

**LUCUTAN PLASMA DENGAN VARIASI TEGANGAN DAN  
LAMA WAKTU KONTAK PLASMA UNTUK APLIKASI  
PENGOLAHAN AIR**



Disusun oleh :

**NOR SHALINA SAPUTRI  
M0213065**

**SKRIPSI**

**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA  
Oktober, 2017**

**LUCUTAN PLASMA DENGAN VARIASI TEGANGAN DAN  
LAMA WAKTU KONTAK PLASMA UNTUK APLIKASI  
PENGOLAHAN AIR**



**Disusun oleh :**

**NOR SHALINA SAPUTRI  
M0213065**

**SKRIPSI**

**Diajukan untuk memenuhi sebagian  
persyaratan mendapatkan gelar Sarjana Sains**

**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA  
Oktober, 2017**

*commit to user*

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul : Lucutan Plasma dengan Variasi Tegangan dan Lama Waktu Kontak Plasma untuk Aplikasi Pengolahan Air

Yang ditulis oleh :

Nama : Nor Shalina Saputri

NIM : M0213065

Telah diuji dan dinyatakan lulus oleh dewan penguji pada :

Hari : Kamis

Tanggal : 19 Oktober 2017

Dewan Penguji :

1. Ketua Penguji

Dr. Yofentina Iriani, S. Si., M. Si.

NIP. 19711227 199702 2 001

2. Sekretaris Penguji

Ahmad Marzuki, S.Si., Ph.D.

NIP. 19680508 199702 1 001

3. Anggota Penguji 1

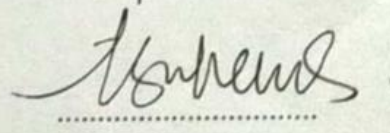
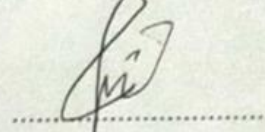
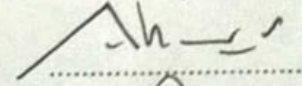
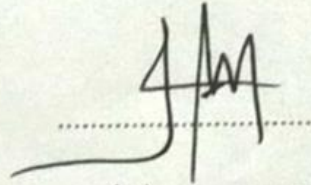
Dr. Eng. Kusumandari, S.Si., M.Si.

NIP. 19810518 200501 2 002

4. Anggota Penguji 2

Teguh Endah Saraswati, M.Sc., Ph.D.

NIP. 19790326 200501 2 001



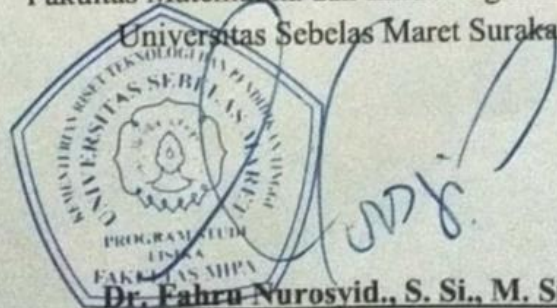
Disahkan pada tanggal 21-11-2017

Oleh

Kepala Program Studi Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Sebelas Maret Surakarta



**Dr. Fahu Nurosyid., S. Si., M. Si.**

NIP. 19721013 200003 1 002

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi intelektual Skripsi saya yang berjudul “LUCUTAN PLASMA DENGAN VARIASI TEGANGAN DAN LAMA WAKTU KONTAK PLASMA UNTUK APLIKASI PENGOLAHAN AIR” adalah hasil kerja saya dan sepengetahuan saya hingga saat ini. Isi Skripsi tidak berisi materi yang telah dipublikasikan atau ditulis oleh orang lain atau materi yang telah diajukan untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di Universitas Sebelas Maret atau di Perguruan Tinggi lainnya kecuali telah dituliskan di daftar pustaka Skripsi ini dan segala bentuk bantuan dari semua pihak telah ditulis di bagian ucapan terimakasih. Isi Skripsi ini boleh dirujuk atau difotokopi secara bebas tanpa harus memberitahu penulis.



Surakarta, Oktober 2017

Nor Shalina Saputri

## MOTTO

Orang yang berilmu dan beradab tidak akan diam di kampung halaman, tinggalkan negerimu, merantauilah ke negeri orang.

- Imam Syafi'i-

“Many people say that the intelligence that make the great scientists. They are mistaken, it is the characters.”

(Albert Einstein)

The moment you're ready to quit is usually the moment right before the miracle happens.

~Niken Kartiniwati~

Tersenyumlah ketika bersedih, tertawalah ketika ingin menangis, dan bangkitlah ketika kau akan menyerah.

## PERSEMBAHAN

Alhamdulillah Maha Besar Allah atas segala karunia dan rizki yang melimpah, saya persembahkan karya ini kepada:

1. Ibunda tercinta (Ibu Parni), ayahanda tercinta (Bapak Suyatno), eyang (Eyang Mentorejo dan Katiyem), adik (Roy Widiyatmoko), dan segenap keluarga besar yang senantiasa memberikan support berupa moral dan materi serta do'a yang mengiringi langkah saya dalam meniti kesuksesan.
2. Bapak Dr. Agus Supriyanto, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing akademik yang telah mendidik dan memberi nasihat dengan penuh kesabaran.
3. Ibu Dr. Eng. Kusumandari, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing skripsi pertama yang telah membimbing, mengarahkan, dan mendukung dengan kesabaran dan sepenuh hati.
4. Ibu Teguh Endah Saraswati, M.Sc. Ph.D. selaku dosen pembimbing skripsi kedua yang telah membimbing penelitian dengan kesabaran dan kesungguhan.
5. Grup Riset *Plasma Science and Technology* FMIPA UNS.
6. Rekan-rekan seperjuangan Fisika FMIPA UNS angkatan 2013 (EMF2013).
7. Keluarga besar prodi Fisika FMIPA UNS.
8. SKI FMIPA UNS.

## Lucutan Plasma dengan Variasi Tegangan dan Lama Waktu Kontak Plasma untuk Aplikasi Pengolahan Air

NOR SHALINA SAPUTRI

Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,  
Universitas Sebelas Maret

### ABSTRAK

Dalam penelitian ini, dilakukan pengolahan air dengan menggunakan teknologi lucutan plasma dengan variasi tegangan dan lama waktu kontak plasma untuk mengetahui efisiensi reaktor. Lucutan plasma dihasilkan dari dua buah elektroda jarum *stainless steel* dengan variasi tegangan tinggi AC (34 hingga 46 kV). Metilen biru digunakan sebagai larutan organik. Elektroda diletakkan sekitar 2 mm di atas larutan yang diletakkan pada *magnetic stirrer* dengan kecepatan 6 rpm. Waktu yang digunakan adalah 2, 4, 6, 8, dan 10 menit untuk setiap tegangan. Karakteristik fisik dan kimia larutan diukur sebelum dan sesudah perlakuan untuk mengetahui pengaruh tegangan dan lama waktu kontak plasma pada pengolahan air. Hasil yang didapat, absorbansi dan pH turun seiring kenaikan tegangan dan lama waktu kontak plasma, sedangkan temperatur akan semakin naik. Pada waktu kontak plasma 8 menit, absorbansi larutan metilen biru setelah perlakuan menurun mulai 68,22% hingga 99,27% seiring kenaikan tegangan. Semakin lama waktu kontak plasma, penurunan absorbansi larutan metilen biru mulai dari 11,96% hingga 70,65% untuk tegangan 34 kV. pH larutan metilen biru setelah perlakuan dengan plasma akan menurun hingga 3,49 pada tegangan 46 kV dan lama waktu kontak plasma 10 menit, di mana pH awal larutan yaitu 6,75. Temperatur larutan sebelum perlakuan yaitu 27,1°C akan naik hingga 62,3°C setelah perlakuan selama 10 menit untuk tegangan 46 kV.

Kata kunci: Plasma, pengolahan air, tegangan, lama waktu kontak plasma

## **Discharge Plasma with Voltage and Treatment Time Variation for Water Treatment Application**

NOR SHALINA SAPUTRI

Department of Physics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences Sebelas  
Maret University

### **ABSTRACT**

In this research, water treatment using plasma discharge technology is done with voltage and treatment time variation to know the efficiency of reactor. Discharge plasma was generated by two stainless needle electrodes connected with variations of high AC voltage (34 to 46 kV). Methylene blue is used as organic solution. The electrodes were placed approximately 2 mm above the solution which placed on the magnetic stirrer with 6 rpm. The time of treatment are 2, 4, 6, 8, and 10 min for each voltage. Physical and chemical characteristic of solution such as absorbance, temperature and pH are measured before and after treatment to know the effect of voltage and treatment time. The results obtained, absorbance and pH decrease as voltage and treatment time increase, while the temperature will increase. At the treatment time of 8 minutes, the absorbance of the methylene blue solution after treatment decreased from 68.22% to 99.27% as the voltage increased. The longer treatment time, the decrease in absorbance of the methylene blue solution ranging from 11.96% to 70.65% for a 34 kV voltage. the pH of the methylene blue solution after treatment with plasma would decrease to 3.49 at a 46 kV voltage and the treatment time of 10 min, wherein the initial pH of the solution was 6.75. The solution temperature before treatment was 27.1°C would rise to 62.3°C after treatment for 10 min for a 46 kV voltage.

Keywords: Plasma, Water-treatment, Voltage, Treatment-time



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah Subhanahu Wata'ala atas segala limpahan nikmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Skripsi ini. Shalawat dan salam senantiasa penulis haturkan kepada Rasulullah Shalallahu 'Alaihi Wasalam sebagai suri tauladan pembimbing seluruh umat manusia yang kita tunggu syafaatnya dihari akhir.

Skripsi yang penulis susun sebagai bagian dari syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, dengan judul "Lucutan Plasma dengan Variasi Tegangan dan Lama Waktu Kontak Plasma untuk Aplikasi Pengolahan Air". terselesaikannya skripsi ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari beberapa pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Keluarga, yang selalu memberi motivasi dan mendo'akan kelancaran.
2. Bapak Dr. Agus Supriyanto, S.Si., M.Si., selaku pembimbing akademik yang senantiasa membimbing dan memberi saran dari awal semester.
3. Ibu Dr. Eng. Kusumandari, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing skripsi pertama yang telah membimbing, mengarahkan, dan mendukung dengan kesabaran dan sepenuh hati.
4. Ibu Teguh Endah Saraswati, M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing skripsi kedua yang telah membimbing penelitian dengan kesabaran dan kesungguhan.
5. Grup Riset *Plasma Science and Technology* FMIPA UNS yang selalu kebersamai dan memberi support dalam menyelesaikan skripsi.
6. Sahabat-sahabat yang selalu kebersamai dan memberi motivasi dalam perjuangan.
7. Rekan-rekan seperjuangan Fisika FMIPA UNS angkatan 2013 (EMF2013).

semoga Allah Subhanahu Wata'ala membalas jerih payah dan pengorbanan yang telah diberikan dengan balasan yang lebih baik. Penulis menyadari akan banyaknya kekurangan dalam penyusunan Skripsi ini, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Namun demikian, penulis berharap semoga karya ini dapat

*commit to user*

bermanfaat bagi penulis pada khususnya, dan bermanfaat bagi pembaca pada umumnya.

Surakarta, Oktober 2017

Nor Shalina Saputri



*commit to user*

**PUBLIKASI**

<b>No.</b>	<b>Judul</b>	<b>Penulis</b>	<b>Jenis Publikasi</b>
1.	Plasma <i>Discharge</i> dengan Variasi Tegangan untuk Aplikasi <i>Water Treatment</i>	Nor Shalina Saputri, Kusumandari, Teguh Endah Saraswati	Konferensi Internasional: <i>International Conference Advanced Material for Better Future (ICAMBF) 2017</i>



## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN COVER</b> .....	i
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	v
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	vi
<b>ABSTRAK</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	viii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ix
<b>HALAMAN PUBLIKASI</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvi
<b>DAFTAR SIMBOL</b> .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang Masalah .....	1
1.2. Batasan Masalah .....	2
1.3. Perumusan Masalah .....	3
1.4. Tujuan Penelitian .....	3
1.5. Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1. Plasma .....	4
2.1.1. Pengertian Plasma .....	4
2.1.2. Emisi Elektron .....	4
2.1.3. Fase-fase Pembentukan Plasma .....	6
2.1.4. Jenis-jenis Plasma .....	7
2.2. Metode Penjernihan Air Konvensional .....	7
2.3. Pengolahan Air dengan Metode Plasma .....	9
2.3.1. Mekanisme Lucutan Plasma .....	9
2.3.2. Reaksi-reaksi Plasma di Udara .....	9
2.3.3. Reaksi Spesies Aktif dengan Air dan Mikroorganisme .....	10
2.3.4. Proses Degradasi Metilen Biru .....	11
2.4. Jenis-jenis Metode Plasma untuk Pengolahan Air .....	12
2.4.1. Metode <i>Corona Discharge Plasma</i> .....	12

2.4.2. Metode <i>Dielectric Barrier Discharge</i> .....	12
2.4.3. Metode Plasma Radio Frekuensi.....	13
2.5. Pengaruh Tegangan dalam Plasma.....	15
2.6. Metilen Biru.....	17
2.7. Spektrofotometer UV-Vis.....	17
2.8. Karakterisasi .....	18
2.8.1. Absorbansi .....	18
2.8.2. pH.....	19
2.8.3. Temperatur .....	19
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	20
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	20
3.2. Alat dan Bahan .....	20
3.2.1. Alat yang Digunakan dalam Penelitian.....	20
3.2.2. Bahan yang Digunakan dalam Penelitian .....	21
3.3. Prosedur Penelitian.....	22
3.3.1. Pembuatan Sampel (Larutan Metilen Biru) .....	22
3.3.2. Penjernihan Air dengan metode Lucutan Plasma .....	22
3.3.3. Karakterisasi Absorbansi .....	23
3.3.4. Karakterisasi pH.....	23
3.3.5. Karakterisasi Temperatur.....	24
3.3.6. Analisis Data .....	24
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	25
4.1. Pembentukan Lucutan Plasma.....	25
4.2. Karakterisasi Absorbansi .....	26
4.2.1. Pengaruh Tegangan terhadap Absorbansi.....	26
4.2.2. Pengaruh Lama Waktu Kontak Plasma terhadap Absorbansi .....	27
4.3. Karakterisasi pH.....	30
4.4. Karakterisasi Temperatur .....	31
4.5. Mekanisme Degradasi Metilen Biru oleh Lucutan Plasma .....	31
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	33
5.1. KESIMPULAN .....	33
5.2. SARAN .....	33
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	34

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4. 1. Prosentase penurunan nilai absorbansi larutan metilen biru setelah uji.....	29



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1 Diagram desain alat pengolahan air sumur dengan metode sterilisasi <i>ultraviolet</i> .....	8
Gambar 2. 2. Proses elementer plasma non-thermik .....	10
Gambar 2. 3. Mekanisme degradasi larutan metilen biru oleh spesies aktif.....	11
Gambar 2. 4. Rancang bangun pengolahan air sistem <i>Dielectric Barrier Discharge</i> .....	13
Gambar 2. 5. Pengaruh tegangan terhadap efisiensi penghilangan bakteri.....	13
Gambar 2. 6. Rancang bangun plasma radio frekuensi.....	14
Gambar 2. 7. Konsentrasi Coliform dan Colitinja dalam sampel air sungai.....	14
Gambar 2. 8. Grafik hubungan kenaikan tegangan terhadap arus plasma .....	15
Gambar 2. 9. Grafik pengaruh tegangan terhadap konsentrasi ozon .....	16
Gambar 2. 10. Ilustrasi kuat medan listrik pada elektroda.....	16
Gambar 2. 11. Struktur senyawa metilen biru.....	17
Gambar 2. 12. Spektrofotometer UV-Vis .....	17
Gambar 3. 1. Bagan Penelitian.....	21
Gambar 3. 2. Pembuatan larutan metilen biru.....	22
Gambar 3. 3. Penjernihan larutan metilen biru dengan lucutan plasma.....	23
Gambar 3. 4. Pengukuran absorbansi dengan <i>UV-Visible Spectrofotometer</i> .....	23
Gambar 3. 5. Pengukuran pH dan temperatur larutan metilen biru. ....	24
Gambar 4. 1. Skema reaktor pengolahan air dengan lucutan plasma. ....	25
Gambar 4. 2. Diagram prosentase degradasi metilen biru .....	26
Gambar 4. 3. Grafik pengaruh lama waktu kontak plasma terhadap absorbansi larutan pada tegangan (a) 46 kV, (b) 43 kV, (c) 40 kV, (d) 37 kV, dan 34 kV.....	28
Gambar 4. 4. Grafik pengaruh waktu kontak plasma terhadap pH larutan setelah perlakuan .....	30
Gambar 4. 5. Grafik pengaruh lama waktu kontak plasma terhadap temperatur..	31
Gambar 4. 6. Lucutan plasma untuk pengolah air .....	32

**DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1 Data Absorbansi .....	38
Lampiran 2 Data pH.....	39
Lampiran 3 Data Temperatur .....	40
Lampiran 4 Analisis Anova .....	41
Lampiran 5 Plot Grafik Analisis Kinetika Reaksi Orde 0.....	42
Lampiran 6 Plot Grafik Analisis Kinetika Reaksi Orde 1.....	43
Lampiran 7 Plot Grafik Analisis Kinetika Reaksi Orde 2.....	44
Lampiran 8 Tabel Analisis Kinetika Reaksi .....	45



*commit to user*



### DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Satuan
$m_e$	Massa elektron	$\mu$
$v_e$	Kecepatan elektron	m/s
$e$	Elektron	Coloumb (C)
$V^i$	Potensial ionisasi atom	Volt
$\alpha_i$	Derajat ionisasi	-
$n$	Densitas partikel bermuatan	atom/m <sup>3</sup>
$n_0$	Densitas partikel netral	atom/m <sup>3</sup>
$\rho$	Rapat muatan	C/m <sup>2</sup>
$\rho_e$	Rapat muatan positif	C/m <sup>2</sup>
$\rho_i$	Rapat muatan negatif	C/m <sup>2</sup>
$T$	Transmitansi	-
$I_t$	Intensitas cahaya yang ditransmitasikan	Candela
$I_0$	Intensitas cahaya yang dipancarkan	Candela
$a$	Tetapan absopktivitas	M <sup>-1</sup> cm <sup>-1</sup>
$b$	Jarak tempuh optik	cm
$c$	Konsentrasi larutan uji	M
$V$	Tegangan pada elektroda	Volt
$r$	Jari-jari ujung elektroda	m
$d$	Jarak antar elektroda	m
$x$	Jarak antara ujung elektroda titik dengan sebuah titik yang berjarak $x$ tertentu diantara dua elektroda	m
$A_0$	Absorbansi awal	-
$A_t$	Absorbansi pada waktu $t$	-
$k$	Konstanta laju reaksi	/min
$t$	Waktu	menit

*commit to user*

$S_w^2$	Varians yang diestimasi dengan menggunakan metode kelompok	-
$S_b^2$	Varians umum yang diestimasi dengan menggunakan metode antar-kelompok	-
$x_{ij}$	Butir data ke-I dalam kelompok j	-
$\bar{x}_j$	Rata-rata ( <i>mean</i> ) kelompok j	-
$\bar{\bar{x}}$	Rata-rata keseluruhan ( <i>grand mean</i> ) yang digunakan sebagai $\mu$ estimasi	-
$c$	Jumlah kelompok	-
$n$	Jumlah atau ukuran sampel dalam setiap kelompok	-

