

**PEMANFAATAN TEKNOLOGI *PLASMA* UNTUK MENGHILANGKAN
MIKROORGANISME *ESCHERICHIA COLI* DI DALAM AIR**

(Skripsi)

Oleh

HANDIKA AL FALAQ



**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
UNIVERSITAS LAMPUNG
2021**

ABSTRAK

PEMANFAATAN TEKNOLOGI *PLASMA* UNTUK MENGHILANGKAN MIKROORGANISME *ESCHERICHIA COLI* DI DALAM AIR

Oleh

Handika Al Falaq

Ketersediaan air layak minum seiring waktu semakin berkurang. Hal ini disebabkan oleh banyaknya sumber air yang tercemar karena limbah pembuangan dari pertanian maupun industri. Pencemaran ini menyebabkan sumber air mengandung bakteri *Escherichia coli* yang dapat menyebabkan berbagai penyakit jika di konsumsi. Salah satu standar Air yang layak minum yaitu tidak mengandung bakteri *escheria coli*. Pada makalah ini membahas tentang pengolahan air dengan menggunakan *plasma* yang dihasilkan oleh mini trafo tesla untuk mendisinfektasi air sehingga dapat menghilangkan bakteri *Escherichia coli* di dalam air. Setelah dilakukan disinfektasi air selama 60 menit menggunakan *plasma* didapatkan hasil bahwa bakteri *Escherichia coli* di dalam air tersebut menghilang. Parameter air lainnya tidak terpengaruh oleh proses disinfektasi *plasma*. PH air tetap berada pada kisaran 6.5-8.5 yang masih memenuhi standar baku mutu air. TDS air sedikit meningkat, tetapi masih dalam standar baku mutu air yaitu dibawah 500 ppm.

Kata Kunci : Pengolahan Air, Trafo Tesla, *Plasma*, bakteri *Escherichia coli*

ABSTRACT

UTILIZATION OF PLASMA TECHNOLOGY TO REMOVE ESCHERICHIA COLI MICROORGANISME IN WATER

By

Handika Al Falaq

The availability of drinking water is decreasing over time. This is due to the large number of polluted water sources due to waste disposal from agriculture and industry. This pollution causes water sources to contain Escherichia coli bacteria which can cause various diseases if consumed. One of the standards for drinking water is that it does not contain Escherichia coli bacteria. This paper discusses water treatment using plasma produced by a mini Tesla transformer to disinfect water so that it can eliminate Escherichia coli bacteria in water. After disinfecting the water for 60 minutes using plasma, the results showed that the Escherichia coli bacteria in the water disappeared. Other water parameters are not affected by the plasma disinfection process. The PH of the water remains in the range of 6.5-8.5 which still meets water quality standards. The TDS of water has slightly increased, but is still within the water quality standard, which is below 500 ppm.

Keywords : *Water Treatment, Tesla Transformer, Plasma, Escherichia coli bacteria*

**PEMANFAATAN TEKNOLOGI *PLASMA* UNTUK MENGHILANGKAN
MIKROORGANISME *ESCHERICHIA COLI* DI DALAM AIR**

Oleh

HANDIKA AL FALAQ

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
UNIVERSITAS LAMPUNG
2021**

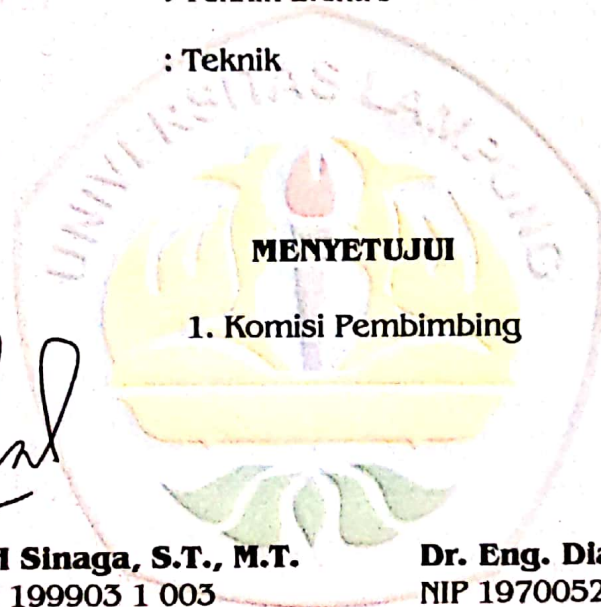
Judul Skripsi : **PEMANFAATAN TEKNOLOGI *PLASMA*
UNTUK MENGHILANGKAN
MIKROORGANISME *ESCHERICHIA
COLI* DI DALAM AIR**


Nama Mahasiswa : **Handika Al Falaq**


Nomor Pokok Mahasiswa : 1615031070

Jurusan : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik



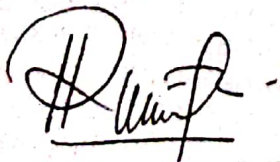

Dr. Herman H Sinaga, S.T., M.T.
NIP 19711130 199903 1 003


Dr. Eng. Diah Permata, S.T., M.T.
NIP 19700528 199803 2 003

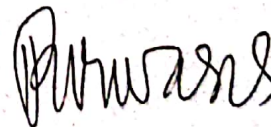
2. Mengetahui

Ketua Jurusan
Teknik Elektro

Ketua Program Studi
Teknik Elektro



Herlinawati, S.T., M.T.
NIP 19710314 199903 2 001




Dr. Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T.
NIP 19740422 200012 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Herman H Sinaga, S.T., M.T.**



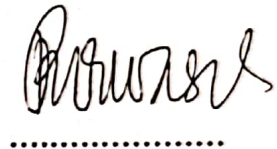
.....

Sekretaris : **Dr. Eng. Diah Permata, S.T., M.T.**



.....

Penguji : **Dr. Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T.**



.....

2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.
NIP 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **29 Desember 2021**

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “PEMANFAATAN TEKNOLOGI PLASMA UNTUK MENGHILANGKAN MIKROORGANISME *ESCHERIACHIA COLI* DI DALAM AIR” dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana yang disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, Januari 2022



HANDIKA AL FALAQ
NPM. 1615031070

Riwayat Hidup



Penulis dilahirkan di Palembang, 22 januari 1999. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Agus Salim dan Ibu Mimi Malinda.

Pendidikan penulis SDN 2 Rejosari pada tahun 2004 hingga 2010, SMPN 1 Kotabumi pada tahun 2010 hingga 2013, dan SMAN 3 Kotabumi pada tahun 2013 hingga 2016.

Penulis menjadi mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung, pada tahun 2016 melalui jalur SBMPTN (Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri). Selama menjadi mahasiswa, penulis berkesempatan menjadi asisten dosen praktikum Teknik Tegangan Tinggi dari tahun 2018 dan tergabung dalam keanggotaan asisten Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi dari tahun 2018. Selain itu, penulis tergabung dalam lembaga kemahasiswaan yang ada di Jurusan Teknik Elektro (Himatro) sebagai anggota Departemen Pengembangan Keteknikan periode 2017 - 2018 Dan sebagai anggota dinas PP periode 2018 di Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik. Penulis melaksanakan kerja praktik di Pt Pertamina Refinery Unit III Plaju Sumatera Selatan dengan mengangkat judul “Analisa Setting Proteksi Reverse Power Pada Generator 2015 UA Pt Pertamina Refinery Unit III Plaju”

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillah, Atas Izin Allah yang Maha Kuasa

KUPERSEMBAHKAN KARYA KECIL DAN SEDERHANA

INI UNTUK

Papa dan Mama Tercinta

AGUS SALIM dan MIMI MALINDA

Kakak Tersayang

VRENDY ARYAN

Keluarga Besar, Dosen, Teman dan Almamater



MOTTO

TAN HANA WIGHNA TAN SIRNA
“Tak ada rintangan yang tak dapat diatasi”
(Komando Pasukan Katak)

“Allah tidak membebani seseorang itu melainkan sesuai
dengan kesanggupannya”
(QS. Al-Baqarah : 286)

Man jadda wa jadda
“Barang siapa yang bersungguh sungguh, maka dia akan
berhasil”
(Pepatah Arab)

“Jangan cepat puas dengan apa yang sudah dicapai,
Terus berkembang dan terus berjuang.”

SANWACANA

Segala puji bagi Allah, atas limpahan nikmat-Nya yang diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Shalawat dan salam senantiasa dicurahkan kepada Nabi Muhammad, suri teladan yang mampu membuka sesuatu yang terkunci, penutup dari semua yang terdahulu, penolong kebenaran dengan jalan yang benar, dan petunjuk kepada jalan-Mu yang lurus.

Tugas Akhir dengan judul “PEMANFAATAN TEKNOLOGI *PLASMA* UNTUK MENGHILAGKAN MIKROORGANISME *ESCHERICHIA COLI* DI DALAM AIR ” ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran dalam menyelesaikan Skripsi ini dengan baik.
2. Mama,papa, kak iyan,dan semua keluarga yang telah mendukung penuh sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Prof. Karomani, M.Si. selaku Rektor Universitas Lampung.
4. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
5. Bapak Khairudin, S.T., M.Sc., P.hD. Eng. selaku Kepala Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
6. Ibu Herlinawati,S.T.,M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung

7. Ibu Dr.Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T. selaku Kepala Prodi Teknik Elektro Universitas Lampung dan selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun kepada penulis dalam mengerjakan skripsi ini.
8. Bapak Dr. Herman H Sinaga, M.T selaku pembimbing utama dan telah memberikan bimbingan rutin, motivasi, arahan dan pandangan kehidupan kepada penulis di setiap kesempatan dengan baik dan ramah.
9. Ibu Dr. Eng. Diah Permata, M.T. selaku pembimbing pendamping yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan nilai-nilai kehidupan kepada penulis dengan baik dan ramah.
10. Bapak Saudi dan bapak sumadi selaku dosen pembimbing akademik (PA) yang telah memberikan nasihat, arahan, dan bimbingan yang membangun bagi penulis dalam mempersiapkan diri menjadi seorang Sarjana Teknik.
11. Segenap Dosen di Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat, wawasan, dan pengalaman bagi penulis.
12. Segenap Staff di Jurusan Teknik Elektro dan Fakultas Teknik yang telah membantu penulis baik dalam hal administrasi dan hal-hal lainnya.
13. Segenap Keluarga Besar Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi; bapak Herman; ibu Diah, ibu nining, bapak sugi rekan asisten TTT 2016 Sugi dan wahyuda yang telah menemani dan mewarnai hari-hari dilaboratorium; dan adik-adik asisten 2017 dan 2018.
14. Angkatan tercinta SINS 2016 terima kasih sudah menjadi seperti saudara kandung, atas segala bentuk kebaikan yang selalu kalian berikan dalam bentuk apapun, menemani dalam senang dan susah, dan menjadi rumah yang nyaman selamanya.

15. Keluarga Besar HIMATRO yang telah mengajarkan banyak hal dan menjadi wadah berkembang selama perkuliahan. Semoga semakin LUAR BIASA.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini.

Penulis mengharapkan kritik dan saran konstruktif dari semua pihak demi kemajuan bersama. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, Januari 2022

Handika Al Falah

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	ii
<i>ABSTRACT</i>	iii
Halaman Judul.....	iv
Lembar Persetujuan.....	v
Lembar Pengesahan	vi
SURAT PERNYATAAN.....	vii
Riwayat Hidup	viii
MOTTO	x
SANWACANA.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL.....	xvii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	2
1.3. Manfaat Penelitian.....	2
1.4. Perumusan Masalah.....	3
1.5. Batasan Masalah.....	3
1.6. Hipotesis.....	3
1.7. Sistematika.	4
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Trafo Tesla.	5
2.2. <i>Plasma</i>	6
2.3. Teknologi Pengolahan Air menggunakan <i>Plasma</i>	9
2.4. Reaktor <i>Plasma</i>	12
2.5. Standar Baku Mutu Air.	13
2.6. Kontroler.	15
2.6.1. Arduino Uno.	16

2.6.2. Rele.	16
2.6.3. LCD.	17
III. METODE PENELITIAN.....	18
3.1. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN.	18
3.2. ALAT DAN BAHAN.	18
3.3. DIAGRAM ALIR PENELITIAN.	19
3.4. TAHAPAN PENELITIAN.....	21
3.5 Desain Teknologi <i>Plasma</i>	22
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1. Hasil Perancangan Pemanfaatan Teknologi <i>Plasma</i>	25
4.2. Hasil Pengujian.....	28
4.3. Analisis dan Pembahasan.	29
4.3.1. Pengaruh waktu terhadap pH air.	30
4.3.2. Pengaruh waktu terhadap suhu air.	31
4.3.3. Pengaruh waktu terhadap TDS air.	31
4.3.4. Jumlah bakteri <i>e-coli</i>	32
V. KESIMPULAN DAN SARAN	35
5.1. Kesimpulan.	35
5.2. Saran.....	35
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN.....	1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Trafo tesla.....	5
Gambar 2.2. lampu <i>plasma</i>	6
Gambar 2.3. ilustrasi fase materi ke empat.....	7
Gambar 2.4. Reaktor <i>plasma</i>	12
Gambar 2.5 Kontroler.....	15
Gambar 2.5 Arduino Uno.....	16
Gambar 2.6 Rele.....	16
Gambar 2.7 LCD.....	17
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian.....	19
Gambar 3.2 Rancangan sistem pemanfaatan teknologi <i>plasma</i> untuk membunuh mikroorganisme <i>e-coli</i> pada air.....	23
Gambar 4.1 Teknologi <i>plasma</i> untuk membunuh bakteri <i>e-coli</i> tampak depan...	25
Gambar 4.2 Teknologi <i>plasma</i> untuk membunuh bakteri <i>e-coli</i> tampak samping	25
Gambar 4.2 Mini <i>coil</i> tesla.....	26
Gambar 4.3 Eelektroda jarum.....	27
Gambar 4.4 proses disinfektasi air oleh <i>plasma</i>	27
Gambar 4.5. data TDS, Suhu dan PH Air Sampel	28
Gambar 4.6. Grafik Pengaruh Waktu terhadap PH air.....	32
Gambar 4.7. Grafik Pengaruh Waktu terhadap Suhu air.....	34
Gambar 4.8. Grafik Pengaruh Waktu terhadap TDS air.....	35
Gambar 4.9. Grafik efisiensi penghilang <i>e-coli</i>	37

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Data Hasil Percobaan.....	31
--------------------------------------	----

I.PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang.

Air merupakan kebutuhan pokok bagi manusia yang berperan penting untuk kehidupan sehari-hari. Kebutuhan air minum semakin meningkat tetapi ketersediaan air minum yang layak relatif semakin berkurang. Salah satu penyebabnya adalah banyaknya pencemaran terhadap sumber air. Pencemaran sumber air terutama disebabkan akibat limbah pembuangan rumah tangga serta sumber limbah dari pertanian dan limbah industri. Rusaknya sumber air akan memiliki resiko mengandung mikroorganisme yang berbahaya seperti *Escherichia coli*. Jika di konsumsi secara terus menerus dalam waktu jangka pendek maupun jangka panjang akan menimbulkan penyakit dan mempengaruhi kesehatan manusia, oleh karena itu maka diperlukan pengolahan air tepat guna.

Pemilihan teknologi pengolahan air yang tepat guna perlu di pertimbangkan dari segi efisiensi maupun ekonomi. Pengolahan air minum secara konvensional maupun non konvensional seperti penggunaan disinfektan, penyaringan dengan membran, karbon aktif dan sinar *Ultraviolet*, tidak dapat menjamin menghasilkan air minum dengan kualitas yang baik sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan pemerintah. Teknologi *plasma* merupakan teknologi yang sedang berkembang saat ini yang dapat digunakan untuk pengolahan air minum. Plasma dapat digunakan untuk mengoksidasi dan menguraikan polutan organik dalam air menggunakan gas aktif dari hasil pelepasan pulsa tegangan tinggi teknologi ini mampu menghilangkan polutan tanpa menghasilkan polutan sekunder. Teknologi

ini juga termasuk dalam teknologi hijau (green teknologi) karena tidak menggunakan bahan kimia. Selain itu plasma juga dapat mengolah limbah lebih cepat, tidak membutuhkan lahan yang luas serta hasil akhir yang ramah lingkungan.

Penelitian ini membahas mengenai penerapan teknologi plasma untuk mengolah air sungai yang tercemar oleh mikroorganisme *Escherichia coli*. Plasma pada penelitian ini dihasilkan dari mini trafo tesla. Air yang tercemar nantinya akan di disinfektasi menggunakan *plasma* di dalam sebuah reaktor *plasma*. Proses disinfektasi dilakukan dalam beberapa waktu yang berbeda beda dan volume air yang berbeda beda.

1.2. Tujuan Penelitian.

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Merangkai dan membuat pembangkit tesla serta reaktor *plasma*
2. Menguji pengaruh *plasma* terhadap penurunan jumlah mikroorganisme *Escherichia coli*, pH, suhu dan TDS di dalam air.

1.3. Manfaat Penelitian.

Menghasilkan teknologi tepat guna yaitu memanfaatkan *plasma* yang dihasilkan oleh *coil* tesla untuk membunuh mikroorganisme *Escherichia coli* di dalam air.

1.4. Perumusan Masalah.

Permasalahan yang dirumuskan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Rangkaian trafo tesla untuk membangkitkan *plasma*.
2. Bagaimana mendesain reaktor *plasma* untuk tempat proses disinfeksi air.
3. Untuk mendapatkan air layak konsumsi dilakukan dengan mengolah air menggunakan teknologi *plasma*.
4. Bagaimana cara membunuh mikroorganisme di dalam air dengan menggunakan teknologi *plasma* ?

1.5. Batasan Masalah.

Adapun batasan masalah penelitian ini yaitu hanya menganalisis mikroorganisme *Escherichia coli* yang terkandung di air sungai daerah Gedong Meneng, menggunakan pembangkit tesla dengan input 24 v dan panjang busur di output tesla sebesar 1 cm serta maksimal volume air di dalam reaktor sebanyak 300 ml.

1.6. Hipotesis.

Pembangkit tesla dapat menghasilkan *plasma* untuk membunuh mikroorganisme *E-coli* di dalam air.

1.7. Sistematika.

Sistematika penulisan pada tugas akhir ini meliputi :

BAB I PENDAHULUAN

Memuat latar belakang, tujuan, manfaat, perumusan masalah, batasan masalah, hipotesis dan sistematika penulisan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang teori – teori yang mendukung rancang bangun teknologi *plasma* sebagai pembunuh organisme di dalam air

BAB III METODE PENELITIAN

Berisi waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan yang digunakan, garis besar metode yang diusulkan, serta diagram alir metode yang diusulkan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Menjelaskan hasil penelitian, pembahasan dan kinerja metode yang dipakai

BAB V SIMPULAN DAN SARAN

Memuat simpulan yang diperoleh dari hasil penelitian, dan saran – saran untuk pengembangan lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Trafo Tesla.

Trafo tesla merupakan transformator yang berintikan udara yang menginduksikan energi dari kumparan primer ke kumparan sekunder melalui frekuensi tinggi. Trafo tesla dapat membangkitkan tegangan tinggi frekuensi tinggi dengan memanfaatkan peristiwa resonansi dalam transfer energi dari bagian primer ke bagian sekunder. Input tegangan pada sisi primer merupakan tegangan rendah dengan frekuensi rendah dan tegangan output merupakan tegangan tinggi dengan frekuensi tinggi.



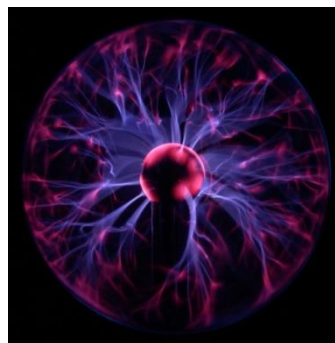
Gambar 2.1 Trafo tesla.

Trafo tesla dapat digunakan untuk beberapa aplikasi, yaitu dapat memanfaatkan tegangan tinggi frekuensi tingginya untuk melihat ada atau tidaknya keretakan dan kantong udara pada isolator padat, serta saat ini trafo tesla dapat di aplikasikan menjadi alat untuk membunuh mikroorganisme di dalam air dengan memanfaatkan *plasma* yang dihasilkan oleh tegangan tinggi pada rafo tesla. [1]

2.2. *Plasma.*

Plasma dapat didefinisikan sebagai gas yang terionisasi dalam pelepasan listrik, atau dapat didefinisikan sebagai campuran yang hampir netral dari radikal elektronik, ion positif dan negatif. Campuran ion bermuatan positif menggunakan elektron bermuatan negatif mempunyai sifat yang tidak sama dengan gas normal dan materi pada fase ini dianggap fase plasma. Dengan demikian, plasma secara sederhana didefinisikan menjadi gas terionisasi dan dikenal menjadi fase keempat materi selesainya fase padat, cair, dan gas. [2]

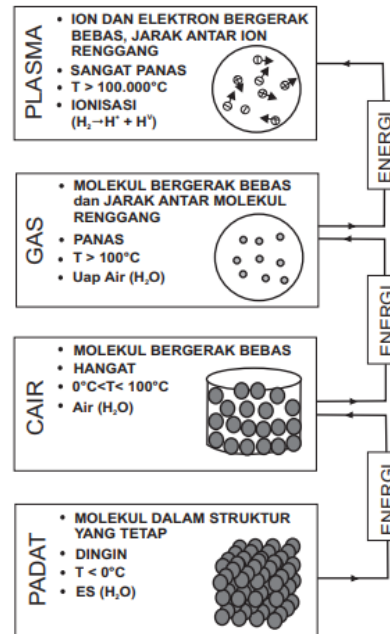
Plasma dapat terbentuk secara alami seperti yang terjadi pada matahari atau pada unsur-unsur bintang di luar angkasa. Plasma juga dapat dibentuk dengan menerapkan energi tinggi ke media gas yang menyebabkan gas mengalami proses disosiasi dan proses ionisasi. Tergantung jumlah energi yg ditransfer, kedua proses tadi akan mengakibatkan transformasi gas netral menjadi partikel-partikel atau ion-ion yg bermuatan negatif serta positif yg sangat reaktif, baik secara sebagian ataupun bertransformasi secara menyeluruh. [2]



Gambar 2.2. lampu *plasma*.

Plasma adalah daerah reaksi tumbukan elektron yang sangat signifikan. *Plasma* dapat terjadi ketika temperatur atau tenaga suatu gas dinaikkan sebagai akibatnya

memungkinkan atom-atom gas terionisasi akan membuat gas tersebut melepaskan elektron-elektronnya yang pada keadaan normal mengelilingi inti. [3]



Gambar 2.3. ilustrasi fase materi ke empat.

Ilustrasi di gambar 2.3 menjelaskan terbentuknya *plasma* dari proses perubahan melalui urutan padat, cair, gas serta menjadi *plasma*. secara logika urutan materi tersebut maka *plasma* dapat disebut sebagai “materi fase ke empat” setelah fase padat, fase cair dan fase gas. Gambar 2.3 tersebut menunjukkan bahwa Bila es (artinya materi padat) mendapat energi, maka ia akan mencair pada suhu di atas 0°C menjadi air, Bila air diberikan energi, sesudah melewati suhu 100°C akan menjadi uap air dengan molekul H_2O . Pemberian energi terus menerus pada uap air akan memecahkan molekul air menjadi H dan O dan akhirnya molekul-molekul ini akan terionisasi menjadi ion-ion positif dan elektron yang dalam keadaan tertentu dan ruang tertentu (microspace) terjadi

keseimbangan antara ion dan elektron. Pada keadaan seperti ini disebut sebagai *plasma*. Berdasarkan temperaturnya *plasma* bisa dibedakan jadi tiga yaitu:

1. *plasma* Dingin.

Plasma dingin artinya *plasma* yang terjadi di waktu keadaan ketidaksetimbangan termal (non-thermal equilibrium) antara temperatur elektron dan gas. Temperatur pada elektronnya tinggi tetapi temperatur di partikel gas relatif rendah sebab tumbukan elektron serta partikel gas sangat kecil. Pada *plasma* dingin ini ion serta atom-atom atau molekul-molekul netral tetap di suhu lebih kurang 1000 °K. elektron-elektron dalam *plasma* jenis ini mempunyai temperatur cukup tinggi kurang lebih 50000 °K. *Plasma* dingin seringkali digunakan pada bidang mikroelektronik, pembentukan materi baru dan membersihkan polutan. [3]. *Cold plasma* dapat dikembangkan menjadi beberapa hal yaitu *dielectric barrier discharge (DBD)*, *microwave discharge* dan *radio frequency glow discharge*.

2. *Plasma* Termik.

Plasma termik merupakan jenis *plasma* pada keadaan kesetimbangan termal (*non thermal equilibrium*). Partikel berat pada *plasma* mempunyai suhu lebih tinggi dari 3000 K. Elektron dalam plasma termis ini memiliki suhu yang relatif tinggi lebih besar dari 10^5 K. *Plasma* jenis ini tak jarang dipergunakan buat pengelasan, pemotongan logam, pencucian polutan serta lain-lain.

3. *Plasma* Panas.

Plasma panas terjadi dalam keadaan kesetimbangan termal (*thermal equilibrium*). pada pembangkitan *plasma* panas distribusi tenaga elektron serta molekul gas mendekati sama, sebab frekuensi tumbukan antara elektron dan molekul gas lebih besar. *Plasma* panas adalah *plasma* yang tersusun dari molekul gas yang bertemperatur tinggi. *Plasma* jenis ini memiliki temperatur di atas 10^6 K. *Plasma* panas dipergunakan untuk menghasilkan tenaga listrik. [3]

2.3. Teknologi Pengolahan Air menggunakan *Plasma*.

Teknologi pengolahan air memakai plasma bisa dilakukan memakai plasma dingin bisa dikelompokkan sebagai beberapa yaitu menjadi berikut:

1. *Remote (Ozone)*.

Ozon banyak digunakan dalam proses oksidasi, penghilangan warna, sterilisasi dan penghilang bau serta dapat digunakan untuk mengolah limbah cair industri, rumah sakit, hotel, dan juga untuk proses pencucian bahan makanan dan peralatan medis berupa air ozon.

Komponen utama ozone water generator disederhanakan menjadi satu sistem yang terintegrasi, tanpa pipa penghubung, dengan membuat pipa gas dan pipa air pada satu poros untuk menghasilkan air ozon dengan konsentrasi tinggi.

Pada pengolahan air menggunakan sistem *plasma* ini yaitu pertama-tama oksigen di lakukan *discharge* menggunakan *plasma* di dalam ozon reaktor sehingga oksigen akan berubah dan membentuk ozon, ozon yang sudah terbentuk akan di

larutkan kedalam air dengan metode aerasi, sehingga akan mempengaruhi mikroorganisme di dalam air. [5]

2. *Direct (Electrical Discharges in Water).*

Salah satu jenis teknologi plasma yang saat ini sedang dikembangkan adalah teknologi plasma yang menggunakan pelepasan muatan listrik dengan spesifikasi pelepasan korona pada reaktor campuran air-udara. Pelepasan terbentuk di atas air dan dapat membentuk ozon dan berbagai zat pengoksidasi seperti hidroksil dan UV. Dalam teknologi ini, pengolahan air diterapkan dengan mengalirkan listrik pada media yang heterogen. Proses ini didasarkan pada penggunaan proses oksidasi lanjutan untuk membuat oksidator kuat. Pelepasan dibuat di udara dan produk reaksi berdifusi ke dalam lapisan tipis air yang terkontaminasi.

Discharges menciptakan radikal pendek yang akan terbentuk selama *Discharges* seperti ozon, hidroksi-radikal (OH), atom oksigen, hidrogen peroksida (H₂O₂) dan sinar *Ultra-Violet* yang sangat berguna untuk membersihkan air karena adanya sifat non-toksisitas.[5]

Penggunaan corona *Discharges* untuk pengolahan air dinilai sangat efektif karena dilakukan dengan teknik ozonisasi yang mudah. Dalam teknik ini, selain radikal hidroksil dan ion korona, ozon juga diproduksi. Ozon berdifusi ke fase cair dan mengoksidasi senyawa target. Radikal hidroksil tidak dapat mencapai permukaan cairan, karena reaktivitasnya yang tinggi, tetapi dapat menghasilkan hidrogen peroksida.

Salah satu keuntungan menggunakan metode ini adalah kenyataan bahwa ada zona gas dan air yang sangat reaktif di lingkungan plasma. Perbandingan

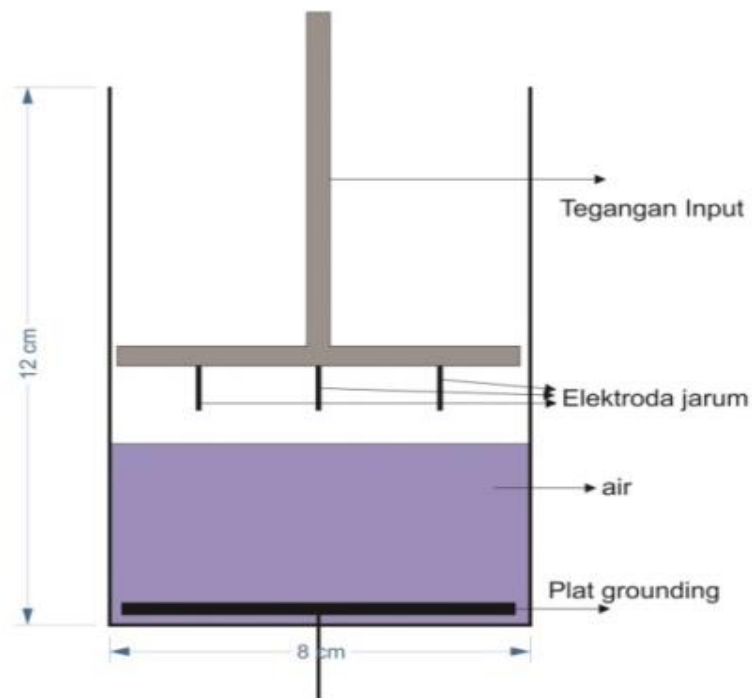
teknologi ini dibandingkan dengan teknologi plasma yang menggunakan reaktor aerosol (air disemprotkan ke aerosol dan produk pelepasan menyebar ke tetesan), permukaan reaktor CAW yang dapat diaktifkan kembali jauh lebih stabil. Dengan desain elektroda yang tepat, teknik CAW memberikan distribusi yang seragam di seluruh ruang antara elektroda.[5]

Beberapa penelitian yang menggunakan *plasma* dingin yaitu pada penelitian yang berjudul “Penghilangan Mikroorganisme dalam Air Minum dengan *Dielectric Barrier Discharge*” yang dibuat oleh Ariadi Hazmi dkk pada tahun 2012. Hasil penelitian menunjukkan efisiensi penghilangan kandungan mikroorganisme untuk *Colitinja* dan *Coliform* dalam rentang 99,2 - 100 % setelah air minum diinjeksi tegangan 13 - 17 kV selama 10 menit.[2] Pada penelitian yang berjudul “Penggunaan teknologi *plasma* dalam mengurangi kandungan bod dan warna pada limbah cair industri minuman ringan” yang dibuat oleh Ade Ryane, Wiharyanto Oktawan, Abdul Syakur (2014). Dalam percobaan ini reaktor yang digunakan adalah DBD (*Dielectric Barried Discharge*). Menggunakan tegangan 9 kV – 12 kV dengan hasil adanya perubahan konsentrasi warna pada limbah cair industri minuman ringan. [6] lalu pada tahun 2015 ada penelitian yang berjudul Teknologi *Plasma* untuk Pengolahan Air yang dibuat oleh Hendro Amril. Pada penelitian ini menggunakan reaktor *plasma* yang kedap udara sehingga mencegah *plasma* keluar dari reaktor. Pada penelitian ini air yang sebagai bahan ujinya dimasukkan kedalam reaktor *plasma* sehingga nantinya akan terjadi proses pengoksidasian senyawa di dalam air (sistem air diam) dengan menggunakan tegangan sebesar 40 kV. [5]. Pada tahun 2018 Suraj M dan Dr Anuradha T melakukan penelitian dengan judul *Plasma Based Water Purifier: Design And Testing Of Prototype with*

Different sampels of water. Menggunakan Tegangan ac sebesar 34 kV. Berdasarkan percobaan ini didapatkan hasil air yang bening, tidak berbau dan pH air turun mendekati netral. [10]

2.4. Reaktor *Plasma*.

Reaktor merupakan sebuah alat yang digunakan untuk tempat proses terjadinya suatu reaksi berlangsung. Reaktor *plasma* ini dibuat dengan menggunakan bahan akrilik berbentuk tabung seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.2.



Gambar 2.4. Reaktor *plasma*.

Di dalam reaktor *plasma* ini terdapat 3 buah elektroda jarum dengan ukuran reaktor *plasma* ini yaitu 602 ml, dibuat berdasarkan volume gelas minum yang biasa digunakan yaitu berkisar 220 ml dan berdasarkan penelitian terdahulu yaitu 100 ml. [2] Pada reaktor *plasma* inilah nantinya akan terjadi proses reaksi

disinfektasi antara air dengan *plasma*. *Plasma* yang dihasilkan akan menghasilkan gas OH, O, O₃, H₂O₂, NO yang berguna mendisinfektasi air. Selain menghasilkan gas, *plasma* juga akan memancarkan sinar ultraviolet yang dapat mematikan mikroorganisme di dalam air. [6]

2.5. Standar Baku Mutu Air.

Baku mutu air adalah ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen yang ada di dalam air. Ada tiga parameter wajib dalam baku mutu air, yaitu parameter fisik, parameter biologi dan parameter kimia. Ada beberapa standar baku mutu air yang harus terpenuhi yaitu pH, TDS, dan *e-coli*.

1. Power of hydrogen.

Power of hydrogen atau yang biasanya disebut dengan pH air merupakan derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasahan yang dimiliki oleh suatu larutan. PH air diindikasikan dengan skala nilai 0-14. Air yang netral memiliki kandungan pH sebesar 7, air asam memiliki pH kurang dari 7 dan air basa lebih dari 7. Standar pH dalam baku mutu air yaitu sebesar 6.5-8.5. [7] . Tetapi pH air minum yang sehat untuk diminum yaitu berkisar antara 8.5 – 11.5. [8]. Berdasarkan hasil penelitian Ariadi Hazmi dkk pada tahun 2012 yang berjudul “Penghilangan mikroorganisme dalam air minum dengan *Dielectric Barrier Discharge*” didapatkan hasil pengukuran pH air setelah di disinfektasi oleh *plasma* yaitu rentang 6,5 – 7,5.

2. *Total Dissolved Solid.*

Total Dissolved Solid (TDS) atau biasa disebut padatan terlarut dalam air yang merupakan indikator jumlah partikel atau zat, baik yang berupa senyawa organik maupun non organik. Pengertian terlarut mengacu pada partikel padat dalam air yang memiliki ukuran di bawah 1 nano meter.. Satuan yang digunakan adalah ppm (parts per million) atau mg/l (miligram per liter) untuk pengukuran konsentrasi massa kimia yang menunjukkan berapa gram suatu zat dalam satu liter cairan. Standar TDS dalam baku mutu air adalah 500 mg/l. [7]

3. *Escherichia coli.*

Escherichia coli atau yang biasanya di sebut bakteri *e-coli* merupakan bakteri yang banyak terdapat di usus besar manusia dan sebagai *flora* normal colon. Kecepatan bakteri *e-coli* untuk berkembang biak pada selang waktu 20 menit. Jika media derajat keasaman dan suhu sesuai antara 8 c – 46 c, tetapi suhu optimalnya adalah 37 c oleh karena itu, bakteri ini dapat hidup di dalam tubuh manusia.

Taksonomi *e-coli* sebagai berikut:

Divisi *ProtoPHYta*.

Kelas *Schilomycetes*.

Ordo *Eubacteriales*.

Family *Enterobacteriaceae*.

Genus *Escherichia*.

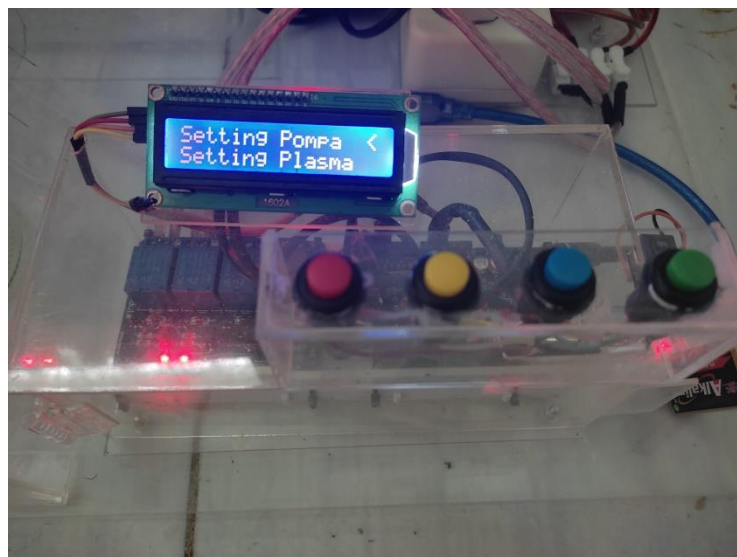
Spesies: *Escherichia coli*.

Bakteri *e-coli* umumnya tidak menyebabkan penyakit melainkan dapat membantu fungsi humoral, nutrisi dan membentuk vitamin K yang berperan penting untuk

pembekuan darah.. Tetapi bakteri akan bersifat panthogen jika melebihi jumlah normalnya atau akan menjadi panthogen apabila mencapai jaringan diluar saluran pencernaan. Bakteri dapat berpindah karena adanya kegiatan seperti tangan ke mulut atau dengan perpindahan lewat minuman atau makanan yang terkontaminasi bakteri. Dalam kasus tertentu bakteri ini dapat menyebabkan peradangan selaput perut, usus dan juga menyebabkan wabah diare atau muntaber terutama pada anak anak. Berdasarkan standar baku mutu air kadar maksimum *e-coli* di dalam air yaitu 0 mpn/100 ml atau tidak terdapat bakteri *e-coli* di dalam air tersebut.[8]

2.6. Kontroler.

Proses disinfektasi air menggunakan *plasma* menggunakan beberapa waktu berbeda yaitu 1 menit, 10 menit dan 60 menit. Untuk mempermudah proses disinfektasi ini dibuatlah sebuah kontroler timer menggunakan beberapa alat yaitu:

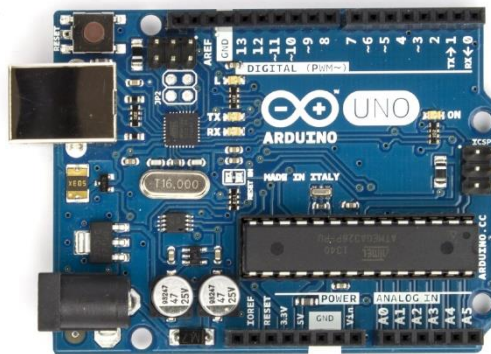


Gambar 2.5. Kontroler.

2.6.1. Arduino Uno.

Arduino Uno. Arduino adalah nama papan mikrokontroler yang awalnya dibuat oleh perusahaan proyek pintar. Salah satu penciptanya adalah Massimo Banzi. Board ini merupakan hardware yang “open source” sehingga siapapun bisa membuatnya.. Arduino dibuat dengan tujuan untuk memudahkan percobaan atau realisasi berbagai peralatan berbasis mikrokontroler

Arduino Uno adalah papan mikrokontroler (datasheet) berbasis ATmega328. Memiliki 14 pin input output digital dimana 6 pin input dapat digunakan sebagai output PWM dan 6 pin input analog, osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, colokan listrik, header ICSP, dan tombol reset. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan cukup menghubungkan Board Arduino Uno ke komputer menggunakan kabel USB atau power dengan adaptor AC-to-DC atau baterai untuk menjalankannya.



Gambar 2.6 Arduino Uno.

2.6.2. Relé.

Relay adalah suatu peralatan listrik untuk menghubungkan atau memutuskan suatu rangkaian listrik yang satu dengan yang lainnya. Relai bekerja secara

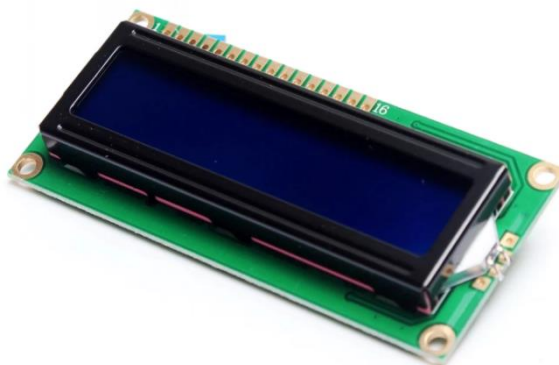
otomatis dan digerakkan oleh magnet yang dapat dikontrol. Pemilihan yang akan digunakan harus memperhatikan koil dan kontaknya karena akan timbul bunga api pada saat memutuskan atau mengalirkan arus listrik, jika hal ini tidak dapat diamati maka akan timbul panas yang berlebihan pada kontak tersebut sehingga dapat memperpendek umur relay. .



Gambar 2.7 Rele.

2.6.3. LCD.

LCD atau *liquid cristal display* adalah komponen yang dapat menampilkan tulisan. Salah satu jenisnya memiliki dua baris dengan setiap baris terdiri atas enam belas karakter. LCD seperti itu biasa disebut LCD 16x2. LCD LMB162Afc yang kompatibel dengan HD44780. LCD ini memiliki 16 pin dengan fungsi pin masing-masing. Tabel menunjukkan keenam belas pin di lcd.[11]



Gambar 2.8 LCD.

III. METODE PENELITIAN

3.1. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN.

Tugas akhir ini dilaksanakan pada bulan november 2020 – selesai. Adapun tempat dilaksanakannya penelitian ini adalah :

1. Proses pembuatan, perancangan alat dan pengujian atau proses disinfeksi air dilakukan di Laboratorium Terpadu Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung.
2. Penghitungan jumlah kandungan *e-coli* di dalam air dilanjutkan di UPTD Balai Laboratorium Kesehatan Lampung dikarenakan keterbatasan alat di Laboratorium Terpadu Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung.

3.2. ALAT DAN BAHAN.

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

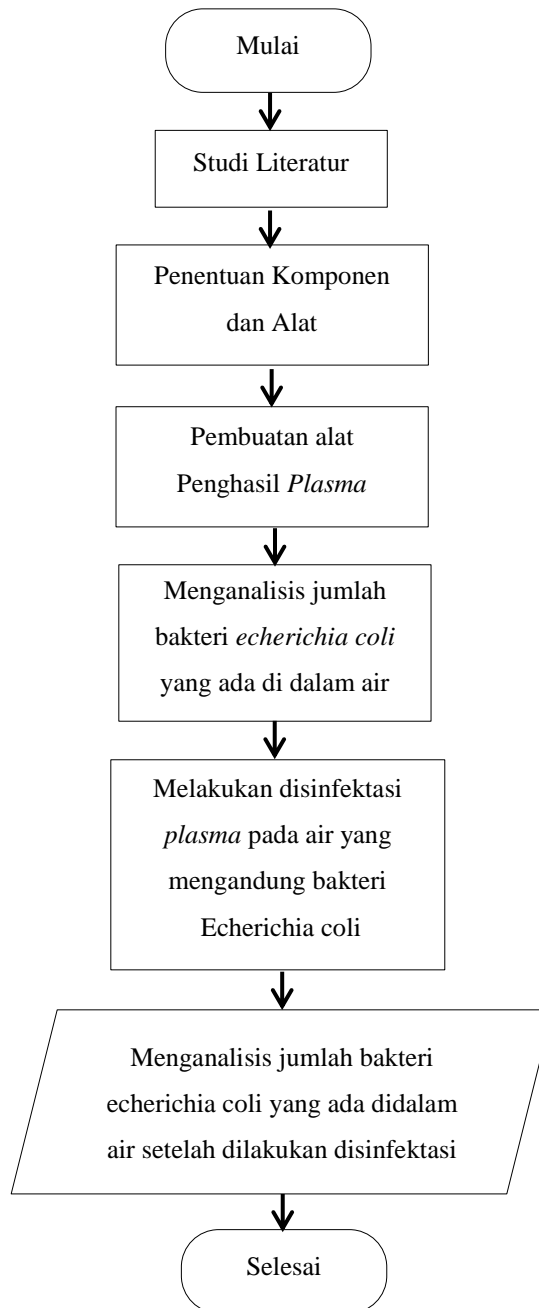
1. Sumber ac PLN 220 VAC.
2. Mini Trafo tesla.
3. *Power supply* DC.
4. Air.
5. pH meter.
6. TDS meter.
7. Gelas ukur.
8. Termometer.
9. Kabel.
10. Pompa.
11. Akrilik.
12. Alumunium.
13. Arduino Uno.

14. Modul Rele.

15. Lcd.

3.3. DIAGRAM ALIR PENELITIAN.

Adapun diagram alir pada penelitian ini yaitu sebagai berikut :



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian.

Berdasarkan diagram alir penelitian dari gambar 3.1 dapat dijelaskan yaitu sebagai berikut:

1. Studi Literatur.

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan landasan teori untuk wawasan umum yang berhubungan dengan penelitian yang akan dibuat. Teori tersebut berasal dari berbagai referensi atau sumber – sumber ilmiah lainnya seperti jurnal ilmiah, skripsi, maupun buku yang terkait dengan penelitian ini seperti standar baku air, macam macam cara pengolahan air minum, tentang teknologi *plasma* dan lainnya.

2. Penentuan komponen dan alat.

Setelah melakukan studi literatur selanjutnya menentukan komponen dan alat - alat yang diperlukan dalam penelitian agar nantinya alat sesuai dengan penelitian. Penentuannya komponen dan alat terkait jumlah yang diperlukan, spesifikasi yang dipakai dan lainnya.

3. Pembuatan alat.

Setelah didapatkannya komponen dan alat yang sesuai spesifikasi, maka proses selanjutnya yaitu merangkai dan membuat alat. Sehingga nantinya alat ini akan menghasilkan *plasma*.

4. Menganalisis jumlah bakteri *echerichia coli* yang ada di dalam air.

Air yang didapat akan di lakukan pengujian laboratorium untuk mengetahui apakah tercemar bakteri *echerichia coli* atau tidak, lalu jika air tersebut tercemar bakteri *echerichia coli* maka akan di lakukan

perhitungan berapa banyak jumlah bakteri *echerichia coli* dalam 100 ml air.

5. Melakukan disinfektasi *plasma* pada air yang mengandung bakteri *echerichia coli*.

Setelah diketahui air tersebut mengandung bakteri *echerichia coli* maka selanjutnya dilakukan disinfektaasi *Plasma* pada air tersebut dengan waktu pengolahan yang sudah ditentukan.

6. Menganalisis jumlah bakteri *echerichia coli* yang di dalam air setelah dilakukan disinfektasi menggunakan *plasma*.

Air hasil proses disinfektasi *plasma* tersebut selanjutnya akan kembali di analisis di laboratorium untuk mengetahui berapa banyak bakteri *echerichia coli* yang masih mencemari air tersebut sehingga akan didapatkan seberapa efisiensi disinfektasi menggunakan *plasma*.

3.4. TAHAPAN PENELITIAN.

Dalam penelitian ini ada beberapa langkah kerja yang akan dilakukan yaitu :

1. Studi literatur berbagai referensi.

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan landasan teori untuk wawasan umum yang berhubungan dengan penelitian yang akan dibuat. Teori tersebut berasal dari berbagai referensi atau sumber – sumber ilmiah lainnya seperti jurnal ilmiah, skripsi, maupun buku yang terkait dengan penelitian ini.

2. Penentuan komponen dan alat.

Setelah di lakukannya studi literatur dan bimbingan dengan dosen pembimbing, maka selanjutnya menentukan komponen - komponen dan alat - alat yang di perlukan untuk dipakai dalam pembuatan teknologi *plasma*.

3. Membuat rangkaian.

Pada tahap ini komponen dan alat - alat yang sudah didapatkan selanjutnya dirangkai sesuai dengan rangkaian sehingga menghasilkan *plasma*.

4. Mengimplementasikan alat dan pengujian alat.

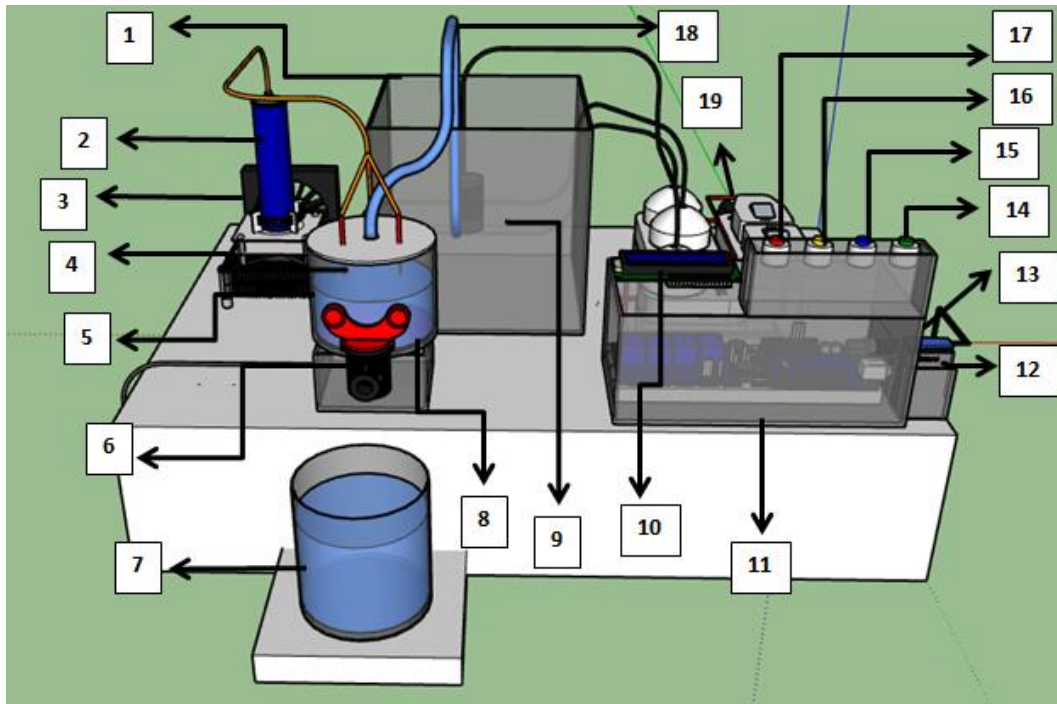
Setelah alat sudah dirangkai maka selanjutnya dilakukan pengujian terhadap mikroorganisme yang ada di dalam air dan mengambil data yang nantinya akan diolah dan dianalisis.

5. Pembuatan Laporan.

Tahap ini berfungsi untuk menuliskan hasil yang telah didapat dan sebagai sarana pertanggungjawaban terhadap tugas akhir yang telah dilakukan. Laporan dibagi kedalam dua tahap, yaitu laporan awal yang digunakan untuk seminar usul dan laporan akhir yang digunakan untuk seminar hasil.

3.5 Desain Teknologi *Plasma*.

Pada gambar 3.1 merupakan sebuah rancangan sistem pemanfaatan teknologi *plasma* untuk membunuh mikroorganisme pada air sehingga nantinya akan didapatkan air yang tidak mengandung mikroorganisme *e-coli*.



Gambar 3.2 Rancangan sistem pemanfaatan teknologi *plasma* untuk membunuh mikroorganisme *e-coli* pada air.

Keterangan gambar 3.2.

1. Penampungan air berfungsi sebagai penampungan air sebelum dialirkan kedalam reaktor *plasma*.
2. *Coil* tesla berfungsi untuk menghasilkan tegangan tinggi yang nantinya akan menghasilkan *plasma*.
3. Kipas berfungsi untuk pendingin *coil* tesla.
4. Elektroda jarum berfungsi pada ujung elektroda jarum akan terjadinya tegangan tembus yang akan menghasilkan *plasma*.
5. Reaktor *plasma* berfungsi sebagai tempat terjadinya disinfeksi air oleh *plasma*.

6. Keran air berfungsi untuk mengalirkan air yang sudah di disinfektasi pada reaktor menuju gelas penampungan.
7. Gelas penampungan air berfungsi untuk menampung air yang sudah dilakukan proses disinfektasi oleh *plasma* di dalam reaktor *plasma*.
8. Plat *grounding* berbahan alumunium yang berada di dasar reaktor *plasma* di hubungan ke *grounding*.
9. Pompa air berfungsi untuk memompa air dari penampungan air menuju reaktor *plasma*.
10. Lcd berfungsi untuk menampilkan *timer*.
11. Box kontroler berfungsi untuk mengatur *timer*.
12. Baterai 9V berfungsi sebagai sumber energi untuk kontroler.
13. Saklar baterai 9V berfungsi untuk on/off baterai ke kontroler.
14. Tombol hijau berfungsi untuk “kembali” pada kontroler.
15. Tombol biru berfungsi untuk “Ok” pada kontroler.
16. Tombol kuning berfungsi untuk “down” pada kontroler.
17. Tombol merah berfungsi untuk “Up” pada kontroler.
18. Pipa pompa air ini untuk mengalirkan air dari penampungan air menuju reaktor *plasma* menggunakan pompa air.
19. Terminal dan Saklar berfungsi untuk pengamanan serta menghubungkan ke sumber 220V.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan.

Dari serangkaian penelitian, pengujian dan analisa yang telah dilakukan pada tugas akhir ini dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Berdasarkan penelitian ini, teknologi *plasma* dapat menghilangkan mikroorganisme *e-coli* sebanyak 100% dengan waktu disinfektasi selama 60 menit.
2. Berdasarkan penelitian ini terjadi perubahan suhu pada air yang di disinfektasi menggunakan *plasma*, semakin lama disinfektasi *plasma* maka akan semakin tinggi suhunya, hal ini dikarenakan *plasma* menghasilkan panas yang mempengaruhi suhu air tersebut.
3. Berdasarkan penelitian ini semakin lama disinfektasi *plasma* maka akan semakin besar nilai TDS atau zat terlarut yang ada di air, Tetapi masih berada di standar mutu air minum Indonesia yaitu <500 ppm.
4. Berdasarkan penelitian ini semakin lama disinfektasi *plasma* maka akan semakin menurun pH air, Tetapi masih berada di standar mutu air minum Indonesia yaitu antara 6.5 – 8.5.

5.2. Saran

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya yaitu: digunakan elektroda jarum dengan jumlah yang berbeda sehingga nantinya dapat di simpulkan penggunaan elektroda jarum yang lebih maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1].Hidayatullah, Deri, 2018. Desain Pembangkitan Tegangan Tinggi Frekuensi Tinggi Menggunakan Kumparan Tesla. Bandar Lampung : Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
- [2].Hazmi, Ariadi. Dkk. 2012. Penghilang Mikroorganisme dalam Air minum dengan *Dielectric Barrier Discharge*: Volume 10, No 1 April. Padang : Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Andalas.
- [3].Nur, Muhammad, 2011. *Fisika plasma dan aplikasinya*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- [4].Kasih, Tota Pirdo. Januar Nasution. “*pengembangan teknologi plasma dingin untuk modifikasi karakteristik permukaan material tanpa mengubah sifat dasar material: Jurnal PASTI Volume X No. 3, 373 – 379*. Jakarta Barat : Jurusan Teknik Industri, Universitas Bina Nusantara.
- [5].Amril, Hendro. 2015. *Teknologi Plasma untuk Pengolahan Air*. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- [6].Ryane, Ade dkk. Penggunaan Teknologi *Plasma* Dalam Mengurangi Kandungan Bod Dan Warna Pada Limbah Cair Industri Minuman Ringan. Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro
- [7].Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 . Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.
- [8]. Ary, H Setyadi. Siddhi, Prianggara Permana. 2018, Rancang bangun alat penghasil air alkali sebagai pengobatan alternative berbasis mikrokontroler. Journal Speed – sentra penelitian engineering dan Edukasi – volume 10 no 1.

- [9].Zikra, Wahyu dkk. 2018. Identifikasi Bakteri *Escherichia coli* (E.coli) pada Air Minum di Rumah Makan dan Cafe di Kelurahan Jati serta Jati Baru Kota Padang. Jurnal kesehatan andalas 7 (2). Padang : Universitas andalas.
- [10] M, suraj. Dr Anuradha T. 2018. *Plasma* Based Water Purifier:Design And Testing Of Prototype with Different samples of water. India : Department of *Electrical* and Electronics Engineering Anna University.
- [11] Lubi, Zulkarnai dkk. 2019. Kontrol Mesin Air Otomatis Berbasis Arduino dengan SmartPHone : Buletin Utama Teknik Vol.14, No 3. Medan : Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Medan.