

PENINGKATAN KUALITAS AIR PANTAI MENJADI AIR BERSIH DENGAN PENERAPAN TEKNOLOGI PLASMA NON-THERMAL DAN MULTI-STEP FILTER

Adhitya Sukma W ^{*}), Bayu Seno A.N, Siti Nurjanah, Abdul Syakur

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. H. Prof. Sudarto, SH, Tembalang Semarang

^{*}Email :adhityasw@live.com

Abstrak

Penelitian mengenai peningkatan kualitas air pantai menjadi air bersih dengan merapkan teknologi plasma non-thermal dan multi-step filter ini diharapkan bisa mengolah air pantai menjadi air bersih. Pengolahan air pantai saat ini kebanyakan menggunakan teknologi reverse osmosis yang memiliki biaya investasi awal dan biaya operasi yang besar. Dengan adanya teknologi plasma non-thermal ini kebutuhan air bersih masyarakat di sekitar pantai dan pulau – pulau kecil dapat dipenuhi. Metode yang digunakan adalah dengan menyaring sampel air dengan multi-step filter. Kemudian sampel air diberi paparan plasma lucutan korona pada reaktor jarum bidang selama waktu yang ditentukan. Dipilihnya teknologi plasma non-thermal dalam penelitian ini adalah karena teknologi plasma non-thermal dapat digunakan untuk menghancurkan kuman, bakteri, virus, jamur, spora, kista, lumut dan zat organik lainnya. Selain itu, teknologi ini juga dapat menambah kadar oksigen dalam air serta menetralkan zat inorganik / mineral yang berlebihan / beracun. Hasil pengujian menunjukkan perubahan lama waktu paparan plasma mempengaruhi nilai penurunan kadar pH, COD, dan TDS serta peningkatan nilai ORP air pantai. Nilai terendah kadar pH, COD, TDS air pantai diperoleh pada variasi 20 menit. Nilainya secara berturut – turut adalah 7,26, 623,33 ppm dan 563 ppm. Sedangkan peningkatan nilai ORP terbesar diperoleh pada variasi 30 menit dengan nilai 187 mV.

Kata kunci: *plasma non-thermal, multi-step filter, pengolahan air, air pantai*

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan pertambahan penduduk, kebutuhan akan pangan, energi, obat-obatan, dan air bersih juga bertambah. Manusia sering dihadapkan pada situasi sulit dimana sumber air bersih sangat terbatas tetapi dilain pihak terjadi peningkatan kebutuhan air bersih. Bagi masyarakat yang tinggal didaerah pantai dan pulau kecil seperti kepulauan seribu, karimun jawa, dsb, air bersih menjadi salah satu kebutuhan yang sangat penting. Sering terdengar ketika musim kemarau tiba, masyarakat yang tinggal di daerah pulau kecil-kecil mulai kekurangan air. Air hujan, yang menjadi sumber air bersih dan ditampung pada bak penampung air hujan (PAH), sering tidak dapat mencukupi kebutuhan air bersih ketika musim kemarau. Pada banyak daerah, pemukiman justru berkembang pada daerah pantai. Masyarakat yang tinggal di daerah pantai juga banyak mengalami kekurangan air bersih. Hal ini disebabkan karena banyak sumur-sumur warga yang tercemar oleh air laut. Hal ini menyebabkan pemenuhan kebutuhan air bersih bagi masyarakat yang tinggal di daerah pantai dan pulau – pulau kecil menjadi semakin mendesak.

Indonesia merupakan negara kepulauan yang wilayahnya sekitar 70% nya terdiri dari lautan sehingga sumber air

asin begitu melimpah. Sumber air asin yang sifatnya sangat melimpah ini telah membuat manusia berfikir untuk mengolahnya menjadi air tawar. Selama ini pengolahan air asin dikenal dengan cara destilasi, pertukaran ion, elektrodialisis, dan osmosa balik. Di antara berbagai macam teknologi tersebut cara yang banyak dipakai adalah teknologi destilasi dan osmosa balik. Namun, kedua teknologi ini memiliki kelemahan yaitu besarnya biaya investasi awal dan biaya operasi dari alat ini. Akibatnya tidak banyak masyarakat daerah pesisir yang memiliki alat pengolah air ini.

Pemanfaatan teknologi plasma non-thermal untuk pengolahan air merupakan harapan di masa depan. Beberapa penelitian yang sudah dimulai adalah memanfaatkan teknologi plasma non-thermal untuk pengolahan air limbah. Teknologi plasma dipilih karena sifatnya yang ramah lingkungan dan lebih efektif dibanding oksidan dan disinfektan konvensional. Sedangkan penerapan teknologi plasma non-thermal untuk peningkatan kualitas air pantai / air laut / air asin menjadi air bersih belum dikembangkan hingga saat ini. Peningkatan kualitas air pantai menjadi air bersih tersebut dapat dimungkinkan karena teknologi plasma non-thermal dapat digunakan untuk menghancurkan kuman, bakteri, virus, jamur, spora, kista, lumut dan zat

organik lainnya. Selain itu, teknologi ini juga dapat menambah kadar oksigen dalam air serta menetralkan zat inorganik / mineral yang berlebihan / beracun.

1.2 Tujuan

Tujuan yang hendak dicapai dari penelitian ini adalah meningkatkan kualitas air pantai menjadi air bersih untuk penurunan nilai pH, COD (Chemical Oxygen Demand), TDS (Total Dissolved Solid) dan ORP (Oxydation Reduction Potential) dengan teknologi plasma non-thermal dan multi-step filter.

1.3 Pembatasan Masalah

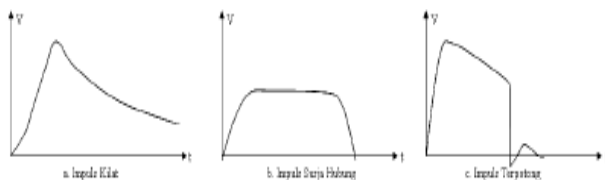
Pembatasan masalah pada Penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pembangkitan tegangan tinggi impuls menggunakan transformator flyback.
2. Ruang reaktor plasma lucutan korona dengan elektroda positif jarum terbuat dari kawat tembaga berdiameter 1,5 mm dan elektroda negatif bidang dari lempengan tembaga.
3. Sampel air pantai yang digunakan untuk pengujian adalah sampel air pantai Marina Semarang, dengan parameter uji adalah pH, COD, TDS dan ORP dari air pantai tersebut.
4. Membahas efek penggunaan tegangan tinggi impuls untuk mengolah air pantai sebagai fungsi besarnya waktu paparan.
5. Tidak membahas secara mendetail reaksi kimia yang terjadi selama proses.

2. Dasar Teori

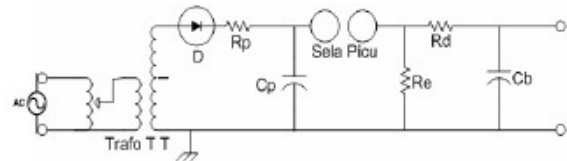
2.1. Pembangkitan Tegangan Tinggi Impuls

Tegangan tinggi impuls dibutuhkan untuk penyelidikan mekanisme tembus listrik bahan dielektrik dan simulasi sambaran petir pada peralatan tenaga listrik. Ada tiga bentuk tegangan impuls yang mungkin dialami sistem tenaga listrik yaitu: tegangan impuls petir, tegangan impuls surja hubung, dan tegangan impuls terpotong.

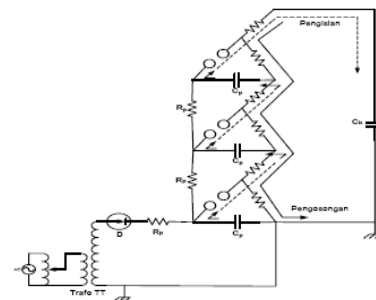


Gambar 1. Jenis – jenis tegangan impuls

Alat pembangkit tegangan tinggi impuls antara lain adalah generator impuls RLC, generator marx, dan generator impuls rangkaian ignition coil. Rangkaian generator impuls dapat dilihat pada gambar berikut ini :

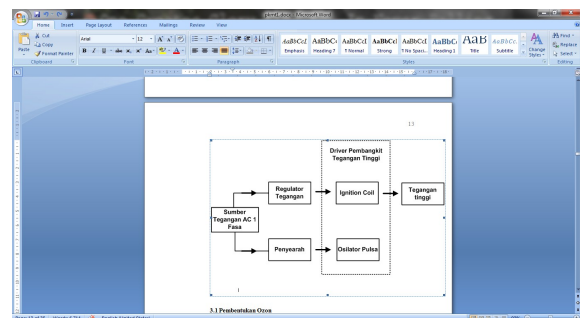


Gambar 2. Rangkaian generator impuls RLC



Gambar 3. Rangkaian generator impuls Marx

Sedangkan rangkaian pembangkit tegangan tinggi impuls menggunakan ignition coil merupakan jenis alat pembangkit tegangan tinggi yang akan dirancang pada penelitian ini, blok diagramnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 4. Blok diagram pembangkit tegangan tinggi impuls dengan ignition coil

2.2. Plasma

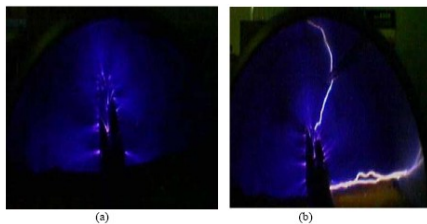
Kata plasma berasal dari bahasa Yunani yaitu plasma, yang berarti “something formed or melded”. Konsep tentang plasma pertama kali dikemukakan oleh Langmuir dan Tonks pada tahun 1928. Mereka mendefinisikan plasma sebagai gas yang terionisasi dalam lucutan listrik. Secara sederhana plasma didefinisikan sebagai gas terionisasi dan dikenal sebagai fase materi keempat setelah fase padat, cair dan gas.

Beberapa proses yang terjadi dalam plasma:

- a. Ionisasi
- b. Rekombinasi
- c. Dissosiasi
- d. Eksitasi

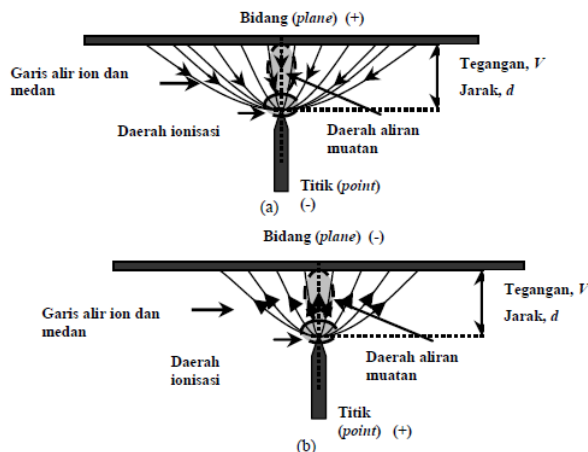
2.3. Lucutan Korona sebagai Pembangkit Plasma

Lucutan korona bisa terjadi dalam medan listrik tak seragam yang intensitas medannya cukup besar tetapi belum mampu mengakibatkan terjadinya keadaan arc (arc discharge) pada gas. Pijaran korona bisa terjadi pada ujung elektroda aktif. Lucutan pijar korona dapat terjadi diawali oleh lucutan Townsend kemudian diikuti oleh lucutan pijar (glow discharge) atau korona (corona discharge) dan berakhir dengan lucutan arc. Lucutan korona ini termasuk jenis plasma non thermal.



Gambar 5. Ilustrasi dari (a) Plasma lucutan korona (b) Lucutan arc

Pada gambar 6. ditunjukkan daerah dalam lucutan pijar korona antara dua elektroda dengan konfigurasi geometri hiperboloid-bidang yang merupakan pendekatan terhadap geometri titik-bidang.



Gambar 6. Ilustrasi daerah antara dua elektroda pada lucutan korona titik bidang: (a) polaritas negatif pada elektroda titik (b) polaritas positif pada elektroda titik

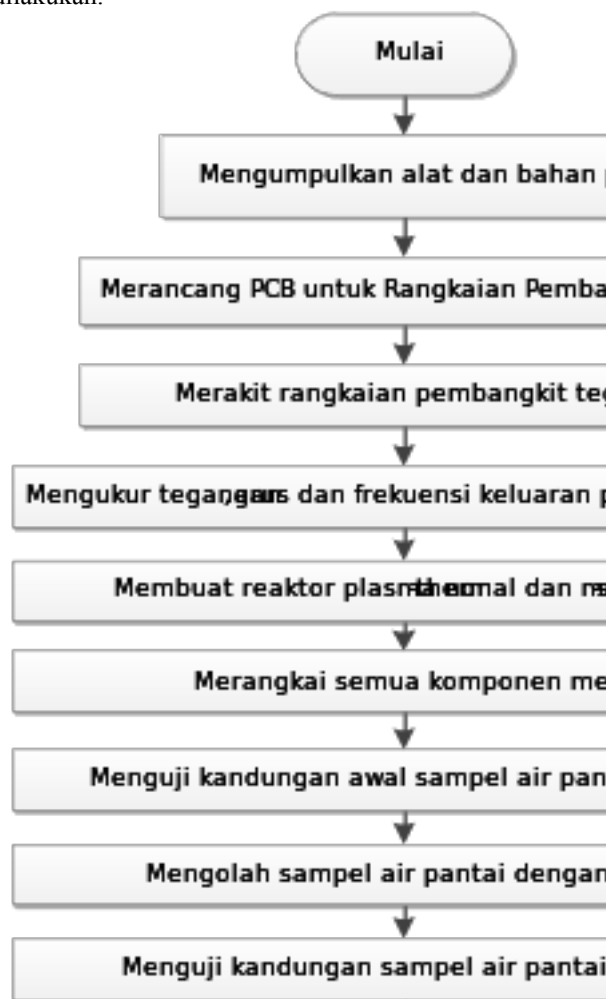
Penerapan lucutan korona di bidang komersial dan industri adalah :

- a. Pembuatan ozon, sterilisasi air kolam, menghilangkan berbagai organik teruap yang tak diinginkan, seperti pestisida kimia, pelarut atau bahan kimia dari atmosfer.
- b. Pengion udara yang baik buat kesehatan.

- c. Fotografi Kirlian menggunakan foton yang dihasilkan oleh lucutan untuk mengekspos film fotografik.
- d. Laser nitrogen.
- e. Ionisasinya cuplikan gas untuk analisa subsekuen dalam sebuah spektrometer massa maupun spektrometer mobilitas ion.

3. Metode Penelitian

Berikut merupakan diagram alir penelitian yang dilakukan.



Gambar 7. Bagan Alir Penelitian

3.1 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang akan dilaksanakan adalah :

1. Membagi peralatan menjadi beberapa bagian, yaitu :
2. Rangkaian pembangkit tegangan tinggi plasma
3. Reaktor plasma lucutan korona
4. Sumber gas oksigen/udara

5. Menentukan komponen – komponen yang diperlukan untuk rangkaian dan bagian peralatan seperti tersebut pada poin 1.
6. Merancang PCB untuk menempatkan rangkaian pembangkit tegangan tinggi plasma.
7. Melaksanakan perakitan rangkaian pembangkit tegangan tinggi.
8. Menguji tegangan, arus, dan frekuensi keluaran pembangkit tegangan tinggi.
9. Membuat reaktor plasma lucutan korona dengan konfigurasi elektroda Jarum-Bidang dan filter air multi-step
10. Menggabungkan semua komponen seperti tersebut di atas menjadi satu – kesatuan.
11. Menguji kandungan pH, COD, TDS dan ORP dari sampel air laut sebelum diujicobakan pada alat yang dibuat.
12. Melakukan uji coba pengolahan sampel air laut menggunakan alat yang dibuat dengan nilai tegangan sebesar 5,20 KV dan 3 variasi waktu yaitu selama 10 menit, 20 menit dan 30 menit..
13. Menguji kandungan pH, COD, TDS dan ORP sampel air laut yang telah diujicobakan pada alat yang dibuat.
14. Mengumpulkan data penelitian.
15. Menganalisa data hasil penelitian.
16. Menyusun laporan penelitian.

4. Hasil Dan Pembahasan

1. Kondisi Awal Sampel dan setelah dilakukan filtrasi

No	Parameter	Kondisi Awal Sampel	Setelah proses filtrasi	Baku Mutu
1	pH	7,87	7,48	6,5 – 8,5
2	COD	636,67	650	-
3	TDS	617	594	1000
4	ORP	142	170	-

Dari data pada tabel 4.1, karakteristik awal sampel air pantai untuk parameter-parameter yang ditetapkan masih memiliki nilai dibawah baku mutu. Setelah dilakukan proses filtrasi dengan pengulangan sebanyak 4 kali, nilai pH, TDS mengalami penurunan sedangkan untuk parameter COD dan ORP mengalami peningkatan.

2. Pengaruh lama waktu paparan plasma terhadap nilai pH Air Pantai

No	Nama Sampel	pH
1	Kondisi Awal	7,87
2	Setelah Filter	7,48
3	Diolah Selama 10 menit	7,34
4	Diolah Selama 20 menit	7,26
5	Diolah Selama 30 menit	7,35

Dari data yang ditunjukkan pada gambar 8, nilai pH air akan menurun seiring dengan meningkatnya lama waktu paparan plasma. Sebelum diberikan paparan plasma, air memiliki nilai pH sebesar 7,48. Kemudian setelah diberikan paparan plasma, pH air bernilai 7,34 untuk pengujian sampel selama 10 menit. Pengujian selama 20 menit menghasilkan nilai pH sebesar 7,26. Sedangkan pada pengujian 30 menit menghasilkan nilai pH sebesar 7,35. Hal ini berarti pada menit ke 30 terjadi ketidakefektifan proses penurunan nilai pH oleh plasma tegangan tinggi.

3. Pengaruh lama waktu paparan plasma terhadap nilai COD Air Pantai

No	Nama Sampel	COD
1	Kondisi Awal	636,67
2	Setelah Filter	650
3	Diolah Selama 10 menit	633,33
4	Diolah Selama 20 menit	623,33
5	Diolah Selama 30 menit	696,67

Pengaruh lama waktu paparan plasma terhadap nilai COD air pantai ditunjukkan oleh gambar 9. Nilai COD air menurun seiring dengan peningkatan lama waktu paparan dimana kondisi air sampel sebelum diberikan paparan memiliki nilai COD sebesar 650 ppm. Kemudian untuk pengujian selama 10 menit diperoleh nilai COD sebesar 633,33 ppm, sedangkan untuk pengujian selama 20 menit nilai COD air menjadi 623,33 ppm dan untuk pengujian selama 30 menit diperoleh nilai COD air sebesar 696,67 ppm. Dari data tersebut, nilai optimum proses penurunan COD terjadi pada menit ke 20.

4. Pengaruh lama waktu paparan plasma terhadap nilai TDS Air Pantai

No	Nama Sampel	TDS
1	Kondisi Awal	617
2	Setelah Filter	594
3	Diolah Selama 10 menit	581
4	Diolah Selama 20 menit	563
5	Diolah Selama 30 menit	598

Padatan terlarut total (Total Dissolved Solid atau TDS) merupakan bahan-bahan terlarut (diameter < 10-6 mm) dan koloid (diameter 10-6 mm – 10-3 mm) yang berupa senyawa-senyawa kimia dan bahan-bahan lain, yang tidak tersaring pada kertas saring berdiameter 0,45 µm. Materi ini merupakan residu zat padat setelah penguapan pada suhu 105 oC. TDS dapat berupa senyawa organik maupun anorganik. Substansi anorganik berasal dari mineral, logam, dan gas yang terbawa masuk ke dalam air setelah kontak dengan materi pada permukaan dan tanah. Materi organik dapat berasal dari hasil penguraian vegetasi, senyawa organik, dan gas-gas anorganik yang terlarut. TDS biasanya disebabkan oleh bahan anorganik berupa ion-ion yang terdapat di perairan. TDS tidak diinginkan dalam badan air karena dapat menimbulkan warna, rasa, dan bau yang tidak sedap. Beberapa senyawa kimia pembentuk TDS bersifat racun dan merupakan

senyawa organik bersifat karsinogenik. Akan tetapi, beberapa zat dapat memberi rasa segar pada air minum.

Pengaruh lama paparan waktu terhadap nilai TDS ditunjukkan pada gambar 10. Data hasil penelitian menunjukkan nilai TDS akan menurun seiring dengan peningkatan lama waktu paparan plasma. Nilai TDS awal sebelum dilakukan pengujian adalah 594 ppm. Kemudian TDS bernilai 581ppm untuk pengujian selama 10 menit, 563 ppm untuk pengujian selama 20 menit dan 598 ppm untuk pengujian selama 30 menit.

5. Pengaruh lama waktu paparan plasma terhadap nilai ORP Air Pantai

No	Nama Sampel	ORP
1	Kondisi Awal	142
2	Setelah Filter	170
3	Diolah Selama 10 menit	167
4	Diolah Selama 20 menit	179
5	Diolah Selama 30 menit	187

Oxidation Reduction Potential (ORP) merupakan tegangan ketika oksidasi terjadi pada anoda (positif) dan reduksi terjadi pada katoda (negatif) pada sel elektrokimia. ORP diukur dengan satuan volt (V) atau millivolt (mV). Reaksi oksidasi menggambarkan elektron meninggalkan membran sel pada mikroorganisme, hal ini menyebabkan sel menjadi tidak stabil dan rusak sehingga membran sel akan mati. Suslow (2004) menemukan ORP merupakan cara yang dikembangkan untuk memonitor kandungan mikroorganisme yang ada dalam air. Pengaruh lama paparan waktu terhadap ORP dapat dilihat pada gambar 11. Data hasil penelitian menunjukkan semakin tinggi lama paparan waktu, nilai ORP juga menjadi semakin meningkat. Dengan meningkatnya nilai ORP, reaksi oksidasi semakin mudah terjadi dan semakin banyak membran sel dari mikroorganisme yang rusak dan mati. Suslow (2004) menemukan semakin tinggi ORP air, semakin pendek waktu yang diperlukan untuk membunuh bakteri E. Coli dan Salmonella spp. yang terdapat dalam air.

Dari beberapa poin di atas yang kekurangan dari metode pengolahan air pantai ini adalah penurunan dari nilai pH, COD dan TDS terlihat kurang signifikan. Selain itu penyebab lonjakan nilai pH, COD dan TDS pada variasi waktu 30 menit perlu diteliti lebih lanjut

5. Kesimpulan

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perancangan, pengujian dan analisa yang telah dilakukan pada Penelitian ini, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai pH air yang diolah menurun sebanding dengan peningkatan lama waktu paparan plasma dengan nilai terendah sebesar 7,26 yang terjadi

pada variasi waktu 20 menit dari kondisi awal sampel yang bernilai 7,48

2. Kadar COD yang dihasilkan dari pengujian menurun sebanding dengan kenaikan lama waktu dengan nilai terendah sebesar 623,33 ppm dari kondisi awal sampel yang bernilai 650 ppm
3. Kadar TDS yang diperoleh dari pengujian menurun sebanding dengan kenaikan lama waktu dengan nilai terendah sebesar 563 ppm dari kondisi awal sampel yang bernilai 594 ppm
4. Nilai ORP air meningkat sebanding dengan peningkatan lama waktu paparan plasma dengan nilai tertinggi 187 mV dari kondisi awal sampel yang bernilai 142 mV.

5.2 Saran

Berdasarkan perancangan, pengujian dan analisa yang telah dilakukan pada Penelitian ini, penulis dapat memberikan saran sebagai berikut :

1. Mengubah parameter pengujian yang diharapkan dapat meningkatkan kualitas air yang dihasilkan seperti meningkatkan nilai tegangan uji, menggunakan metode sirkulasi serta menggunakan konfigurasi elektroda lain.
2. Reaksi kimia yang terjadi pada proses pengolahan air dengan teknologi plasma non-thermal perlu ditinjau.

References

- [1] Abdul, S. 2003. *Teknik Tegangan Tinggi Dasar Pembangunan dan Pengukuran*, Jakarta : Salemba Teknika
- [2] Anggoro. 2006. *Tugas Akhir :Sistem Pembangkit Plasma Lucutan Korona yang Terintegrasi dengan Sistem Tenaga Sepeda Motor*: Semarang : Universitas Diponegoro
- [3] Arifin, Fajar. 2009. *Tugas Akhir :Perancangan Pembangkit Tegangan Tinggi Impuls untuk Aplikasi Pengolahan Limbah Cair Industri Minuman Ringan dengan Teknologi Plasma Lucutan Korona*. Semarang : Universitas Diponegoro
- [4] Indrassarimmawarti. 2008. *Tugas Akhir : Penurunan Warna, COD dan TSS Limbah Cair Industri Tekstil Menggunakan Teknologi Dielectric Barrier Discharge Dengan Variasi Tegangan dan Flowrate Oksigen*. Semarang : Universitas Diponegoro
- [5] Lukes, Petr., Ph.D. 2001. *Thesis :Water Treatment by Pulsed Streamer Corona Discharge*. Prague.
- [6] Nasution, P. 2006. *Tugas Akhir: Sintesis Ozon Menggunakan Reaktor Plasma Lucutan berpenyalang Dielektrik (Dielectric Barrier Discharge) Dengan Elektroda Berkonfigurasi Kawat Bidang*. Semarang : Universitas Diponegoro

- [7] Rashid, M. H. 1999. *Elektronika Daya : Rangkaian, Devais, dan Aplikasinya jilid 1, Edisi Bahasa Indonesia Power Electronics, second Edition*. Jakarta : PT. Prenhallindo
- [8] Riandini, Yoel Migei. 2006. Tugas Akhir : *Penggunaan Teknologi Plasma Pada Permukaan Air Dengan Sistem Non-Contact Electrode Untuk Menurunkan Warna, pH, TSS dan COD Dalam Limbah Cair Industri Pencelupan Tekstil*. Semarang : Universitas Diponegoro
- [9] Setyaningrum, D.H..2006. Tugas Akhir: *Aplikasi Plasma Lucutan Penghalang Dielektrik Dengan Reaktor Berkonfigurasi Spiral-Silinder Menggunakan Gas Sumber Oksigen (O₂) Murni Untuk Menghasilkan Gas Ozon (O₃)*. Semarang : Universitas Diponegoro
- [10] Tobing, B.L. 2003. *Dasar Teknik Pengujian Tegangan Tinggi*. Jakarta :PT. Gramedia Pustaka Utama
- [11] Yusuf, Baharudin. 2008. Tugas Akhir: *Aplikasi Tegangan Tinggi Impuls Pada Pembuatan Reaktor Ozon (O₃)*. Semarang : Universitas Diponegoro
- [12] Said, Nusa Idaman. 1999. *Teknologi Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit dengan Sistem "Biofilter Anaerob-Aerob"*.
- [13] Suslow, T. 2004. Oxidation-Reduction Potential (ORP) for Water Disinfection Monitoring, Control, and Dokumentation, ANR Publication 8149.