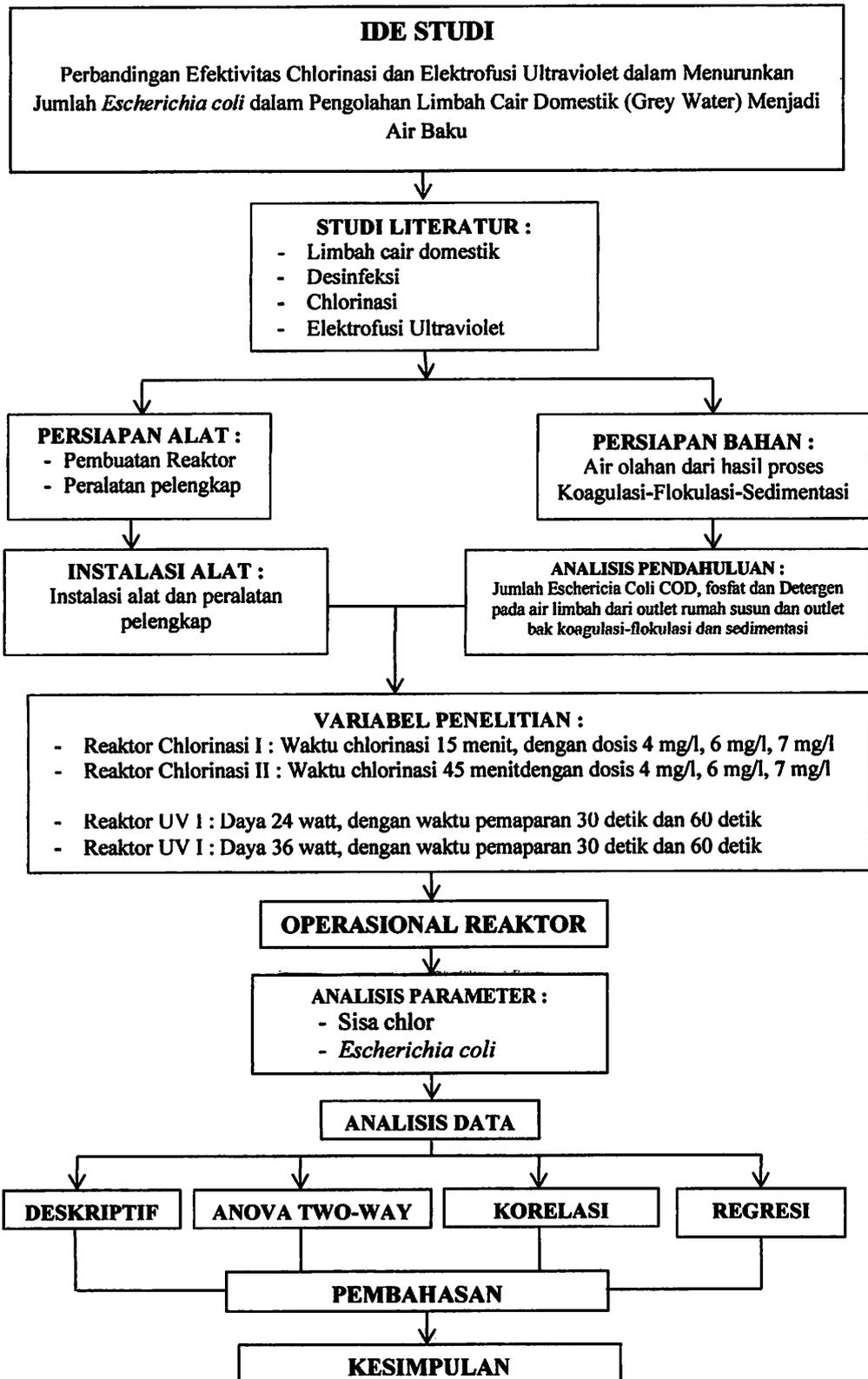
3.9 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan saran diperoleh dari hasil pembahasan dan analisis data penurunan jumlah bakteri *E.coli* pada sampel.

3.10 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian dalam pelaksanaan penelitian skripsi ini diperlukan untuk memberikan gambaran umum mengenai metode-metode dan langkah-langkah yang akan digunakan dalam penelitian sehingga sesuai dengan tujuan. Adapun tujuan dari metodologi penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Mempermudah dan memperlancar pelaksanaan penelitian.
- Mendapatkan gambaran mengenai tahapan penelitian yang sistematis untuk pelaksanaan penelitian dan penyusunan laporan akhir.
- Mengurangi atau memperkecil kesalahan-kesalahan selama dilakukan penelitian.



Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian

BAB IV

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Awal Sampel

Penelitian ini merupakan proses daur ulang limbah cair domestik (*grey water*) rumah susun menjadi air baku melalui proses desinfeksi. Air sampel yang akan digunakan pada proses pengolahan ini merupakan limbah domestik (*grey water*) yang telah melalui proses Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi (KFS) dengan menggunakan biji kelor sebagai kogulan (*Moringa Oleifera*).

Proses desinfeksi yang digunakan pada pengolahan ini adalah chlorinasi dan elektrofusi ultraviolet. Pada proses chlorinasi menggunakan chlor ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$) atau kaporit sebagai desinfektan kemudian dilakukan pengadukan pada bak pencampur chlor untuk mencampurkan air sampel dengan desinfektan. Proses Elektrofusi Ultraviolet menggunakan tembaga (Cu) sebagai elektroda yang diletakkan di kedua sisi reaktor kemudian dialiri air sampel yang telah melalui proses KFS setelah melalui reaktor yang terdapat elektroda, air sampel dialirkan ke lampu Ultraviolet (UV). Setelah melakukan penelitian pada proses chlorinasi dan elektrofusi ultraviolet, maka dilanjutkan dengan melakukan kombinasi dari kedua proses tersebut. Proses ini air olahan pertama sekali melalui proses chlorinasi, kemudian dialiri menuju reaktor yang terdapat elektroda kemudian dialiri menuju lampu UV.

Sebelum dimulainya penelitian ini terlebih dahulu melakukan analisis pendahuluan pada air limbah cair rumah susun (*grey water*) dan air sampel yaitu air yang melalui proses KFS. Secara visual, limbah cair rumah susun (*grey water*) memiliki karakteristik seperti air berwarna keruh, adanya busa dan bau. Air sampel yang melalui proses KFS memiliki karakteristik air sampel keruh dan bau.

Berdasarkan analisis parameter yang dilakukan dilaboratorium, diperoleh data karakteristik limbah cair rumah susun (*grey water*) sebelum dilakukan pengolahan dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Karakteristik Awal Limbah Cair Grey Water Rumah Susun

No	Parameter	Konsentrasi Awal	Setelah proses KFS	Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001
1	Detergen	21 (mg/l)	13,43 (mg/l)	200 (mg/l)
2	Posfat	10 (mg/l)	3,13 (mg/l)	0,2 (mg/l)
3	BOD	207 (mg/l)	160 (mg/l)	3 (mg/l)
4	E.coli	663333 (koloni/100ml)	500000 (koloni/100ml)	1000/100 ml
5	pH	7.6		6-9

Sumber : Hasil Penelitian, 2014

Keterangan : (-) tidak dipersyaratkan

4.2 Data-data Setelah Proses Pengolahan

Penelitian ini merupakan suatu pengkajian kinerja desinfeksi yaitu chlorinasi dan elektrofusi ultraviolet, dengan variabel chlorinasi yaitu dosis desinfektan dan waktu chlorinasi sedangkan variabel eletrofusi ultraviolet yaitu daya lampu dan waktu pemaparan.

Penelitian ini, untuk proses chlorinasi menggunakan chlor ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$) atau kaporit dengan tingkat kemurnian 70% dengan gradien kecepatan 100 rpm. Elektrofusi ultraviolet menggunakan tembaga (Cu) sebagai elektroda dengan kuat arus listrik 240 volt. Hasil jumlah *E.coli* setelah proses pengolahan dapat dilihat pada tabel 4.2 dan 4.3, untuk proses chlorinasi dilakukan pengujian sisa chlor untuk menentukan nilai *Break Point Chlorination* (BPC) dapat dilihat pada tabel 4.4

Tabel 4.2 Hasil Proses Pengolahan Chlorinasi

Waktu Kontak	Dosis mg/L	Pengulangan			Rata-rata
		I	II	III	
15 menit	4	280000	280000	270000	276667
	6	200000	240000	240000	226667
	8	190000	160000	190000	180000
45 menit	4	240000	210000	240000	230000
	6	190000	150000	190000	176667
	8	140000	130000	150000	140000

Tabel 4.3 Hasil Proses Pengolahan Elektrofusi Ultraviolet

Daya lampu	Waktu kontak (detik)	Pengulangan			Rata-rata
		I	II	III	
24 watt	30	350000	440000	350000	380000
	60	240000	240000	270000	250000
36 watt	30	260000	270000	280000	270000
	60	190000	130000	160000	160000

Tabel 4.4 Hasil Analisis titrasi Na₂S₂O₃ Proses Chlorinasi

Waktu Kontak	Dosis mg/L	Pengulangan ml Na ₂ S ₂ O ₃			Rata-rata
		I	II	III	
15 menit	4	0.8	0.7	0.8	0.8
	6	0.4	0.5	0.4	0.4
	8	1.8	1.9	2	1.9
45 menit	4	0.6	0.6	0.7	0.6
	6	0.3	0.3	0.3	0.3
	8	1.7	1.6	1.6	1.6

Sumber : Hasil Penelitian, 2014

Tabel 4.5 Jumlah *E.coli* dari Proses Kombinasi Chlorinasi dan Elektrofusi Ultraviolet

No	Pengulangan			Rata-rata
	I	II	III	
1	60000	90000	90000	80000

Sumber : Hasil Penelitian, 2014

Tabel 4.6 Hasil Analisis titrasi $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ dari Proses Kombinasi Chlorinasi dan Elektrofusi Ultraviolet

No	Pengulangan ml $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$			Rata-rata
	I	II	III	
1	0,3	0,2	0,2	0,23

Tabel 4.5 dan tabel 4.6 merupakan jumlah *E.coli* dan analisis titrasi $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ untuk mengetahui sisa chlor dari proses kombinasi chlorinasi dan elektrofusi ultraviolet, dimana pada proses chlorinasi menggunakan dosis chlor 6 mg/l dengan waktu chlorinasi 45 menit kemudian dialirkan menuju proses elektrofusi ultraviolet dengan daya lampu 36 watt dan waktu pemaparan 60 detik. Dari kombinasi kedua proses ini mampu menurunkan jumlah *E.coli* pada air olahan dengan persen penyisihan sebesar 84 % dan sisa chlor 0,8 mgCl_2/L .

4.3 Analisis Deskriptif

Analisis deskriptif merupakan analisis yang mendeskripsikan data secara visual sehingga memberikan kemudahan dalam memberikan informasi. Dalam analisis ini digunakan bentuk grafik dan menyajikan data.

4.3.1 Analisis Deskriptif Penyisihan *E.coli* Proses Chlorinasi

Berdasarkan data hasil penelitian yang di tunjukkan pada tabel 4.2 menunjukkan bahwa chlorinasi sebagai metode desinfeksi mempunyai kemampuan menurunkan jumlah bakteri *E.coli*. Untuk mengetahui persen penyisihan bakteri *E.coli* digunakan rumus :

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{\text{Konsentrasi Awal} - \text{Konsentrasi Akhir}}{\text{Konsentrasi Awal}} \times 100 \%$$

Contoh Perhitungan pada waktu chlorinasi 15 menit dengan dosis 4 mg/L:

$$\begin{aligned} \text{Penyisihan } E.coli &= \frac{500000-276667}{500000} \times 100 \% \\ &= \frac{223333}{500000} \times 100 \% \\ &= 44,667 \% \end{aligned}$$

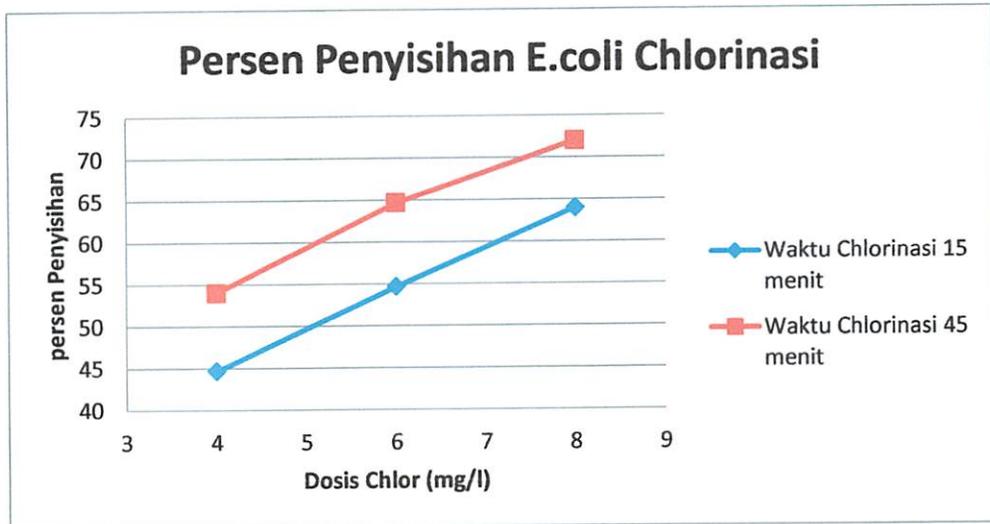
Selengkapnya hasil perhitungan persen peyisihan bakteri *E.coli* pada proses chlorinasi dapat dilihat pada tabel 4.7

Tabel 4.7 Presentase Penyisihan *E.coli* Proses Chlorinasi

Waktu Chlorinasi	Dosis mg/l	Konsentrasi Awal (koloni/ml)	Konsentrasi Akhir (koloni/ml)	Persentase Penyisihan (%)
15 menit	4	500000	276667	44.7
	6	500000	226667	54.7
	8	500000	180000	64
45 menit	4	500000	230000	54
	6	500000	176667	64.7
	8	500000	140000	72

Sumber : Hasil Penelitian, 2014

Berdasarkan data persentase penyisihan *E.coli* pada tabel 4.7 maka dapat ditampilkan dalam sebuah grafik persentase penurunan *E.coli* pada proses chlorinasi pada gambar 4.1 sebagai berikut:



Gambar 4.1 Grafik Persentase Penyisihan *E.coli* Proses Chlorinasi

Pada gambar 4.1 dapat dilihat bahwa persen penyisihan bakteri *E.coli* terendah terjadi pada waktu chlorinasi 15 menit dengan dosis chlor 4 mg/l sebesar 44,667 % dan persen penyisihan *E.coli* tertinggi pada waktu chlorinasi 45 menit dengan dosis chlor 8 mg/l sebesar 72 %. Berdasarkan penelitian ini di dapatkan bahwa persentase penyisihan *E.coli* terjadi pada waktu terbesar dengan dosis terbesar.

4.3.2 Analisis Deskriptif Penyisihan *E.coli* Proses Elektrofusi Ultraviolet

Berdasarkan data hasil penelitian yang di tunjukkan pada tabel 4.3 menunjukkan bahwa elektrofusi ultraviolet sebagai metode desinfeksi mempunyai kemampuan menurunkan jumlah bakteri *E.coli*. Untuk mengetahui persen penyisihan bakteri *E.coli* digunakan rumus :

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{\text{Konsemtrasi Awal} - \text{Konsentrasi Akhir}}{\text{Konsentrasi Awal}} \times 100 \%$$

Contoh Perhitungan pada daya lampu 24 watt dengan waktu pemaparan 30 detik:

$$\begin{aligned} \text{Penyisihan } E.coli &= \frac{500000 - 380000}{500000} \times 100 \% \\ &= \frac{120000}{500000} \times 100 \% = 24 \% \end{aligned}$$

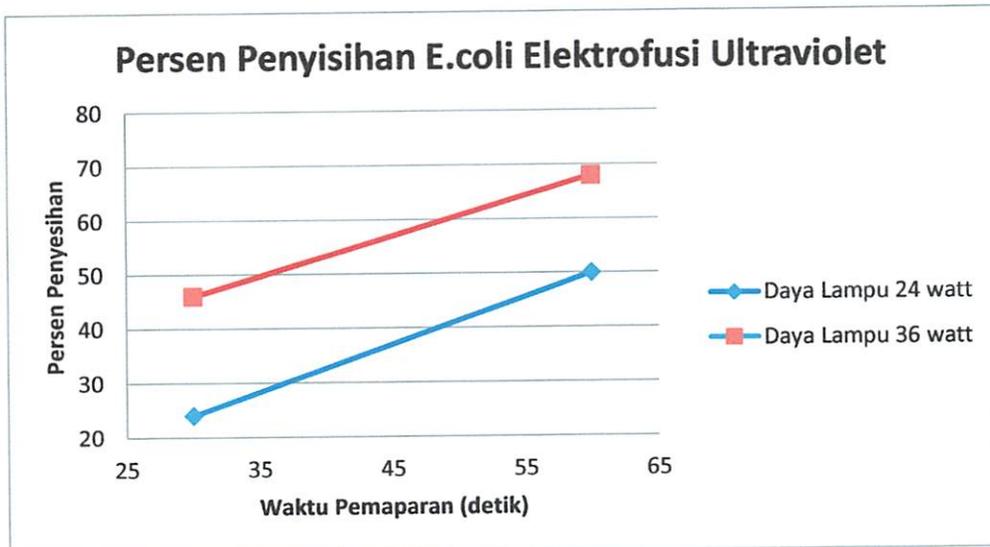
Selengkapnya hasil perhitungan persen penyisihan bakteri *E.coli* pada proses elektrofusi ultraviolet dapat dilihat pada tabel 4.8 berikut.

Tabel 4.8 Presentase Penyisihan *E.coli* Proses Elektrofusi Ultraviolet

Daya lampu	Waktu Pemaparan (detik)	Konsentrasi Awal (koloni/ml)	Konsentrasi Akhir (koloni/ml)	Persentase Penyisihan (%)
24 watt	30	500000	380000	24
	60	500000	250000	50
36 watt	30	500000	270000	46
	60	500000	160000	68

Sumber : Hasil Penelitian, 2014

Berdasarkan data persentase penyisihan *E.coli* pada tabel 4.5 maka dapat ditampilkan dalam sebuah grafik persentase penurunan *E.coli* pada proses Elektrofusi Ultraviolet pada gambar 4.2 sebagai berikut:



Gambar 4.2 Grafik Persentase Penyisihan *E.coli* Proses Elektrofusi Ultraviolet

Pada gambar 4.2 dapat dilihat bahwa persen penyisihan bakteri *E.coli* terendah terjadi pada waktu pemaparan 30 detik dengan daya lampu 24 watt sebesar 24 % dan persen penyisihan *E.coli* tertinggi pada waktu pemaparan 60 detik dengan daya lampu 36 watt sebesar 68 %. Data dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa persentase penyisihan terbesar *E.coli* pada proses elektrofusi ultraviolet terjadi pada daya lampu terbesar dengan waktu pemaparan terbesar.

4.4 Analisis Korelasi

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara variabel yang diamati, maka digunakan analisis korelasi. Dalam analisis korelasi terdapat :

Hipotesis

- H_0 : Korelasi tidak signifikan
- H_1 : Korelasi signifikan

Pengambilan Keputusan

- Jika $p\text{-value} > \alpha$, H_0 diterima
- Jika $p\text{-value} < \alpha$, H_0 ditolak

Analisa korelasi digunakan untuk mengukur tingkat keeratan hubungan antara variabel yang di amati. Nilai korelasi berkisar -1 sampai +1. Nilai korelasi negatif memiliki arti bahwa hubungan antara 2 variabel adalah tidak searah, dimana jika salah satu variabel menurun maka variabel lainnya meningkat. Jika nilai korelasi bernilai positif berarti hubungan antar variabel searah, dimana jika salah satu variabel meningkat maka variabel yang lainnya meningkat pula.

Suatu hubungan antar 2 variabel dikatakan berkorelasi kuat apabila semakin mendekati 1 atau (-1), dan jika sebuah hubungan antar dua variabel dikatakan lemah apabila semakin mendekati 0 (nol). (Iriawan dan Astuti, 2006)

4.4.1 Analisis Korelasi Antara Dosis Desinfektan dan Waktu Chlorinasi Terhadap % Penyisihan *E.coli*

Hasil analisis korelasi untuk persentase penyisihan *E.coli* terhadap dosis (*Chlor*) dan waktu chlorinasi dapat dilihat pada Tabel 4.9 berikut

Tabel 4.9 Hasil Uji Korelasi antara Dosis Chlor dan Waktu Chlorinasi Terhadap % Penyisihan *E.coli*

Correlations: waktu Chlorinasi, Dosis Chlor, % penyisihan e.coli		
	waktu Chlorinasi	Dosis Chlor
Dosis Chlor	0.000 1.000	
% penyisihan e.c	-0.512 0.299	-0.856 0.030
Cell Contents: Pearson correlation P-Value		

Berdasarkan tabel 4.9 korelasi antara persen penyisihan *E.coli* dengan perbandingan dosis chlor adalah -0,856. Artinya hubungan antara dosis chlor terhadap penyisihan *E.coli* kuat, dimana koefisiennya mendekati -1. Untuk Probabilitas antara dosis chlor terhadap persentase penyisihan *E.coli* sebesar 0,030 (<0,05), maka hipotesis H_0 ditolak. Artinya, korelasi antara dosis chlor terhadap penyisihan *E.coli* signifikan. Data dari hasil penelitian didapatkan bahwa hubungan antara kedua variabel tidak searah, hal ini di tunjukkan dengan nilai koefisien korelasi yang negatif yang berarti jika semakin banyak dosis chlor maka nilai persentase penyisihan *E.coli* akan menurun.

Korelasi antara penyisihan *E.coli* dengan perbandingan waktu chlorinasi adalah -0,512. Artinya hubungan antara waktu chlorinasi dengan persentase penyisihan *E.coli* kuat, dimana koefisiennya mendekati -1. Untuk probabilitasnya antara waktu chlorinasi terhadap penyisihan *E.coli* sebesar 0,299 (> 0,05), maka hipotesis awal H_0 diterima. Artinya, korelasi antara waktu chlorinasi dengan persen penyisihan *E.coli* tidak signifikan. Data dari hasil penelitian didapatkan bahwa hubungan antara kedua variabel tidak searah, hal ini ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi yang negatif, berarti jika semakin besar waktu chlorinasi terhadap persentase penyisihan *E.coli* akan menurun.

4.4.2 Analisis Korelasi Antara Daya Lampu dan Waktu Pemaparan Terhadap % Penyisihan *E.coli*

Hasil analisis korelasi untuk persentase penyisihan *E.coli* terhadap daya lampu dan waktu pemaparan dapat dilihat pada Tabel 4.10 berikut

Tabel 4.10 Hasil Uji Korelasi antara Daya Lampu dan Waktu Pemaparan Terhadap % Penyisihan *E.coli*

: % Peyisihan <i>E.coli</i> , Waktu Kontak, Daya Lampu			
	% Peyisihan <i>E.co</i>	Waktu Kontak	
Waktu Kontak	0.767		
	0.233		
Daya Lampu	0.803	0.503	
	0.197	0.497	
Cell Contents: Pearson correlation			
P-Value			

Berdasarkan tabel 4.10 korelasi antara persen penyisihan *E.coli* dengan perbandingan waktu kontak adalah 0,767. Artinya hubungan antara waktu pemaparan terhadap penyisihan *E.coli* kuat, dimana koefisiennya mendekati 1. Untuk Probabilitas antara waktu kontak terhadap persentase penyisihan *E.coli* sebesar 0,233 ($>0,05$), maka hipotesis H_0 diterima. Artinya, korelasi antara waktu pemaparan terhadap penyisihan *E.coli* tidak signifikan. Data dari hasil penelitian didapatkan bahwa hubungan antara kedua variabel searah, hal ini di tunjukkan dengan nilai koefisien korelasi yang positif, yang berarti jika semakin besar waktu pemaparan maka nilai persentase penyisihan *E.coli* akan semakin besar.

Korelasi antara penyisihan *E.coli* dengan perbandingan daya lampu adalah 0,803. Artinya hubungan antara daya lampu terhadap penyisihan *E.coli* kuat, dimana koefisiennya mendekati 1. Untuk Probabilitas antara daya lampu terhadap persentase penyisihan *E.coli* sebesar 0,197 ($>0,05$), maka hipotesis H_0 diterima. Artinya, korelasi antara daya lampu terhadap penyisihan *E.coli* tidak signifikan. Data dari hasil penelitian didapatkan bahwa hubungan antara kedua variabel searah, hal ini di tunjukkan dengan nilai koefisien korelasi yang positif, yang

berarti jika semakin besar daya lampu maka nilai persentase penyisihan Chlor akan semakin besar.

4.5 Analisis Regresi

Untuk mengetahui besarnya hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat digunakan uji regresi, sehingga diketahui ketepatan atau signifikansi prediksi dari hubungan atau korelasi data. Pada analisis regresi terdapat uji t untuk menguji signifikansi konstanta dengan variabel bebas/predictor.

Dalam uji t untuk signifikansi koefisien dengan variabel bebas/predictor terdapat:

- Hipotesis
 - H_0 : Korelasi tidak signifikan
 - H_1 : Korelasi signifikan
- Pengambilan Keputusan
 - Jika statistik hitung (angka *output*) > statistik table (t tabel), H_0 ditolak
 - Jika statistik hitung (angka *output*) < statistik table (t tabel), H_0 diterima
- Untuk nilai probabilitas
 - Jika probabilitas > 0,05, H_0 diterima
 - Jika probabilitas < 0,05, H_0 ditolak

(Iriawan dan Astuti, 2006)

4.5.1 Analisis Regresi Untuk Persentase Penyisihan *E.Coli* Terhadap Dosis Chlor dan Waktu Chlorinasi pada proses Chlorinasi

Hasil uji regresi persentase penyisihan *E.coli* terhadap dosis koagulan biji kelor dan hasil uji regresi persentase penyisihan *E.coli* terhadap dosis chlor dan waktu chlorinasi dapat dilihat pada tabel 4.11 dan table 4.12.

Tabel 4.11 Hasil Uji Regresi Persentase Penyisihan *E.coli* Terhadap Dosis Chlor

Regression Analysis: % penurunan E.coli versus Dosis Chlor					
The regression equation is					
% penurunan E.coli = 31.0 + 4.67 Dosis Chlor					
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	
Constant	31.000	8.756	3.54	0.024	
Dosis Chlor	4.667	1.408	3.31	0.030	
S = 5.63219 R-Sq = 73.3% R-Sq(adj) = 66.6%					

- Keterangan:
- S = Standar deviasi model
 - R-Sq (R^2) = Koefisien determinasi
 - R-Sq (adj) = Koefisien determinasi yang disesuaikan
 - T = Nilai statistik
 - P = Nilai probabilitas

Persamaan regresi pada tabel 4.10 adalah $Y = 31.0 + 4,67 X_1$ dimana Y adalah persentase penyisihan *E.coli* (%), X_1 adalah variasi dosis chlor (gr/l). Konstanta sebesar 31.000 menyatakan bahwa jika variasi dosis chlor konstan, maka persentase penurunan kandungan *E.coli* sebesar 31.000 %. Koefisien regresi untuk variabel X_1 (dosis chlor) sebesar 4,67 menyatakan bahwa untuk setiap penambahan dosis chlor, maka persentase penyisihan *E.coli* akan meningkat sebesar 4,67% dengan anggapan variabel lainnya konstan.

Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi (R Square = r^2) sebesar 66,6. Data dari hasil penelitian diketahui berarti persentase penyisihan *E.coli* dipengaruhi oleh dosis chlor sebesar 66,6%, sedangkan sisanya sebesar 33,4% dipengaruhi oleh faktor lain.

Uji untuk menguji signifikan koefisien dan variabel bebas.

- Berdasarkan nilai t

Uji T dilakukan untuk menguji signifikan koefisien dan variabel bebas, untuk taraf signifikansi (α) sebesar 5%, maka $t_{\alpha/2, n-1}$ tabel distribusi ($t_{0,025,5}$) didapat 2,571. Nilai t variasi dosis chlor (gr/l) pada tabel 4.11 adalah sebesar 3,31. Untuk variasi dosis chlor t hitung > statistik t tabel yang berarti H_0 ditolak,

dengan kesimpulan bahwa dosis chlor berpengaruh secara signifikan terhadap persentase penyisihan *E.coli*.

- Berdasarkan probabilitas

Terlihat pada tabel 4.11 nilai probabilitas untuk variasi dosis chlor sebesar 0,030. Untuk variasi dosis chlor nilai probabilitasnya < 0,05, maka H_0 ditolak dan menerima H_1 yang berarti koefisien regresi signifikan.

Tabel 4.12 Hasil Uji Regresi Persentase Penyisihan *E.coli* Terhadap Waktu Chlorinasi

Regression Analysis: % penurunan <i>E.coli</i> versus Waktu Chlorinasi					
The regression equation is					
% penurunan <i>E.coli</i> = 49.9 + 0.304 Waktu Chlorinasi					
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	
Constant	49.889	8.549	5.84	0.004	
Waktu Chlorinasi	0.3037	0.2549	1.19	0.299	
S = 9.36495 R-Sq = 26.2% R-Sq(adj) = 7.7%					

Persamaan regresi pada tabel 4.12 adalah $Y = 49,9 + 0,304 X_1$ dimana Y adalah persentase penyisihan *E.coli* (%), X_1 adalah variasi waktu chlorinasi (menit). Konstanta sebesar 49,9 menyatakan bahwa jika variasi waktu chlorinasi konstan, maka persentase penurunan kandungan *E.coli* sebesar 49,9 %. Koefisien regresi untuk variabel X_1 (waktu chlorinasi) sebesar 0,304 menyatakan bahwa untuk setiap penambahan waktu chlorinasi, maka persentase penyisihan *E.coli* akan meningkat sebesar 0,304% dengan anggapan variabel lainnya konstan.

Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi (R Square = r^2) sebesar 7,7. Data dari hasil penelitian diketahui berarti persentase penyisihan *E.coli* dipengaruhi oleh waktu chlorinasi sebesar 7,7%, sedangkan sisanya sebesar 92,3% dipengaruhi oleh faktor lain.

Uji untuk menguji signifikan koefisien dan variabel bebas.

- Berdasarkan nilai t

Uji T dilakukan untuk menguji signifikan koefisien dan variabel bebas, untuk taraf signifikansi (α) sebesar 5%, maka $t_{\alpha/2, n-1}$ tabel distribusi ($t_{0,025,5}$) didapat 2,571. Nilai t variasi waktu chlorinasi (gr/l) pada tabel 4.12 adalah sebesar 1,19. Untuk variasi waktu chlorinasi t hitung < statistik t tabel yang berarti H_0 diterima, dengan kesimpulan bahwa waktu chlorinasi berpengaruh secara tidak signifikan terhadap persentase penyisihan *E.coli*.

- Berdasarkan probabilitas

Terlihat pada tabel 4.12 nilai probabilitas untuk variasi waktu Chlorinasi sebesar 0,299. Untuk variasi waktu Chlorinasi nilai probabilitasnya > 0,05, maka H_0 diterima dan menolak H_1 yang berarti koefisien regresi tidak signifikan.

4.5.2 Analisis Regresi Untuk Persentase Penyisihan *E.Coli* Terhadap Waktu Pemaparan dan Daya Lampu pada proses Elektrofusi Ultraviolet

Hasil uji regresi persentase penyisihan Detergen terhadap dosis chlor dan hasil uji regresi persentase penyisihan *E.coli* terhadap Waktu Pemaparan dan Daya Lampu dapat dilihat pada tabel 4.13 dan table 4.14.

Tabel 4.13 Hasil Uji Regresi Persentase Penyisihan *E.coli* Terhadap Daya Lampu

Regression Analysis: % Penyisihan E.coli versus Daya Lampu				
The regression equation is				
% Penyisihan E.coli = 3.0 + 1.67 Daya Lampu				
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	3.00	43.42	0.07	0.951
Daya Lampu	1.667	1.419	1.17	0.361
S = 17.0294 R-Sq = 40.8% R-Sq(adj) = 11.2%				

Persamaan regresi pada tabel 4.13 adalah $Y = 3,0 + 1,67 X_1$ dimana Y adalah persentase penyisihan *E.coli* (%), X_1 adalah variasi daya lampu. Konstanta sebesar 3,0 menyatakan bahwa jika variasi daya lampu konstan, maka persentase penurunan kandungan *E.coli* sebesar 3,0 %. Koefisien regresi untuk variabel X_1 (daya lampu) sebesar 1,67 menyatakan bahwa untuk setiap penambahan dosis chlor, maka persentase penyisihan *E.coli* akan meningkat sebesar 1,67 % dengan anggapan variabel lainnya konstan.

Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi (R Square = r^2) sebesar 11,2. Data dari hasil penelitian diketahui berarti persentase penyisihan *E.coli* dipengaruhi oleh daya lampu sebesar 11,2%, sedangkan sisanya sebesar 88,8% dipengaruhi oleh faktor lain.

Uji untuk menguji signifikan koefisien dan variabel bebas.

- Berdasarkan nilai t

Uji T dilakukan untuk menguji signifikan koefisien dan variabel bebas, untuk taraf signifikansi (α) sebesar 5%, maka $t_{\alpha/2, n-1}$ tabel distribusi ($t_{0,025,3}$) didapat 3,182. Nilai t variasi daya lampu pada tabel 4.13 adalah sebesar 1,17. Untuk variasi daya lampu t hitung < statistik t tabel yang berarti H_0 diterima, dengan kesimpulan bahwa daya lampu berpengaruh secara tidak signifikan terhadap persentase penyisihan *E.coli*.

- Berdasarkan probabilitas

Terlihat pada tabel 4.13 nilai probabilitas untuk variasi dosis Chlor sebesar 0,361. Untuk variasi daya lampu nilai probabilitasnya > 0,05, maka H_0 diterima dan menolak H_1 yang berarti koefisien regresi tidak signifikan.

Tabel 4.14 Hasil Uji Regresi Persentase Penyisihan *E.coli* Terhadap Waktu Pemaparan

Regression Analysis: % Penyisihan <i>E.coli</i> versus Waktu Pemaparan					
The regression equation is					
% Penyisihan <i>E.coli</i> = 11.0 + 0.800 Waktu Pemaparan					
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	
Constant	11.00	22.47	0.49	0.673	
Waktu Pemaparan	0.8000	0.4738	1.69	0.233	
S = 14.2127 R-Sq = 58.8% R-Sq(adj) = 38.2%					

Persamaan regresi pada tabel 4.14 adalah $Y = 11,0 + 0,800 X_1$ dimana Y adalah persentase penyisihan *E.coli* (%), X_1 adalah variasi waktu pemaparan. Konstanta sebesar 11,0 menyatakan bahwa jika variasi daya lampu konstan, maka persentase penurunan kandungan *E.coli* sebesar 11,0%. Koefisien regresi untuk variabel X_1 (waktu pemaparan) sebesar 0,800 menyatakan bahwa untuk setiap penambahan waktu pemaparan, maka persentase penyisihan *E.coli* akan meningkat sebesar 0,800% dengan anggapan variabel lainnya konstan.

Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi (R Square = r^2) sebesar 38,2. Data dari hasil penelitian diketahui berarti persentase penyisihan *E.coli* dipengaruhi oleh waktu pemaparan 38,2%, sedangkan sisanya sebesar 61,8% dipengaruhi oleh faktor lain.

Uji untuk menguji signifikan koefisien dan variabel bebas.

- Berdasarkan nilai t

Uji T dilakukan untuk menguji signifikan koefisien dan variabel bebas, untuk taraf signifikansi (α) sebesar 5%, maka $t_{\alpha/2, n-1}$ tabel distribusi ($t_{0,025,3}$) didapat 3,182. Nilai t variasi daya lampu pada tabel 4.14 adalah sebesar 1,68. Untuk variasi waktu pemaparan t hitung < statistik t tabel yang berarti H_0 diterima, dengan kesimpulan bahwa waktu pemaparan berpengaruh secara tidak signifikan terhadap persentasi penyisihan *E.coli*.

- Berdasarkan probabilitas
Terlihat pada tabel 4.14 nilai probabilitas untuk variasi dosis chlor sebesar 0,233. Untuk variasi waktu pemaparan nilai probabilitasnya $> 0,05$, maka H_0 diterima dan menolak H_1 yang berarti koefisien regresi tidak signifikan.

4.6 Analisis ANOVA Two Way

Analisis ANOVA dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh berbagai perlakuan dalam persentase penyisihan *E.coli* maka dilakukan analisis dengan menggunakan uji ANOVA dua faktor atau desain faktorial. Analisis ANOVA ini akan menguji apakah semua perlakuan memiliki rata-rata (*mean*) yang sama.

Persentase penyisihan *E.coli* akan mewakili variabel terikat, sedangkan variasi dosis desinfektan, waktu kontak, daya lampu serta waktu pemaparan mewakili variabel bebas. Pada hasil uji ANOVA yang dijadikan indikator adalah jika nilai semua perlakuan sama atau identik, maka dosis desinfektan, waktu kontak, daya lampu serta waktu pemaparan dikatakan tidak mempengaruhi nilai persentase penurunan *E.coli*.

Dalam analisis ANOVA terdapat hipotesis masalah yaitu:

- $H_0 = 1 = 2 = 3 = 4 = 5 = 6$ (identik)
- $H_1 = 1 \neq 2 \neq 3 \neq 4 \neq 5 \neq 6$ (tidak identik)

Sementara dalam pengambilan keputusan akan didasarkan pada nilai probabilitas nilai F hitung, yaitu:

1. Nilai Probabilitas
 - Jika probabilitas $\geq 0,05$, H_0 diterima
 - Jika probabilitas $\leq 0,05$, H_0 ditolak
2. Nilai F Hitung
 - F hitung output $>$ F tabel H_0 ditolak
 - F hitung output $<$ F tabel H_0 diterima

4.6.1 Analisis ANOVA untuk Persentase Penyisihan *E.coli* Proses Chlorinasi

Hasil analisis pengaruh dosis chlor dan waktu chlorinasi pada proses chlorinasi persentase penyisihan *E.coli* dapat dilihat pada tabel 4.15 berikut ini.

Tabel 4.15 Hasil Uji ANOVA Antara Dosis Chlor dan Waktu Chlorinasi Terhadap Persentase (%) Penyisihan *E.coli*

Two-way ANOVA: % penyisihan E.coli versus Dosis Chlor, Waktu Chlorinasi					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dosis Chlor	2	349.772	174.886	337.30	0.003
Waktu Chlorinasi	1	124.515	124.515	240.15	0.004
Error	2	1.037	0.518		
Total	5	475.325			

S = 0.7201 R-Sq = 99.78% R-Sq(adj) = 99.45%

Hasil tabel 4.15 memuat keterangan sebagai berikut:

- DF = Derajat Bebas
- SS = Variasi Residual
- MS = Mean Square
- F = Nilai Statistik Analisis
- P = Nilai Probabilitas (dengan $\alpha=0,05$)
- N = Number
- Mean = Nilai Rata-Rata

Untuk taraf signifikansi (α) sebesar 5%, maka dari tabel distribusi F dosis chlor didapat $F_{(0,05,2,2)} = 19,0$ dan tabel distribusi F waktu chlorinasi didapat $F_{(0,05,1,2)} = 18,51$. Nilai F hitung output dosis koagulan dan waktu chlorinasi adalah 337,30 dan 240,15. Nilai probabilitas dosis chlor dan waktu chlorinasi adalah 0,003 dan 0,004.

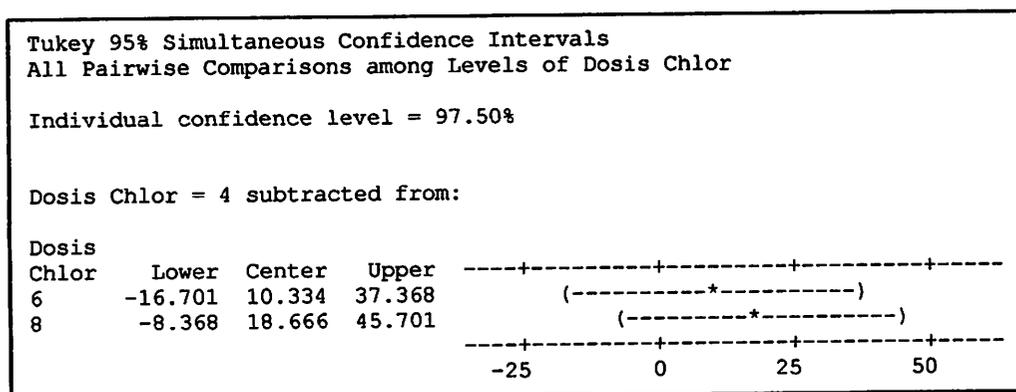
Keputusan yang diambil untuk variasi dosis chlor dan waktu chlorinasi adalah menolak hipotesis awal (H_0) dan menerima hipotesis alternatif (H_1) karena nilai F hitung > F tabel untuk variasi dosis chlor dan waktu chlorinasi. Selain itu, untuk variasi dosis chlor dan waktu chlorinasi memiliki $P < 0,05$. Artinya bahwa

persentase penyisihan *E.coli* dalam perlakuan tersebut tidak identik dan terdapat perbedaan yang signifikan.

Mengetahui perbedaan signifikan dengan analisis *Anova Two-Way*, maka dilakukan uji lanjutan menggunakan Tukey. Metoda perbandingan berpasangan oleh Tukey diperoleh dengan mencari perbedaan yang signifikan (Elty Sarvia, 2012).

Hasil uji beda nyata (*Honestly Significant Difference*) pada persentase penyisihan *E. Coli* dengan dosis chlor, dapat dilihat pada tabel 4.16 berikut ini :

Tabel 4.16 Uji Tukey variasi Dosis Chlor dengan persentase penyisihan *E. coli* Proses Chlorinasi



Data dari tabel 4.16 diatas berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa, nilai dosis chlor yang terbesar terjadi pada dosis 8 sebesar 45,701. Artinya bahwa, dosis chlor 8 memiliki perbedaan yang signifikan (berbeda nyata) dibandingkan dengan dosis 4 dan dosis 6 dalam menurunkan konsentrasi *E.coli*.

4.6.2 Analisis ANOVA untuk Persentase Penyisihan *E.coli*

Hasil analisis pengaruh waktu pemaparan dan daya lampu pada proses Elektrofusi Ultraviolet persentase penyisihan *E.coli* dapat dilihat pada tabel 4.17 berikut ini.

Tabel 4.17 Hasil Uji ANOVA Antara Waktu Pemaparan dan Daya lampu Terhadap Persentase (%) Penyisihan *E.coli*

Two-way ANOVA: % penurunan E.coli versus Waktu Pemaparan, Daya Lampu					
Source	DF	SS	MS	F	P
Waktu Pemaparan	1	576	576	144.00	0.053
Daya Lampu	1	400	400	100.00	0.063
Error	1	4	4		
Total	3	980			

S = 2 R-Sq = 99.59% R-Sq(adj) = 98.78%

Hasil tabel 4.17 memuat keterangan sebagai berikut:

- DF = Derajat Bebas
- SS = Variasi Residual
- MS = Mean Square
- F = Nilai Statistik Analisis
- P = Nilai Probabilitas (dengan $\alpha=0,05$)
- N = Number
- Mean = Nilai Rata-Rata

Untuk taraf signifikansi (α) sebesar 5%, maka dari tabel distribusi F waktu pemaparan didapat $F_{(0,05.1.1)} = 161,4$ dan tabel distribusi F daya lampu didapat $F_{(0,05.1.1)} = 161,4$. Nilai F hitung output waktu pemaparan dan daya lampu adalah 144,000 dan 100,000. Nilai probabilitas waktu pemaparan dan daya lampu adalah 0,053 dan 0,063.

Keputusan yang diambil untuk variasi waktu pemaparan dan daya lampu adalah menerima hipotesis awal (H_0) dan menolak hipotesis alternatif (H_1) karena nilai F hitung < F tabel untuk variasi waktu pemaparan dan daya lampu. Selain itu, untuk variasi waktu pemaparan dan daya lampu memiliki $P>0,05$. Artinya

4.7 Analisis Sisa Chlor dan Penentuan Nilai *Breakpoint Chlorination*

Proses chlorinasi cukup efektif dalam penurunan *E.coli* pada air olahan namun penggunaan chlor yang berlebihan dapat bersifat racun. Menurut buku pedoman Departemen Kesehatan (1992), apabila reaksi berjalan secara lengkap maka pada suatu titik baru berbentuk sisa chlor yang bebas yang sangat aktif dalam membunuh bakteri. Titik inilah yang dikenal sebagai break point chlorination yaitu jumlah chlor yang dibutuhkan untuk mengoksidasi semua zat. (Mahrus Ismail, 2009)

Berdasarkan data hasil penelitian yang ditunjukkan pada tabel 4.4 menunjukkan bahwa adanya sisa chlor dari proses chlorinasi dengan menggunakan chlor $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ sebagai desinfektan. Untuk mengetahui sisa chlor berdasarkan dosis dan waktu kontak digunakan rumus :

$$\text{Sisa Chlor} = \frac{1000}{100} \times \text{ml Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times N \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times 35,5$$

Contoh Perhitungan pada waktu chlorinasi 45 menit dengan dosis 8 mg/L

$$\begin{aligned} \text{Sisa Chlor} &= \frac{1000}{100} \times 1,6 \text{ ml} \times 0,01 \times 35,5 \\ &= 5,7 \text{ mgCl}_2/\text{L} \end{aligned}$$

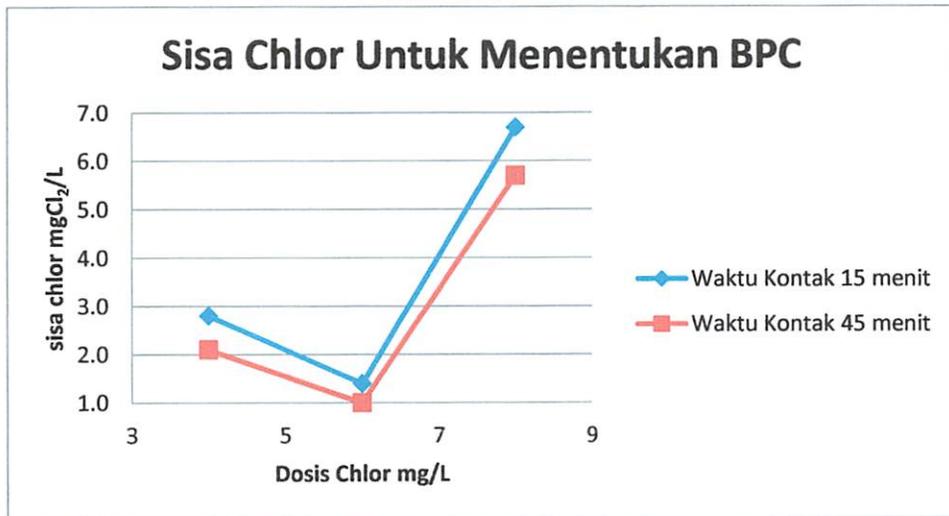
Selengkapnya hasil perhitungan Sisa chlor pada proses chlorinasi dapat dilihat pada tabel 4.19

Tabel 4.19 Sisa chlor pada proses chlorinasi

Waktu Chlorinasi	Dosis mg/L	mL $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	Sisa Chlor mgCl_2/L
15 menit	4	0.8	2.8
	6	0.4	1.4
	8	1.9	6.7
45 menit	4	0.6	2.1
	6	0.3	1
	8	1.6	5.7

Sumber : Hasil Penelitian, 2014

Berdasarkan Sisa chlor pada tabel 4.19 maka dapat ditentukan nilai *Breakpoint Chlorination* (BPC) dengan menampilkan dalam sebuah grafik sisa Chlor untuk menentukan BPC pada gambar 4.3



Gambar 4.3 Grafik Sisa Chlor untuk Menentukan *Breakpoint Chlorination*

Pada Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa nilai *Breakpoint Chlorination* ada pada dosis Chlor 6 mg/L dengan sisa chlor untuk waktu kontak 15 menit sebesar 1,4 mgCl₂/L dan waktu kontak 45 menit sebesar 1 mgCl₂/L.

4.8 Pembahasan

4.8.1 Penurunan Konsentrasi *E.coli* pada Proses Chlorinasi

Penurunan *E.coli* melalui proses chlorinasi dengan menggunakan Kalsium Hipoklorit Ca(OCl)₂ atau kaporit, chlorinasi merupakan salah satu bentuk pengolahan air yang bertujuan untuk membunuh kuman dan mengoksidasi bahan-bahan kimia dalam air (Anonim.2008)

Desinfektan adalah suatu zat yang digunakan untuk membunuh bakteri pathogen (bakteri penyebab penyakit) yang penyebarannya melalui air seperti : penyakit typhus, cholera, disentri dan lain-lain. Mekanismenya dalam membunuh mikroorganisme dengan cara merusak dinding sel, mengubah permeabilitas, mengubah sifat koloidal pada protoplasma dan menghambat efektivitas enzim (Irianto, 2007).

Jumlah chlor yang ditambahkan pada air untuk menghasilkan residu spesifik pada akhir waktu kontak (Masduqi, 2011). Jumlah chlor yang dibutuhkan untuk membunuh kuman, sangat dipengaruhi oleh keadaan air itu sendiri jika air lebih keruh tentu saja dibutuhkan chlor yang lebih banyak (Azrul, 1979)

Tabel 4.7 dan gambar 4.1 menunjukkan bahwa desinfeksi dengan menggunakan chlorinasi pembubuhan bahan kimia mampu menyisihkan konsentrasi *E.coli* dengan waktu kontak 15 menit pada dosis 4 mg/l sebesar 44,7 %, dosis 6 smg/l sebesar 54,7 % dan dosis 8 mg/l sebesar 64%. Untuk waktu kontak 45 menit pada dosis 4 mg/l sebesar 54 %, dosis 6 mg/l sebesar 64,7 % dan dosis 8 mg/l sebesar 72 %. Persentasi penyisihan terkecil terjadi pada waktu kontak 15 menit dengan dosis 4 mg/l, serta persen penyisihan terbesar terjadi pada waktu kontak 45 menit dengan dosis 8 mg/l.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu kontak dengan dosis chlor mempunyai kemampuan untuk menurunkan konsentrasi *E.coli* dengan tingkat penurunan yang berbeda, hal ini dikarenakan chlor akan lebih efektif membunuh kuman apabila konsentrasinya tinggi dan waktu kontak yang lama (Dirjen Yanmed. 2002)

Penurunan kandungan bakteri *E.coli* pada air olahan di dapatkan penurunan yang signifikan karena pada prinsipnya terdapat proses pemberian zat desinfektan berupa zat kaporit ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$) (Duta Andika, 2013)

Hasil uji korelasi dari data penelitian menunjukkan bahwa hubungan antara persen penyisihan *E.coli* dengan perbandingan waktu kontak adalah -0,512. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara waktu operasional terhadap persen penyisihan *E.coli* tidak terlalu kuat dikarenakan nilai koefisiennya tidak terlalu mendekati satu. Hubungan persen penyisihan *E.coli* dengan dosis chlor adalah -0,856. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara dosis chlor terhadap persen penyisihan *E.coli* Kuat dikarenakan nilai koefisiennya mendekati satu.

Hasil uji regresi dari data penelitian menunjukkan bahwa persentasi penyisihan *E.coli* terhadap dosis chlor adalah 3,31, ini menunjukkan bahwa dosis chlor berpengaruh secara signifikan terhadap persentasi penyisihan *E.coli*. Persentasi penyisihan *E.coli* terhadap waktu kontak adalah 1,19 menunjukkan

bahwa waktu chlorinasi berpengaruh secara tidak signifikan terhadap persentasi penyisihan *E.coli*. Hal ini dikarenakan jumlah penurunan *E.coli* lebih besar pada variasi dosis dibandingkan dengan variasi waktu chlorinasi.

Sesuai hasil analisis statistik dengan uji deskriptif, analisis korelasi, analisis regresi, analisis anova two-way dan analisis Tukey, maka dapat dikatakan bahwa persen penurunan *E.coli* semakin meningkat seiring dengan adanya penambahan dosis chlor serta waktu operasional pada proses pengolahan.

Waktu kontak dikemukakan dalam hukum chicks yaitu waktu yang dibutuhkan desinfeksi membunuh kuman-kuman yang ada dalam air, semakin lama waktu kontak maka semakin cepat kuman atau bakteri terbunuh. Variabel yang terpenting dalam desinfeksi adalah waktu kontak (Priyanto dan Masduqi, 2004)

Dosis chlor yang tepat adalah jumlah chlor dalam air yang dapat dipakai untuk membunuh kuman pathogen serta untuk mengoksidasi bahan organik dan untuk meninggalkan sisa chlor bebas sebesar 0,2 mg/l dalam air (Anomin, 2007)

4.8.2 Penurunan Konsentrasi *E.coli* pada Proses Elektrofusi Ultraviolet

Proses Desinfeksi elektrofusi ultraviolet, dengan menggunakan elektroda dan sinar ultraviolet sebagai desinfektan. Sumber sinar ultraviolet berasal dari lampu mercury yang bertekanan rendah, radiasi ultraviolet dengan panjang gelombang sekitar 254 nm mampu menembus dinding sel mikroorganisme sehingga menghalangi replikasi (Ali Masduqi, 2011)

Semakin besar tegangan listrik maka semakin besar gaya yang bekerja untuk memindahkan arus listrik dari anoda ke katoda maka semakin besar pula dampak pemaparan medan listrik terhadap dinding sel. Efisiensi elektrofusi sebagai proses desinfeksi dipengaruhi oleh resistensi elektroda yang diindikasikan oleh perubahan suhu serta dipengaruhi pula oleh nutrisi dan pH sampel yang mempengaruhi pertumbuhan bakteri (Yohanes Paulus. S, 2010)

Desinfektan agar dapat berfungsi dengan optimal harus mempunyai waktu kontak yang cukup dengan air yang diproses (Sukmawati, 2008)

Tabel 4.8 dan gambar 4.2 menunjukkan bahwa Desinfeksi dengan menggunakan elektrofusi ultraviolet mampu menyisihkan konsentrasi *E.coli* dengan daya lampu 24 watt pada waktu kontak 30 detik sebesar 24 %, dan waktu kontak 60 detik sebesar 50 %, sedangkan daya lampu 36 watt pada waktu kontak 30 sebesar 46 % dan waktu kontak 60 detik sebesar 68 %.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu kontak dengan dosis desinfektan mempunyai kemampuan untuk menurunkan konsentrasi *E.coli* dengan tingkat penurunan yang berbeda, semakin lama waktu kontak dan daya lampu maka persen penurunan *E.coli* semakin besar, hal ini disebabkan oleh efektivitas elektrofusi ultraviolet serta persentase mikroorganisme yang hancur bergantung pada waktu kontak dan intensitas lampu serta kualifikasi air yang diolah. Dosis UV yang diberikan dapat dihitung dengan perkalian antara intensitas proton yang diberikan dengan lamanya waktu pemaparan yang diberikan (Anonim, 2007)

Hasil penelitian dengan menggunakan sinar ultraviolet terjadi penurunan jumlah *E.coli* dimana penurunan tersebut menghasilkan penambahan persentase removal. Penurunan jumlah bakteri *E.coli* pada sampel air yang disinari dengan sinar UV terjadi karena adanya radiasi sinar UV yang mempunyai efek germisidal yang dapat mempengaruhi sistem genetis satu sel (Rachmad Boedisantoso, 2007)

Hasil uji korelasi dari data penelitian menunjukkan bahwa hubungan antara persen penyisihan *E.coli* dengan daya lampu adalah 0,803. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara daya lampu terhadap persen penyisihan *E.coli* kuat dikarenakan nilai koefisiennya mendekati satu. Hubungan persen penyisihan *E.coli* dengan waktu kontak adalah 0,767. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara dosis chlor terhadap persen penyisihan *E.coli* Kuat dikarenakan nilai koefisiennya mendekati satu

Hasil uji Regresi dari data penelitian menunjukkan bahwa persentasi penyisihan *E.coli* terhadap daya lampu adalah 1,17. Hal ini menunjukkan bahwa daya lampu berpengaruh secara tidak signifikan terhadap persentasi penyisihan *E.coli*. Persentasi penyisihan *E.coli* terhadap waktu pemaparan adalah 1,68 dengan kesimpulan bahwa waktu pemaparan berpengaruh secara tidak signifikan terhadap persentasi penyisihan *E.coli*. Berdasarkan persen penyisihan *E.coli*

proses elektrofusi ultraviolet dengan variasi waktu pemaparan dan daya lampu terjadi penurunan yang tidak signifikan hal ini dikarenakan rentang terhadap variasi daya lampu dan waktu pemaparan yang sedikit.

Sesuai hasil analisis statistik dengan uji deskriptif, analisis regresi, analisis korelasi dan analisis anova two-way dan analisis Tukey, maka dapat dikatakan bahwa persen penurunan *E.coli* semakin meingkat seiring dengan adanya penambahan waktu pemaparan dan daya lampu pada proses pengolahan.

Lebih besarnya daya (dosis) lampu UV yang digunakan dibandingkan dengan dosis yang harus diberikan menyebabkan proses perbaikan DNA/RNA tidak akan terjadi dan menyebabkan bakteri menjadi steril atau mati (Yohanes Paulus S, 2010)

4.8.3 Pembahasan Sisa Chlor pada Proses Chlorinasi

Kaporit ketika dilarutkan dalam air akan berubah menjadi asam hipoklorit (HOCl) dan ion hipoklorit (OCl⁻) yang memiliki sifat desinfektan. HOCl dan ion OCl⁻ bersifat sangat reaktif terhadap berbagai komponen sel bakteri disebut sebagai klor aktif (M. Burhan. R, 2010)

Salah satu kelemahan desinfeksi menggunakan kaporit adalah terbentuknya senyawa organohalogen seperti trihalomethan (THMs) dari senyawa organik berhalogen (CHCl₃) dalam air limbah dan klor. Trihalomethan merupakan senyawa karsinogenik dan mutagenik (Sururi, dkk, 2008). Ada korelasi positif antara konsentrasi kaporit yang diaplikasikan dengan konsentrasi terbentuknya THMs. Semakin tinggi konsentrasi kaporit, semakin tinggi pula konsenrsi THMs. Untuk mengantisipasi pelepasan klor yang berlebih tersebut diperlukan penentuan Breakpoint chlorination (BPC) atau titik retak klorinasi.

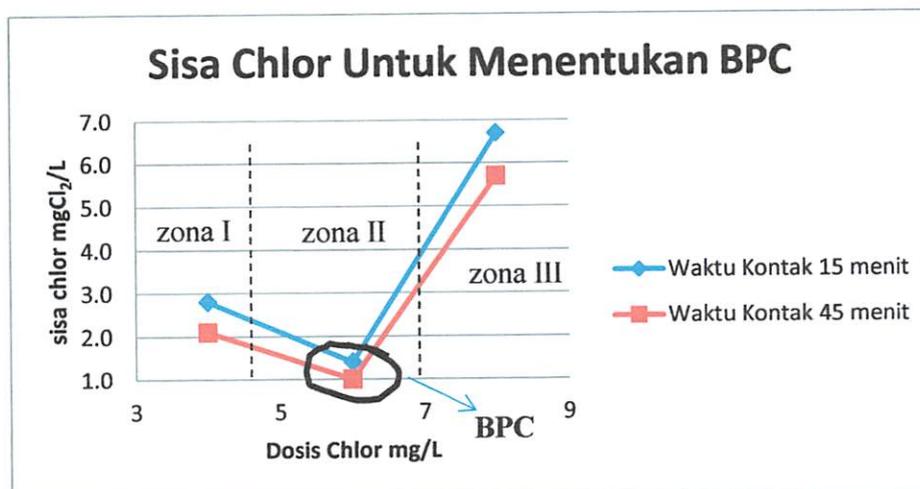
BPC adalah konsentrasi klor aktif yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik, bahan organik (amoniak) dan bahan lain yang dapat dioksidasi serta membunuh mikroorganisme jika masih ada sisa klor aktif pada konsentrasi tersebut.

Grafik 4.3 menunjukkan bahwa plot data sisa chlor dengan dosis chlor pada waktu pemaparan 15 dan 45 menit memiliki nilai break point pada dosis 6

mg/l, dengan sisa chlor 1,4 mgCl₂/L pada waktu pemaparan 15 menit, dan sisa chlor mgCl₂/L pada waktu pemaparan 45 menit pada grafik tidak berbentuk linear.

Dari data residu chlor yang di dapat lalu di plot terhadap dosis chlor, titik retak klorinasi terhadap dosis chlor yang dibandingkan pada keadaan dimana residu chlor mengalami penurunan pada dosis chlor tertentu dan akan kembali naik apabila dosis chlor ditambahkan. Data residu chlor diplot terhadap dosis chlor yang diberikan sehingga didapatkan kurva yang menunjukkan titik balik minimum residu chlor pada dosis tertentu. Dosis chlor menjadi titik balik residu chlor aktif merupakan nilai *Breakpoint Chlorination* atau titik retak chlorination (Amen, 2012)

Pada gambar 4.4 berikut merupakan Grafik Breakpoint Chlorination pada proses Chlorinasi.



Grafik 4.4 Grafik Break Point Chlorination

Pada grafik 4.4 grafik terbagi atas 3 zona dimana, pada zona I terjadi oksidasi klorin serta terjadi pembentukan Kloramin (Saiful Rapier. A, 2012). Lestari dkk., (2008) menyebutkan bahwa klor bebas yang berupa HOCl dan ion OCl⁻ aktif mengoksidasi senyawa organik maupun anorganik. Amoniak adalah salah satu senyawa anorganik yang terlarut dalam sampel yang ketika bereaksi dengan klor aktif dapat membentuk senyawa monokloramin (NH₂Cl) (M. Burhan. R, 2010)

Pada zona II kloroamin mulai terurai dan berkurang. Pada tahap ini juga terdapat BPC (*Breakpoint Chlorination*) atau titik retak klorinasi. *Breakpoint Chlorination* adalah jumlah klor yang dibutuhkan sehingga semua zat yang dapat dioksidasi teroksidasi, amoniak hilang sebagai gas N_2 masih ada residu klor aktif terlarut yang konsentrasinya dianggap perlu untuk pembasmian kuman-kuman selama proses distribusi. Monokloramin pada zona II akan habis bereaksi dengan klor bebas menjadi gas nitrogen dan dikloramin, sehingga apabila dosis chlor di tambahkan tidak akan terjadi lagi penguraian Chlor terikat monokloramin menjadi gas nitrogen (M. Burhan. R, 2010). Hal ini menyebabkan konsentrasi klor bebas dalam sampel terakumulasi, dan menyebabkan kenaikan kembali grafik (M. Burhan. R, 2010)

Pada zona III terjadi pembentukan chlor bebas. Chlor bebas memiliki kekuatan desinfeksi yang sangat kuat, tetapi keberadaan mereka hanya sesaat karena klorin sangat reaktif sehingga cepat sekali hilang keberadaannya didalam air. Karena alasan inilah Chlor bebas harus dibiarkan bereaksi dulu agar membentuk mono-, dan dikloramin yang bertahan lebih lama didalam air (Saiful Rapiet. A, 2012)

4.8.4 Pembahasan Kombinasi Proses Chlorinasi dengan Elektrofusi Ultraviolet.

Pada tabel 4.5 dan 4.6 jumlah *E.coli* dan sisa chlor pada proses kombinasi chlorinasi dengan elektrofusi ultraviolet, terjadi kenaikan persen penyisihan *E.coli* sebesar 84 % dengan sisa chlor pada air olahan sebesar 0,8 mgCl₂/l.

Pada percobaan kombinasi ini, terjadi penguraian bakteri pada 3 tahap, tahap pertama yaitu penguraian bakteri pada reaktor chlorinasi dimana chlor sebagai desinfektan mampu mengurangi dan membunuh mikroorganisme patogen pada air olahan (Muhamad Burhan, 2010). Tahap kedua terjadi pada reaktor Elektrofusi, dimana terjadi kerusakan sel pada mikroorganisme setelah dikenai medan listrik yang dialiri melalui elektroda yang berada disisi reaktor, hal ini mengakibatkan membrane permeable terhadap molekul dan makromolekul (Kristiawan A, 2004). Tahap ketiga pada saat pemaparan lampu UV yang efektif

untuk mengendalikan mikroorganisme pada permukaan yang terpapar langsung oleh sinar UV sehingga mengakibatkan terjadinya mutasi atau kematian sel (T. Ariyadi, 2009)

Sisa Chlor pada proses kombinasi ini sebesar 0,8 mgCl₂/l, pada proses ini menggunakan dosis chlor sebesar 6 mg/l dengan waktu Chlorinasi 45 menit, kebutuhan Chlor harus diperhitungkan secara cermat agar dapat efektif mengoksidasi bahan-bahan organik dan membunuh kuman patogen dan meninggalkan sisa Chlor dalam air olahan (Anonim, 2007)

4.8.5 Kajian Kualitas Air Olahan terhadap Baku Mutu

Kualitas air olahan dengan parameter E.coli dalam penelitian ini, apabila kualitas air olahan dibandingkan dengan standart baku mutu yang telah ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah No. 8 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air Kelas II yaitu Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Tabel 4.20 Perbandingan kualitas air olahan proses Chlorinasi dan Elektrofusi Ultraviolet dengan standar baku mutu

No	Parameter	Satuan	Kualitas Air Olahan		PP No. 82 Tahun 2001
			Chlorinasi	Elektrofusi Ultraviolet	
1	Fecal Coliform	Jml/100 ml	140000	160000	5000
2	Khlorin bebas	mg/l	1	-	0,03

Berdasarkan tabel 4.16 diatas menunjukkan bahwa, kualitas air olahan *E.coli* pada hasil proses chlorinasi dan elektrofusi ultraviolet dengan persen penyisihan terbesar adalah sebesar 140000 koloni/100ml dan 160000 koloni/100ml pada masih belum memenuhi standart baku mutu yang telah ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan

Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran, Peruntukan Air Kelas II sebesar 5000 koloni/100ml.

Menurut standart baku mutu yang ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran, Peruntukan Air Kelas II untuk konsentrasi chlor bebas sebesar 0,03 mg/l apabila dibandingkan dengan kualitas air olahan proses chlorinasi menghasilkan chlor bebas (sisa chlor) sebesar 1 mg/l, untuk proses elektrofusi ultraviolet tidak menghasilkan chlor bebas dikarekan pada proses ini tidak menggunakan chlor pada proses pengolahannya. Kualitas air olahan yang dihasilkan dari proses chlorinasi dengan parameter chlor bebas belum memenuhi standart baku mutu.

Kombinasi proses chlorinasi dan elektrofusi ultraviolet didapat jumlah *E.coli* pada hasil proses kombinasi sebesar 80000 koloni/100 ml, proses kombinasi ini mengalami kenaikan persen penyisihan dibanding dengan proses chlorinasi dan elektrofusi ultraviolet. Menurut standart baku mutu yang ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran, Peruntukan Air Kelas II hasil proses kombinasi belum memenuhi standart baku mutu. Proses kombinasi ini juga menghasilkan sisa chlor sebesar 0,8 mg/l yang belum memenuhi standart baku mutu sebesar 0,03 mg/l.

Hasil penelitian dari proses chlorinasi dan elektrofusi ultraviolet di dapatkan persen penurunan *E.coli* yang masih belum memenuhi standart dengan persen penurunan dari 24 % hingga 72 % dari kedua proses desinfeksi belum mencapai penurunan yang efektif hingga memenuhi standart baku mutu, hal ini disebabkan oleh tingginya konsentrasi awal *E.coli* pada air limbah domestik rumah susun yaitu sebesar 663333 koloni/ml dan 500000 koloni/ml setelah proses koagulasi-flokulasi dan sedimentasi (KFS). Sesuai dengan efktifitas bahan kimia antara waktu kontak, konsentrasi dan temperatur maka jumlah atau konsentrasi mikroorganisme yang lebih besar membutuhkan waktu yang lebih lama untuk mematikan mikroorganisme (Tri Joko, 2010)

Selain jumlah mikroorganisme, kekeruhan juga mempengaruhi keefektifan proses desinfeksi. Kondisi limbah cair domestik rumah susun sendiri dilihat

secara fisik terdapat kekeruhan yang tinggi pada air sampel sebelum dilakukan pengolahan, setelah proses KFS kondisi air sampel masih keruh dan adanya partikel yang masih belum mengendap pada air sampel tersebut. Kekeruhan dalam air disebabkan adanya senyawa organik (misal lumpur, tanah liat, oksida besi) dan zat organik serta sel-sel mikroba. Kekeruhan diukur dengan adanya pantulan cahaya (*light scattering*) oleh partikel dalam air hal ini dapat mengganggu pengamatan coliform dalam air, disamping itu kekeruhan dapat menurunkan efisiensi chlor maupun senyawa desinfektan yang lain. Kekeruhan (*turbidity*) harus dihilangkan karena mikroorganisme yang bergabung partikel yang ada di dalam air akan lebih resistan terhadap desinfektan dibandingkan dengan mikroorganisme yang bebas yang akan menaikkan kebutuhan chlor (Said, 2007)

Selain itu ada juga faktor lain yang dapat menurunkan efektifitas desinfeksi yaitu kebalnya mikroorganisme terhadap paparan desinfektan yang diberikan. Paparan pertama dapat menambah ketahanan mikroba terhadap desinfektan, paparan pengulangan mikroorganisme pada chlor menghasilkan adanya bakteri tertentu yang tahan terhadap desinfektan. Penggumpalan/penggabungan mikroorganisme patogen umumnya mengurangi efisiensi desinfektan. Sel bakteri partikel viral dan kista protozoa di dalam gumpalan sangat terlindungi dari aksi desinfektan (Said, 2007).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

- a. Proses Chlorinasi dan Elektrofusi Ultraviolet belum efektif untuk menurunkan konsentrasi *E.coli* pada air baku karena belum memenuhi standart baku mutu, bila dilihat dari persen penurunan jumlah *E.coli* maka proses chlorinasi lebih efektif dalam pengolahan air limbah menjadi air baku.
- b. Persentase penyisihan *E.coli* pada proses Chlorinasi terbesar terdapat pada dengan waktu Chlorinasi 45 menit dengan dosis Chlor 8 mg/l sebesar 72 % dengan jumlah *E.coli* sebesar 140000 koloni/100 ml. Persen Penyisihan *E.coli* pada proses Elektrofusi Ultraviolet terbesar terdapat pada daya lampu 36 watt dan pada waktu kontak 60 detik sebesar 68 % dengan jumlah *E.coli* Sebesar 160000 koloni/100 ml

5.2 Saran

- a. Penelitian berikutnya diharapkan dapat melakukan uji dosis chlor terlebih dahulu sebelum menetapkan dosis chlor yang akan digunakan, untuk mengurangi sisa chlor yang ada pada air olahan dan memperbanyak variasi dosis yang akan digunakan untuk mengetahui lebih jelas keefektifan dosis chlor dalam proses pengolahan
- b. Perlu adanya proses filtrasi sebelum dilakukannya desinfeksi, untuk mengurangi kekeruhan (turbidity) pada air sampel.
- c. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang kombinasi proses chlorinasi dan Elektrofusi Ultraviolet dengan variasi dosis, waktu chlorinai, daya lampu serta waktu kontak. Sehingga dapat menurunkan konsentrasi *E.coli* dengan nilai persentase penyisihan yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

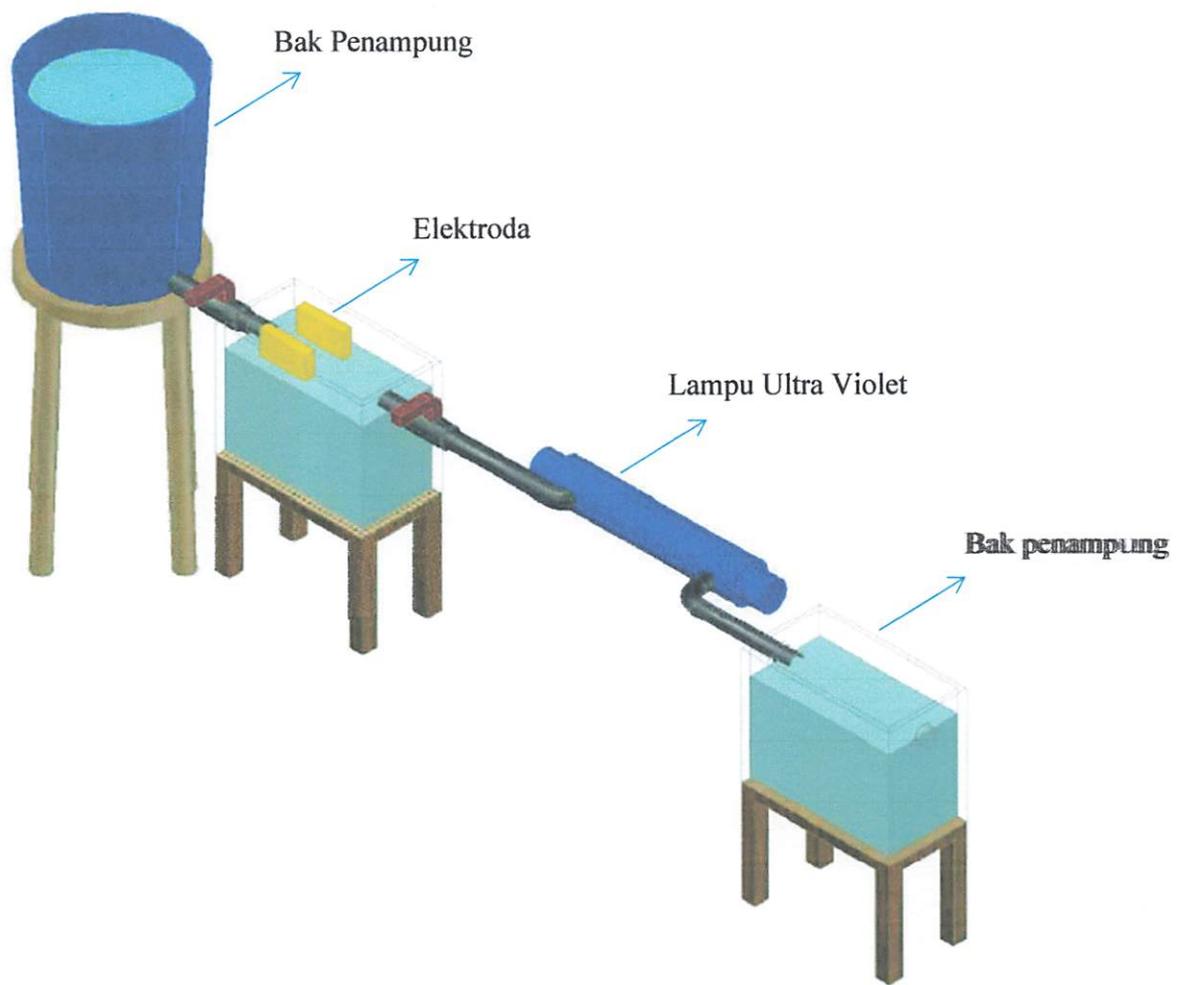
- Alaerts, dan Santika, 1984. **Metode Penelitian Air**. Usaha Nasional, Surabaya.
- Anonim, 2014. **Limbah Domestik**. <http://azwarali.wordpress.com> [Diakses 25 Februari 2014; 09.20 WIB].
- Anonim, 2014. **Desinfeksi**. <http://akuwewete.com> [Diakses 25 Februari 2014; 11.20 WIB].
- Anonim, 2008. **Desinfeksi**. <http://diglab.Usu.ac.id> [Diakses 2 mei 2014; 09.20 WIB].
- Anonim, 2007. **Desinfeksi**. <http://repository.usu.ac.id> [Diakses 7 mei 2014; 10.15 WIB].
- Anonim, 2008. **Chlorinasi**. <http://www.kelair.bppt.go.id> [Diakses 25 April 2014; 18.00 WIB].
- Anonim, 2013. **Proses Desinfeksi**. <http://www.docstoc.com> [Diakses 25 April 2014; 17.50 WIB].
- Anonim, 2013. **Desinfektan dan Antiseptik**. <http://www.docstoc.com> [Diakses 25 April 2014; 17.30 WIB].
- Administrator, 2012. **Mengenal Desinfektan dan Antiseptik**. <http://environment.uui.ac.id> [Diakses 23 April 2014; 21.30 WIB].
- Andhika Duta J.D, 2013. **Kadar Sisa Chlor dan Kandungan Bakteri E.coli Perusahaan Air Minum Tirta Moedal Semarang Sebelum dan Sesudah Pengolahan**. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro. Semarang
- Amen Ocktaviannus, 2012. **Efesiensi Penggunaan $\text{Ca}(\text{OCI})_2$ dan NaOCI Sebagai Desinfektan pada Air Hasil Olahan PDAM Tirta Pakuan**. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pakuan. Bogor
- Alegantina Sukmawati, 2008. **Pengembangan Model Proses Filtrasi dan Desinfeksi yang Mempengaruhi Kualitas Air Minum Isi Ulang**. Media Litbang Kesehatan. Jakarta

- Ariyadi T & Sinto Dewi, 2009. **Pengaruh Sinar Ultraviolet Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Bacillus sp.* Sebagai Bakteri Kontaminan.** Universitas Muhammadiyah. Semarang
- Azwar, Azrul, 1990. ***Pengantar Ilmu Kesehatan Lingkungan.*** Jakarta: PT. Mutiara Sumber Widya.
- Amin. Saiful. R, 2012. **Laporan Chlorinasi.** <http://www.scribd.com> [Diakses 13 Agustus 2014; 04.00 WIB]
- Boedisantoso, Rachmat, 2007. **Uji Penurunan Jumlah *Escherichia coli* Menggunakan Proses Fotokatalis dengan katalis TiO_2 dan Sinar UV 15 Watt.** Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS. Surabaya
- Dwijoseputro. 1998. **Dasar-dasar Mikrobiologi.** Jakarta : Djamban
- Damar. B, 2005. **Studi Efektifitas Kejutatan Listrik dalam Penurunan Bakteri *E.coli* dengan variasi Penggunaan Elemen.** Tugas Akhir, Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP, ITS. Surabaya.
- Dirjen PPM & PL dan Dirjen Yanmed, 2002. ***Pedoman Sanitasi Rumah Sakit.*** Jakarta: Dep.Kes. R.I.
- Iriawan dan Astuti, 2006. **Mengolah Data Statistik dengan Mudah menggunakan Minitab 14.** Yogyakarta : CV. Andi Offset.
- Irianto, Koes. 2007. ***Mikrobiologi (menguak dunia mikroorganisme) Jilid 1 dan 2.*** Bandung: CV.Yrama Widya.
- Ismail. Mahrus, 2009. **Efektivitas Proses Chlorinasi Terhadap Penurunan Bakteri *Escherichia Coli* dan Residu Chlor Pada Instalasi Pengolahan Air Bersih RSUD. Dr. Saiful Anwar Malang.** Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negri Malang. Malang
- Joko. Tri, 2010. **Unit Produksi dalam Sistem Penyediaan Air Minum.** Graha Ilmu. Yogyakarta

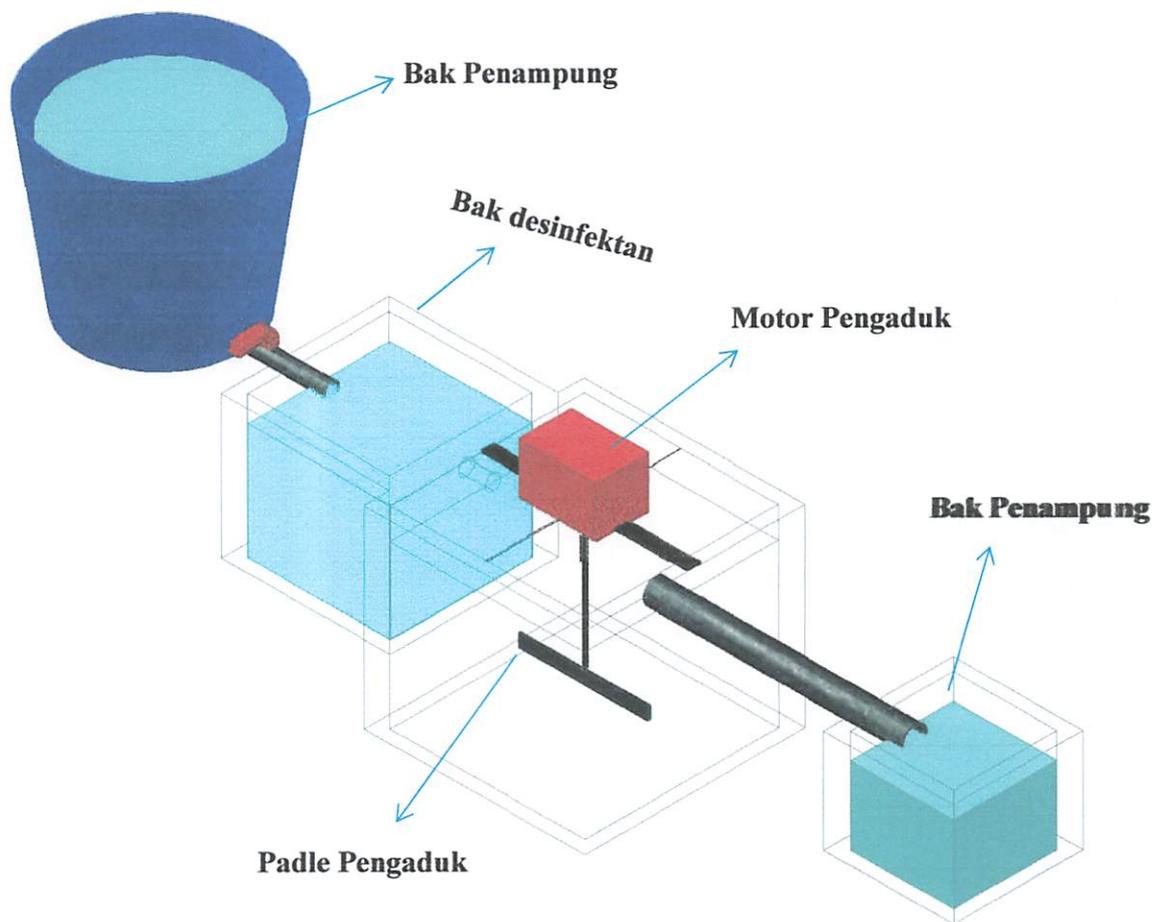
- Ken. Lisa. 2011. **More E.coli Alerts** <http://www.hightechnologyscrubs.com>
[Diakses 22 April 2014; 15.00 WIB]
- Kristiawan. A, 2004. **Studi pengembangbiakan Bakteri Baru dengan penggabungan DNA *Escherichia coli* dengan DNA *clostridium tetani***. Tugas Akhir. Jurusan Epidemiologi dan Ekotoksikologi Lingkungan, FKM, Universitas Undana. Kupang
- Lechevallier dan Kwok-Keung Au, 199. **Water Quality and Treatment**. American Water works Association
- Masduqi A, dan Slamet A, 2002. **Satuan Operasi Untuk Pengolahan Air**. Fakultas Teknik Lingkungan ITS, Surabaya
- Masduqi. Ali, 2011. **Unit Desinfeksi**, Program Sarjana Teknik Lingkungan FTSP ITS. Surabaya
- Metcalf and Eddy, 1981. **Wastewater Engineering : Treatment, Disposal, Reuse, Revised** by Geo Tchobanoglous, Tata Mc Graw-Hill Publishing Company LTD, New Delhi
- M. Burhan R, 2010. **Pengaruh Breakpoint (BPC) Terhadap Jumlah Bakteri Koliform Dari Limbah Cair Rumah Sakit Umum Daerah Sidoarjo**. Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh November
- Martin. 2001. **Teori dan Perencanaan Instalasi Pengolahan Air**. Yayasan Suryono. Bandung.
- Marthen. K, 2002. **Fisika Untuk SMA/MA Kelas X**. Jakarta : Erlangga
- Mulyana. Yunita, 2010. **Pengolahan Limbah Cair Domestik Untuk Penggunaan Ulang (*Water Reuse*)**. Pontianak : Teknik Lingkungan Universitas Tanjungpura
- Pudjarwoto, Nurindah P. 1993. **Kualitas Air Minum Ditinjau dari Sudut Mikrobiologi**. Jakarta: EGC
- Priyanto, Selamat dan Masduqi, Ahmad. 2004. **Penggunaan Secara Sehat dan Aman Desinfektan Bahan Kimia**. Jakarta: Erlangga.

- Paulus Yohanes , 2010. Uji efektivitas elektrofusi dan elektrofusi ultraviolet untuk mengendalikan jumlah bakteri E.coli pada sistem reactor aliran kontinyu. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang**
- Riyanti. Fahma, 2010. Proses Chlorinasi untuk Menurunkan Kandungan Sianida dan Nilai KOK pada Limbah Cair Tepung Tapioka. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya. Sumatera Selatan**
- Suriawiria. U, 1997, Mikrobiologi Lingkungan Jilid 2. Institut Teknologi Bandung. Bandung**
- Staf Laboratorium Mikrobiologi, 2014. Penuntun Praktikum Mikrobiologi Teknik Lingkungan. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Pembangunan. ITN Malang**
- Sutrisno. Totok, 2010. Teknologi Penyediaan air Bersih. Rineka Cipta. Jakarta**
- Said, 2007. Desinfeksi Untuk Proses Pengolahan Air Minum. Pusat Teknologi Lingkungan. BPPT**
- Waluyo, Lud, 2007. Mikrobiologi Umum. Universitas Muhamadiyah, Malang.**
- Widiyanti, NLP, 2004. Analisis Kualitatif Bakteri Koliform Pada Depo Air Minum Isi Ulang di Kota Sisingaraja Bali. Bali**

LAMPIRAN 1
SKEMA PROSES PENGOLAHAN



(Gambar Skema Proses Elektrofusi Ultraviolet)



(Gambar Skema Proses Chlorinasi)

LAMPIRAN 2

DOKUMENTASI PENELITIAN



(Gambar Paddle dan Motor Pengaduk)



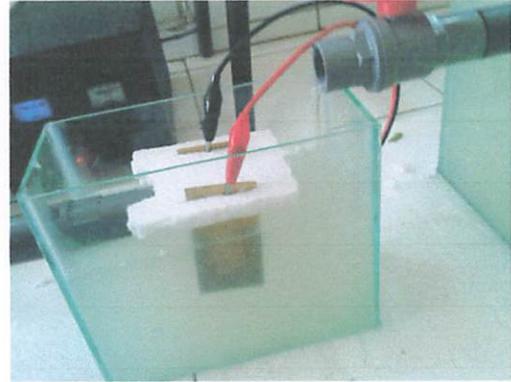
(Gambar Transmitter Medan Listrik dan Elektroda Tembaga)



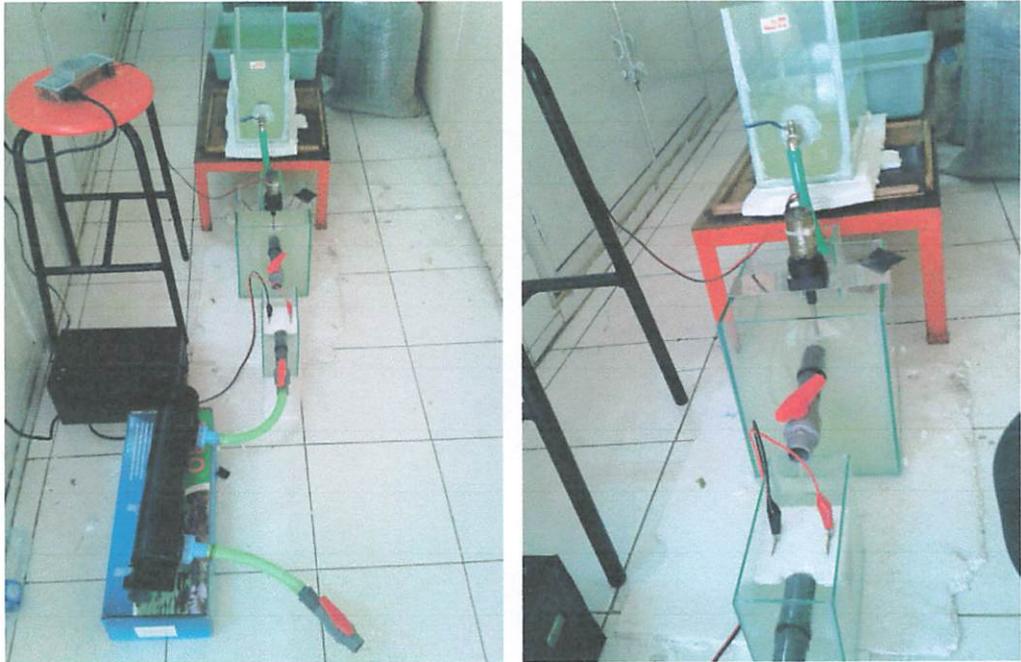
(Gambar Lampu Ultraviolet 24 watt dan 36 watt)



(Gambar Proses Chlorinasi)



(Gambar Proses Elektrofusi Ultraviolet)



(Gambar Kombinasi Chlorinasi dan Elektrofusi Ultraviolet)

LAMPIRAN 3
ANALISA DATA E.COLI DAN SISA CHLOR



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCA SARJANA MAGISTER TEKNIK

PT .BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I :Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II :Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

**HASIL PENELITIAN MENGGUNAKAN METODE MPN
(MOST PROBABLY NUMBER)
LABORATORIUM MIKROBIOLOGI ITN MALANG**

Analisis Pendahuluan : Limbah cair domestik (grey water) Rumah susun, Jln Muharato No. 5

No	Sampel	Pengulangan	Nilai MPN	MPN Sampel (koloni/mL)
1	Limbah cair domestik (grey water)	I	0,75	750000
		II	0,64	640000
		III	0,60	600000



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCA SARJANA MAGISTER TEKNIK

PT .BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

KampusI :Jl. BendunganSigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
KampusI :Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

**HASIL PENELITIAN MENGGUNAKAN METODE MPN
(MOST PROBABLY NUMBER)
LABORATRIUM MIKROBIOLOGI ITN MALANG**

Analisis : air sampel hasil dari proses koagulasi-flokulasi-sedimentasi

No	Sampel	Pengulangan	Nilai MPN	MPN Sampel (koloni/mL)
1	Air sampel (koagflok)	I	0,53	530000
		II	0,44	440000
		III	0,53	530000



**HASIL PENELITIAN MENGGUNAKAN METODE MPN
(MOST PROBABLY NUMBER)
LABORATRIUM MIKROBIOLOGI ITN MALANG**

Analisis : sampel dari proses chlorinasi dengan waktu kontak 15 menit

No	Dosis	Pengulangan	Nilai MPN	MPN Sampel (koloni/mL)
1	Dosis 4 mg/L	I	0,28	280000
		II	0,28	280000
		III	0,27	270000
2	Dosis 6 mg/L	I	0,20	200000
		II	0,24	240000
		III	0,24	240000
3	Dosis 8 mg/L	I	0,19	190000
		II	0,16	160000
		III	0,19	190000



**HASIL PENELITIAN MENGGUNAKAN METODE MPN
(MOST PROBABLY NUMBER)
LABORATORIUM MIKROBIOLOGI ITN MALANG**

Analisis : sampel dari proses chlorinasi dengan waktu kontak 45 menit

No	Dosis	Pengulangan	Nilai MPN	MPN Sampel (koloni/mL)
1	Dosis 4 mg/L	I	0,24	240000
		II	0,21	210000
		III	0,24	240000
2	Dosis 6 mg/L	I	0,19	190000
		II	0,15	150000
		III	0,19	190000
3	Dosis 8 mg/L	I	0,14	140000
		II	0,13	130000
		III	0,15	150000



**HASIL PENELITIAN MENGGUNAKAN METODE MPN
(MOST PROBABLY NUMBER)
LABORATRIUM MIKROBIOLOGI ITN MALANG**

Analisis : sampel dari proses Elektrofusi Ultraviolet dengan daya lampu 24 watt

No	waktu	Pengulangan	Nilai MPN	MPN Sampel (koloni/mL)
1	30 detik	I	0,35	350000
		II	0,44	440000
		III	0,35	350000
2	60 detik	I	0,24	240000
		II	0,24	240000
		III	0,27	270000

Analisis : sampel dari proses Elektrofusi Ultraviolet dengan daya lampu 36 watt

No	waktu	Pengulangan	Nilai MPN	MPN Sampel (koloni/mL)
1	30 detik	I	0,26	260000
		II	0,27	270000
		III	0,28	280000
2	60 detik	I	0,19	190000
		II	0,13	130000
		III	0,16	160000



**HASIL PENELITIAN MENGGUNAKAN METODE MPN
(MOST PROBABLY NUMBER)
LABORATORIUM MIKROBIOLOGI ITN MALANG**

Analisis : kombinasi dari proses Elektrofusi Ultraviolet dengan daya
lampu 34 watt dan waktu pemaparan 60 detik dan proses Chlorinasi
dengan dosis Chlor 6 mg/L dengan waktu desinfeksi 45 menit

No	sampel	Pengulangan	Nilai MPN	MPN Sampel (koloni/mL)
1	Air sampel (koagflok)	I	0,06	60000
		II	0,09	90000
		III	0,09	90000



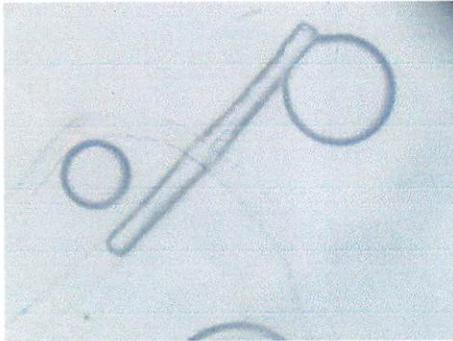
PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

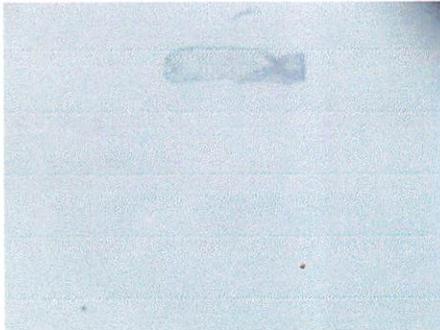
Sampel 3 pengenceran $C10^{-5}$



Sampel 5 pengenceran $A10^{-6}$



Sampel 4 pengenceran $A10^{-7}$



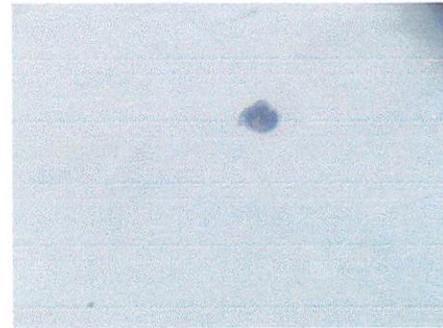
Sampel 5 pengenceran $C10^{-6}$



Sampel 4 pengenceran $B10^{-7}$



Sampel 5 pengenceran $C10^{-7}$



Sampel 4 pengenceran $C10^{-7}$



Sampel 6 pengenceran $B10^{-5}$





PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Gambar Bakteri Escherichia Coli
Pengamatan Dengan Optilab

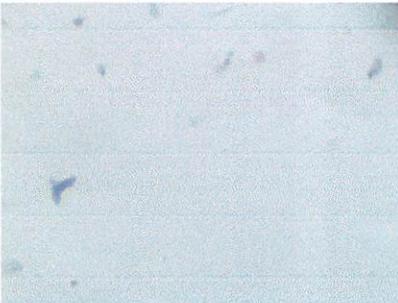
Sampel 1 pengenceran $A10^{-5}$



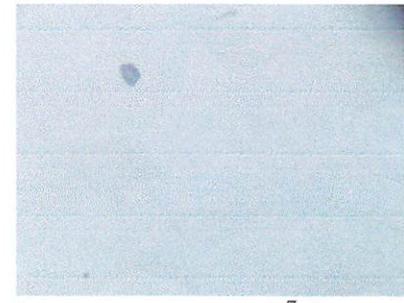
Sampel 2 pengenceran $B10^{-7}$



Sampel 1 pengenceran $A10^{-6}$



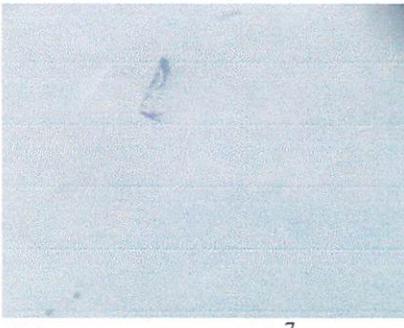
Sampel 2 pengenceran $C10^{-7}$



Sampel 1 pengenceran $A10^{-7}$



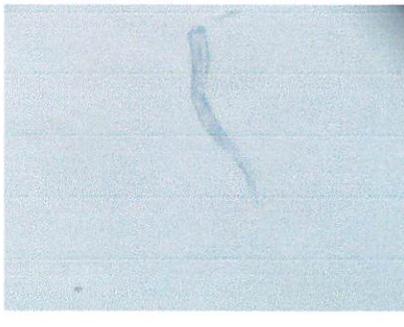
Sampel 3 pengenceran $A10^{-7}$



Sampel 2 pengenceran $A10^{-6}$



Sampel 3 pengenceran $B10^{-7}$





PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Sampel 6 penenceran $C10^{-7}$



Sampel 10 penenceran $A10^{-5}$

Sampel 7 penenceran $A10^{-7}$



Sampel 8 penenceran $B10^{-7}$



Sampel 9 penenceran $A10^{-6}$

Malang, 15 Juli 2014
Kepala Laboratorium Mikrobiologi



Rini Kartika Dewi, S.T. M.T.
NIP.Y.1030100370



HASIL ANALISIS SAMPEL

1. Data Konsumen
 - Nama Konsumen : Dessy One Maria Marpaung
 - NIM : 1026026
 - Instansi : -
 - Alamat : Jln. Bendungan Tangga No. 16
 - Telepon : 085 261 714 923
 - Status : Mahasiswa
 - Keperluan Analisis : Uji Kualitas
2. Proses Sampling : Dilakukan Oleh Konsumen
3. Lokasi Sampling : Limbah Cair Rumah Susun A Kelurahan Kota Lama, Malang
4. Identifikasi Sampel
 - Nama Sampel : limbah Cair
 - Wujud : Cair
 - Warna : Putih keruh
 - Bentuk : Cair
5. Prosedur Analisis : Dari Lab. Teknik Lingkungan
Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP – ITN Malang
6. Proses Analisis : Dilakukan Oleh Konsumen
7. Hasil Pengolahan : Proses Chlorinasi
8. Penyampaian Laporan : Diambil Konsumen
9. Tanggal Terima Sampel : 5 Juli 2014
10. Data Hasil Analisa :

**Analisis Titrasi $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ Proses Chlorinasi**

No	Waktu Chlorinasi	Dosis	Penggulungan			Konsentrasi Akhir (mg/l)	Metode Analisis
			I	II	III		
1	15 Menit	4	0,8	0,7	0,8	0,8	Titrimetri
		6	0,4	0,5	0,4	0,4	
		8	1,8	1,9	2	1,9	
2	45 Menit	4	0,6	0,6	0,7	0,6	
		6	0,3	0,3	0,3	0,3	
		8	1,7	1,6	1,6	1,6	

Catatan : Hasil analisis ini hanya berlaku untuk sampel yang kami terima dengan kondisi sampel saat itu.

Malang, 1 September 2014

Asisten Laboratorium Pendamping

Konsumen

Khusnul Khatimah
NIM. 1126015

Dessy One M. Marpaung
NIM. 1026026

Mengetahui
Kepala Laboratorium Teknik Lingkungan

Dr. Ir. Hery Setyobudiarso, M.Si
NIP. 196106201991031002

LAMPIRAN 4
LEMBAR ASISTENSI



LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

Nama : Dessy One Maria Marpaung
NIM : 10.26.026
Jurusan : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Candra Dwiratna, ST. MT

No.	Tanggal	Catatan/Keterangan	Tanda Tangan
1.	18-6-2014	Bab I - cek redaksional - cek v/ manfaat penelitian	
2.	14-7-2014	Bab I o) tambah hasil analisis pada badan air limbah Bab II o) cek redaksional o) Flow chart cek lagi Lanjutkan bab IV.	
3.	21-7-2014	v/ statistik tek redakho nal, lanjutkan pembahasan	
4.	6-8-2014	o) cek redaksional o) Tambah jurnal teks terbaru.	



LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

Nama : Dessy One M Marpaung
NIM : 10.26.026
Jurusan : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Candra Dwiratna, ST. MT

No.	Tanggal	Catatan/Keterangan	Tanda Tangan
5.	7-8-2014	67 cek Reduksional 67 Ketiipulan 67 hsbu laporan	