

SKRIPSI

**UJI EFEKTIFITAS ELEKTROFUSI
DAN ELEKTROFUSI ULTRAVIOLET
UNTUK MENGENDALIKAN JUMLAH BAKTERI *E.COLI*
PADA SISTEM REAKTOR ALIRAN KONTINYU**

**DISUSUN OLEH :
YOHANES PAULUS SESO RENGGO
05.26.004**

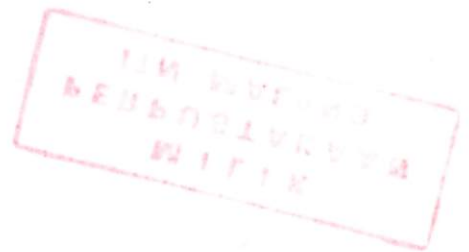


**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2010

3119

ИИГДИНИ ТЕХНОЛОГИ ИУГИНИУУ НУГУИУ
ЛУКЦУЛУС ТЕХНИК ЗИМГ ОУИ БЕВЕРИСУУУ УИ
ТАХЦУУИ ТЕХНИК ГИАСКЦУСУИ
БРОСКУИ. ВІЛДИ ТЕХНИК ГИАСКЦУСУИ



0421 004

АОНУИЕС БУАГІС ЗІСО БЕРССО
ВИРСОН ОУИ

ЛУДУ ВІСЛЕИ НЕУКЛОИ УГІВУИ КОКЦІИ
ЦІЛІК ИЕИСЕНДУГІКУИ ТОИГУИ БУКЦЕНІ ЕСОИ
ОУИ ЕРЕКЦІОИИИ ПІКЦУАЮГЕІ
ОИ ЕРЕКЦІИИЛУС ЕРЕКЦІОСЮСИ

2821-21

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

UJI EFEKTIFITAS ELEKTROFUSI
DAN ELEKTROFUSI ULTRAVIOLET
UNTUK MENGENDALIKAN JUMLAH BAKTERI *E. COLI*
PADA SISTEM REAKTOR ALIRAN KONTINYU

Oleh :

YOHANES PAULUS SESO RENGGO

05.26.004

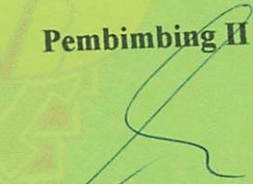
Menyetujui :
Dosen Pembimbing

Pembimbing I



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

Pembimbing II



Hardianto, ST.MT.
NIP. P. 1030000350

Mengetahui

Ketua Jurusan/Prodi Teknik Lingkungan



Candra Dwiratna, ST. MT
NIP. Y. 1030000349

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN


NAMA : YOHANES PAULUS SESO RENGGO
NIM : 05.26.004
JURUSAN : TEKNIK LINGKUNGAN
JUDUL : UJI EFEKTIFITAS ELEKTROFUSI
DAN ELEKTROFUSI ULTRAVIOLET
UNTUK MENGENDALIKAN JUMLAH BAKTERI *E.COLI*
PADA SISTEM REAKTOR ALIRAN KONTINYU

Dipertahankan di hadapan Tim Penguji Ujian Skripsi Jenjang Program
Starata Satu (S-1)

Pada Hari : Sabtu
Tanggal : 21 Agustus 2010
Dengan Nilai : **B⁺** (79,70)

PANITIA UJIAN SKRIPSI

KETUA



Candra Dwiratna, ST. MT
NIP. Y. 1030000349

SEKRETARIS


Evy Hendriarianti, ST. MMT
NIP. Y. 103 030 0382

ANGGOTA PENGUJI

PENGUJI I


Sudiro, ST. MT
NIP. 1039900327

PENGUJI II


Candra Dwiratna, ST. MT
NIP. Y. 1030000349

Renggo, Y. P. S, Setyobudiarso, H., Hardianto., 2010. *Uji Efektifitas Elektrofusi dan Elektrofusi Ultraviolet Untuk Mengendalikan Jumlah Bakteri E.coli Pada Sistem Reaktor Aliran Kontinyu*. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional Malang.

ABSTRAKSI

Bakteri *Escherichia coli* (*E.coli*) merupakan jenis bakteri kolon atau bakteri yang berasal dari usus besar manusia dan hewan yang mencemari lingkungan lewat tinja. Kehadiran bakteri *E.coli* dalam badan air yang dikonsumsi merupakan salah satu indikator bahwa air yang akan dikonsumsi telah mengalami pencemaran. Untuk memenuhi standar mutu air minum dibutuhkan serangkaian pengolahan dan salah satu metode pengolahan yang digunakan untuk menghilangkan pencemaran oleh bakteri pathogen adalah desinfeksi. Timbulnya efek yang bersifat racun bagi manusia (tertogenik dan karsiogenik) sebagai salah satu kekurangan dari metode desinfeksi yang sering digunakan seperti klor, menimbulkan sebuah alternatif metode desinfeksi baru yaitu dengan elektrofusi dan elektrofusi ultraviolet. Metode elektrofusi merupakan sebuah proses pelepasan arus listrik ke media penghantar dengan tujuan memisahkan atau menggabungkan muatan media yang dialiri dan elektrofusi ultraviolet merupakan penggabungan proses elektrofusi dengan sinar UV. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui keefektifan metode elektrofusi dan elektrofusi ultraviolet dalam mendesinfeksi bakteri *E.coli* dan mengetahui tingkat penurunan jumlah bakteri *E.coli* dengan menggunakan elektrofusi dan elektrofusi ultraviolet sebagai metode desinfeksi.

Jenis elektroda yang digunakan adalah tembaga (Cu). Variasi yang digunakan adalah waktu pemaparan : 10, 15 dan 20 detik ; tegangan listrik : 125 volt dan 240 volt. Penelitian ini diaplikasikan pada reaktor aliran kontinyu dengan kuat arus yang digunakan sebesar 3A dan luasan elektroda 5 × 20 cm. Metode analisis yang digunakan untuk mengetahui jumlah bakteri *E.coli* adalah MPN (*Most Probable Number*), untuk mengukur pH adalah pH meter atau kertas pH dan suhu digunakan termometer raksa 110⁰ C.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase penyisihan bakteri *E.coli* tertinggi terjadi pada proses elektrofusi ultraviolet sebagai metode desinfeksi dengan waktu pemaparan 20 detik dan tegangan listrik 240 volt sebesar 92 % sedangkan persentase penyisihan bakteri *E.coli* terendah terjadi pada proses elektrofusi sebagai metode desinfeksi dengan waktu pemaparan 10 detik dan tegangan listrik 125 volt sebesar 19,667 %.

Kata Kunci : Aliran Kontinyu, Desinfeksi, *E.coli*, Elektroda, Elektrofusi, Kuat arus, sinar UV dan Tegangan listrik

Renggo, Y. P. S, Setyobudiarso, H., Hardianto., 2010. *Test Effectiveness and Elektrofusi Elektrofusi Ultraviolet For Controlling Number of E.coli Bacteria In Continuous Flow Reactor System. Thesis.* Department of Environmental Engineering National Institute of Technology, Malang.

ABSTRACT

Escherichia coli (E. coli) is a type of colon bacteria or bacteria that comes from the large intestine of humans and animals that contaminate the environment through feces. The presence of E.coli bacteria in the body of water consumed is one indicator that the water pollution will have been consumed. To meet drinking water quality standards required one set of processing and processing methods used to eliminate contamination by bacterial pathogens is disinfection. Incidence of toxic effects for humans (teratogenik and karsinogenik) as one of the shortcomings of the commonly used disinfection methods, such as chlorine, lead to a new alternative method of disinfection with ultraviolet elektrofusi and elektrofusi. Elektrofusi method is a process of letting an electric current to the media penghantar with the aim of separating or combining media content is streamed and ultraviolet elektrofusi elektrofusi a merger process with UV light. The purpose of this study was to determine the effectiveness of the method in the ultraviolet elektrofusi elektrofusi and decontaminate E. coli and know the level of reduction of E. coli bacteria by using ultraviolet elektrofusi elektrofusi and as a method of disinfection.

Type of electrodes used were copper (Cu). Variation of exposure time used was: 10, 15 and 20 seconds; electric voltage: 125 volts and 240 volts. This research was applied to the continuous flow reactor with a strong current that is used for 3A and area of the electrodes 5 x 20 cm. The analytical method used to determine the amount of E. coli is a MPN (Most Probable Number), for measuring pH is the pH meter or pH paper used and the temperature 110 0 C. The mercury thermometer.

The results showed that the highest percentage of allowance for E. coli occurred in elektrofusi process as a method of disinfection with ultraviolet exposure time of 20 seconds and 240 volt electrical voltage by 92% while the lowest percentage of allowance for E. coli occurred in elektrofusi process as a method of disinfection with time exposure 10 seconds and the voltage of 125 volts 19.667%.

Keywords: Continuous Flow, disinfection, E. coli, Electrodes, Elektrofusi, Strong current, voltage and UV rays.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Kuasa, yang telah melimpahkan rahmat dan berkat-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul **“Uji Efektifitas Elektrofusi dan Elektrofusi Ultraviolet Untuk Mengendalikan Jumlah Bakteri *E.coli* Pada Sistem Reaktor Aliran Kontinyu”** ini tepat pada waktunya.

Skripsi ini disusun setelah melalui penelitian, analisis data dan pembahasan dari data yang telah diperoleh dari penelitian. Skripsi ini dapat terselesaikan berkat bantuan, kerja sama dan bimbingan dari semua pihak, karena itu dalam kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada yang terhormat :

1. Bapak Dr. Ir. Hery Setyobudiarso, M.Si., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, masukan dan saran demi kesempurnaan laporan skripsi ini.
2. Bapak Hardianto, ST. MT., selaku dosen pembimbing dan Kepala Laboratorium Teknik Lingkungan yang telah memberikan bimbingan, masukan dan saran demi kesempurnaan laporan skripsi ini.
3. Bapak/Ibu Pembahas Skripsi Ini.
4. Ibu Candra Dwi Ratna, ST. MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
5. Ibu Evy Hendriarianti, ST. MMT., Sekretaris Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang .
6. Dosen pengajar dan staf Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
7. Teman – teman Teknik Lingkungan yang telah banyak membantu mulai dari awal sampai selesainya laporan skripsi ini.
8. Semua pihak yang telah ikut membantu dalam proses penyelesaian laporan skripsi ini.

Kesadaran akan masih banyaknya kekurangan atas laporan ini, membuat penyusun berharap akan adanya masukan dan saran yang bersifat konstruktif demi kesempurnaan skripsi yang saya susun.

Akhirnya penyusun berharap Laporan Skripsi ini dapat bermanfaat bagi almamater, khususnya para rekan-rekan mahasiswa Teknik Lingkungan ITN Malang dan masyarakat luas pada umumnya.

Malang, Agustus 2010

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN

ABSTRAKSI

KATA PENGANTAR

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

BAB I PENDAHULUAN

| | |
|------------------------------------|---|
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 4 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 4 |
| 1.4 Ruang Lingkup Penelitian | 4 |

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

| | |
|---|----|
| 2.1 Proses Desinfeksi | 5 |
| 2.1.1 Desinfeksi Secara kimiawi..... | 5 |
| 2.1.2 Desinfeksi Secara fisik | 8 |
| 2.2 Klasifikasi dan Sifat Bakteri Uji (<i>E.coli</i>) | 14 |
| 2.2.1 Pengaruh Faktor Lingkungan..... | 15 |
| 2.2.2 Sel Prokaryot..... | 16 |
| 2.2.3 Bentuk Fisik Bakteri <i>E.coli</i> | 18 |
| 2.3 Medan Listrik..... | 18 |
| 2.4 Arus, Tegangan dan Hambatan..... | 19 |
| 2.4.1 Arus | 19 |
| 2.4.2 Tegangan (V) | 19 |
| 2.4.3 Hambatan (R)..... | 19 |
| 2.5 Arus Bolak-balik (AC) | 20 |
| 2.6 Pemilihan Logam Untuk Elemen..... | 21 |
| 2.7 Elektroporasi dan Elektrofusi | 21 |
| 2.8 Pengaruh Listrik Terhadap Protein | 23 |

| | |
|--|----|
| 2.9 Alat Pemancar Kejut Listrik | 24 |
| 2.10 Prinsip Metode Desinfeksi Dengan Kejut Listrik..... | 24 |
| 2.11 Ultraviolet <i>Water Sterilization Lamp</i> | 25 |
| 2.11.1 Desain Ultraviolet..... | 29 |
| 2.11.2 Kelebihan dan Kekurangan UV | 30 |
| 2.12 Persyaratan Kualitas Air Minum..... | 31 |
| 2.13 Metode Pengolahan Data..... | 32 |
| 2.13.1 Statistik Deskriptif dan Inferensi | 32 |
| 2.13.2 Analisis Korelasi | 32 |
| 2.13.3 Analisis Regresi..... | 33 |
| 2.13.4 Pengantar Desain Eksperimen..... | 34 |
| 2.14 Analisis of variance..... | 34 |

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

| | |
|--|----|
| 3.1 Ide Studi..... | 35 |
| 3.2 Studi Literatur | 35 |
| 3.3 Variabel Penelitian | 35 |
| 3.4 Alat dan Bahan..... | 36 |
| 3.4.1 Alat-alat Penelitian | 36 |
| 3.4.2 Bahan-bahan Penelitian | 40 |
| 3.5 Pelaksanaan penelitian | 42 |
| 3.5.1 Pelaksanaan Penelitian Desinfeksi dengan Elektrofusi..... | 42 |
| 3.5.2 Pelaksanaan Penelitian Desinfeksi dengan Elektrofusi Ultraviolet | 43 |
| 3.6 Analisis Parameter Uji dan Parameter Kontrol..... | 43 |
| 3.7 Analisis Data..... | 44 |
| 3.8 Kesimpulan dan Saran..... | 44 |
| 3.9 Kerangka Penelitian | 45 |

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

| | |
|---------------------------------------|----|
| 4.1 Karakteristik Sampel Buatan | 46 |
| 4.2 Hasil Penelitian | 47 |
| 4.3 Analisis Statistik | 48 |
| 4.3.1 Analisis Deskriptif..... | 48 |

| | |
|---|----|
| 4.3.2 Analisis Korelasi | 52 |
| 4.3.3 Analisis Regresi | 55 |
| 4.3.4 Analisis Anova | 59 |
| 4.4 Pembahasan Desinfeksi Bakteri <i>E.coli</i> | |
| Dengan Menggunakan Elektrofusi dan Elektrofusi ultraviolet | 63 |
| 4.4.1 Desinfeksi Dengan Menggunakan Elektrofusi | 63 |
| 4.4.2 Desinfeksi Dengan Menggunakan Elektrofusi Ultraviolet..... | 65 |
| 4.4.3 Pandangan Hasil Penelitian Berdasarkan Syarat Bakterialogis | |
| Air Minum Menurut KEP.MENKES Tahun 2002..... | 68 |

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

| | |
|----------------------|----|
| 5.1 Kesimpulan | 70 |
| 5.2 Saran | 70 |

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1. Sifat-sifat Logam Sebagai Penghantar | 19 |
| Tabel 2.2. Karakteristik Dari Jenis-jenis Lampu UV | 26 |
| Tabel 2.3. Dosis Sap (dalam mikrowatt-detik/cm ²) | 28 |
| Tabel 2.4. Persyaratan Bakteriologis Air Minum..... | 31 |
| Tabel 4.1. Hasil Analisis Awal Sampel Buatan..... | 46 |
| Tabel 4.2. Jumlah Total Bakteri <i>E.coli</i> Pada Sampel Buatan Dengan Elektrofusi Sebagai Metode Desinfeksi | 47 |
| Tabel 4.3. Jumlah Total Bakteri <i>E.coli</i> Pada Sampel Buatan Dengan Elektrofusi ultraviolet Sebagai Metode Desinfeksi..... | 47 |
| Tabel 4.4. Jumlah Total dan % Penyisihan Bakteri <i>E.coli</i> Pada Sampel Buatan Dengan Elektrofusi Sebagai Metode Desinfeksi | 49 |
| Tabel 4.5. Jumlah Total dan % Penyisihan Bakteri <i>E.coli</i> Pada Sampel Buatan Dengan Elektrofusi Ultraviolet Sebagai Metode Desinfeksi..... | 51 |
| Tabel 4.6. Analisis Korelasi Antara % Penyisihan Bakteri <i>E.coli</i> Dengan Waktu Pemaparan (detik) dan Tegangan Listrik (volt)..... | 52 |
| Tabel 4.7. Analisis Korelasi Antara % Penyisihan Bakteri <i>E.coli</i> Dengan Waktu Pemaparan (detik) Dan Tegangan Listrik (volt)..... | 54 |
| Tabel 4.8. Analisis Regresi Antara % Penyisihan Bakteri <i>E.coli</i> Dengan Waktu Pemaparan (detik) dan Tegangan Listrik (volt)..... | 56 |
| Tabel 4.9. Analisis Regresi Antara % Penyisihan Bakteri <i>E.coli</i> Dengan Waktu Pemaparan (detik) dan Tegangan Listrik (volt)..... | 58 |
| Tabel 4.10. Uji Anova Antara % Penyisihan Bakteri <i>E.coli</i> Dengan Waktu Pemaparan (detik) | 60 |
| Tabel 4.11. Uji Anova Antara % Penyisihan Bakteri <i>E.coli</i> Dengan Tegangan Listrik (volt)..... | 60 |
| Tabel 4.12. Uji Anova Antara % Penyisihan Bakteri <i>E.coli</i> Dengan Waktu Pemaparan (detik) | 62 |
| Tabel 4.13. Uji Anova Antara % Penyisihan Bakteri <i>E.coli</i> Dengan Tegangan Listrik (volt)..... | 62 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1. Membran Sel Pada Gram Negatif..... | 17 |
| Gambar 2.2. Bakteri <i>E.coli</i> | 18 |
| Gambar 2.3. Pemancaran Medan Listrik Dari Elektroda..... | 18 |
| Gambar 2.4. Gelombang Arus DC Dan Arus AC | 20 |
| Gambar 2.5. Bakteri <i>E.coli</i> dan Bakteri Yang Mengalami Kerusakan | 22 |
| Gambar 2.6. Elemen Tembaga | 22 |
| Gambar 2.7. Elemen <i>Stainless Steel</i> | 22 |
| Gambar 2.8. Bagan Alat Elektrofusi..... | 24 |
| Gambar 2.9. Untaian Benang DNA | 27 |
| Gambar 3.1. Reaktor Desinfeksi Dengan Metode Elektrofusi..... | 38 |
| Gambar 3.2. Reaktor Desinfeksi Dengan Metode Elektrofusi Ultraviolet | 39 |
| Gambar 3.3. Transmitter Medan Listrik..... | 40 |
| Gambar 3.4. Arah Aliran Air pada Proses Elektrofusi | 43 |
| Gambar 3.5. Arah Aliran Air pada Proses Elektrofusi Ultraviolet..... | 43 |
| Gambar 3.6. Kerangka Penelitian..... | 45 |
| Gambar 4.1. Grafik Hubungan Waktu Pemaparan Terhadap % Penyisihan Bakteri <i>E.coli</i> Pada Tegangan Listrik 125 volt dan 240 volt..... | 49 |
| Gambar 4.2. Grafik Hubungan Waktu Pemaparan Terhadap % Penyisihan Bakteri <i>E.coli</i> Pada Tegangan Listrik 125 volt dan 240 volt..... | 51 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air merupakan salah satu bahan pokok yang dibutuhkan dalam kehidupan manusia akan tetapi jika air telah mengalami pencemaran dapat pula menyebabkan sakit bagi manusia. Sakit yang dialami manusia merupakan dampak dari pencemaran yang disebabkan oleh berbagai macam pencemaran yang terkandung dalam air yang dikonsumsi. Air yang dikonsumsi oleh manusia secara umum berasal dari air permukaan tanah (air sungai, air danau) maupun air bawah permukaan tanah (air sumur) yang terkadang kualitasnya diragukan. Keraguan akan kualitas air ini diakibatkan bertambahnya kuantitas limbah baik itu bersifat domestik maupun non domestik yang saat ini dibuang langsung maupun tidak langsung ke badan air.

Parameter pencemaran dalam air ada bermacam-macam baik dari fisik (TSS, kekeruhan), kimia (Fe, Mn, Pb) dan Biologi (bakteri patogen). Kehadiran bakteri patogen dalam badan air merupakan salah satu indikator bahwa air yang akan dikonsumsi telah mengalami pencemaran. Bakteri patogen dalam air ada bermacam-macam seperti *Salmonella typhosa*, *Shigella dysenteriae*, *Entamoeba histolytica*, *Vibrio comma*, *Clostridium tetani* dan *E. coli* (Dwidjoseputro, 1998). Beberapa bakteri patogen tersebut yang paling banyak ditemukan dalam air adalah bakteri *E.coli*. Bakteri *E. coli* merupakan jenis bakteri kolon atau bakteri yang berasal dari usus besar manusia dan hewan yang mencemari lingkungan lewat tinja. Untuk memenuhi standar mutu air minum dibutuhkan serangkaian pengolahan dan salah satu metode pengolahan yang digunakan untuk menghilangkan pencemaran oleh bakteri patogen adalah desinfeksi.

Sterilisasi didefinisikan sebagai proses penghancuran semua bentuk kehidupan sedangkan desinfeksi merupakan proses yang menghancurkan sel-sel vegetatif penyebab infeksi (bakteri) namun tidak selalu mematikan spora

(Chan dan Pelczar, 1988). Desinfeksi dapat dilakukan secara fisik dan kimia. Di Indonesia metode desinfeksi yang paling banyak digunakan adalah dengan menggunakan klor. Pemilihan klor, selain karena efektif dalam mereduksi bakteri, tidak memerlukan biaya yang mahal dalam penggunaannya, juga memiliki efek kerja yang berkepanjangan. Namun metode ini masih memiliki kekurangan, dimana klor yang digunakan mempunyai efek yang bersifat racun bagi manusia, misalnya efek karsinogenik, berkurangnya kemampuan dalam reproduksi, teratogenik, rusaknya organ-organ spesifik, misalnya ginjal dan sistem syaraf (Hadi,1998; Anonim, 2009)

Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta tuntutan manusia akan produk yang bersih dan sehat, maka dikembangkan metode desinfeksi yang telah digunakan sebelumnya yaitu elektrofusi dan elektrofusi ultraviolet. Elektrofusi merupakan proses pelepasan arus listrik ke media penghantar dengan tujuan memisahkan atau menggabungkan muatan media yang dialiri (McGray, 1997). Proses elektrofusi ultraviolet merupakan metode penggabungan antara elektrofusi dengan *ultraviolet water sterilization lamp* .

Penelitian mengenai desinfeksi dengan elektrofusi dan sinar ultraviolet dijadikan sebagai acuan penentuan variabel penelitian desinfeksi bakteri dengan metode elektrofusi dan elektrofusi ultraviolet. Baykon, 1989, menganalisis daya tahan 300 bakteri *Bacillus Megatrium* terhadap pemaparan pulsa listrik 5A dengan tegangan 125 dan 240 volt/AC. Hasil analisis ternyata semakin besar tegangan listrik (240 V), semakin lama waktu pemaparan (28 detik) maka efisiensi removal bakteri diperoleh semakin besar (89,66 %). Damar, 2005, menganalisis jenis elemen yang digunakan sebagai elektroda (aluminium, *stainless steel* dan tembaga) dengan kuat arus 2A dan tegangan listrik 220 volt/AC serta waktu variasi pemaparan 5, 10, dan 20 detik. Hasil analisis diperoleh bahwa elemen tembaga merupakan jenis elemen terbaik karena mampu meremoval bakteri pada detik ke 20 sebesar 41,125 %. Penelitian yang dilakukan oleh Matsunaga digunakan TIN sebagai elektroda dengan waktu pemaparan arus listrik selama

60 menit. Hasil yang diperoleh bahwa rasio kehidupan khusus bakteri *E.coli* sebesar $0 \pm 0,2$.

Dalam proses desinfeksi selain penelitian mengenai elektrofusi, juga digunakan penelitian mengenai desinfeksi dengan UV. Santoso, 2007, meneliti efektifitas UV C standart 30 watt dan waktu pemaparan 30 menit untuk mendesinfeksi bakteri *E.coli* dengan variasi kecepatan aliran sebesar 0,04 m/s, 0,05 m/s dan 0,06 m/s. Hasil analisa diperoleh bahwa dengan kecepatan aliran 0,04 m/s efisiensi removal sebesar 93,004 %. Setiawan, 2007 melakukan penelitian mengenai efektifitas desifeksi bakteri *E.coli* dengan UV T-1500, dengan variasi daya lampu. Hasil penelitiannya UV lamp 900 watt mampu meremoval bakteri 48% sedangkan lampu UV1200 watt mampu meremovel bakteri 98%. Pada penelitian ini debit air maksimum yang dicapai adalah 11 lt/dt dengan radiasi minimum 654,455 W/m².

Hasil penelitian di atas menunjukkan penurunan bakteri *E.coli* pada proses elektrofusi dan elektrofusi ultraviolet dipengaruhi oleh beberapa faktor. Untuk proses elektrofusi faktor yang mempengaruhi antara lain jenis elektroda, kuat arus yang mengalir, besar tegangan listrik dan waktu proses. Sedangkan faktor-faktor yang mempengaruhi proses desinfeksi dengan ultraviolet (UV) antara lain jenis bakteri, intensitas cahaya, waktu interaksi dengan cahaya UV dan kecepatan aliran (Lechevallier dan Kwok-Keung Au, 2004). Dalam perkembangannya pengolahan air dengan elektrofusi dan elektrofusi ultraviolet terbentur dengan permasalahan umum yaitu efektifitas dari elektrofusi dan elektrofusi ultraviolet dipengaruhi oleh jenis elektroda, jumlah elektroda, kuat arus yang mengalir, jarak antar elektroda, jumlah dan penempatan elektroda, besar tegangan listrik, waktu proses, kecepatan aliran, debit aliran, tingkat kekeruhan dan jenis bakteri serta penggunaan listrik yang terkadang lebih mahal pada beberapa daerah.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh tegangan listrik, waktu pemaparan arus listrik dan sinar ultraviolet (UV) dalam menurunkan jumlah bakteri *E.coli* ?
2. Seberapa besar tingkat penurunan jumlah bakteri *E.coli* dengan menggunakan elektrofusi dan elektrofusi ultraviolet sebagai metode desinfeksi?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui tingkat penurunan jumlah bakteri *E.coli* dengan menggunakan elektrofusi dan elektrofusi ultraviolet sebagai metode desinfeksi.
2. Mengetahui keefektifan desinfeksi dengan menggunakan metode elektrofusi dan elektrofusi ultraviolet terhadap penurunan jumlah bakteri *E. coli*.

1.4. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah :

1. Pembahasan ini hanya ditinjau dari kemampuan arus listrik dan sinar ultraviolet untuk mendesinfeksi bakteri *Escherichia coli* (*E.coli*).
2. Sampel yang digunakan adalah *aquadest* yang ditambahkan dengan biakan murni *E.coli*, yang diperkaya dengan *Nutrient Broth*.
3. Sumber UV adalah *ultraviolet water sterilization lamp* dengan daya 14 watt.
4. Suhu sampel sesuai dengan suhu lingkungan dan pH sampel netral.
5. Percobaan ini dilakukan dengan proses *Continuous Stirred Tank Reactor* dalam skala laboratorium.
8. Efisiensi ditentukan berdasarkan tingkat removal jumlah bakteri *E.coli* pada sampel.
9. Perlakuan yang diberikan adalah :
 - Variasi waktu pemaparan : 10,15 dan 20 detik
 - Variasi Tegangan listrik : 125 volt dan 240 volt
 - Penambahan Lampu UV 14 watt

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Proses Desinfeksi

Untuk mencegah penyebaran penyakit, karena air yang dikonsumsi tercemar oleh bakteri patogen, perlu dikenakan suatu perlakuan khusus untuk menghilangkannya. Desinfeksi adalah suatu cara untuk menghilangkan atau merusak bakteri patogen yang ada di dalam air. Proses desinfeksi tidak digunakan untuk memusnahkan spora dari bakteri non patogen maupun patogen, karena mekanisme untuk memusnahkan spora disebut dengan proses sterilisasi (Chan dan Pelczar, 1988).

Metode desinfeksi telah banyak dikembangkan, ada yang memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Secara garis besar proses desinfeksi dibedakan menjadi dua bagian, yaitu secara kimiawi dan fisik. Misalnya secara kimiawi dapat menggunakan ozon, klor dan senyawa halogen lainnya (Hadi, 1998 ; Suriawiria 1977). Desinfeksi secara fisik dapat menggunakan sinar ultra violet, gelombang ultrasonik, filter bakteriologis, reverse osmosis dan desinfeksi termal (Chan dan Pelczar, 1988).

2.1.1. Desinfeksi secara kimiawi

a. Senyawa-senyawa halogen

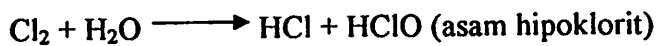
Keluarga halogen beranggotakan unsur-unsur fluor, klor, brom dan iodium. Klor dan iodium adalah yang paling banyak digunakan sebagai zat antimikrobia

- Klor

Klor sebagai gas ataupun dalam kombinasi kimiawi (persenyawaan klor), merupakan salah satu desinfektan yang paling luas penggunaannya. Gas yang dimampatkan (*compressed gas*) dalam bentuk cair digunakan hampir secara universal untuk memurnikan

cadangan air di perkotaan. Gas klor ini cukup sukar untuk ditangani, cukup berbahaya, menimbulkan rasa dan bau tidak sedap, kecuali ada peralatan khusus untuk menyalurkannya.

Tersedia banyak persenyawaan klor yang lebih mudah digunakan dibandingkan gas klor dan bila digunakan dengan baik akan sama efektifnya sebagai desinfektan. Sifat germisidal klor dan persenyawaannya terdapat pada asam hipoklorit yang terbentuk bila klor bebas ditambahkan ke dalam air. Reaksi kimianya adalah :



Begitu pula hipoklorit dan kloramin mengalami hidrolis, maka akan terbentuk asam hipoklorit. Asam hipoklorit yang setiap kali terbentuk kemudian mengalami dekomposisi lebih lanjut, sebagai berikut :



Oksigen yang dibebaskan dari reaksi ini merupakan oksidator kuat dan menghancurkan mikroorganisme. Klor dan persenyawaannya juga mematikan mikroorganisme dengan cara pengikatan langsung klor dengan protein sel (Chan dan Pelczar, 1988). Dalam penggunaan klor memiliki kekurangan dimana gas klor adalah gas yang sangat beracun dan dapat menyebabkan iritasi paru, sehingga perlu pengamanan khusus. Ambang batas gas klor adalah 3.5 ppm. Kadar zat klor > 30 ppm menyebabkan batuk dan pemaparan lebih dari 30 menit untuk kadar 40-60 ppm membahayakan jiwa. Dosis fatal adalah 1000 ppm (Hadi, 1998).

- Iodium

Zat ini merupakan salah satu bahan germisidal yang paling tua serta paling efektif. Iodium telah digunakan lebih dari satu abad karena telah tercatat dalam *United States Pharmacopeta* sejak tahun 1830. Kelarutan iodium murni dalam air adalah kecil sekali, tetapi akan segera larut dalam alkohol dan larutan kalium atau natrium iodida.

Secara tradisional iodium digunakan sebagai bahan germisidal di dalam bentuk yang dikenal sebagai *iodium tinktur* yang merupakan campuran 2% iodium dan 2% natrium iodida di dalam 50% alkohol. Iodium juga digunakan dalam bentuk iodoform, yaitu campuran iodium dengan zat aktif permukaan yang bekerja sebagai pembawa dan zat yang membantu melarutkan iodium. Iodium merupakan zat yang sangat efektif lagi unik, yaitu efektif terhadap segala macam bakteri, spora, cendawan dan virus. Larutan iodium terutama digunakan untuk mendesinfeksi kulit, khususnya sebagai desinfektan kulit sebelum operasi namun dalam penggunaannya iodium merupakan senyawa desinfektan dengan harga yang cukup tinggi (Punmia, 1989 ; Chan dan Pelczar, 1988).

b. Ozonisasi

Ozon adalah termasuk gas yang tidak stabil, memiliki titik didih 122°C pada tekanan atmosfer. Ozon umumnya digunakan untuk mengurangi warna, rasa, bau, kekeruhan, alga, bahan organik (fenol, detergen, peptisida dan lain-lain), sianida, sulfida, besi dan mangan selain itu ozon juga dapat digunakan menonaktifkan virus dan sebagai desinfektan

Ozon sebagai desinfektan pada air minum digunakan sebagai pengganti desinfektan klor yang memiliki efek toksik bagi manusia. Ozon sendiri mempunyai sifat yang lebih biodegradable dan efek toksik sangat rendah, sehingga lebih aman dibandingkan zat klor. Pada umumnya dosis ozon yang digunakan pada air minum adalah 0,2 – 15%

Sistem ozonisasi pada dasarnya terdiri dari empat bagian utama, yaitu :

- *Gas preparation*
- *Electrical power supply*
- *Ozone generator*
- *Contactor*

Air yang belum diozonisasi dilewatkan pada *Contactor* dan keluar dari *Contactor*, sudah menjadi air yang bersih. Ozon jarang sekali digunakan

sebagai desinfektan pada skala yang besar oleh karena proses ini memerlukan biaya pembuatan dan operasional yang mahal.

(Punmia, 1989)

2.1.2. Desinfeksi Secara fisik

a. Sinar ultraviolet (UV)

Radiasi atau sinar ultraungu (sering disingkat UV , dari bahasa Inggris: ultraviolet) Istilah ultraviolet berarti "melebihi ungu" (dari bahasa Latin ultra , "melebihi"), sedangkan kata ungu merupakan warna panjang gelombang paling pendek. Sinar atau radiasi ultraviolet, secara alamiah terdapat dalam troposfer, tetapi tidak dalam jumlah yang besar. Dengan rusaknya lapisan Ozon, maka lebih banyak sinar UV yang dapat memasuki troposfer (Anonim, 2009).

Dalam pembicaraan mengenai pengaruh radiasi UV terhadap kesehatan manusia dan lingkungan, jarak panjang gelombang sering dibagi lagi kepada UVA (380–315 nm), yang juga disebut "Gelombang Panjang" atau "blacklight" Jenis sinar UV yang pertama ini memiliki gelombang yang relatif panjang dan mewakili sekitar 95% dari semua sinar UV yang mencapai permukaan bumi ; UVB (315–280 nm), yang juga disebut "Gelombang Medium" (*Medium Wave*). Sinar UV B memiliki panjang gelombang sedang dan tidak dapat menembus lapisan permukaan dari kulit dan UVC (280-10 nm), juga disebut "Gelombang Pendek" (*Short Wave*). Jenis sinar UV yang satu ini adalah yang paling berbahaya, tapi UV C tidak dapat sampai ke permukaan bumi karena lapisan ozon di atmosfer sudah menyaringnya (Anonim, 2009).

Bagian ultraviolet dari spektrum cahaya meliputi semua radiasi dari 15 sampai 390 nm memiliki efisiensi bakterisidal tertinggi. Meskipun energi pancaran sinar matahari sebagian terdiri dari sinar ultraviolet, sebagian besar dari panjang gelombang sinar ultraviolet yang pendek itu tersaring oleh atmosfer bumi (ozon, awan) dan polutan atmosfer dengan demikian maka radiasi sinar ultraviolet pada permukaan bumi menjadi

terbatas. Kesimpulan dari pernyataan tersebut adalah sinar matahari pada keadaan-keadaan tertentu memiliki kapasitas mikrobiosidal, namun terbatas. (Chan dan Pelczar, 1988).

Tersedia banyak lampu, disebut lampu germisidal, yang memancarkan sinar ultraviolet konsentrasi tinggi dengan daya germisidal paling efektif, yaitu terletak pada daerah 260 - 270 ηm . Suatu pertimbangan praktis yang penting untuk diketahui di dalam penggunaan sinar ultra violet untuk membasmi mikroorganisme ialah sinar tersebut memiliki daya tembus yang kecil. Bahkan selapis kaca yang tipis pun dapat menahan sebagian besar sinar tersebut. Jadi hanya mikroorganisme yang ada di permukaan suatu benda, yang secara langsung terkena sinar ultraviolet itulah, yang rentan terhadap efek pembasmian sinar ini (Chan dan Pelczar, 1988).

b. Sinar X

Sinar X bersifat bakterisidal terhadap mikroorganisme, juga bagi bentuk-bentuk kehidupan yang lebih tinggi. Tidak seperti radiasi ultraviolet, sinar X memiliki energi dan daya tembus yang tinggi. Namun sinar X tidak praktis untuk digunakan sebagai metode rutin dalam pengendalian populasi mikroorganisme, karena daya tembus yang terlampau besar itu menyulitkan usaha perlindungan terhadap si pemakai, lagi pula sukar untuk menggunakannya secara efisien (Chan dan Pelczar, 1988).

c. Sinar Gamma

Radiasi sinar gamma dipancarkan dari isotop-isotop radioaktif (radioisotop) tertentu, seperti misalnya ^{60}Co . Radioaktif ini sering ditemukan pada riset-riset yang menggunakan energi atom. Isotop-isotop ini merupakan sumber radiasi sinar gamma. Sinar gamma serupa dengan sinar X tetapi mempunyai panjang gelombang yang lebih pendek, oleh karena itu energinya pun lebih tinggi. Daya tembusnya besar dan bersifat berbahaya terhadap semua bentuk kehidupan termasuk mikroorganisme.

Karena daya tembus serta efek mikribiosidalnya yang tinggi serta efisiensinya yang lebih tinggi dibandingkan sinar X, maka sinar gamma lebih disukai untuk digunakan dalam sterilisasi bahan-bahan yang tebal serta besar seperti kemasan peralatan medis atau bahan makanan (Chan dan Pelczar, 1988).

d. Sinar Katoda

Telah dibuat tipe-tipe peralatan khusus yang menghasilkan elektron, yang disebut sebagai sinar katode atau berkas elektron. Elektron-elektron yang berintensitas tinggi ini (jutaan volt) dipacu sehingga mencapai kecepatan yang teramat tinggi, berkas elektron yang kuat dan berkecepatan tinggi ini bersifat mikroboisidal serta mempunyai pengaruh terhadap bahan-bahan biologis maupun non-biologis.

Sinar katoda sering digunakan untuk mensterilkan peralatan-peralatan bedah, obat-obatan serta benda-benda lain. Keuntungan perlakuan dengan metode ini adalah mampu mensterilkan suatu benda pada suhu kamar dalam keadaan terbungkus. Radiasi berkas elektron mempunyai daya tembus yang terbatas, namun di dalam keterbatasannya, sterilisasi dapat dicapai dalam waktu singkat (Chan dan Pelczar, 1988).

e. Filter Bakteriologis

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

Telah dikembangkan suatu jenis saringan baru untuk menyingkirkan organisme dan kini telah digunakan secara luas. Filter tersebut terbuat dari *ester selulosa* atau substansi polimerik lain dengan pori-pori

berukuran tepat serta seragam. Filter atau saringan tipe ini dapat diproduksi dengan diameter pori yang dikehendaki, berkisar 0,01 sampai 10 μ m. Lapisan saringan ini sangat tipis, tebalnya lebih kurang 150 μ m, sehingga dinamakan filter membran. Filter membran ini banyak digunakan di laboratorium atau industri untuk mensterilkan bahan-bahan fluida disamping itu juga telah digunakan di dalam prosedur-prosedur mikrobiologis untuk mengidentifikasi dan menghitung jumlah mikroorganisme dalam suatu contoh air serta bahan-bahan lain (Chan dan Pelczar, 1988).

f. Reserve osmosis

Osmosis ialah difusi melewati membran semipermeabel yang memisahkan dua macam larutan dengan konsentrasi yang berbeda. Proses ini cenderung untuk menyamakan konsentrasi larutan yang dipisahkan oleh membran tersebut.

Sebagai gambaran, andaikan sejumlah sel bakteri disuspensikan dalam larutan yang mengandung natrium klorida (NaCl) berkonsentrasi tinggi (20%). Maka air akan mengalir dari daerah yang berisikan substansi terlarut dengan konsentrasi lebih rendah (bagian sel sebelah dalam mempunyai konsentrasi garam lebih rendah) melintasi membran sitoplasma yang bersifat semipermeabel, masuk ke dalam larutan di sekeliling sel. Proses tersebut dikenal dengan nama *plasmolisis*. Proses ini mengakibatkan sel-sel mengalami dehidrasi sehingga tidak dapat bermetabolisme atau tumbuh. Sedangkan apabila bakteri ditempatkan di dalam larutan berisikan natrium klorida (NaCl) jauh di bawah 1%, katakanlah 0,01%, maka arah aliran akan terbalik, yaitu air akan mengalir dari larutan masuk ke dalam sel. Proses demikian dinamakan *palasmoptisis* (Damar, 2005)

g. Desinfeksi termal

Menurut Chan dan Pelczar, 1988, desinfeksi dengan menggunakan temperatur (suhu) dibedakan menjadi dua macam, yaitu dengan menggunakan suhu tinggi dan suhu rendah.

- Suhu tinggi

Desinfeksi dengan menggunakan suhu tinggi dibedakan menjadi dua, yaitu dengan panas-kering dan dengan panas-lembab. Panas-lembab mematikan mikroorganisme dengan cara mengkoagulasikan protein-proteinya, sedang panas-kering menghancurkan mikroorganisme dengan cara mengoksidasi komponen-komponen kimiawinya. Panas-lembab mematikan mikroorganisme jauh lebih cepat dan efektif dibandingkan dengan panas-kering.

- Suhu rendah

Suhu di bawah suhu optimum untuk pertumbuhan dapat menekan laju metabolisme dan apabila suhu itu cukup rendah, maka metabolisme dan pertumbuhan akan berhenti. Suhu rendah sangat bermanfaat untuk mengawetkan biakan karena mikroorganisme mempunyai kemampuan yang unik dapat bertahan hidup pada keadaan yang sangat dingin.

Pendinginan yang dilakukan pada mikroorganisme mula-mula dapat mematikan sel-sel mikroorganisme tersebut, namun jumlah sel yang dapat bertahan lebih besar dan tetap hidup untuk waktu lama.

h. Gelombang ultrasonik

Gelombang ultrasonik merupakan gelombang suara berfrekuensi tinggi yang dapat digunakan untuk memecahkan sel-sel mikroorganisme serta membersihkan (menghilangkan) mikroorganisme pada peralatan dan teknik-teknik khusus pada diagnosis serta pada pembedahan. Gelombang suara berfrekuensi tinggi ini bila dilewatkan pada cairan mengakibatkan terbentuknya sejumlah gelembung-gelembung kecil yang setelah

mencapai ukuran tertentu menjadi kempis dengan hebatnya, fenomena ini disebut kavitasi (Chan dan Pelczar, 1988).

Hadi, 1998, di dalam bukunya menuliskan bahwa diperlukan pertimbangan-pertimbangan untuk memilih proses desinfeksi yang paling tepat. Dasar-dasar yang digunakan untuk memilih proses desinfeksi yang paling tepat adalah :

- Dapat membunuh berbagai jenis dan semua populasi patogen yang ada di dalam air minum dalam waktu dan suhu tertentu.
- Desinfektan tidak bersifat racun terhadap manusia atau binatang atau ditolak existensinya karena rasa maupun baunya.
- Biaya pengadaannya murah, metode penyimpanan dan pemberiannya mudah dan aman.
- Kadar dalam air minum dianalisa dan diketahui
- Masih menyisahkan sejumlah kadar tertentu sebelum dikonsumsi.

Secara umum faktor utama yang berpengaruh terhadap efisiensi dari proses desinfeksi adalah :

- Jenis bakteri

Bakteri *E.coli* lebih resistan daripada bakteri patogen lainnya, sehingga selanjutnya *E.coli* digunakan sebagai indikator kebersihan contoh air minum atau polusi suatu air baku.

- Jenis konsentrasi desinfektan yang akan digunakan

Tidak ada desinfektan yang memiliki kemampuan dan daya bunuh yang sama. Pada beberapa kasus, reaksi antara material desinfektan dengan air, dapat mengakibatkan terbentuknya senyawa dengan efisiensi desinfeksi yang bervariasi. Terkadang beberapa senyawa sama sekali tidak efektif untuk proses desinfeksi. Bila daya bunuh suatu desinfektan dianggap suatu faktor yang memiliki nilai tertentu maka, faktor lainnya adalah konstan, yang nilainya sebanding dengan waktu reaksi. Untuk suatu desinfektan apabila dilakukan suatu pengurangan konsentrasi maupun waktu kontak, maka efisiensi dari desinfektan itu menurun. Dengan waktu kontak yang lama dan

konsentrasi yang kecil akan sebanding dengan waktu kontak yang singkat dan konsentrasi yang tinggi. Untuk itu diperlukan dosis yang paling optimum yang bisa digunakan untuk menghilangkan mikroorganisme yang tidak diinginkan dalam air.

- Waktu kontak yang diperlukan

Waktu kontak adalah waktu yang diperlukan dalam rangka memusnahkan mikroorganisme dalam air. Semakin banyak waktu yang digunakan maka semakin banyak pula mikroorganisme yang dapat dimatikan.

- Karakteristik fisik serta kimiawi dari air yang akan diolah

Dalam hal ini termasuk pH, suhu, kandungan oksigen dan kandungan nutrisi dalam air, kandungan zat-zat lainnya seperti Fe, Mn dan kehadiran material-material padat, baik yang terlarut maupun tersuspensi.

2.2. Klasifikasi dan Sifat Bakteri Uji (*E.coli*)

Pada penelitian ini bakteri yang digunakan sebagai parameter adalah bakteri *E.coli* dengan klasifikasi bakteri sebagai berikut :

Divisio : *Protophyta*

Class : *Schizomycetes*

Order : *Eubacterales*

Family : *Enterobacterieae*

Genus : *Escherechia*

Species : *Escherechia coli*

(Anonim, 2009)

Bakteri *E.coli* merupakan bakteri yang hidup dalam usus manusia dan hewan berdarah hangat. Bakteri ini merupakan salah satu bakteri parameter yang lazim digunakan untuk menilai kebersihan suatu minuman atau makanan, dengan kata lain bakteri ini merupakan indikator pencemar (Dwidjoseputro, 1998).

Ciri umum bakteri *E.coli* adalah berbentuk batang, bersel tunggal atau berpasangan, kadang-kadang berbentuk rantai. Hampir semua bergerak dengan flagelata peritrika. Koloni pada agar nutrient berbentuk bundar agak sedikit

cembung tanpa pigmen, halus, dengan pinggiran yang nyata. Bakteri ini mampu menguraikan karbohidrat dengan membentuk asam, gas CO₂ dan H₂. Termasuk bakteri aerob atau fakultatif aerob. Suhu optimum untuk pertumbuhannya adalah 37-42 ° C. Dalam suatu percobaan diketahui bahwa bakteri *E.coli* tiap 20 menit mengalami pembelahan sel (divisio), jika faktor-faktor luar seperti medium, pH dan suhu tetap baik, sehingga dalam waktu 24 jam dapat menggandakan diri sebanyak 2⁷² atau sekitar 4.10²¹ (wulandari, 1991).

2.2.1. Pengaruh Faktor Lingkungan

Aktivitas mikroba dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungannya. Perubahan lingkungan dapat mengakibatkan perubahan sifat morfologi dan fisiologi mikroba. Beberapa kelompok mikroba sangat rentan terhadap perubahan faktor lingkungan. Mikroba tersebut dapat dengan cepat menyesuaikan diri dengan kondisi baru tersebut. Faktor lingkungan meliputi faktor-faktor abiotik (fisika dan kimia), dan faktor biotik. Faktor-faktor abiotik tersebut meliputi : suhu, kandungan air, tekanan osmose, ion-ion dan listrik, radiasi, tegangan permukaan, tekanan hidrostatis, getaran. Faktor biotik antara lain : Interaksi dalam satu populasi mikroba, Interaksi antar berbagai macam populasi mikroba. Pada penelitian kali ini faktor listrik dan radiasi sinar ultraviolet merupakan faktor yang dijadikan sebagai pusat perhatian.

Radiasi menyebabkan ionisasi molekul-molekul di dalam protoplasma. Cahaya umumnya dapat merusak mikroba yang tidak mempunyai pigmen fotosintesis. Cahaya mempunyai pengaruh germisidal, terutama cahaya bergelombang pendek dan bergelombang panjang. Pengaruh germisidal dari sinar bergelombang panjang disebabkan oleh panas yang ditimbulkannya. Apabila tingkat radiasi yang diterima sel mikroba tinggi maka dapat menyebabkan terjadinya mutasi pada mikroba.

Listrik dapat mengakibatkan terjadinya elektrolisis bahan penyusun medium pertumbuhan. Selain itu arus listrik dapat menghasilkan panas yang dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroba. Sel mikroba dalam suspensi akan

mengalami elektroforesis apabila dilalui arus listrik. Arus listrik tegangan tinggi yang melalui suatu cairan akan menyebabkan terjadinya shock karena tekanan hidrolis listrik. Kematian mikroba akibat shock terutama disebabkan oleh oksidasi. Adanya radikal ion dari ionisasi radiasi dan terbentuknya ion logam dari elektroda juga menyebabkan kematian mikroba (Chan dan Pelczar, 1988)

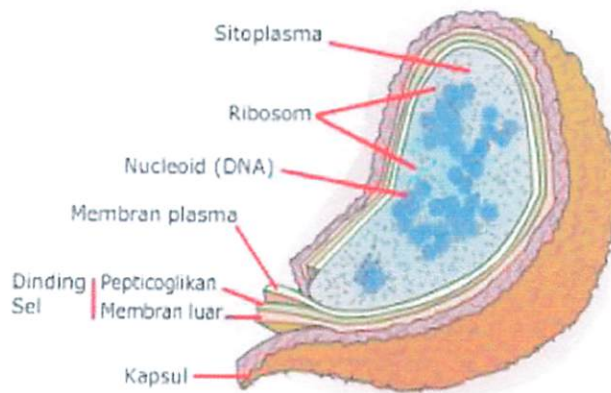
Baykon, 1989 seorang ilmuwan asal Norwegia dalam bukunya "*The World from Microbial*" menjelaskan mengenai pengaruh listrik terhadap resistensi dari bakteri hidup dan proses serta sifat listrik dan penyebarannya dalam air yang juga mempengaruhi kehidupan bakteri yang hidup di dalam air tersebut. Pada air yang mengalir (beriak) amper listrik yang mengalir berubah pada setiap inchi penampang yang dilalui. Untuk memperoleh aliran arus listrik yang baik membutuhkan perataan arus dengan memanfaatkan kerapatan arus i/luas penampang (cm^2 , m^2) sehingga arus yang mengalir terbagi rata ke semua area yang dialiri arus listrik. Pemberian arus listrik kepada bakteri cukup baik dengan kerapatan arus 10 mA/cm^2 dengan efisiensi berkisar 15-55%. Tingkat tahanan membran sel dan protein pada masing-masing mikroorganisme (bakteri) berbeda satu dengan yang lainnya. Pengaruh faktor lingkungan seperti ion-ion listrik akan mempengaruhi metabolisme atau pertumbuhan dari bakteri. Tingkat tahanan membran sel dan protein bakteri terhadap pemaparan arus listrik 10 mA/cm^2 kurang lebih 5 detik pada air yang tenang dan kurang lebih 10 detik pada air yang beriak atau tidak tenang.

2.2.2. Sel Prokaryot

Yang dimaksud dengan sel prokaryot adalah bakteri yang memiliki dinding sel, membran sel, membran sitoplasma, ribosom, *inclusions* dan *nucleoid*. Namun yang lebih dibahas adalah mengenai membran sitoplasma dan dinding sel karena pada bagian inilah teori desinfeksi dengan elektrofusi dan sinar UV akan sangat berkaitan (Suriawiria, 1977).

a) Membran sitoplasma

Nama lain dari membran sitoplasma adalah plasmomena atau lapisan hialin yang mana merupakan pembungkus daripada protoplasma dan membran ini ikut menyusut bersama-sama dengan menyusutnya protoplasma pada waktu mengalami plasmolisis (air dalam tubuh bakteri keluar). Membran sitoplasma terdiri dari protein dan lipida. Membran sitoplasma memegang peranan penting pada saat proses pembelahan sel (Dwidjoseputro, 1998).



(Gambar 2.1. Membran Sel Pada Gram Negatif)

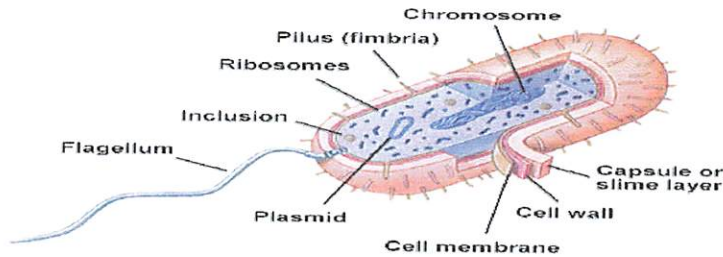
(Anonim, 2009)

b) Dinding sel

Dinding sel merupakan struktur kaku di luar membran sitoplasma yang menjaga sel agar tidak mengalami lisis. Dinding sel dapat diperlihatkan dengan teknik pewarnaan tertentu atau dengan menggunakan mikroskop elektron. Fungsi dinding sel adalah memberi bentuk pada sel, untuk keluar masuknya zat-zat kimia dari dalam maupun luar tubuh bakteri (Dwidjoseputro, 1998).

2.2.3. Bentuk fisik Bakteri *E.coli*

Bakteri ini termasuk berbentuk batang dengan ukuran sebesar $1 \times 3 \mu\text{m}$. Dengan ukuran yang cukup kecil tentunya berpengaruh terhadap evolusi dan ekologi dari bakteri (Anonim, 2009).

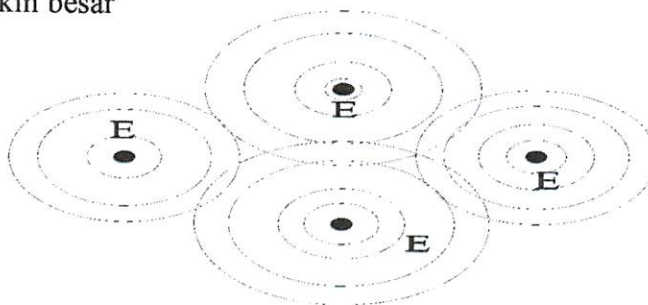


(Gambar 2.2. Bakteri *E.coli*)

(Anonim, 2009)

2.3. Medan Listrik

Giancoli, 2001, menjelaskan pada ilmu kelistrikan medan listrik dimaksudkan adalah pergerakan proton dan elektron dalam sebuah media jika diberi arus listrik. Gerak proton dan elektron menyebabkan sifat magnet atau tarik menarik dan membentuk sebuah lintasan yang mengindikasikan adanya gerak medan magnet yang berasal dari titik media yang memiliki arus listrik. Gerak medan magnet menggambarkan atau mengidentifikasi bahwa adanya titik-titik medan listrik yang memancarkan listrik dengan intensitas tertentu sehingga dengan semakin banyak titik medan listrik maka peluang penyebaran listrik yang tersebar semakin besar



(Gambar 2.3. Pemancaran Medan Listrik dari Elektroda) (Soegijono, 1996)

2.4. Arus, Tegangan dan Hambatan

2.4.1. Arus

Arus listrik diartikan sebagai gerakan kelompok partikel bermuatan listrik dalam arah tertentu. Arus listrik yang mengalir memiliki kekuatan atau yang disebut dengan kuat arus I (Amper (A)). Kuat arus merupakan banyaknya muatan listrik atau arus listrik q_0 yang mengalir per satuan waktu t . Jadi jika semakin besar kuat arus, maka semakin besar arus listrik yang mengalir (Giancoli, 2001).

2.4.2. Tegangan (V)

Tegangan listrik V (volt) diartikan sebagai kerja/usaha w yang dilakukan untuk menggerakkan atau membawa satu muatan q_0 dari satu kutub ke kutub yang lain (Giancoli, 2001).

2.4.3. Hambatan (R)

Bioshop Owen menuliskan di dalam bukunya bahwa setiap media penghantar arus listrik memiliki sifat penghantar yang baik (konduktor) dan sifat penghantar yang buruk (isolator). Karakteristik (sifat) penghantar ini menyebabkan terjadinya hambatan (*resistance*) R Ω (ohm). Pada persamaan $R = V/I$ dapat dijelaskan bahwa nilai R berbanding lurus dengan V dan berbanding terbalik dengan I . Semakin besar nilai R maka semakin besar nilai V dan semakin kecil nilai I (Owen, 2002).

Tabel 2.1. Sifat-sifat Logam Sebagai Penghantar

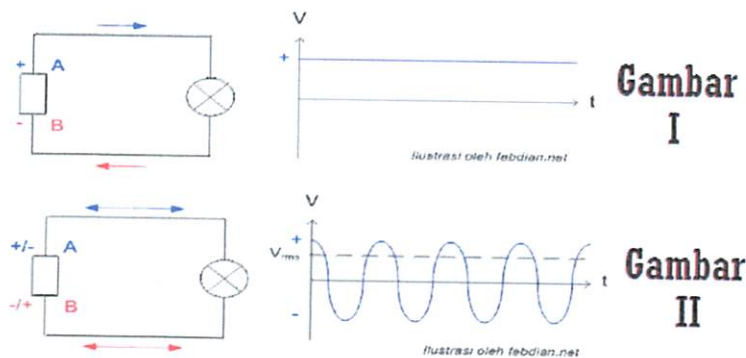
| Logam | Resistivitas (pada 20 ⁰ C) 10 ⁻⁸ ω . m |
|-----------|--|
| Perak | 1,6 |
| Tembaga | 1,7 |
| Alumunium | 2,8 |
| Tungsen | 5,6 |
| Nikel | 6,8 |

| | |
|---------|------|
| Besi | 10 |
| Baja | 18 |
| Mangan | 44 |
| Karbon* | 3500 |

* karbon, tidaklah betul-betul merupakan sebuah logam, dimasukkan disini untuk perbandingan. (Kanginan, 2002)

2.5. Arus Bolak Balik (AC)

Arus AC (*Alternating Current*) atau arus bolak-balik merupakan arus listrik yang senantiasa berubah kutub medan magnet. Arus AC yang digunakan dalam penelitian adalah arus AC yang disediakan oleh PLN. Sifat arus AC yang sering berubah baik kutub positif maupun negatif serta memiliki kekuatan arus 3 kali lipat dibandingkan arus DC (*Direct Current*) berguna untuk merusak dinding sel bakteri. Arus AC yang digunakanpun tidak memicu terjadinya proses elektrolisa atau proses pelepasan ion logam yang digunakan sebagai elektroda saat proses desinfeksi. Apabila arus DC yang digunakan maka akan terjadi proses elektrolisa dan media yang diolah akan bersifat racun akibat elektroda yang terlepas. Secara singkat penggunaan arus AC bertujuan untuk mengejutkan atau menyebabkan shock pada bakteri (Giancoli, 2001)



(Gambar 2.4. Gelombang Arus DC dan Arus AC)

(Giancoli, 2001)

2.6. 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 berkenaan dengan metode ini yang diumumkan secara luas melalui media internet. Karena hal tersebut, maka masih terbuka luas, untuk riset mengenai pemilihan elemen yang tepat untuk keperluan desinfeksi, namun pemilihan elemen itupun harus memenuhi beberapa kriteria yaitu :

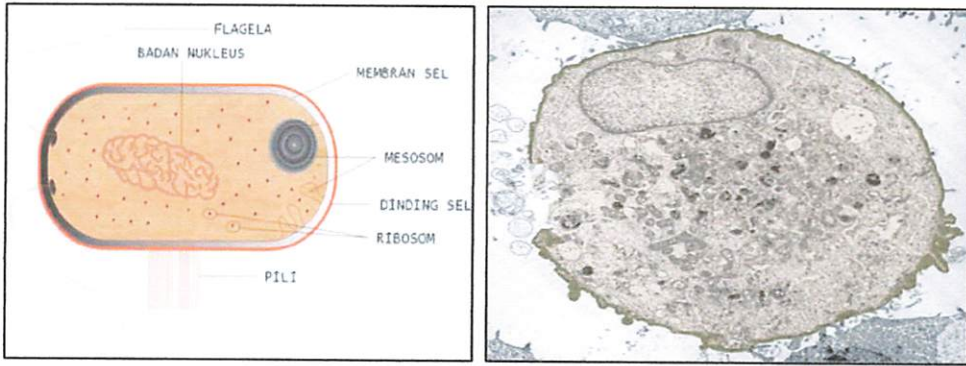
1. Kemampuan suhu yang stabil dan tidak gampang panas
2. Resistensi (tahanan) yang kecil
3. Kemampuan mengalirkan arus listrik yang besar
4. Tidak menghasilkan senyawa yang beracun
5. Tidak mudah berkarat

Untuk melakukan riset ini dipilih logam 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)

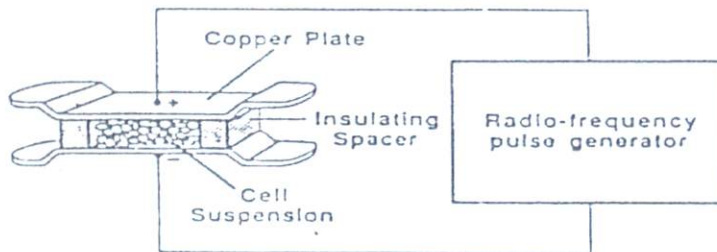
2.7. Elektroporasi dan Elektrofusi

Berdasarkan teori oleh McGray, 1997, elektroporasi merupakan suatu fenomena mengenai membran 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 penghantar dengan tujuan memisahkan atau menggabungkan muatan media yang dialiri. Dalam bahasa awam, elektroporasi merupakan efek yang ditimbulkan sedangkan elektrofusi adalah rangkaian peralatan yang digunakan. Pada kondisi ini membran sel akan sangat permeabel terhadap molekul-molekul yang ada di media. Telah diketahui bahwa medan listrik yang sangat tinggi dapat pula mengakibatkan sel lisis (gambar 2.5).

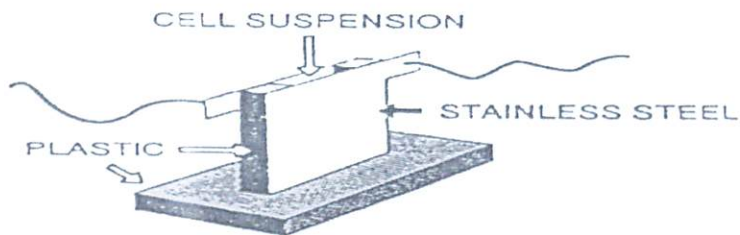


A B
 (Gambar 2.5. Bakteri E.coli (A) dan Bakteri Yang Mengalami Kerusakan (B))
 (McGray, 1997)

Pada awal tahun 1970-an, beberapa laboratorium telah menemukan bahwa ketika potensial membran yang terinduksi, telah mencapai batas kritisnya, maka akan mengakibatkan *dielectric breakdown* pada membran. Berikut beberapa contoh alat yang digunakan :



(Gambar 2.6. Elemen Tembaga) (McGrey, 1997)



(Gambar 2.7. Elemen Stainless Steel)
 (McGrey, 1997)

2.8. Pengaruh Listrik Terhadap Protein

Seperti telah diuraikan sebelumnya mengenai dinding sel dan membran sitoplasma yang mengandung senyawa protein, penelitian ini sangat berhubungan dengan teori untuk merusak bagian tersebut. Dalam teori ini disebutkan bahwa suatu campuran protein mengandung asam amino sebagai senyawa utama yang menyusunnya. Asam amino terdiri dari beberapa gugus antara lain gugus amina (NH_2), gugus karboksil (COOH), gugus hidrogen (H) dan gugus residu (R). Keempat gugus ini terikat pada satu atom C. Asam amino dalam pH netral akan bersifat zwitter ion atau gugus penyusunnya akan terprotonasi (NH_3^+) dan terdeprotonasi (COOH^-) (Barzelius, 1838)

Protein dapat dipisahkan satu dari yang lainnya berdasarkan tanda dan jumlah muatan listrik pada gugus R dan gugus terminal amino dan terminal karboksil yang bermuatan. Jika campuran ini diletakan dalam medan listrik protein yang bermuatan positif akan menuju elektroda yang bermuatan negatif dan protein bermuatan total negatif akan bergerak menuju elektroda bermuatan positif dan protein yang tidak bermuatan akan tinggal diam

Metode ini merupakan salah satu dari teknik rekayasa genetika yang umum dilakukan oleh disiplin ilmu terkait, selain metode fusi protoplast atau stereoplast, bahan senyawa kimia dan biolistrik rekayasa pada bakteri ini disebut teknik elektropermeabilisasi. Teknik ini pertama kali dikembangkan oleh Newmon dan Rosenheck pada tahun 1972, kemudian oleh Zimmerman pada tahun 1973 dan sampai saat ini masih dikembangkan. Pada prinsipnya teknik ini menggunakan kejutan listrik.

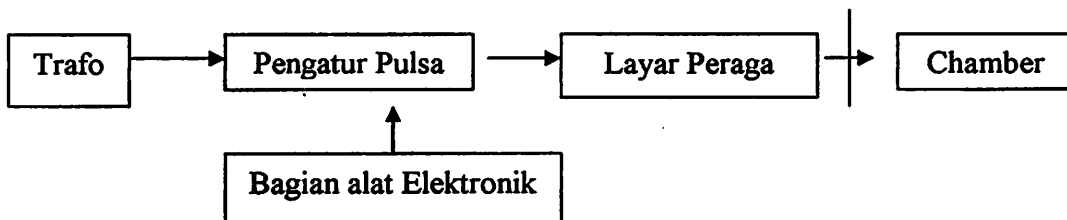
Apabila sel dikenai medan listrik, maka akan terjadi kerusakan fisik dan biologis. Adanya medan listrik bertegangan rendah menyebabkan membran sel terpolarisasi. Jika kuat medan listrik mencapai titik kritis dalam rentangan 200-400 mW, kuat medan listrik ini akan menimbulkan ketidakteraturan metabolisme dan terjadilah gangguan sementara. Hal ini mengakibatkan membran permeabel terhadap molekul dan makromolekul. Sel-sel dalam keadaan ini dapat disebut telah mengalami permeabilisasi.

Untuk proses desinfeksi yang menggunakan elektrofusi dan elektrofusi ultraviolet ini setelah listrik dan radiasi UV dipancarkan pada media yang berisi bakteri, maka membran bakteri permeabel terhadap molekul dan makromolekul. Kondisi ini mengakibatkan membran bakteri tidak dapat memberi perlindungan terhadap kondisi luar, sehingga bakteri akan mati dan peristiwa inilah yang diharapkan untuk proses desinfeksi.

(Kristiawan, 1997)

2.9. Alat Pemancar Kejut Listrik

Berdasarkan teori oleh McGrey, 1997, untuk metode elektropermeabilitas pada rekayasa genetika digunakan alat yang disebut elektrofusi. Bagian dari alat tersebut terdiri atas dua yaitu chamber dan bagian elektronik. Chamber ialah bagian dimana kejutan listrik pada sel terjadi, sedangkan bagian elektronik adalah bagian yang dapat menghasilkan medan listrik arus bolak-balik dengan frekuensi tinggi, pengatur pulsa dan layar peraga.



(Gambar 2.8 Bagan Alat Elektrofusi) (Damar, 2005)

Untuk proses desinfeksi, perlu dilakukan modifikasi terhadap elektrofusi sehingga sesuai untuk desinfeksi. Chamber dapat difungsikan sebagai wadah bagi biakan *E.coli* yang akan didesinfeksi. Sedangkan alat elektronik dimodifikasi agar sesuai untuk desinfeksi *E.coli*.

2.10. 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 kejutan listrik, sehingga protein 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).

2.11. *Ultraviolet water sterilization lamp*

Cahaya ultraviolet (UV) adalah Cahaya yang tidak dapat dilihat oleh mata dan merupakan radiasi elektromagnetik yang berada pada kisaran panjang gelombang 10 – 400 nm (Lekang, 2007). Cahaya Matahari adalah sumber cahaya ultraviolet terbesar di alam semesta ini. Karakteristik dari cahaya ultraviolet memberikan dampak pada kerusakan kulit dan mampu membunuh mikroorganisme di alam sehingga perkembangannya terhambat. Cahaya UV ini ditemukan sejak tahun 1677, dan pertama kali dimanfaatkan oleh Niels Ryberg Finsen seorang peneliti Denmark untuk membunuh organisme patogen. Cahaya UV ini dibedakan menjadi UV -A, UV -B, UV -C.dan UV vakum, yang didasarkan pada perbedaan karakteristik panjang gelombang (315-380 nm, 280-315 nm, 200-280 nm, 100-200 nm) dan tekanan (tinggi, sedang, rendah). Cahaya UV yang paling efektif menginaktivasi mikroorganisma adalah cahaya UV -C dengan panjang gelombang antara 200-280 nm dengan cahaya UV efektif (puncak daya bunuh mikroorganisme) ada pada panjang gelombang 264 nm (Lechevallier dan Kwok- Keung Au, 2004).

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 mikroorganisma 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). Selain itu lampu ini mampu mengubah input energi lampu ke dalam energi UV C hingga mencapai 40%, sehingga merupakan kemampuan konversi yang paling tinggi dibanding jenis UV lainnya. Karakteristik lainnya adalah

bahwa jenis lampu UV ini memiliki energi input yang rendah (200-1500 mA) dan suhu yang rendah (37.78-93.33 °C). Sebaliknya untuk kelompok UV dengan lampu merkuri tekanan menengah hingga tinggi, jenis ini mempunyai kemampuan sangat lemah dalam membunuh mikroorganisme dan kemampuan konversi energi inputnya hanya mencapai 7 %, justru yang paling besar konversinya adalah ke panas dan cahaya yang dapat dilihat.

Tabel 2.2. Karakteristik dari Jenis-jenis Lampu UV

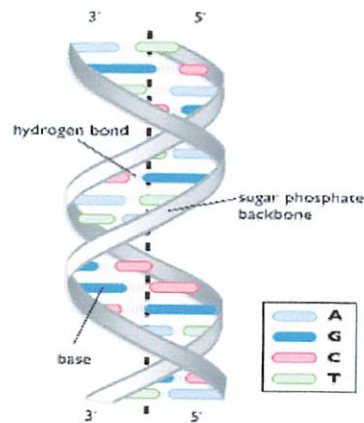
| Karakteristik | Lampu UV C | Lampu UVA/UVB |
|-------------------|--------------------|-------------------|
| Kemampuan bunuh | Tinggi | Rendah |
| Konversi energi | 40 % | 7% |
| Tekanan | Rendah | Sedang-tinggi |
| Penggunaan energi | 200 – 1.500 mA | 2.000-10.000 mA |
| Suhu | 37.78 – 93.33 oC | 500 – 500 oC |
| Masa pakai | 5.000 – 10.000 jam | 1.000 – 2.000 jam |

(Lechevallier dan Kwok-Keung Au, 2004; EPA, 1999).

UV mentransfer energi elektromagnetik dari lampu merkuri ke materi genetik (RNA dan DNA). Ketika Cahaya UV menembus dinding sel dan sekaligus melumpuhkan kemampuan reproduksinya (EPA, 1998).

Bagian utama sel bakteri adalah nukleus dan didalam nukleus terdapat kromosom yang disusun oleh DNA dan protein. DNA (*Deoxyri Bonucleic Acid*) maupun RNA (*Ribonucleic Acid*) merupakan jenis asam nukleat yang ada di dalam sel. DNA atau RNA tersusun atas gula pentosa, gugus fosfat dan basa N. Basa N mempunyai struktur yang dikelompokkan menjadi basa purin dan basa primidin. Basa purin terdiri dari adenin (A) dan guanin (G) sedangkan basa primidin terdiri dari sitosin (C) dan timin (T) (Grik dan Watson , 1994). Pada saat terjadi pembelahan sel maka DNA maupun RNA akan ikut mengalami proses duplikasi atau ikut membelah. Pada saat proses pembelahan sel maka penyusun basa N akan saling berikatan yaitu guanin (G) dengan sitosin (C) dan adenin (A) dengan timin (T) membentuk untai benang DNA (gambar 2.9). Pada saat proses pembentukan untai benang DNA serapan sinar UV merupakan faktor

lingkungan yang dapat menyebabkan denaturasi (pemisahan) dan ikatan mejadi kacau karena ikatan ini sangat reaktif terhadap sinar UV. Sinar UV akan membentuk ikatan dimer (*thymine-thymine double bond*) atau 2 ikatan timin yang tidak seharusnya. Cahaya UV akan mengganggu dan mengacaukan rantai DNA/RNA pada proses transkripsi dan duplikasi, sehingga mikroorganisme menjadi steril, tidak aktif, tidak bisa melakukan reproduksi atau mati (Lechevallier dan Kwok-Keung Au, 2004). Akan tetapi, timin dalam bentuk dimer masih memungkinkan kembali normal seperti semula, sehingga perlu dosis yang tepat untuk mendesinfeksi secara permanen (Lechevallier dan Kwok-Keung Au, 2004; EPA, 1999).



(Gambar 2.9 Untaian Benang DNA)

Setiap jenis mikroorganisme mempunyai karakteristik yang berbeda sehingga membutuhkan dosis yang berbeda pula. Ultraviolet mampu secara efektif meminimalisir populasi bakteri, virus, algae, protozoa, dan jamur.

2.11.1. Desain Ultraviolet

Berdasarkan Lechevallier dan Kwok-Keung Au, 2004; EPA, 1999, desain ultraviolet menjadi sangat penting karena akan sangat mempengaruhi kemampuan deaktivasi mikroorganisme patogen. Secara keseluruhan kemampuan deaktivasi ini berkaitan dengan dosis cahaya UV yang dihasilkan, dan proses desain rancang bangun. Dosis yang dimaksudkan (D) adalah proporsi dosis radiasi per unit area (intensitas) cahaya UV (I) dan waktu exposure (t), sehingga muncul persamaan dosis: (Anonim, 2009)

$$D = It$$

Dimana : D : Dosis

I : Intensitas cahaya UV, $\mu\text{Ws}/\text{Cm}^2$

(mikrowatt-detik per sentimeter persegi)

t : waktu terkena Cahaya UV

Efektifitas cahaya UV sangat tergantung pada daya (watt) lampu, usia pakai lampu, panjang lampu, kebersihan permukaan lampu, jarak antara permukaan lampu dengan target, jenis organisme, waktu interaksi antara cahaya dengan mikroorganisme, dan kejernihan air. Dalam desain harus bisa memperhatikan faktor-faktor tersebut. Semakin tinggi daya lampu akan semakin tinggi kemampuannya dan semakin lama masa pakainya akan semakin berkurang kemampuannya, juga semakin redup/kotor permukaan lampu akan mengurangi kemampuan. Panjang lampu akan mempengaruhi luas permukaan dan waktu interaksi antara cahaya dengan target. Diameter pipa dimana ada lampu UV di dalamnya akan sangat mempengaruhi tingkat proporsi transmisi cahaya ke target. Semakin lebar diameter pipa akan semakin mengurangi kemampuan UV. Waktu interaksi antara target dan cahaya akan berkaitan dengan kecepatan aliran air yang ditentukan oleh tekanan pompa atau gaya gravitasi akibat jumlah beban dan tinggi tandon sumber air. Semakin cepat aliran air akan mengurangi kemampuan UV. Begitu juga kejernihan air, semakin jernih air akan semakin meningkatkan kemampuan UV dalam membunuh target. Keberadaan partikel air, humus atau air berwarna akan menurunkan kemampuan UV.

Kemampuan deaktifasi dari dosis yang dihasilkan oleh UV akan sangat berkaitan dengan jenis mikroorganisme yang menjadi target, karena setiap mikroorganisme mempunyai daya tahan yang berbeda terhadap dosis yang dihasilkan. Dengan kata lain mikroorganisme tertentu membutuhkan dosis yang berbeda. Agar kemampuan UV tetap terjaga maka lampu UV harus dapat dipelihara dengan mudah seperti penggantian lampu atau pembersihan kotoran lampu sehingga kemampuan UV kembali pulih.

Dari penjelasan di atas bahwa UV mempunyai daya deaktifasi yang baik, bila panjang lampu dan daya lampu lebih tinggi, ketebalan lapisan air pendek, air lebih jernih dan kecepatan air lebih lambat. Khusus untuk karakteristik air selain faktor kecerahan terdapat beberapa faktor yang bisa menurunkan kemampuan deaktifasi. Terdapat karakteristik fisika dan kimia air yang bisa menurunkan kemampuan deaktifasi UV seperti kesadahan, pH, TSS, kandungan logam (EPA, 1999). Kesadahan yang tinggi akan cenderung melarutkan logam-logam berat yang justru akan menyerap radiasi Cahaya UV, begitu juga bila pH rendah, TSS tinggi, dan kandungan logam (besi) di dalam air tinggi (EPA, 1999). Sedangkan kandungan ammonia, nitrit, nitrat, dan BOD pengaruhnya sangat sedikit.

2.11.2. Kelebihan dan Kekurangan UV

Beberapa kelebihan dan kekurangan UV sebagai alat sterilisasi yakni:

➤ Kelebihan

1. Sangat efektif dalam medeaktifasi virus, bakteri, jamur/spora, dan kista
2. Lebih bersifat proses fisik dibanding proses kimia
3. Tidak menghasilkan efek residu, yang bisa berbahaya bagi lingkungan, tidak merubah rasa
4. Lebih mudah dalam penanganannya
5. Tidak membutuhkan waktu yang lama
6. Tidak membutuhkan tempat yang luas dan energi besar.

➤ Kekurangan

1. Dosis rendah tidak efektif dalam mendeaktivasi patogen
2. Organisme bisa kembali normal setelah terkena radiasi
3. Perlu sering melakukan pembersihan kotoran yang menempel di kaca lampu
4. Perlu kecerahan air dan bila nilai TSS melebihi 30 ppm efeknya tidak efektif.

2.12. Persyaratan Kualitas Air Minum

Berdasarkan KEP.MENKES.RI NOMOR 907/MENKES/SK/VII/2002 persyaratan kualitas bakteriologis untuk air minum adalah sebagai berikut :

Tabel 2.4. Persyaratan Bakteriologis Air Minum

| Parameter | Satuan | Kadar Maximum yang diperbolehkan | Keterangan |
|--|--------------------------|----------------------------------|------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| a. Air minum | | | |
| <i>E.coli</i> atau <i>fecal coli</i> | Jumlah per 100 ml sampel | 0 | |
| b. Air yang masuk sistem distribusi | | | |
| <i>E.coli</i> atau <i>fecal coli</i> | Jumlah per 100 ml sampel | 0 | |
| Total Bakteri <i>E.coli</i> | Jumlah per 100 ml sampel | 0 | |
| c. Air pada sistem distribusi | | | |
| <i>E.coli</i> atau <i>fecal coli</i> | Jumlah per 100 ml sampel | 0 | |
| Total Bakteri <i>E.coli</i> | Jumlah per 100 ml sampel | 0 | |

2.13. Metode Pengolahan Data

2.13.1 Statistika Deskriptif dan Inferensi

Secara garis besar, statistik dibedakan menjadi 2 yaitu statistika deskriptif dan statistika inferensi. Metode statistika yang meringkas, menyajikan, dan mendeskripsikan data dalam bentuk yang mudah dibaca sehingga memberikan kemudahan dalam memberikan informasi disebut statistika deskriptif. Statistika deskriptif menyajikan data dalam tabel, grafik, ukuran pemusatan data, dan penyebaran data. Agar mendapatkan data lebih terperinci, kita memerlukan analisis data dengan metode statistika tertentu. 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. Statistika inferensi sering disebut statistika induktif. Statistika inferensi memerlukan pengetahuan lebih mengenai konsep probabilitas yang biasa dikenal sebagai ilmu peluang. Ilmu peluang tidak lepas dari statistika karena membantu pengambilan keputusan statistik suatu data (Iriawan dan Astuti, 2006).

2.13.2. Analisis Korelasi

Koefisien korelasi Pearson berguna untuk mengukur tingkat keeratan hubungan linear antara 2 variabel. Nilai korelasi berkisaran 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 dikatakan berkorelasi kuat apabila makin mendekati 1 atau -1. sebaiknya, suatu hubungan antara 2 variabel dikatakan lemah apabila semakin mendekati 0 (nol).

Hipotesis

Hipotesis untuk uji korelasi adalah :

$$H_0 : \rho = 0$$

$$H_1 : \rho \neq 0$$

Dimana ρ adalah korelasi antara 2 variabel.

Daerah penolakan

p-Value $< \alpha$.

untuk membuat interpretasi analisis korelasi, ada beberapa hal yang harus diingat, yaitu :

1. koefisien korelasi hanya mengukir hubungan linier. Jika ada hubungan non linear, maka koefisien korelasi akan bernilai 0.
2. koefisien korelasi sangat sensitif terhadap nilai ekstrem.
3. kita bisa membuat korelasi hanya jika variabel memiliki hubungan sebab akibat.

2.13.3. Analisis Regresi

Analisis regresi sangat berguna dalam berbagai penelitian antara lain :

- Model regresi dapat digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan antara variabel respon dan variabel prediktor
- Model regresi dapat digunakan untuk mengetahui pengaruh suatu atau beberapa variabel prediktor terhadap variabel respon.
- Model regresi berguna untuk memperediksikan pengaruh suatu variabel atau beberapa variabel prediktor terhadap variabel respon.

Model regresi memiliki variabel respon (y) dan variabel prediktor (x). Variabel respon adalah variabel yang dipengaruhi suatu variabel prediktor. Variabel respon sering dikenal variabel dependen karena peneliti tidak bisa bebas mengendalikannya. Kemudian, variabel prediktor digunakan untuk memprediksi nilai variabel respon dan 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 :

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \epsilon$$

2.13.4. 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 bisa diketahui penyebab perubahan output (respon).

2.13.4.1. Langkah-langkah dalam Desain Eksperimen

Desain eksperimen memerlukan tahap-tahap penting yang berguna agar desain mengarah pada hasil yang diinginkan. Berikut adalah langkah-langkah melakukan desain eksperimen (Iriawan dan Astuti, 2006) :

1. Mengenali permasalahan
2. Memilih faktor dan level
3. Menentukan faktor dan level
4. Memilih metode desain eksperimen
5. Melaksanakan eksperimen
6. Analisa Data
7. Membuat suatu keputusan

2.14. Analysis of Variance

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

Tabel 2.3. Dosis Sap (dalam mikrowatt-detik/cm²)

| Bakteri | |
|--|--------|
| <i>Bacillus anthracis</i> | 8.700 |
| <i>Bacillus megatherium</i> sp (veg) | 2.500 |
| <i>Bacillus megatherium</i> sp (spora) | 5.200 |
| <i>Bacillus paratyposus</i> | 6.100 |
| <i>Bacillus subtilis</i> (campuran) | 1.100 |
| <i>Bacillus subtilis</i> (spora) | 2.200 |
| <i>Clostridium tetani</i> | 2.200 |
| <i>Corynebacterium, Diphtheriae</i> | 6.500 |
| <i>Dysentery bacilli</i> | 4.200 |
| <i>Eberthella typhosa</i> | 4.100 |
| <i>Eschehercia coli</i> | 6.600 |
| <i>Micrococcus candidus</i> | 1.230 |
| <i>Micrococcus piltonensis</i> | 1.500 |
| <i>Micrococcus sphareoides</i> | 15.400 |
| <i>Mycobacterium tuberculosis</i> | 10.000 |
| <i>Neisseria catarrhalis</i> | 85000 |
| <i>Phytomonas tumefaciens</i> | 8.500 |
| <i>Proteus vulgaris</i> | 6.600 |
| <i>Pseudomonas aerugenosa</i> | 10.500 |
| <i>Pseudomonas flourescens</i> | 6.600 |
| <i>Salmonella</i> | 10.000 |
| <i>Salmonella enteriditis</i> | 7.600 |
| <i>Salmonella typhimurium</i> | 15.200 |
| <i>Sarcina lutea</i> | 26.400 |
| <i>Serratia marcescens</i> | 61.600 |
| <i>Shigilla paradysenterlae</i> | 3.400 |
| <i>Spirillum rubsum</i> | 6.160 |
| <i>Staphylococcus albus</i> | 5.700 |
| <i>Staphylococcus aureus</i> | 6.600 |
| <i>Streptococcus hemolitycus</i> | 5.500 |
| <i>Streptococcus lactis</i> | 8.800 |
| <i>Streptococcus virdans</i> | 3.800 |

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Ide Studi

Ide studi skripsi ini muncul karena adanya permasalahan yang timbul dari kehadiran bakteri *E.coli* di lingkungan yang dapat membawa dampak negatif bagi kesehatan dan metode desinfeksi dengan klor yang juga memiliki dampak tersendiri bagi kesehatan. Sehingga diperlukan suatu metode desinfeksi yang sederhana namun memiliki kualitas yang baik. Salah satu metode desinfeksi alternatif yang dapat dipakai adalah metode desinfeksi dengan elektrofusi dan elektrofusi ultraviolet.

3.2 Studi Literatur

Meliputi pengumpulan sumber informasi yang diperlukan untuk melakukan analisis data dan mendasari pelaksanaan studi. Jenis literatur yang dipelajari antara lain buku teks, laporan penelitian, jurnal, dan lain-lain.

3.3 Variabel Penelitian

Beberapa variabel yang terdapat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Variabel respon (y) : Jumlah Bakteri *Escherichia coli* (jumlah/100 ml),
pH dan Suhu ($^{\circ}\text{C}$)

Jumlah bakteri *E.coli* yang terkandung dalam air 100 ml sampel air minum berdasarkan KEP.MENKES RI NOMOR 907/MENKES/SK/VII/2002 adalah 0 MPN.

2. Variabel prediktor (x) :

- a. Waktu pemaparan : 10, 15 dan 20 detik.

Tingkat tahanan membran sel dan kandungan protein pada tubuh bakteri terhadap pemaparan arus listrik $10\text{mA}/\text{cm}^2 \pm 5$ detik pada air yang tenang

dan ± 10 detik pada air yang mengalir atau beriak (Baykon, 1989). dan waktu efektif pemaparan sinar UV minimal 2 detik (Irwanto, 2008).

b. Sinar Ultraviolet

Sinar UV yang digunakan berasal dari *ultraviolet water sterilization lamp* dengan daya 14 watt. Besar daya tersebut merupakan dosis intensitas cahaya yang ditentukan lewat perhitungan dosis intensitas cahaya UV untuk mendesinfeksi bakteri *E.coli* dan ukuran lampu UV yang ada di pasaran (6 watt, 14 watt, 24 watt, 32 watt – 5200 watt). Debit 4 l/menit merupakan besaran debit atau kapasitas aliran yang tertera pada label tabung lampu UV di pasaran

c. Tegangan Listrik : 125 volt/AC dan 240 volt/AC

Variasi tegangan yang diberikan mengacu pada besar tegangan listrik yang harus diberikan pada proses elektrofusi bakteri dengan kisaran tegangan minimal sebesar 110 volt (McGrey, 1997)

3.4 Alat dan Bahan

3.4.1 Alat-alat Penelitian

Pada penelitian ini digunakan beberapa peralatan sederhana yang mempunyai ukuran untuk skala laboratorium, yaitu :

➤ Lampu Ultraviolet

Lampu UV yang digunakan adalah lampu UV dengan daya 14 watt (sesuai dengan daya yang dibutuhkan untuk mensterilkan *E.coli*), kapasitas aliran 4 l/menit dan berdasarkan hasil pengukuran waktu, waktu detensi pada lampu UV (saat sampel masuk sampai keluar) adalah 14 detik.

➤ Transmitter medan listrik

Transmitter medan listrik merupakan alat yang dirancang guna mengatur pemancaran listrik yang dilengkapi dengan beberapa tombol pengatur yang berfungsi sebagai berikut :

1. Lampu Indikator, Lampu yang menunjukkan adanya pancaran arus listrik.
 2. Indikator tegangan, layar untuk menampilkan tegangan listrik yang di pancarkan.
 3. Pengatur tegangan, tombol pengatur tegangan yang dipancarkan
 4. Sekring, sebagai komponen pemutus tegangan listrik.
- Bak Equalisasi
- Bak Equalisasi disini berfungsi untuk menampung sample serta menghomogenkan antara campuran media biakan *E.coli* dengan aquadest dan menyetarakan debit sesuai dengan yang debit direncanakan.
- Reaktor
- Reaktor pada proses elektrofusi terdiri dari 3 (tiga) reaktor sesuai dengan waktu pemaparan arus listrik:
- Reaktor I
Bak ini berfungsi sebagai wadah proses elektrofusi dengan waktu pemaparan arus listrik selama 10 detik
 - Reaktor II
Bak ini berfungsi sebagai wadah proses elektrofusi dengan waktu pemaparan arus listrik selama 15 detik
 - Reaktor III
Bak ini berfungsi sebagai wadah proses elektrofusi dengan waktu pemaparan arus listrik selama 20 detik
 - Bak penampung hasil
Bak ini berfungsi sebagai penampung hasil elektrofusi bak sebelumnya maupun setelah lampu UV.
- Elektroda
- Elektroda berfungsi sebagai penghantar arus listrik dari transmiter medan listrik menuju sampel, sehingga dapat terjadi proses elektrofusi. Elektroda ini memiliki ukuran yang sama untuk setiap reaktornya yaitu 5 cm × 20 cm. Untuk jenis elektroda (katoda dan anoda) yang dipakai adalah tembaga (Cu)

karena tembaga memiliki nilai resistensi yang kecil, tahan panas, daya hantar arus listrik yang baik dan tidak korosif (Damar, 2005).

➤ pH meter atau kertas pH

Pengukuran pH diperlukan karena kehidupan bakteri sangat dipengaruhi oleh pH.

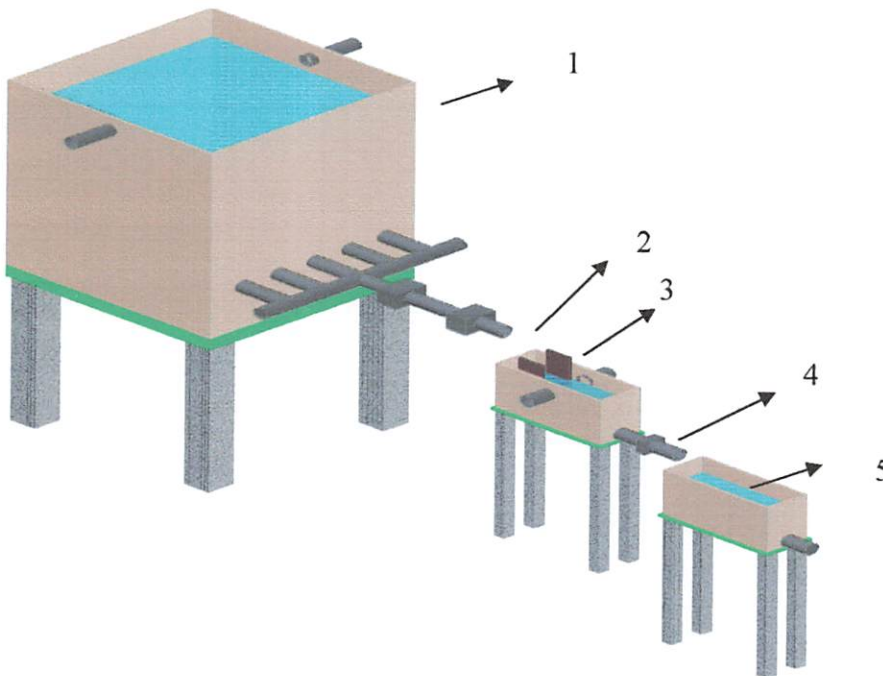
➤ Thermometer

Digunakan thermometer pengukur suhu dari raksa dengan kapasitas maksimum 110 °C. Penggunaan thermometer ini untuk mencatat perubahan suhu yang terjadi selama proses elektrofusi dan elektrofusi UV berlangsung.

➤ Stopwatch

Digunakan stopwatch digital untuk mencatat waktu pengambilan sampel.

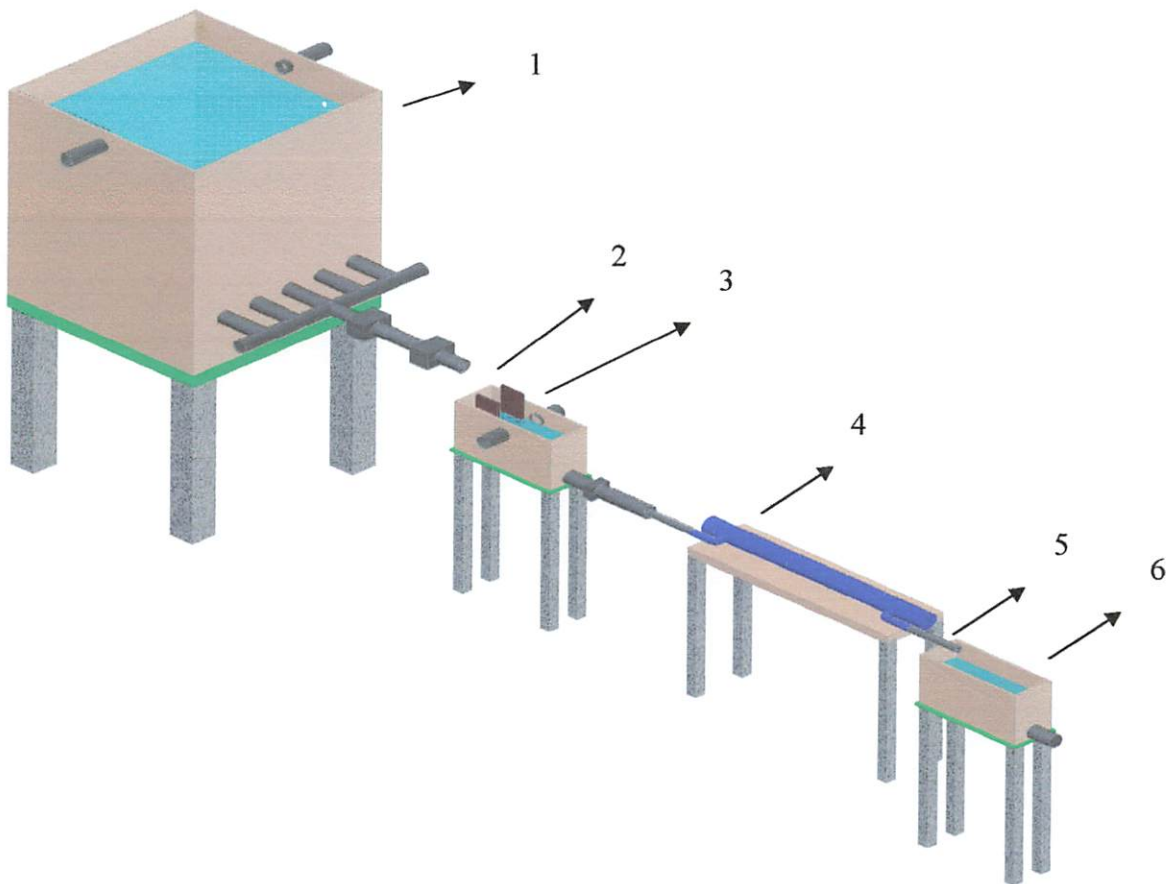
Secara rinci gambar reaktor dapat dilihat pada gambar 3.1, 3.2 dan gambar 3.3



(Gambar 3.1. Reaktor Desinfeksi Dengan Metode Elektrofusi)

Keterangan Gambar :

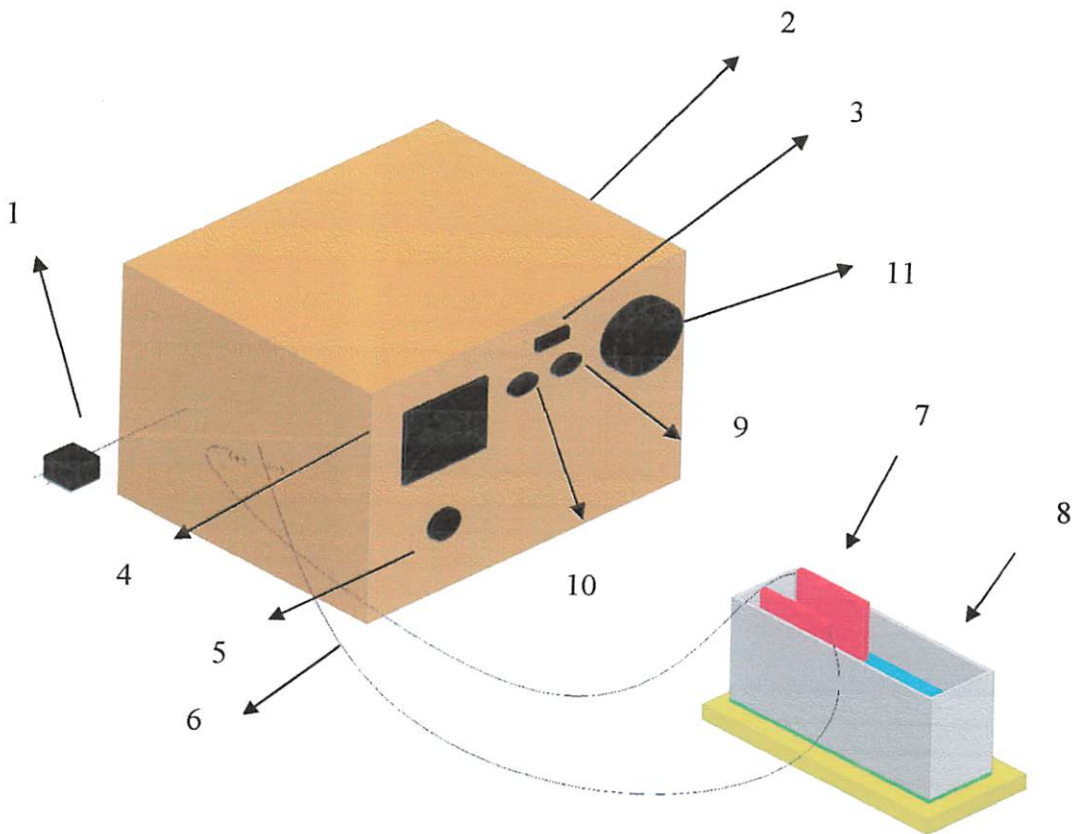
- | | |
|-------------------|------------------------|
| 1. Bak Equalisasi | 4. Pipa Outlet |
| 2. Bak desinfeksi | 5. Bak Penampung Hasil |
| 3. Elektroda | |



(Gambar 3.2. Reaktor Desinfeksi Dengan Metode Elektrofusi Ultraviolet)

Keterangan Gambar :

1. Bak Equalisasi
2. Bak desinfeksi
3. Elektroda
4. Lampu UV
5. Pipa Outlet
6. Bak Penampung Hasil



(Gambar 3.3. Transmitter Medan Listrik)

Keterangan gambar :

- | | | |
|-------------------------|------------------------|-----------------------|
| 1. <i>House current</i> | 6. Kabel output | 11. Pengatur Tegangan |
| 2. Box transmitter | 7. Elektroda | |
| 3. Lampu indiator | 8. Bak Desinfeksi | |
| 4. Indikator tegangan | 9. <i>Time digital</i> | |
| 5. Sekring | 10. Tobol voltase | |

3.4.2 Bahan-bahan Penelitian

Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah larutan sampel yang terdiri dari aquadest yang telah ditambahkan dengan biakan murni bakteri *E.coli* .

1. Penyiapan media

❖ Media Padat (Nutrisi Agar)

- Menimbang pepton sebanyak 1.8 gram
- Menimbang daging sebanyak 3 gram, lalu ditumbuk hingga halus
- Mencampur pepton, daging dan sebungkus bubuk agar-agar kemudian dilarutkan dalam aquadest sebanyak 600 ml dalam *beaker glass*
- Memanaskan larutan sampai mendidih kemudian disaring
- Menurunkan suhu sampai 50⁰ C
- Mengatur pH media sampai 7
- Menutup *beaker glass* dengan plastik kemudian mensterilkan ke dalam *autoclave* selama 20 menit pada suhu 121⁰ C
- Menunggu media sampai agak dingin kemudian menyimpan ke dalam lemari es dan disimpan selama 24 jam.
- Mengambil 5 tetes bakteri *E.coli* dan memasukan ke dalam media kaldu nutrisi agar steril dalam cawan Petri
- Meletakkan dalam inkubator selama 24 atau 48 jam pada suhu 37⁰C dalam posisi terbalik

❖ Media Cair (*Nutrient Broth*)

Teknik pembuatan hampir sama dengan media padat hanya pada pembuatan media cair tidak menggunakan agar-agar dan media saat proses pendinginan di letakan pada *beaker glass*

2. Peletakan Bakteri Pada Media

1. Mengambil 5 tetes bakteri *E.coli* dan memasukan ke dalam media nutrisi agar steril dalam cawan Petri
2. Meletakkan dalam inkubator selama 24 atau 48 jam pada suhu 37⁰C dalam posisi terbalik

3. Bakteri yang berkembang pada media padat kemudian dipindahkan dengan kawat ose ke media cair yang telah diletakan dalam erlenmeyer, kemudian diinkubasi selama 24 atau 48 jam
3. Penyiapan dan Uji Sampel
 - Menyiapkan aquades sebanyak 100 ml dalam *beakerglass*
 - Biakan *E.coli* pada media cair dicampurkan ke dalam aquades sebanyak 1 ml dibiarkan selama 20 menit
 - Dianalisa suhu, pH dan jumlah bakteri dengan metode MPN

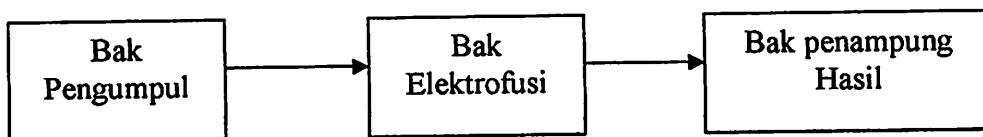
3.5 Pelaksanaan Penelitian

Setelah dilakukan uji kualitas sampel awal, kemudian dilakukan proses desinfeksi dengan metode elektrofusi dan elektrofusi ultraviolet, dengan menggunakan variasi waktu pemaparan arus listrik, variasi tegangan listrik dan penambahan lampu UV.

3.5.1. Pelaksanaan Penelitian Desinfeksi dengan Elektrofusi

- Melakukan kalibrasi alat sebanyak 3 kali pengulangan yaitu pada transmiter medan listrik dengan langkah-langkah sebagai berikut :
 1. Kabel output transmiter medan listrik dijepitkan pada elektroda.
 2. Elektroda dengan jarak yang ditentukan kemudian dicelupkan ke dalam wadah berisi air.
 3. Menyalakan suplay listrik dengan tegangan 125 volt kemudian membiarkan listrik mengalir selama 20 menit dalam wadah tersebut. Apabila terjadi pemutusan tegangan akibat hubungan singkat yang ditandai dengan rusaknya sekring maka dilakukan penggantian sekring dengan amper yang lebih besar.
 4. Melakukan langkah ketiga berulang-ulang sebanyak 3 kali.
 5. Melakukan kembali langkah ke 3 dan 4 namun dengan tegangan listrik sebesar 240 volt.
- Menyiapkan sampel yang akan diolah, kemudian memasukkannya ke dalam bak penampung sampel (bak equalisasi).

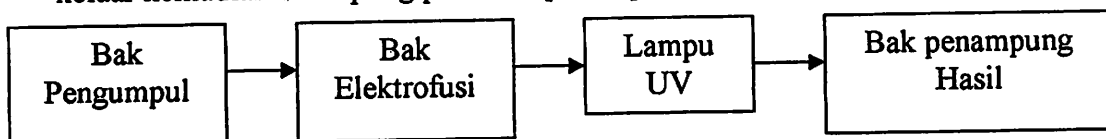
- Sampel yang akan di desinfeksi dimasukkan ke dalam reaktor secara kontinu berdasarkan waktu pemaparan.
- Menyalakan suplai listrik dari transmiter medan listrik yang telah terpasang elektroda.
- Sampel diambil berdasarkan waktu pemaparan arus listrik pada masing-masing reaktor. Reaktor I pada detik ke 10, reaktor II pada detik ke 15 dan reaktor III pada detik ke 20. Dianalisa suhu, pH dan jumlah *E.coli* dengan metode MPN.
- Melakukan pergantian variasi tegangan 125 volt/AC dan 240 volt/AC



(Gambar 3.4. Arah Aliran Air Pada Proses Elektrofusi)

3.5.2. Pelaksanaan Penelitian Desinfeksi dengan Elektrofusi Ultraviolet

Tahapan pelaksanaan penelitian desinfeksi dengan elektrofusi ultraviolet, tidak jauh berbeda dengan tahapan pelaksanaan penelitian desinfeksi dengan elektrofusi. Hanya pada tahapan ini sampel yang keluar dari bak elektrofusi dilewatkan pada sebuah tabung stenlistill yang berisi lampu UV, air olahan yang keluar kemudian ditampung pada bak penampung hasil.



(Gambar 3.5. Arah Aliran Air Pada Proses Elektrofusi Ultraviolet)

3.6 Analisis Parameter uji dan parameter kontrol

Dalam menganalisis jumlah bakteri *E.coli* yang tersisa digunakan metode MPN (*Most Probable Number*). Dalam metode MPN digunakan medium cair dalam tabung reaksi 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.

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

Untuk parameter kontrol suhu digunakan thermometer raksa dengan suhu maksimum 110 °C dan untuk mengetahui kadar pH digunakan pH meter digital atau kertas pH.

3.7 Analisis Data

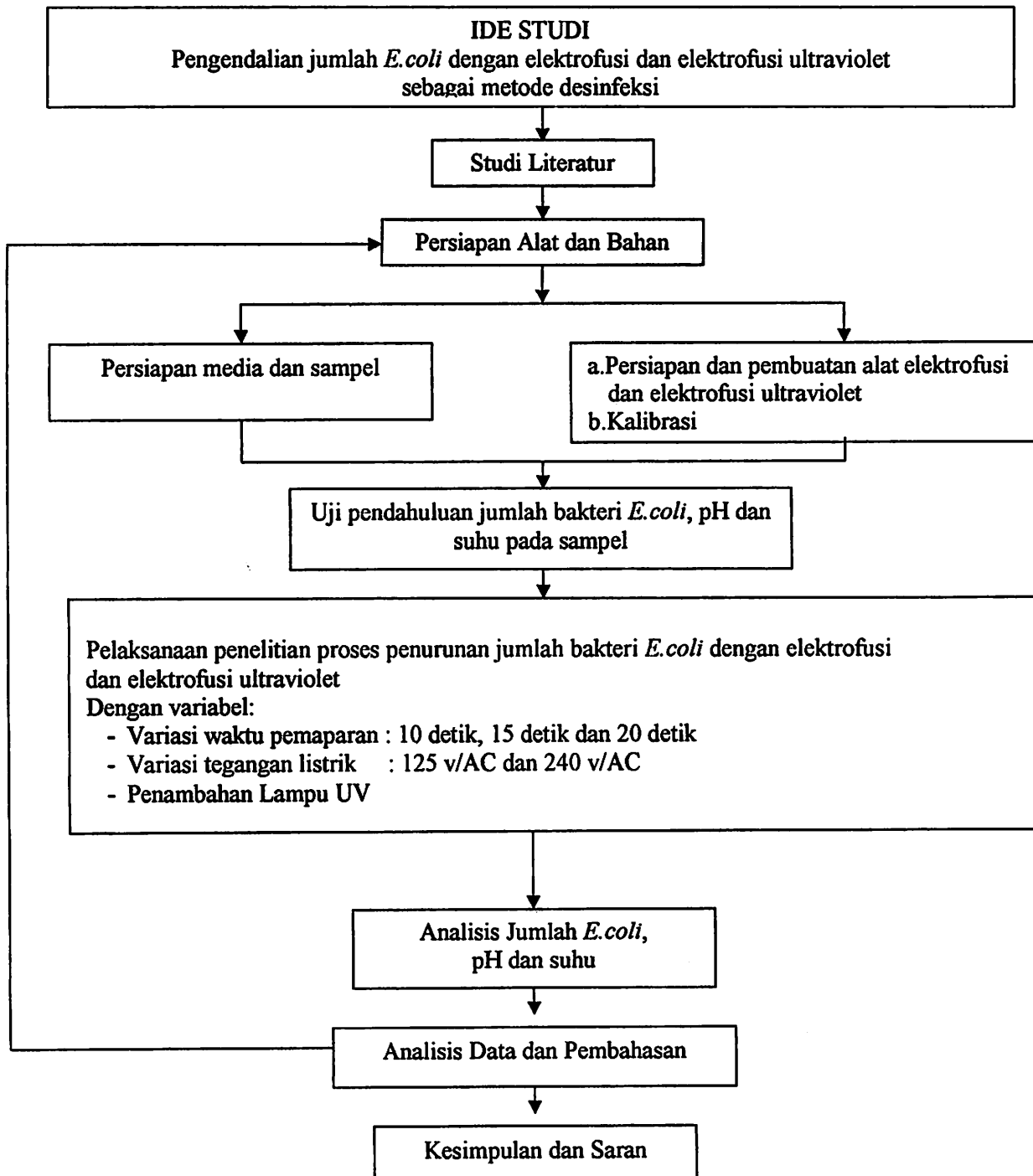
Data hasil percobaan yang didapat, kemudian dianalisis data dengan metode analisis uji korelasi, uji regresi dan uji anova. Analisis deskriptif ditujukan untuk mendapatkan gambaran berdasarkan gejala dan fakta yang diperoleh dari sampel penelitian yang ditampilkan dalam bentuk grafik. Analisa korelasi bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara variabel waktu pemaparan, tegangan listrik dan penambahan lampu UV terhadap penurunan jumlah bakteri *E.coli*. Analisa regresi bertujuan untuk mengetahui apakah variabel waktu pemaparan, tegangan listrik dan penambahan lampu UV dapat memprediksi penurunan bakteri *E.coli*. Analisa varian (anova) untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan nyata atau tidak secara statistik antara tiga variasi yang dilakukan (variabel waktu pemaparan, tegangan listrik dan penambahan lampu UV) terhadap penurunan jumlah bakteri *E.coli* pada sampel yang dibuat.

3.8 Kesimpulan dan Saran

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

3.9 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian skripsi efektifitas elektrofusi dan elektrofusi ultraviolet untuk menurunkan jumlah bakteri *E.coli* adalah sebagai berikut:



(Gambar 3.6 Kerangka Penelitian)

BAB IV

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik Sampel Buatan

Sampel air yang digunakan dalam penelitian ini merupakan sampel air buatan yang telah tercemar bakteri *E.coli* dengan cara mencampurkan 1 (satu) ml media biakan *E.coli* dengan 100 ml aquades. Sampel buatan selanjutnya dianalisis untuk mengetahui karakteristik atau kualitasnya. Tabel 4.1 berikut menunjukkan karakteristik sampel buatan dibandingkan dengan persyaratan kualitas air minum menurut KEP.MENKES.RI NOMOR 907/MENKES/SK/VII/2002.

Tabel 4.1 Hasil Analisis Awal Sampel Buatan

| No. | Parameter | Satuan | Hasil | | | Rata-rata | Metode Analisa | Standar Baku mutu |
|-----|------------|----------------|-------|------|------|-----------|----------------|-------------------|
| | | | I | II | III | | | |
| 1 | Suhu (T) | ^o C | 25.4 | 25.4 | 25.5 | 25.4 | Thermometer | ± 3 |
| 2 | pH | - | 7 | 7 | 7 | 7 | Kertas pH | 6.5 – 8.5 |
| 3 | Total Coli | MPN/100 ml | 2400 | 2400 | 2400 | 2400 | MPN | 0 |

Sumber : Hasil Penelitian, 2010

Tabel 4.1 di atas menunjukkan kualitas sampel buatan tidak memenuhi untuk parameter jumlah total bakteri *E.coli* jika dibandingkan dengan dengan persyaratan bakteriologis air minum menurut KEP.MENKES.RI NOMOR 907/MENKES/SK/VII/2002. Apabila dengan kondisi air minum seperti ini langsung dikonsumsi tanpa ada pengolahan terlebih dahulu maka dapat menyebabkan penyakit bagi pihak yang mengkonsumsi air tersebut (Dwidjoseputro, 1998). Untuk itu dalam penelitian ini dicoba pengolahan air dengan menggunakan elektrofusi dan elektrofusi ultraviolet sebelum air tersebut dikonsumsi sehingga tidak menyebabkan penyakit dan sesuai dengan syarat bakteriologis air minum yang telah ditetapkan.

4.2. Hasil Penelitian

Penelitian dilakukan dengan sistim *continuous stirred tank reactor*. Variasinya terletak pada perbedaan tegangan listrik 125 volt dan 240 volt, variasi waktu 10, 15 dan 20 detik serta variasi penggunaan *ultraviolet water sterilization lamp*. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan data jumlah total bakteri *E.coli* dapat dilihat pada tabel 4.2 dan tabel 4.3.

Tabel 4.2 Jumlah Total Bakteri *E.coli* Pada Sampel Buatan Dengan Elektrofusi Sebagai Metode Desinfeksi

| Tegangan (Volt) | Waktu (detik) | Total Bakteri <i>E.coli</i> Awal (MPN/100 ml) | Total Bakteri <i>E.coli</i> Akhir (MPN/100 ml) | | | Rata-rata |
|-----------------|---------------|---|--|------|------|-----------|
| | | | 1 | 2 | 3 | |
| 125 | 10 | 2400 | 1896 | 1944 | 1944 | 1928.00 |
| | 15 | 2400 | 1600 | 1752 | 1752 | 1701.33 |
| | 20 | 2400 | 1608 | 1584 | 1608 | 1600.00 |
| 240 | 10 | 2400 | 1320 | 1344 | 1344 | 1336.00 |
| | 15 | 2400 | 1128 | 1128 | 1128 | 1128.00 |
| | 20 | 2400 | 1032 | 960 | 985 | 992.33 |

Tabel 4.3 Jumlah Total Bakteri *E.coli* Pada Sampel Buatan Dengan Elektrofusi Ultraviolet Sebagai Metode Desinfeksi

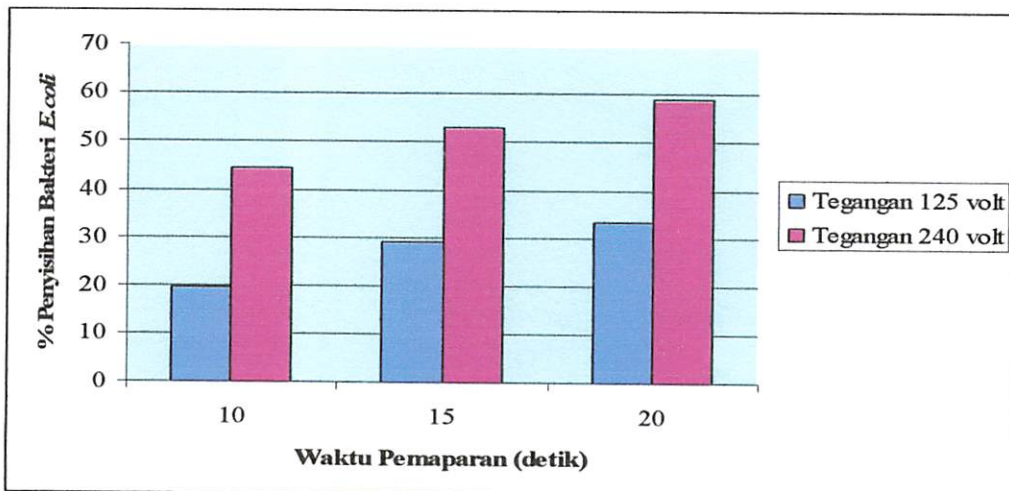
| Tegangan (Volt) | Waktu (detik) | Total Bakteri <i>E.coli</i> Awal (MPN/100 ml) | Total Bakteri <i>E.coli</i> Akhir (MPN/100 ml) | | | Rata-rata |
|-----------------|---------------|---|--|-----|-----|-----------|
| | | | 1 | 2 | 3 | |
| 125 | 10 | 2400 | 1032 | 998 | 995 | 1008.33 |
| | 15 | 2400 | 768 | 744 | 744 | 752.00 |
| | 20 | 2400 | 320 | 491 | 480 | 430.33 |
| 240 | 10 | 2400 | 288 | 480 | 288 | 352.00 |
| | 15 | 2400 | 216 | 192 | 216 | 208.00 |
| | 20 | 2400 | 192 | 168 | 216 | 192.00 |

Tabel 4.4. Jumlah Total dan % Penyisihan
Bakteri *E.coli* pada Sampel Buatan
Dengan Elektrofusi Sebagai Metode Desinfeksi

| Tegangan (Volt) | Waktu (detik) | Total Bakteri <i>E.coli</i> Awal (MPN/100 ml) | Suhu ($^{\circ}$ C) | pH | Total Bakteri <i>E.coli</i> Akhir (MPN/100 ml) | % Penyisihan |
|-----------------|---------------|---|----------------------|----|--|--------------|
| 125 | 10 | 2400 | 25.3 | 7 | 1928.00 | 19.667 |
| | 15 | 2400 | 25.4 | 7 | 1701.33 | 29.111 |
| | 20 | 2400 | 25.4 | 7 | 1600.00 | 33.333 |
| 240 | 10 | 2400 | 25.3 | 7 | 1336.00 | 44.333 |
| | 15 | 2400 | 25.6 | 7 | 1128.00 | 53.000 |
| | 20 | 2400 | 25.4 | 7 | 992.33 | 58.653 |

Sumber : Hasil Penelitian, 2010

Pada gambar 4.1 dapat dilihat bahwa persen penyisihan bakteri *E.coli* terendah terjadi pada tegangan listrik 125 volt dengan waktu pemaparan selama 10 detik sebesar 19.667 % dan tertinggi pada tegangan listrik 240 volt dengan waktu pemaparan 20 detik sebesar 58.653 %.



Gambar 4.1. Grafik Hubungan Waktu Pemaparan Terhadap % Penyisihan Bakteri *E.coli* Pada Tegangan Listrik 125 volt dan 240 volt

4.3. Analisis Statistik

4.3.1. Analisis Deskriptif

Analisis deskriptif dilakukan untuk menganalisis data dengan cara mendeskriptifkan data yang telah terkumpul kemudian diringkas dan disajikan dalam bentuk yang mudah dibaca.

4.3.1.1. Analisis Deskriptif Desinfeksi Bakteri *E.coli* dengan Elektrofusi

Dari hasil penelitian yang diperoleh tentang jumlah total bakteri *E.coli* menunjukkan bahwa elektrofusi 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 :

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

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{2400 - 1928}{2400} \times 100\%$$

$$\% \text{ Penyisihan} = 19.667 \%$$

Untuk selengkapnya hasil perhitungan persen penyisihan bakteri *E.coli* dengan elektrofusi sebagai metode desinfeksi dapat dilihat pada tabel 4.4 dan gambar 4.1.

4.3.1.2. Analisis Deskriptif Desinfeksi Bakteri *E.coli* dengan Elektrofusi ultraviolet

Dari hasil penelitian yang diperoleh tentang jumlah total bakteri *E.coli* menunjukkan bahwa elektrofusi ultraviolet sebagai metode desinfeksi mempunyai kemampuan menurunkan jumlah bakteri *E.coli*. Untuk mengetahui persen penyisihan bakteri *E.coli* digunakan rumus :

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

Contoh Perhitungan :

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

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{2400 - 1008.33}{2400} \times 100\%$$

$$\% \text{ Penyisihan} = 57.986 \%$$

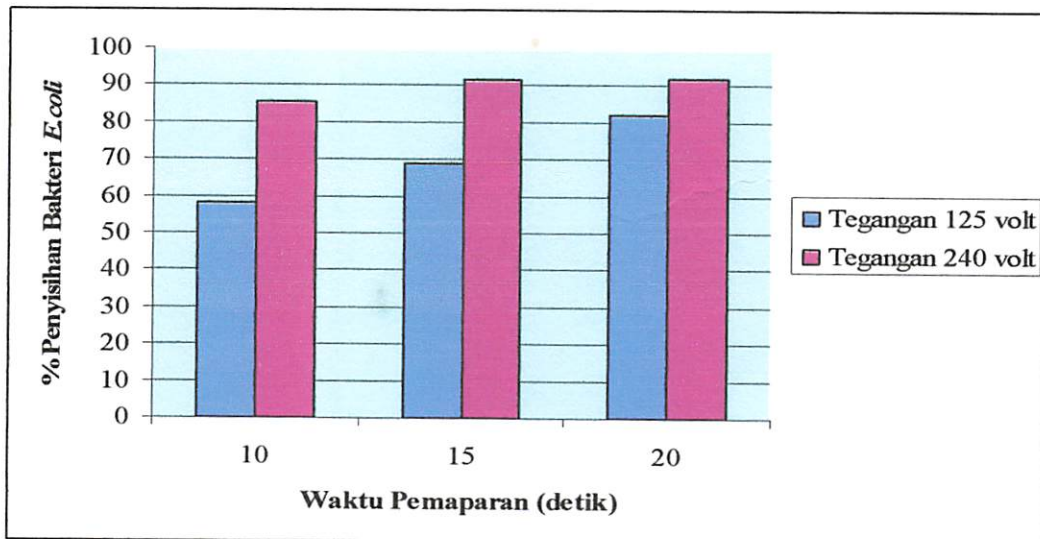
Untuk selengkapnya hasil perhitungan persen penyisihan bakteri *E.coli* dengan elektrofusi ultraviolet sebagai metode desinfeksi dapat dilihat pada tabel 4.5 dan gambar 4.2.

Tabel 4.5. Jumlah Total dan % Penyisihan
Bakteri *E.coli* pada Sampel Buatan
Dengan Elektrofusi Ultraviolet Sebagai Metode Desinfeksi

| Tegangan (Volt) | Waktu (detik) | Total Bakteri <i>E.coli</i> Awal (MPN/100 ml) | Suhu ($^{\circ}$ C) | pH | Total Bakteri <i>E.coli</i> Akhir (MPN/100 ml) | % Penyisihan |
|-----------------|---------------|---|----------------------|----|--|--------------|
| 125 | 10 | 2400 | 25.5 | 7 | 1008.33 | 57.986 |
| | 15 | 2400 | 25.4 | 7 | 752.00 | 68.667 |
| | 20 | 2400 | 25.5 | 7 | 430.33 | 82.070 |
| 240 | 10 | 2400 | 25.3 | 7 | 352.00 | 85.333 |
| | 15 | 2400 | 25.6 | 7 | 208.00 | 91.333 |
| | 20 | 2400 | 25.4 | 7 | 192.00 | 92.000 |

Sumber : Hasil Penelitian, 2010

Pada gambar 4.2 dapat dilihat bahwa persen penyisihan bakteri *E.coli* terendah terjadi pada tegangan listrik 125 volt dengan waktu pemaparan selama 10 detik sebesar 57.986 % dan tertinggi pada tegangan listrik 240 volt dengan waktu pemaparan 20 detik sebesar 92.000 %.



Gambar 4.2. Grafik Hubungan Waktu Pemaparan Terhadap % Penyisihan Bakteri *E.coli* Pada Tegangan Listrik 125 volt dan 240 volt

4.3.2. Analisis Korelasi

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara 2 variabel yang diamati, maka digunakan analisis korelasi. Dalam analisis korelasi terdapat :

Hipotesis :

- H_0 : Korelasi tidak signifikan
- H_1 : Korelasi signifikan

Pengambilan Keputusan :

- Jika probabilitas > 0.05 , H_0 diterima
- Jika probabilitas < 0.05 , H_0 ditolak

Untuk mengetahui kuat lemahnya korelasi :

Apabila nilai korelasi semakin mendekati 1 atau (-1), berarti hubungan antara 2 variabel semakin erat (Iriawan dan Astuti, 2006). Nilai negatif berarti apabila salah satu variabel meningkat maka variabel lainnya menurun. Nilai positif berarti apabila salah satu variabel meningkat maka variabel lain akan ikut meningkat.

4.3.2.1. Analisis Korelasi Desinfeksi Bakteri *E.coli* dengan Elektrofusi

➤ Uji korelasi persen penyisihan bakteri *E.coli* dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Anlisa Korelasi Antara % Penyisihan Bakteri *E.coli* Dengan Waktu Pemaparan (detik) dan Tegangan Listrik (volt)

| Correlations: % Penyisihan Bakteri E.coli, Waktu Pemaparan, Tegangan Listrik | | |
|--|------------------------------|----------------|
| | % Penyisihan Waktu Pemaparan | |
| Waktu Pemapa | 0.420 0.407 | |
| Tegangan Lis | 0.905 0.013 | 0.000 1.000 |
| Cell Contents: Pearson correlation P-Value | | |

Keputusan

Berdasarkan tabel 4.6 menunjukkan bahwa :

- Koefisien korelasi antara persen penyisihan bakteri *E.coli* dengan waktu pemaparan arus listrik adalah 0,420. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel lemah karena menjauhi 1 (satu) (Iriawan dan Astuti, 2006). Hubungan kedua variabel searah. Hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti jika semakin lama waktu pemaparan arus listrik maka persen penyisihan bakteri *E.coli* semakin meningkat. Tingkat signifikan persentase penyisihan bakteri *E.coli* dan waktu pemaparan arus listrik adalah 0.407 dengan nilai probabilitasnya > 0.05 maka korelasinya tidak signifikan.
- Koefisien korelasi antara persen penyisihan bakteri *E.coli* dengan tegangan listrik (volt) adalah 0.905. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat karena mendekati 1 (satu) (Iriawan dan Astuti, 2006). Hubungan variabel searah. Hal ini ditunjukkan dengan tanda positif pada nilai koefisien korelasi yang berarti semakin besar tegangan listrik maka semakin besar persen penyisihan bakteri *E.coli*. Tingkat signifikan persentase penyisihan bakteri *E.coli* adalah 0.013 dengan nilai probabilitasnya < 0.05 , maka korelasi signifikan.

4.3.2.2. Analisis Korelasi Desinfeksi Bakteri *E.coli*

Dengan Elektrofusi ultraviolet

- Uji korelasi persen penyisihan bakteri *E.coli* dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 Anlisa Korelasi Antara % Penyisihan Bakteri *E.coli*
Dengan Waktu Pemaparan (detik) dan Tegangan Listrik (volt)

| Correlations: % Penyisihan Bakteri <i>E.coli</i> , Waktu Pemaparan, Tegangan Listrik | | |
|--|--------------|--------------|
| | % Penyisihan | Waktu Pemapa |
| Waktu Pemapa | 0.508 | |
| | 0.304 | |
| Tegangan Lis | 0.808 | 0.000 |
| | 0.049 | 1.000 |
| Cell Contents: Pearson correlation | | |
| P-Value | | |

Berdasarkan tabel 4.7 mnunjukkan bahwa :

- Koefisien korelasi antara persen penyisihan bakteri *E.coli* dengan waktu pemaparan arus listrik adalah 0.508. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat karena mendekati 1 (satu) (Iriawan dan Astuti, 2006). Hubungan kedua variabel searah. Hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti jika semakin lama waktu pemaparan arus listrik maka persen penyisihan bakteri *E.coli* semakin meningkat. Tingkat signifikan persentase penyisihan bakteri *E.coli* dan waktu pemaparan arus listrik adalah 0.304 dengan nilai probabilitasnya > 0.05 maka korelasinya tidak signifikan.
- Koefisien korelasi antara persen penyisihan bakteri *E.coli* dengan tegangan listrik (volt) adalah 0.808. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat karena mendekati 1 (satu) (Iriawan dan Astuti, 2006). Hubungan variabel searah. Hal ini ditunjukkan dengan tanda positif pada nilai koefisien korelasi yang berarti semakin besar tegangan listrik maka semakin besar persen penyisihan bakteri *E.coli*. Tingkat signifikan persentase penyisihan bakteri *E.coli* adalah 0.049 dengan nilai probabilitasnya < 0.05 , maka korelasi signifikan.

4.3.3. Analisis Regresi

Untuk mengetahui besarnya hubungan antara variabel respon dan variabel prediktor digunakan uji regresi, sehingga diketahui ketepatan atau signifikansi prediksi dari hubungan atau korelasi data. Pada analisis regresi terdapat uji F untuk kelinieran dan uji t untuk menguji signifikansi konstanta dengan variabel respon atau prediktor.

➤ Dalam uji kelinieran terdapat :

Hipotesis :

H_0 : x dan y tidak linear

H_1 : x dan y linear

➤ Dalam uji t untuk signifikansi konstanta dengan variabel respon atau prediktor terdapat :

Hipotesis :

H_0 : Koefisien regresi tidak signifikan

H_1 : Koefisien regresi signifikan

Pengambilan keputusan

Untuk nilai t, berdasarkan pada perbandingan t hitung dengan t tabel

- Jika statistik hitung (angka t *output*) > statistik tabel t (t tabel), H_0 ditolak
- Jika statistik hitung (angka t *output*) < statistik tabel t (t tabel), H_0 diterima

Untuk nilai Probabilitas

- Jika probabilitas > 0.05, H_0 diterima
- Jika probabilitas < 0.05, H_1 ditolak

4.3.3.1. Analisis Regresi Desinfeksi Bakteri *E.coli* dengan Elektrofusi

- Uji Koefisien Regresi persen penyisihan bakteri *E.coli* dapat dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4.8 Analisa Regresi Antara % Penyisihan Bakteri *E.coli*
Dengan Waktu Pemaparan (detik) dan Tegangan Listrik (volt)

Regression Analysis: % Penyisihan versus Waktu Pemapa, Tegangan Listrik

The regression equation is

$$\% \text{ Penyisihan} = 20.4 + 1.40 \text{ Waktu Pemaparan} + 0.214 \text{ Tegangan Listrik}$$

| Predictor | Coef | SE Coef | T | P |
|------------------|---------|---------|-------|-------|
| Constant | 20.385 | 2.901 | 7.03 | 0.006 |
| Waktu Pemaparan | 1.3993 | 0.1434 | 9.76 | 0.002 |
| Tegangan Listrik | 0.21413 | 0.01018 | 21.04 | 0.000 |

S = 1.43363 R-Sq = 99.4% R-Sq(adj) = 99.1%

- Keterangan :
- S = Standar Deviasi Model
 - R-Sq (R^2) = Koefisien Determinasi
 - R-Sq (adj) = Koefisien Determinasi yang disesuaikan
 - T = Nilai Statistik
 - P = Nilai Probabilitas
 - DF = Derajat Bebas
 - SS = Variabel Residual
 - MS = Mean Square
 - F = Nilai Statistik Uji
 - VIF = Variance Inflation Factor

A. Pada tabel 4.8 dapat kita ketahui model regresi yang didapat adalah :

$$Y = 20.4 + 1.40 X_1 + 0.214 X_2$$

Dimana :

$$Y = \% \text{ penyisihan bakteri } E.coli$$

$$X_1 = \text{Waktu Pemaparan Arus Listrik (detik)}$$

$$X_2 = \text{Tegangan Listrik (volt)}$$

Koefisien regresi sebesar 1.40 untuk variabel X_1 (variabel waktu pemaparan) menyatakan bahwa setiap penambahan 1 detik waktu pemaparan akan meningkatkan persentase penyisihan bakteri *E.coli* sebesar 1.40 dengan anggapan variabel lain besarnya konstan. Koefisien regresi sebesar 0.214 untuk variabel X_2 (variabel tegangan listrik)

menyatakan bahwa setiap penambahan 1 volt tegangan listrik akan meningkatkan persentase penyisihan bakteri *E.coli* sebesar 0.214 dengan anggapan variabel lain besarnya konstan.

B. Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi (R^2) adalah 99.4 %. Hal ini berarti persentase penyisihan bakteri *E.coli* dipengaruhi oleh variasi waktu pemaparan dan tegangan listrik sedangkan sisanya 0.6 % penyisihan bakteri *E.coli* dipengaruhi faktor lain.

C. Uji t untuk menguji signifikan kontanta dan variabel respon

- Berdasarkan nilai t

Pada tabel 4.9 statistik hitung output untuk variasi waktu pemaparan adalah 9.76 sedangkan untuk tegangan listrik adalah 21.04. Dari tabel diketahui nilai t adalah 2.353. Untuk variasi waktu pemaparan t hitung output > statistik t tabel maka kesimpulannya koefisien regresi signifikan. Untuk variasi tegangan listrik t hitung > statistik t tabel maka kesimpulannya koefisien regresi signifikan.

- Berdasarkan probabilitas

Terlihat bahwa pada kolom signifikan untuk variasi waktu pemaparan adalah 0.002 dan untuk variasi tegangan listrik adalah 0.000. Untuk variasi waktu pemaparan maupun tegangan listrik probabilitasnya < 0.05, sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima atau koefisien regresi signifikan.

4.3.3.2. Analisis Regresi Desinfeksi Bakteri *E.coli*

Dengan Elektrofusi ultraviolet

- Uji Koefisien Regresi persen penyisihan bakteri *E.coli* dapat dilihat pada tabel 4.9.

Tabel 4.9 Analisa Regresi Antara % Penyisihan Bakteri *E.coli*
Dengan Waktu Pemaparan (detik) dan Tegangan Listrik (volt)

| Regression Analysis: % Penyisihan versus Waktu Pemapa, Tegangan Lis | | | | | |
|--|---------|---------|------|-------|--|
| The regression equation is | | | | | |
| % Penyisihan = 24.8 + 1.54 Waktu Pemaparan + 0.174 Tegangan Listrik | | | | | |
| Predictor | Coef | SE Coef | T | P | |
| Constant | 24.79 | 10.57 | 2.35 | 0.101 | |
| Waktu Pemaparan | 1.5376 | 0.5222 | 2.94 | 0.040 | |
| Tegangan Listrik | 0.17375 | 0.03708 | 4.69 | 0.018 | |
| S = 5.22216 R-Sq = 91.1% R-Sq(adj) = 85.1% | | | | | |

A. Pada tabel 4.9 dapat kita ketahui model regresi yang didapat adalah :

$$Y = 24.8 + 1.54 X_1 + 0.174 X_2$$

Dimana :

Y = % penyisihan bakteri *E.coli*

X_1 = Waktu Pemaparan Arus Listrik (detik)

X_2 = Tegangan Listrik (volt)

Koefisien regresi sebesar 1.54 untuk variabel X_1 (variabel waktu pemaparan) menyatakan bahwa setiap penambahan 1 detik waktu pemaparan akan meningkatkan persentase penyisihan bakteri *E.coli* sebesar 1.54 dengan anggapan variabel lain besarnya konstan. Koefisien regresi sebesar 0.174 untuk variabel X_2 (variabel tegangan listrik) menyatakan bahwa setiap penambahan 1 volt tegangan listrik akan meningkatkan persentase penyisihan bakteri *E.coli* sebesar 0.174 dengan anggapan variabel lain besarnya konstan.

B. Hasil analisa regresi juga didapatkan koefisien determinasi (R Square = R^2) adalah 91.1 %. Hal ini berarti persentase penyisihan bakteri *E.coli* dipengaruhi oleh variasi waktu pemaparan dan tegangan listrik sedangkan sisanya 8.9 % penyisihan bakteri *E.coli* dipengaruhi faktor lain.

C. Uji t untuk menguji signifikan kontanta dan variabel bebas

- Berdasarkan nilai t

Pada tabel 4.9 statistik hitung output untuk variasi waktu pemaparan adalah 2.94 sedangkan untuk tegangan listrik adalah 4.69. Dari tabel diketahui nilai t adalah 2.353. Untuk variasi waktu pemaparan t hitung output > statistik t tabel maka kesimpulannya koefisien regresi signifikan. Untuk variasi tegangan listrik t hitung > statistik t tabel maka kesimpulannya koefisien regresi signifikan.

- Berdasarkan probabilitas

Terlihat bahwa pada kolom signifikan untuk variasi waktu pemaparan adalah 0.040 dan untuk variasi tegangan listrik adalah 0.018. Untuk variasi waktu pemaparan maupun tegangan listrik probabilitasnya < 0.05, sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima atau koefisien regresi signifikan.

4.3.4. Analisis Anova

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh antara waktu pemaparan dan tegangan listrik terhadap persentase penyisihan bakteri *E.coli* maka dilakukan analisis dengan menggunakan uji ANOVA. Dalam uji anova ini terdapat :

Hipotesis :

H_0 : Ke-6 rata-rata perlakuan adalah identik

H_1 : Ke-6 rata-rata perlakuan adalah tidak identik

Untuk Nilai F

- Jika statistik hitung (nilai F hitung) > statistik tabel F (F tabel), H_0 ditolak
- Jika statistik hitung (nilai F hitung) < statistik tabel F (F tabel), H_0 diterima

Untuk nilai Probabilitas

- Jika probabilitas > 0.05, H_0 diterima
- Jika probabilitas < 0.05, H_0 ditolak

Keputusan :

1. Nilai Probabilitas

Berdasarkan tabel 4.10 dan 4.11 nilai probabilitas (P) dari variasi waktu pemaparan adalah 0.741 dan 0.013. Hasil output nilai probabilitas variasi waktu pemaparan > 0.05 maka H_0 diterima. Artinya rata-rata persentase penyisihan bakteri *E.coli* terhadap waktu pemaparan dalam enam perlakuan tersebut memang identik sedangkan hasil output nilai probabilitas variasi tegangan < 0.05 maka H_0 ditolak. Artinya rata-rata persentase penyisihan bakteri *E.coli* terhadap tegangan listrik dalam enam perlakuan tersebut memang tidak identik

2. Nilai F

Berdasarkan tabel 4.10 dan 4.11 nilai F hitung output adalah 0.33 dan 18.01. jika dilihat pada tabel nilai F adalah 9.55. Hasil output F hitung untuk variasi waktu pemaparan $< F$ tabel maka keputusannya adalah menerima hipotesis awal (H_0) dan menolak hipotesis alternatif (H_1). Artinya tidak ada perbedaan yang signifikan antara variasi waktu pemaparan dengan persentase penyisihan bakteri *E.coli*. Hasil output F hitung untuk variasi tegangan listrik $> F$ tabel maka keputusannya adalah menolak hipotesis awal (H_0) dan menerima hipotesis alternatif (H_1). Artinya ada perbedaan yang signifikan antara variasi tegangan listrik dengan persentase penyisihan bakteri *E.coli*.

4.3.3.2. Analisis Anova Desinfeksi Bakteri *E.coli*

Dengan Elektrofusi ultraviolet

- Hasil uji ANOVA persen penyisihan bakteri *E.coli* dapat dilihat pada tabel 4.12 dan tabel 4.13.

Keputusan :

1. Nilai Probabilitas

Berdasarkan tabel 4.13 dan 4.14 nilai probabilitas (P) dari variasi waktu pemaparan adalah 0.639 dan 0.042. Hasil output nilai probabilitas variasi waktu pemaparan > 0.05 maka H_0 diterima. Artinya rata-rata persentase penyisihan bakteri *E.coli* terhadap waktu pemaparan dalam enam perlakuan tersebut memang identik sedangkan hasil output nilai probabilitas variasi tegangan < 0.05 maka H_0 ditolak. Artinya rata-rata persentase penyisihan bakteri *E.coli* terhadap tegangan listrik dalam enam perlakuan tersebut memang tidak identik

2. Nilai F

Berdasarkan tabel 4.13 dan 4.14 nilai F hitung output adalah 0.639 dan 7.53. Jika dilihat pada tabel nilai F adalah 9.55. Hasil output F hitung untuk variasi waktu pemaparan maupun tegangan listrik $< F$ tabel maka keputusannya adalah menerima hipotesis awal (H_0) dan menolak hipotesis alternatif (H_1). Artinya ada perbedaan yang signifikan antara variasi waktu pemaparan dan tegangan listrik dengan persentase penyisihan bakteri *E.coli*.

4.4. Pembahasan Desinfeksi Bakteri *E.coli* Dengan Menggunakan Elektrofusi dan Elektrofusi Ultraviolet

4.4.1. Desinfeksi Dengan Menggunakan Elektrofusi

Pada tabel 4.4. dan gambar 4.1 dapat dilihat persentase penyisihan bakteri *E.coli* tidak besar. Hal ini ditunjukkan dengan persentase penyisihan tertinggi pada tegangan listrik sebesar 240 volt dengan lama waktu pemaparan selama 20 detik yaitu sebesar 58.653 % dan persentase penyisihan terendah pada tegangan listrik sebesar 125 volt dengan lama waktu pemaparan selama 10 detik yaitu sebesar 19.667 %.

Analisis korelasi antara waktu pemaparan arus listrik dengan persentase penyisihan bakteri *E.coli* adalah lemah dengan korelasi personnya 0.420, begitu

juga uji anova antara waktu pemaparan arus listrik dengan persentase penyisihan bakteri *E.coli* adalah identik atau tidak ada perbedaan. Pada analisis korelasi antara tegangan listrik dengan persentase penyisihan bakteri *E.coli* adalah kuat dengan nilai korelasi personnya 0.905 dan uji anova antara tegangan listrik dengan persentase penyisihan bakteri *E.coli* adalah tidak identik atau ada perbedaan. Hal ini mengindikasikan bahwa ada pengaruh yang kuat dari tegangan listrik terhadap penyisihan bakteri *E.coli* dibandingkan waktu pemaparan.

Peninjauan ulang dapat dilakukan dengan melihat tabel 4.4. Pada tabel akan terlihat jelas bahwa persentase penyisihan bakteri *E.coli* pada detik ke-10 dengan tegangan 240 volt (44.333 %) lebih besar dibandingkan dengan persentase penyisihan bakteri *E.coli* pada detik ke 20 dengan tegangan 125 volt (33.333 %). Hal ini dikarenakan pemaparan arus listrik sangat tergantung dari seberapa besar medan listrik yang tercipta untuk merusak bagian tubuh bakteri. Besar kecilnya pengaruh medan listrik bergantung pada tegangan listrik (v) sebagai suatu usaha (w) untuk membawa muatan listrik atau arus listrik (q/t) dari anoda ke katoda. Semakin besar tegangan listrik maka semakin cepat pula perpindahan arus listrik yang terjadi dan kinerja medan listrik dalam merusak bagian tubuh bakteri akan semakin besar dan lebih cepat sehingga waktu untuk proses desinfeksi lebih singkat. Hasil analisis regresi penyisihan bakteri *E.coli* pada sampel buatan dipengaruhi oleh waktu pemaparan dan tegangan listrik. Hal ini diperkuat dengan nilai R square sebesar 99.4%.

Hasil pendekatan statistik dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu pemaparan arus listrik dan semakin besar tegangan listrik maka semakin besar persentase penyisihan bakteri *E.coli*. Hal ini disebabkan karena terjadinya proses elektroforesis atau pemisahan gugus yang terkandung di dalam protein penyusun sel-sel bakteri. Suatu campuran protein mengandung asam amino sebagai senyawa utama yang menyusunnya. Asam amino terdiri dari beberapa gugus antara lain gugus amina (NH_2), gugus karboksil (COOH), gugus hidrogen (H) dan gugus residu (R). Keempat gugus ini terikat pada satu atom C. Asam amino dalam pH

netral akan bersifat zwiter ion atau gugus penyusunnya akan terprotonasi (NH_3^+) dan terdeprotonasi (COOH^-) (Barzelius J, 1838)

Jika campuran ini diletakan pada medan listrik, maka protein dengan gugus positif akan bergerak menuju elektroda yang bermuatan negatif dan protein dengan gugus negatif akan bergerak menuju elektroda bermuatan positif dan protein yang mengandung gugus yang tidak bermuatan akan tinggal diam. Rusaknya sistem metabolisme penyusun protein berdampak pada rusaknya membran sel bakteri dan komponennya yang tersusun atas protein sehingga terjadi proses lisis atau rusaknya sel (Gambar 2.5). Hal ini menyebabkan bakteri akan rentan terhadap kondisi lingkungan karena tidak ada lapisan pelindung yang memadai akibat telah mengalami kerusakan (Baykon, 1989 ; Damar, 2005).

Semakin besar tegangan listrik maka semakin besar gaya yang bekerja untuk memindahkan arus listrik dari anoda ke katoda (Marthen, 2002) maka semakin besar pula dampak pemaparan medan listrik terhadap dinding sel. Semakin besar medan listrik maka semakin besar pula peluang kerusakan yang terjadi pada dinding sel bakteri sehingga menimbulkan hubungan yang positif yaitu semakin besar pula kemampuan listrik untuk melakukan desinfeksi.

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. Pada proses elektrofusi sebagai metode desinfeksi suhu selama penelitian tetap ($25.3 - 25.6^{\circ}\text{C}$) dan pH stabil (7) sehingga dapat dikatakan kematian bakteri murni karena pengaruh listrik.

4.4.2. Desinfeksi Dengan Menggunakan Elektrofusi ultraviolet

Pada tabel 4.5. dan gambar 4.2 dapat dilihat persentase penyisihan bakteri *E.coli* cukup besar. Hal ini ditunjukkan dengan persentase penyisihan tertinggi pada tegangan listrik sebesar 240 volt dengan lama waktu pemaparan selama 20 detik yaitu sebesar 92.000 % dan persentase penyisihan terendah pada tegangan

listrik sebesar 125 volt dengan lama waktu pemaparan selama 10 detik yaitu sebesar 57.986 %.

Analisis korelasi antara waktu pemaparan arus listrik dengan persentase penyisihan bakteri *E.coli* adalah kuat dengan nilai korelasi personnya 0.508, begitu juga uji anova antara waktu pemaparan arus listrik dengan persentase penyisihan bakteri *E.coli* adalah identik atau tidak ada perbedaan. Pada analisis korelasi antara tegangan listrik dengan persentase penyisihan bakteri *E.coli* adalah kuat dengan nilai korelasi personnya 0.808 dan uji anova antara tegangan listrik dengan persentase penyisihan bakteri *E.coli* adalah tidak identik atau ada perbedaan.

Hal ini mengindikasikan bahwa penyisihan bakteri *E.coli* sangat dipengaruhi oleh tegangan listrik dan penambahan lampu UV dibandingkan waktu pemaparan. Peninjauan ulang dapat dilakukan dengan melihat tabel 4.5. Pada tabel akan terlihat jelas bahwa persentase penyisihan bakteri *E.coli* pada detik ke-10 dengan tegangan 240 volt (85.333 %) lebih besar dibandingkan dengan persentase penyisihan bakteri *E.coli* pada detik ke 20 dengan tegangan 125 volt (82.070 %). Proses desinfeksi dengan variabel waktu pemaparan pada tahapan ini hanya berlaku sampai tahapan desinfeksi dengan elektrofusi saja sedangkan pada proses desinfeksi dengan lampu UV variabel waktu pemaparan diabaikan.

Hasil pendekatan statistik dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu pemaparan arus listrik dan semakin besar tegangan listrik maka semakin besar persentase penyisihan bakteri *E.coli*. Hal ini disebabkan oleh perpaduan antara metode desinfeksi dengan menggunakan listrik (elektrofusi) dan lampu UV. Sasaran utama listrik seperti yang telah dijelaskan pada sub bab elektrofusi, listrik mengganggu sistem metabolisme tubuh bakteri khususnya kandungan protein sedangkan sasaran utama cahaya ultraviolet adalah DNA atau RNA bakteri.

Bagian utama sel bakteri adalah nukleus dan didalam nukleus terdapat kromosom yang disusun oleh DNA dan protein. DNA (*Deoxyri Bonucleic Acid*) maupun RNA (*Ribonucleic Acid*) merupakan jenis asam nukleat yang ada di dalam sel. DNA atau RNA tersusun atas gula pentosa, gugus fosfat dan basa N.

Basa N mempunyai struktur yang dikelompokkan menjadi basa purin dan basa pirimidin. Basa purin terdiri dari adenin (A) dan guanin (G) sedangkan basa pirimidin terdiri dari sitosin (C) dan timin (T) (Grik dan Watson , 1994). Pada saat terjadi pembelahan sel maka DNA maupun RNA akan ikut mengalami proses duplikasi atau ikut membelah. Pada saat proses pembelahan sel maka penyusun basa N akan saling berikatan yaitu guanin (G) dengan sitosin (C) dan adenin (A) dengan timin (T) membentuk untaian benang DNA (gambar 2.9). Pada saat proses pembentukan untaian benang DNA serapan sinar UV merupakan faktor lingkungan yang dapat menyebabkan denaturasi (pemisahan) dan ikatan menjadi kacau karena ikatan ini sangat reaktif terhadap sinar UV. Sinar UV akan membentuk ikatan dimer (*thymine-thymine double bond*) atau 2 ikatan timin yang tidak seharusnya. Cahaya UV akan mengganggu dan mengacaukan rantai DNA/RNA pada proses transkripsi dan duplikasi, sehingga mikroorganisme menjadi steril, tidak aktif, tidak bisa melakukan reproduksi atau mati (Lechevallier dan Kwok-Keung Au, 2004). Akan tetapi, timin dalam bentuk dimer masih memungkinkan kembali normal seperti semula, sehingga perlu dosis yang tepat untuk mendesinfeksi secara permanen.

Pada proses desinfeksi dengan UV, dosis standar yang harus diberikan guna mendesinfeksi bakteri *E.coli* adalah sebesar 6600 mw-detik/cm² atau 6,6 w-detik/cm² sedangkan lampu UV yang tersedia di pasaran adalah 6 watt, 14 watt – 5200 watt sehingga pada proses desinfeksi, digunakan lampu UV dengan daya 14 watt-detik/cm² dan debit aliran 4 L/menit (sesuai debit perencanaan). 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.

4.4.3. Pandangan Hasil Penelitian Berdasarkan Syarat Bakteriologis Kualitas Air Minum Menurut KEP.MENKES Tahun 2002

Jika dilihat kembali pada BAB II khususnya sub bab syarat bakteriologis kualitas air minum berdasarkan KEP.MENKES.RI NOMOR 907/MENKES/SK/VII/2002 (tabel 2.4) pada tabel tercantum bahwa kadar maksimum total bakteri *E.coli* yang terkandung dalam air minum adalah 0 (nol) MPN/100ml. Berbeda dengan hasil penelitian mengenai studi efektifitas elektrofusi dan elektrofusi ultraviolet guna mendesinfeksi bakteri *E.coli*, efisiensi penyisihan terbaik yang dicapai adalah 92.000 % dengan sisa total bakteri *E.coli* sebesar 192 MPN/100 ml dari 2400 MPN/100ml pada proses desinfeksi dengan metode elektrofusi ultraviolet dengan waktu paparan 20 detik dan tegangan listrik 240 volt. Tidak tercapainya proses desinfeksi yang sempurna (efisiensi 100 %) diakibatkan beberapa faktor :

- Luasan elektroda terendam

Proses desinfeksi dengan listrik dipengaruhi oleh kerapatan arus (I/A) yang mengalir pada penampang elektroda (Baykon, 1989; Owen, 2002). Pada pelaksanaan penelitian ukuran elektroda yang digunakan adalah 5×20 cm namun hanya sebagian elektroda yang terendam air. Hal ini menyebabkan arus listrik yang mengalir pada media cair hanya sebagian dari kerapatan arus yang ada pada elektroda.

- Daya tahan bakteri

Daya tahan bakteri pada dasarnya memiliki keterbatasan. Namun daya tahan antara bakteri yang hidup di alam bebas dengan bakteri yang kehidupannya tidak dipengaruhi faktor lingkungan luar cukup berbeda (Anonim, 2009). Pada sampel buatan kehidupan bakteri dapat dikatakan cukup baik karena selain tidak ada perebutan nutrisi dengan bakteri non sejenis, terjaganya pH, nutrisi, suhu dan tidak ada gangguan oleh logam berat yang mengakibatkan daya tahan bakteri *E.coli* terganggu (Damar, 2005).

- Teknik pemeriksaan jumlah bakteri

Bakteri *E.coli* mampu berkembang biak dengan cara pembelahan sel sebanyak 2^{27} atau sekitar 4.10×10^{21} dalam waktu 24 jam dan setiap 20 menit mengalami pembelahan sel (wulandari, 1991). Oleh karena itu membutuhkan sistem perhitungan jumlah bakteri yang cepat pula. Metode MPN dinilai cukup lama jika dijadikan sistem pemeriksaan jumlah bakteri dibandingkan sistem pemeriksaan menggunakan metode membran filter atau dengan menggunakan metode *haemocytometer* (Matsunaga, 1998). Lama waktu persiapan pemeriksaan dan proses pemeriksaan menyebabkan bakteri berkembang biak dan proses desinfeksi menjadi tidak akurat.

- Penempatan Elektroda

Penempatan elektroda berhubungan dengan luasan medan listrik yang tercipta guna mendesinfeksi bakteri. Elektroda hanya diletakan pada bagian tengah reaktor dengan jarak tertentu sedangkan prinsip terjadinya medan listrik adalah hanya terjadi jika elektroda pada posisi saling berhadapan dan pada bagian belakang elektroda tidak terjadi proses medan listrik (arus listrik mengalir pada penampang elektroda yang saling berhadapan). Tidak efisiennya penyebaran medan listrik menyebabkan efisiensi desinfeksi menjadi berkurang.

- Waktu Detensi (Td)

Waktu detensi atau waktu tinggal selain berhubungan dengan proses pemaparan arus listrik juga berhubungan dengan panas yang akan dihasilkan. Semakin lama waktu detensi maka pemaparan arus listrik akan semakin lama dan peluang terjadinya proses kenaikan suhu akan semakin besar, mengingat kenaikan suhu merupakan salah satu bentuk desinfeksi bakteri secara fisik. Kecilnya angka lama waktu pemaparan arus listrik (10, 15 dan 20 detik) mengakibatkan efisiensi desinfeksi menjadi berkurang.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan :

1. Pada proses desinfeksi dengan metode elektrofusi, tingkat penurunan jumlah bakteri *E.coli* terbesar terjadi pada waktu pemaparan selama 20 detik dengan tegangan listrik 240 volt sebesar 1407,77 MPN/100 ml sedangkan pada proses desinfeksi dengan metode elektrofusi ultraviolet tingkat penurunan jumlah bakteri *E.coli* terbesar terjadi pada waktu pemaparan selama 20 detik dengan tegangan listrik 240 volt sebesar 2208 MPN/100 ml.
2. Pada proses desinfeksi dengan metode elektrofusi efisiensi tertinggi terjadi pada tegangan listrik 240 volt dengan waktu pemaparan selama 20 detik sebesar 58,653 % sedangkan pada proses desinfeksi dengan metode elektrofusi ultraviolet efisiensi tertinggi terjadi pada tegangan listrik 240 volt dengan waktu pemaparan selama 20 detik sebesar 92 %. Dengan tingkat efisiensi terbaik (92 %) dari 100 % efisiensi yang harus dipenuhi untuk desinfeksi air minum maka metode elektrofusi dan elektrofusi ultraviolet mendekati efektif.

5.2. Saran

Saran yang dapat diusulkan sehubungan dengan penelitian lebih lanjut adalah :

1. Metode pemeriksaan jumlah bakteri *E.coli* sebaiknya dipilih metode yang lebih cepat misalnya metode membran filter atau dengan menggunakan metode *haemocytometer* (Matsunaga, 1998).
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai desinfeksi elektrofusi dan elektrofusi ultraviolet dengan variasi kecepatan aliran dan penempatan

elektroda (bagian awal, akhir atau awal dan akhir reaktor) dengan bentuk reaktor desinfeksi dari berbentuk kotak diganti dengan reaktor berbentuk pipa (tabung).

3. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan sampel air PDAM (sebelum masuk ke unit desinfeksi) maupun air sumur, agar uji alat elektrofusi dan elektrofusi ultraviolet langsung dapat diaplikasikan ke sampel air yang akan digunakan untuk kepentingan air minum.
4. Perlu ditambahkannya waktu detensi pada masing-masing reaktor sehingga efisiensi dari proses elektrofusi dan elektrofusi ultraviolet menjadi 100 %.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim, 2009, **Mengenal Morfologi Bakteri Escherichia coli**

Dalam <http://www..wordpress.com/2008/10/07/mengenal-bakteri-escherichia-coli/> (diakses 26 Desember 2009)

Barzelius. J.J, 1883. **Biosintesis Protein Alami Sama dengan Ekspresi Genetik.**

Dalam <http://biology.clc.uc.edu/courses/bio104/cells.htm> (diakses 26 November 2009)

Chan dan Pelczar, 1988. **Dasar-Dasar Mikrobiologi 2.** Jakarta :

Universitas Indonesia

Damar, B, 2005. **Studi efektifitas Kejutatan Listrik Dalam Penurunan Bakteri**

E-coli dengan Variasi Penggunaan Elemen. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP, Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.

Dwidjoseputro, 1998. **Dasar-Dasar Mikrobiologi.** Jakarta : Djambatan

Escobal, P.R, 2000. **Perencanaan UV dan Dosis (SAP) Bagi Bakteri Patogen**

Dalam www.o_fish.com/filteruv/filter_UV.php
(diakses 29 November 2009)

Giancoli. D, 2001, "Fisika Edisi Kelima Jilid 2" Jakarta : Erlangga.

Gie Ik Tank and Sutrisno, 1983. **Fisika Dasar.** Bandung

Institut Teknologi Bandung.

Jhon. B, 1992; Albert M, 1997. *The word from microbial- Lisis Cell Picture and and Electropoationt.*

Dalam http://www.blackhaker_mikrobiol_Secret_et_Al (diakses 11 september 2009)

Kristiawan A, 2004. **Studi Proses Pengembangbiakan Bakteri Baru dengan**

Penggambungan DNA Escherichia coli dengan DNA clostridium tetani. Tugas Akhir, Jurusan Epidemiologi dan Ekotoksikologi Lingkungan, FKM, Unversitas Undana. Kupang

- Lechevallier dan Kwok-Keung Au, 2004. **Water Quality and Treatment.**
American Water Works Association
- Marthen. K, 2002. **Fisika Untuk SMA/MA Kelas X.** Jakarta : Erlangga
- Nakayama T., Wake H., Ozawa K., Kodama H., Nakamura N and Matsunaga T.,
(1998_a). **Use Of Titanium Nitride for Electrochemical Inactivation
of Marine Bacteria,** Environ. Sci Technol. 32, 798-801.
Dalam [http://www.blackhaker_mikrobiol Secret et Al](http://www.blackhaker_mikrobiol_Secret_et_Al) (diakses 11
september 2009)
- Nana P.A, 2008. **Daya Tahan Beberapa Bakteri Patogen dan Probiotik
Terhadap Sinar Ultraviolet.**
Dalam [//www.slideshare.net/putranana/daya-tahan-beberapa-jenis-
bakteri-terhadap-uv](http://www.slideshare.net/putranana/daya-tahan-beberapa-jenis-bakteri-terhadap-uv)
- Owen. B, 2002. **Dasar-Dasar Elektronika.** Jakarta: Erlangga
- Punmia, 1989. **Water Supply Engineering Vol III.** Delhi-India
- Santoso. I, 2008. **Estimasi Total Bakteri Akibat Pengaruh Peningkatan
Kapasitas Air dan UV Pada UV Water Sterilization Model T-
1500.** Tugas Akhir, Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP, ITS.
Surabaya. Dalam [http://digilib.its.ac.id/ITS-Undergraduate-
3100009034066/3529](http://digilib.its.ac.id/ITS-Undergraduate-3100009034066/3529) (diakses 15 November 2009)
- Setiawan, D, 2007. **Studi Kualitas & Pengolahan Air Pada Penampung Air
Hujan Menggunakan Filter Karbon Aktif dan UV.** Tugas Akhir,
Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP, UII. Jakarta.
- Soegijono B, 1996, **FISIKA Jilid 2.** Jakarta : Erlangga
- Suriawiria. U, 1977, " **Mikrobiologi Lingkungan Jilid 2**" ITB-Bandung
- Tipler, A.P. 2002. **Fisika Untuk Sains Dan Teknik 3.** Jakarta : Erlangga
- Wahyono H, 1998. **Perencanaan Bangunan Pengolahan Air Minum.** Surabaya
: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Wulandari, 1991. **Uji Ketahanan Bakteri E-coli Terhadap Sari Jahe Sebagai
Desinfektan.** Skripsi Sarjana Teknik Lingkungan FTSP-ITS.
Surabaya.

Lampiran I
KEPUTUSAN MENTERI KESEHATAN RI
 Nomor : 907/MENKES/SK/VII/2002
 Tanggal : 29 Juli 2002

PERSYARATAN KUALITAS AIR MINUM

1. BAKTERIOLOGIS

| Parameter | Satuan | Kadar Maksimum yang diperbolehkan | Keterangan |
|--|--------------------------|-----------------------------------|------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| a. Air Minum | | | |
| <i>E. Coli</i> atau fecal coli | Jumlah per 100 ml sampel | 0 | |
| b. Air yang masuk sistem distribusi | | | |
| <i>E. Coli</i> atau fecal coli | Jumlah per 100 ml sampel | 0 | |
| Total Bakteri Coliform | Jumlah per 100 ml sampel | 0 | |
| c. Air pada sistem distribusi | | | |
| <i>E. Coli</i> atau fecal coli | Jumlah per 100 ml sampel | 0 | |
| Total Bakteri Coliform | Jumlah per 100 ml sampel | 0 | |

2. KIMIA

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

| Parameter | Satuan | Kadar Maksimum yang diperbolehkan | Keterangan |
|-----------|-------------|-----------------------------------|------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Antimony | (mg /liter) | 0.005 | |
| Air raksa | (mg /liter) | 0.001 | |
| Arsenic | (mg /liter) | 0.01 | |
| Barium | (mg /liter) | 0.7 | |

LAMPIRAN A
HASIL ANALISIS PENELITIAN



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



Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2
Telp. (0341) 551431 (Hunting) Fax. (0341) 553015 Extention 187
Malang 65145.

No : ITN-25.4/Lab.T.Ling/FTSP/2010

HASIL ANALISIS SAMPEL

a.n. : Yohanes Paulus Seso Renggo (NIM : 0526004)
 Alamat : Mahasiswa Teknik Lingkungan ITN Malang
 Lokasi : Sampel buatan, Laboratorium Teknik Lingkungan ITN Malang
 Sampling : Oleh konsumen
 Analisis : Oleh konsumen

Tanggal analisis sampel : 25 April 2010

- Hasil Analisis Desinfeksi Dengan Metode Elektrofusi

| Tegangan Listrik (Volt) | Waktu (detik) | Suhu ($^{\circ}$ C) | | | Suhu rata-rat | pH | | | pH rata-rata |
|-------------------------|---------------|----------------------|------|------|---------------|----|----|-----|--------------|
| | | I | II | III | | I | II | III | |
| 125 | 10 | 25.4 | 25.3 | 25.2 | 25.3 | 7 | 7 | 7 | 7.00 |
| | 15 | 25.4 | 25.4 | 25.3 | 25.4 | 7 | 7 | 7 | 7.00 |
| | 20 | 25.5 | 25.4 | 25.3 | 25.4 | 7 | 7 | 7 | 7.00 |
| 240 | 10 | 25.5 | 25.2 | 25.2 | 25.3 | 7 | 7 | 7 | 7.00 |
| | 15 | 25.9 | 25.4 | 25.4 | 25.6 | 7 | 7 | 7 | 7.00 |
| | 20 | 25.4 | 25.4 | 25.4 | 25.4 | 7 | 7 | 7 | 7.00 |

- Hasil Analisis Desinfeksi Dengan Metode Elektrofusi ultraviolet

| Tegangan Listrik (Volt) | Waktu (detik) | Suhu ($^{\circ}$ C) | | | Suhu rata-rat | pH | | | pH rata-rata |
|-------------------------|---------------|----------------------|------|------|---------------|----|----|-----|--------------|
| | | I | II | III | | I | II | III | |
| 125 | 10 | 25.4 | 25.3 | 25.9 | 25.5 | 7 | 7 | 7 | 7.00 |
| | 15 | 25.4 | 25.4 | 25.4 | 25.4 | 7 | 7 | 7 | 7.00 |
| | 20 | 25.5 | 25.4 | 25.5 | 25.5 | 7 | 7 | 7 | 7.00 |
| 240 | 10 | 25.5 | 25.2 | 25.2 | 25.3 | 7 | 7 | 7 | 7.00 |
| | 15 | 25.9 | 25.5 | 25.4 | 25.6 | 7 | 7 | 7 | 7.00 |
| | 20 | 25.5 | 25.4 | 25.4 | 25.4 | 7 | 7 | 7 | 7.00 |



LABORATORIUM TEKNIK LINGKUNGAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN



Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2
Telp. (0341) 551431 (Hunting) Fax. (0341) 553015 Extension 187
Malang 65145

Tanggal analisis sampel : 10 April - 20 April 2010

• Hasil analisis sampel buatan

| No. | Parameter | Satuan | Hasil | | | Rata-rata | Metode Analisa | Standar Baku mutu |
|-----|------------|----------------|-------|------|------|-----------|----------------|-------------------|
| | | | I | II | III | | | |
| 1 | Suhu (T) | ^o C | 25.4 | 25.4 | 25.5 | 25.4 | Thermometer | ± 3 |
| 2 | pH | - | 7 | 7 | 7 | 7 | Kertas pH | 6.5 – 8.5 |
| 3 | Total Coli | MPN/100 ml | 2400 | 2400 | 2400 | 2400 | MPN | 0 |

Hasil analisis ini hanya berlaku untuk kondisi sampel saat itu. Pengambilan sampel dan proses analisis di laboratorium dilakukan sendiri oleh konsumen.

Asisten Laboratorium Pendamping

Mahasiswa

Yohanes Paulus Seso Renggo
NIM :0526004

Yohanes Paulus Seso Renggo
NIM :0526004

Malang, 11 Mei 2010
Kepala Laboratorium Teknik Lingkungan

Hardianto, ST, MT
NIP.Y : 1030000350

SERTIFIKAT CERTIFICATE

Nomor : 124 S/LKA MLG/V/2010

Halaman 1 dari 2
Page 1 of 2

IDENTITAS PEMILIK

Owner Identity

Nama : Yohanes Paulus
Name
Alamat : Jl. Bend. Sigura-gura no. 2
Address

IDENTITAS CONTOH UJI

Sample Identity

Kode Contoh Uji : Ext. 193-228 /PC/IV/2010/ 269-304
Sample Code :
Jenis Contoh Uji : Air Minum
Type of Sample :
Lokasi Pengambilan Contoh Uji : Air Minum (NTT)
Sampling Location :
Petugas Pengambilan Contoh Uji :
Sampling Done By :
Tgl/ Jam Pengambilan Contoh Uji :
Date Time of Sampling :
Tgl/ Jam Penerimaan Contoh Uji : 25 April 2010 Jam 13:15 WIB
Date Time of Sample Receiving in Laboratory :
Kondisi Contoh Uji :
Sample Condition (s) :

HASIL ANALISA

Result of Analysis

Terlampir
Enclosed

Diterbitkan Di/ Tanggal : Malang, 03 Mei 2010
Place/ Date of Issue



Contoh uji diambil oleh Yohanes Paulus
Tanggal, 24 April 2010 Jam 08.00 WIB



Kepala Laboratorium
Head of Laboratory

Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang diperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari
Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from
Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I
Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I Public Corporation

Nomor : 124 S / LKA MLG / V / 2010

Halaman 2 dari 2
Page 2 of 2

Kode Contoh Uji : Ext 193 -207/ PC / IV / 2010 / 269 - 283
Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Method

Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
Place of Analysis

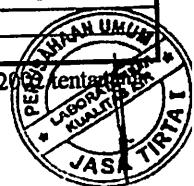
Tanggal Analisa : 25 April – 03 Mei 2010
Testing Date(s)

HASIL ANALISA Result of Analysis

| No | Parameter | Satuan | Hasil | Metode Analisa | Standar Baku Mutu *) | Ket. |
|----|---------------------|------------|-------|----------------------------|----------------------|------|
| 1 | A1 Total Colifom | MPN/100 ml | 1896 | QI/LKA/18) (Tabung Ganda) | 0 | - |
| 2 | A2 Total Colifom | MPN/100 ml | 1944 | QI/LKA/18) (Tabung Ganda) | 0 | - |
| 3 | A3 Total Colifom | MPN/100 ml | 1944 | QI/LKA/18) (Tabung Ganda) | 0 | - |
| 4 | B1 Total Colifom | MPN/100 ml | 1600 | QI/LKA/18) (Tabung Ganda) | 0 | - |
| 5 | B2 Total Colifom | MPN/100 ml | 1752 | QI/LKA/18) (Tabung Ganda) | 0 | - |
| 6 | B3 Total Colifom | MPN/100 ml | 1752 | QI/LKA/18) (Tabung Ganda) | 0 | - |
| 7 | C1 Total Colifom | MPN/100 ml | 1608 | QI/LKA/18) (Tabung Ganda) | 0 | - |
| 8 | C2 Total Colifom | MPN/100 ml | 1584 | QI/LKA/18) (Tabung Ganda) | 0 | - |
| 9 | C3 Total Colifom | MPN/100 ml | 1608 | QI/LKA/18) (Tabung Ganda) | 0 | - |
| 10 | D1 Total Colifom | MPN/100 ml | 1320 | QI/LKA/18) (Tabung Ganda) | 0 | - |
| 11 | D2 Total Colifom | MPN/100 ml | 1344 | QI/LKA/18) (Tabung Ganda) | 0 | - |
| 12 | D3 Total Colifom | MPN/100 ml | 1344 | QI/LKA/18) (Tabung Ganda) | 0 | - |
| 13 | E1 Total Colifom | MPN/100 ml | 1128 | QI/LKA/18) (Tabung Ganda) | 0 | - |
| 14 | E2 Total Colifom | MPN/100 ml | 1128 | QI/LKA/18) (Tabung Ganda) | 0 | - |
| 15 | E3 Total Colifom | MPN/100 ml | 1128 | QI/LKA/18) (Tabung Ganda) | 0 | - |

*) Standart Baku Mutu sesuai dengan
Threshold Value Fully adopted from

: Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 907/MENKES/SK VII/2009 tentang persyaratan-syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari
Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or publicated without any approval from
Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stanumped by Water Quality Laboratory Of Jasa Tirta I Public Corporation

Nomor : 124 S / LKA MLG / V / 2010

Halaman 2 dari 2
Page 2 of 2

Kode Contoh Uji
Sample Code

: Ext 193 -207/ PC / IV / 2010 / 269 - 283

Metode Pengambilan Contoh Uji
Sampling Method

: -

Tempat Analisa
Place of Analysis

: Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang

Tanggal Analisa
Testing Date(s)

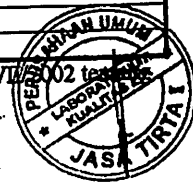
: 25 April – 03 Mei 2010

HASIL ANALISA Result of Analysis

| No | Parameter | Satuan | Hasil | Metode Analisa | Standar Baku Mutu *) | Ket. |
|----|---------------------|------------|-------|---------------------------|----------------------|------|
| 16 | F1 Total Colifom | MPN/100 ml | 1032 | Q/LKA/18) (Tabung Ganda) | 0 | - |
| 17 | F2 Total Colifom | MPN/100 ml | 960 | Q/LKA/18) (Tabung Ganda) | 0 | - |
| 18 | F3 Total Colifom | MPN/100 ml | 985 | Q/LKA/18) (Tabung Ganda) | 0 | - |
| 19 | G1 Total Colifom | MPN/100 ml | 1032 | Q/LKA/18) (Tabung Ganda) | 0 | - |
| 20 | G2 Total Colifom | MPN/100 ml | 998 | Q/LKA/18) (Tabung Ganda) | 0 | - |
| 21 | G3 Total Colifom | MPN/100 ml | 995 | Q/LKA/18) (Tabung Ganda) | 0 | - |
| 22 | H1 Total Colifom | MPN/100 ml | 768 | Q/LKA/18) (Tabung Ganda) | 0 | - |
| 23 | H2 Total Colifom | MPN/100 ml | 744 | Q/LKA/18) (Tabung Ganda) | 0 | - |
| 24 | H3 Total Colifom | MPN/100 ml | 744 | Q/LKA/18) (Tabung Ganda) | 0 | - |
| 25 | I1 Total Colifom | MPN/100 ml | 320 | Q/LKA/18) (Tabung Ganda) | 0 | - |
| 26 | I2 Total Colifom | MPN/100 ml | 491 | Q/LKA/18) (Tabung Ganda) | 0 | - |
| 27 | I3 Total Colifom | MPN/100 ml | 480 | Q/LKA/18) (Tabung Ganda) | 0 | - |
| 28 | J1 Total Colifom | MPN/100 ml | 288 | Q/LKA/18) (Tabung Ganda) | 0 | - |
| 29 | J2 Total Colifom | MPN/100 ml | 480 | Q/LKA/18) (Tabung Ganda) | 0 | - |
| 30 | J3 Total Colifom | MPN/100 ml | 293 | Q/LKA/18) (Tabung Ganda) | 0 | - |

*) Standart Baku Mutu sesuai dengan
Threshold Value Fully adopted from

: Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 907/MENKES/SK VII/2002 tentang
syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory Of Jasa Tirta I Public Corporation

Nomor : 124 S / LKA MLG / V / 2010

Halaman 2 dari 2
 Page 2 of 2

Kode Contoh Uji : Ext 193 -207/ PC / IV / 2010 / 269 - 283
 Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -
 Sampling Method

Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
 Place of Analysis

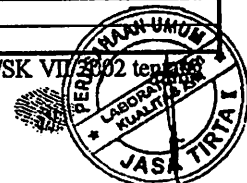
Tanggal Analisa : 25 April – 03 Mei 2010
 Testing Date(s)

HASIL ANALISA Result of Analysis

| No | Parameter | Satuan | Hasil | Metode Analisa | Standar Baku Mutu *) | Ket. |
|----|---------------|------------|-------|----------------------------|----------------------|------|
| 31 | K1 | | | | | |
| | Total Colifom | MPN/100 ml | 216 | QI/LKA/18) (Tabung Ganda) | 0 | - |
| 32 | K2 | | | | | |
| | Total Colifom | MPN/100 ml | 192 | QI/LKA/18) (Tabung Ganda) | 0 | - |
| 33 | K3 | | | | | |
| | Total Colifom | MPN/100 ml | 216 | QI/LKA/18) (Tabung Ganda) | 0 | - |
| 34 | L1 | | | | | |
| | Total Colifom | MPN/100 ml | 192 | QI/LKA/18) (Tabung Ganda) | 0 | - |
| 35 | L2 | | | | | |
| | Total Colifom | MPN/100 ml | 168 | QI/LKA/18) (Tabung Ganda) | 0 | - |
| 36 | L3 | | | | | |
| | Total Colifom | MPN/100 ml | 216 | QI/LKA/18) (Tabung Ganda) | 0 | - |

*) Standart Baku Mutu sesuai dengan
 Threshold Value Fully adopted from

: Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 907/MENKES/SK VII/2002 tentang syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum



LAMPIRAN B
HASIL ANALISIS STATISTIK

25/05/2010 19:17:34

Welcome to Minitab, press F1 for help.

Correlations: % Penyisihan Bakteri E.coli, Waktu Pemaparan, Tegangan Listrik

| | % Penyisihan | Waktu Pemaparan |
|--------------|----------------|-----------------|
| Waktu Pemapa | 0.420 0.407 | |
| Tegangan Lis | 0.905 0.013 | 0.000 1.000 |

Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

Correlations: % Penyisihan Bak, Waktu Pemaparan, Tegangan Listrik

| | % Penyisihan | Waktu Pemapa |
|--------------|----------------|----------------|
| Waktu Pemapa | 0.508 0.304 | |
| Tegangan Lis | 0.808 0.049 | 0.000 1.000 |

Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

26/05/2010 11:05:32

Regression Analysis: % Penyisihan versus Waktu Pemapa, Tegangan Lis

The regression equation is
 $\% \text{ Penyisihan} = 20.4 + 1.40 \text{ Waktu Pemaparan} + 0.214 \text{ Tegangan Listrik}$

| Predictor | Coef | SE Coef | T | P |
|------------------|---------|---------|-------|-------|
| Constant | 20.385 | 2.901 | 7.03 | 0.006 |
| Waktu Pemaparan | 1.3993 | 0.1434 | 9.76 | 0.002 |
| Tegangan Listrik | 0.21413 | 0.01018 | 21.04 | 0.000 |

S = 1.43363 R-Sq = 99.4% R-Sq(adj) = 99.1%

Regression Analysis: % Penyisihan versus Waktu Pemapa, Tegangan Lis

The regression equation is

$$\% \text{ Penyisihan} = 24.8 + 1.54 \text{ Waktu Pemaparan} + 0.174 \text{ Tegangan Listrik}$$

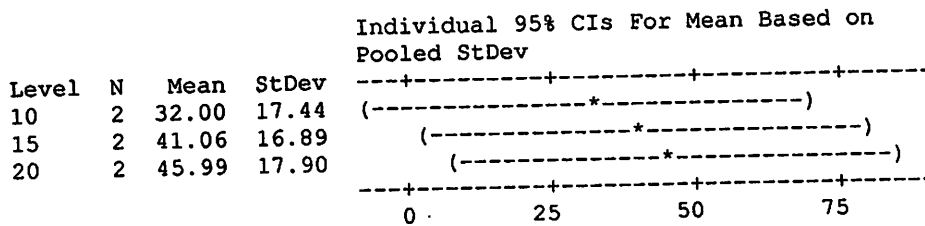
| Predictor | Coef | SE Coef | T | P |
|------------------|---------|---------|------|-------|
| Constant | 24.79 | 10.57 | 2.35 | 0.101 |
| Waktu Pemaparan | 1.5376 | 0.5222 | 2.94 | 0.040 |
| Tegangan Listrik | 0.17375 | 0.03708 | 4.69 | 0.018 |

S = 5.22216 R-Sq = 91.1% R-Sq(adj) = 85.1%

One-way ANOVA: % Penyisihan versus Waktu Pemaparan

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|-----------------|----|------|-----|------|-------|
| Waktu Pemaparan | 2 | 201 | 101 | 0.33 | 0.741 |
| Error | 3 | 910 | 303 | | |
| Total | 5 | 1112 | | | |

S = 17.42 R-Sq = 18.12% R-Sq(adj) = 0.00%

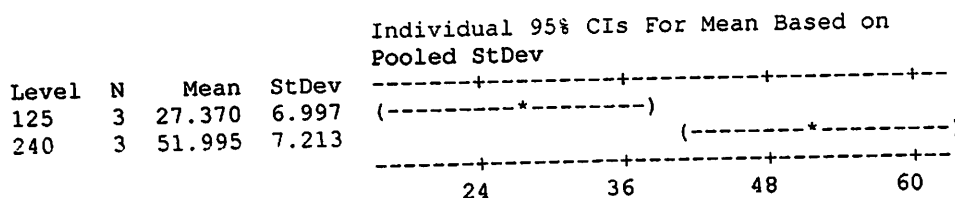


Pooled StDev = 17.42

One-way ANOVA: % Penyisihan versus Tegangan listrik

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|------------------|----|--------|-------|-------|-------|
| Tegangan listrik | 1 | 909.6 | 909.6 | 18.01 | 0.013 |
| Error | 4 | 202.0 | 50.5 | | |
| Total | 5 | 1111.6 | | | |

S = 7.106 R-Sq = 81.83% R-Sq(adj) = 77.29%

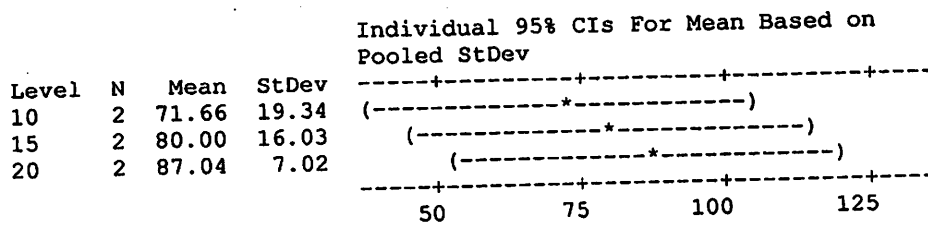


Pooled StDev = 7.106

One-way ANOVA: % Penyisihan versus Waktu Pemaparan

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|-----------------|----|-----|-----|------|-------|
| Waktu Pemaparan | 2 | 237 | 118 | 0.52 | 0.639 |
| Error | 3 | 680 | 227 | | |
| Total | 5 | 917 | | | |

S = 15.06 R-Sq = 25.84% R-Sq(adj) = 0.00%

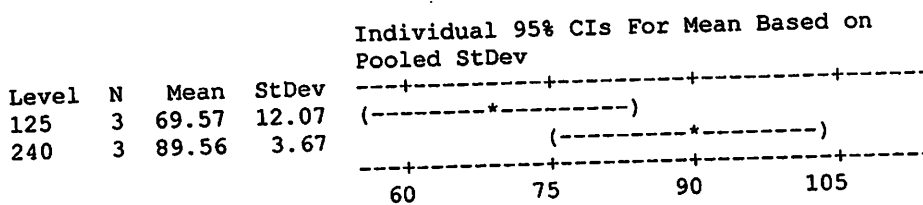


Pooled StDev = 15.06

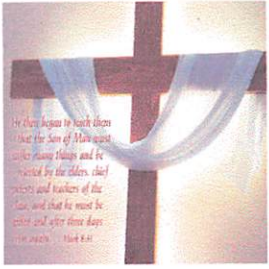
One-way ANOVA: % Penyisihan versus Tegangan listrik

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|------------------|----|-------|-------|------|-------|
| Tegangan listrik | 1 | 598.9 | 598.9 | 7.53 | 0.042 |
| Error | 4 | 318.2 | 79.6 | | |
| Total | 5 | 917.1 | | | |

S = 8.919 R-Sq = 65.30% R-Sq(adj) = 56.63%



Pooled StDev = 8.92



Jika ada banyak pertanyaan, mengapa kita selalu merasa tidak bisa, kenapa kita terus terjatuh dan manakah jalan yang harus kita ambil untuk kesuksesan yang harus kita raih,...percayalah IMAN mu punya semua jawaban yang kau butuhkan....”ketuklah, maka pintu akan dibukakan bagimu, Mintalah, maka kamu akan mendapat”.... karena BAPA di surga telah berjanji demikian.. Terima Kasih YESUS

Saat Minggu, 9 November 1986, lahir seorang bayi dan adalah anak ke-5 dari 5 bersaudara dalam keluarga Bapak Simon Satu Seso & Mama Agus We’u Wangge dan itulah aku. Keringat, kasih sayang, perjuangan dan Do’a yang slalu saya rasakan hingga tulisan ini saya buat, terus mengalir dan tidak pernah berhenti. Kakak2 ku, Arel, Dewi, Asti dan Ira yang slalu meyuport Saya, jutaan kata tidak bisa menggoreskan kebaikan yang telah kalian berikan untuk adik mu ini,tapi paul janji semua yang kalian lakukan adalah harga mahal yang harus paul ganti suatu hari nanti. **Trima kasih....**



Teman begitu banyak...yah lumayanlah, tetapi tidak seperti yang satu ini, agak malas tetapi punya kemauan yang besar untuk maju, kecintaan akan AREMA membuat dia begitu menggila sampai-sampai asistensi laporanpun TELAT!!!. Tetapi tidak ada yang seperti dia, begitu sabar, setia mendampingi, diajak kemana saja pasti mau...hm..hm kecuali ada ADIK yang ajak pasti saya diabaikan..tapi mau bagaimana lagi kalau ada teman yg punya banyak adik mulai dari Ende, Malang, Jogja, Mataram, Kupang, haeh....GONDEZ...GONDEZ.....

Terkadang teman adalah guru yang tidak kelihatan dan sering diabaikan...banyak hal yang saya pelajari dari GONDEZ dan tidak akan saya lupakan. Tidak banyak orang yg seberuntung saya, karena punya teman dan saudara seperti kau.... tetap semangat kuliah, percaya dengan kemampuan dan jangan terus menghakimi diri bahwa tidak bisa...saya tunggu kau di ENDE. Ingat awas berubah jadi *SINGONDES EDAN* ha..ha

Wajah 2005 terpampang, tampak kusam, kurang segar dan diragukan akan intelektualnya...hanya sayang pernyataan itu salah besar, kuantitas bukanlah nilai mutlak untuk menyatakan kualitas. (Angel) sebagai pendobrak, (paul dan sady) sebagai pembuka jalan, (iin, Gondes n D_bee) sebagai penerus..ha..ha. tapi itulah Linkerz 05’. Bu’ Candra kami berharap Ibu Bangga punya kami...Teman-teman q, Iin, tetap yankin jangan patah semangat, D_bee, maju terus pantang mundur n GONDEZ...Semangat,,,,,,





Adik2 2006 (Iva, Ayu, Amang, Salma, Dodot, Faruq, Imed, Sukma, Caca) terus semangat & jagan terus2 mengeluh..hajar saja...Adik2 2007 (Jean, Ody, Aci, Ajeng, Yolanda, Ledy, Hary, Adem, Adi, Dimaz, Erwin, Uci, Fian Reny, Angga, Yanuar, Rona) kembangkan prestasi yg kalian punya, saling berbagi pengetahuan & jangan tinggalkan teman, ajak, rangkul biar lulus bareng....Adik2 2008 (Nana, Nely, Wati, Sofi, Rety, Viny, Uki, Reza, Riza, Bornez, Hendrik, Hendra, Fariz, Ferdi, Ivan, Yuven, Dedy) wajah Linkerz 08' ada di tangan kalian, berikan yang terbaik untuk masa kuliah kalian, ingat usia semakin bertambah.....Adik2 2009 & Calon adik 2010 Semangatlah TL itu mudah tetapi mematikan. So...harus belajar...Buat kalian semua """"Kepandaian bukan saja karena kita pandai memecahkan yang tidak kita ketahui tetapi membuat orang lain juga menjadi pandai sama atau lebih pandai dari kita...""""

Diamana ada 2 atau 3 orang berkumpul dalam Nama-Ku disitu ada Aku....

Viva KMK & Maju Terus, kembangkan prestasi, jangan terus melihat ke belakang tetapi jadikan hari kemarin adalah pelajaran..Tuhan Memberkati.....



Adik q Akim Tetap semangat jalankan kuliah, kerjakan tugas n ma'e nara bebo do'a n istirahat yang cukup...mungkin akim tidak pernah sadar, kakakmu ini slalu bersyukur karena Akim kuliah di malang, saya lebih merasa sebagai seorang kakak yg harus bertanggung jawab kepada adiknya. Mungkin yg saya berikan tidak sebanding yg kau berikan untuk saya. Terima kasih, Semoga Tuhan memberikan jalan terbaik dan tercapailah semua yg kau impikan.

Akhir-akhir ini saya melihat saudara q yang satu ini semakin berubah, dari pergaulannya, dari tata bicaranya, tetapi perubahan itu tidak membuat dia berubah, dia tetap Elwyn di mata saya, teman dari kecil sampai kuliah pun sama-sama, walaupun beda SMP dan jurusan perkuliahan....thanks dah kasi tunjuk dan ajak saya kuliah di malang. Mas AXL Singkirkan lingkungan pergaulan yang buruk, tetap utamakan kuliah, harus lebih sabar ingat orang tua dan masa depan....

