

**OPTIMASI REAKTOR LUCUTAN PLASMA DENGAN SISTEM ALIRAN
KONTINYU UNTUK DEGRADASI METILEN BIRU**



Disusun oleh :

RIZKI ARI NUR ANGGRAINI

M0213081

SKRIPSI

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
Maret, 2018**

**OPTIMASI REAKTOR LUCUTAN PLASMA DENGAN SISTEM ALIRAN
KONTINYU UNTUK DEGRADASI METILEN BIRU**



Disusun oleh :

RIZKI ARI NUR ANGGRAINI

M0213081

SKRIPSI

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
Maret, 2018**

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul : Optimasi Reaktor Lucutan Plasma Dengan Sistem Aliran Kontinyu Untuk Degradasi Metilen Biru

Yang ditulis oleh :
Nama : Rizki Ari Nur Anggraini
NIM : M0213081

Telah diujikan dan dinyatakan lulus oleh dewan penguji pada :
Hari : Jum'at
Tanggal : 2 Februari 2018

Anggota tim penguji :

1. Ketua Penguji
Khairuddin, S.Si., M.Phil., Ph.D
NIP. 19701018 199702 1 001
2. Sekretaris Penguji
Dr. Utari, S.Si., M.Si
NIP. 19701206 200003 2 001
3. Anggota Penguji I
Dr. Eng. Kusumandari, S.Si., M.Si
NIP. 19810518 200501 2 002
4. Anggota Penguji II
Teguh Endah Saraswati, S.Si., M.Sc., Ph.D
NIP. 19790326 200501 2 001

Khairuddin
.....
Utari
.....
Kusumandari
.....
Teguh Endah Saraswati
.....

Disahkan pada tanggal 5/02/2018

Kepala program studi Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sebelas Maret Surakarta



Fabru Nurosyid
Dr. Fabru Nurosyid, S.Si., M.Si
NIP. 19721013 200003 1 002

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi intelektual Skripsi saya yang berjudul **“Optimasi Reaktor Lucutan Plasma Dengan Sistem Aliran Kontinyu Untuk Degradasi Metilen Biru”** 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, 5 Maret 2018

Rizki Ari Nur Angraini

MOTTO

Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu
Telah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh

(urusan) yang lain

(Alam Nasyrh: 6 – 7)

Tak ada yang terantuk gunung. Kerikil kecilah yang menyebabkan kau terjatuh.
Lewatilah semua kerikil di jalan yang kau lalui dan kau akan menemukan bahwa

Kau telah melintasi gunung itu

(Petuah Bijak)

Manakala sebuah realita tidak sama dengan apa yang diinginkan, hanya satu yang
pantas dilakukan, bukan tangis yang mengiba, bukan tawa yang memekakkan
telinga, bukan kesedihan yang meratap ataupun kekecewaan yang buta

“BERSYUKUR“

(RizkiA)

PERSEMBAHAN

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

1. Ibunda tercinta (Ibu Maryati), ayahanda tercinta (Bapak Muhtadi), dan segenap keluarga besar yang senantiasa memberikan support berupa moral dan materi serta do'a yang mengiringi langkah saya dalam meniti kesuksesan.
2. Bapak Prof. Ari Handono Ramlan P.hD (hons) 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 e penuh hati.
4. Ibu Teguh Endah Saraswati, S.Si., 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. Keluarga besar prodi Fisika FMIPA UNS.
7. Rekan-rekan seperjuangan Fisika FMIPA UNS angkatan 2013 (EMF 2013).
8. Sahabat-sahabat yang selalu mendukung dan menjadi penopang keluh kesah.
9. Keluarga besar KKN Candi 2017 yang selalu mendukung dan memberi dorongan motivasi.

Optimasi Reaktor Lucutan Plasma Dengan Sistem Aliran Kontinyu Untuk Degradasi Metilen Biru

RIZKI ARI NUR ANGGRAINI

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

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji reaktor plasma sistem aliran kontinyu menggunakan tegangan AC dan DC serta sepasang elektroda jarum *stainless steel* yang dipasang dengan jarak antar elektroda $2 \pm 0,005$ cm. Jarak antara ujung elektroda dengan sampel adalah $4 \pm 0,5$ mm. Optimasi dan efisiensi reaktor dilihat dari degradasi metilen biru sebagai larutan uji dengan variasi volume larutan dan lama waktu kontak plasma dengan tegangan 11,5 kV untuk tegangan AC maupun DC. Laju alir yang digunakan adalah 8,3 cc/detik dan 16,6 cc/detik. Variasi volume metilen biru yang digunakan adalah 500 mL hingga 1000 mL. Karakteristik absorbansi, pH dan temperatur metilen biru diukur sebelum dan sesudah kontak dengan plasma untuk mengetahui pengaruh penambahan volume dan lama kontak plasma dengan metilen biru. Absorbansi dan pH turun seiring kontak plasma yang semakin meningkat, sedangkan temperatur akan semakin naik. Pada laju alir 8,3 cc/detik dengan volume 1000 mL, diperlukan waktu 180 dan 210 menit untuk menurunkan absorbansi metilen biru hingga 99,72% dan 99,37% dari absorbansi sebelum kontak dengan plasma menggunakan tegangan DC dan AC. Pada laju alir 16,6 cc/detik, diperlukan waktu 240 dan 270 menit untuk menurunkan absorbansi metilen biru hingga 98,67% dan 98,73% dari absorbansi semula dengan tegangan DC dan AC. Larutan metilen biru dengan volume yang semakin meningkat memerlukan waktu kontak plasma yang lama. Hubungan antara volume dengan waktu pada penurunan absorbansi optimal menghasilkan persamaan linier yang dapat digunakan untuk mengestimasi lama kontak plasma untuk mendegradasi larutan metilen biru dengan skala yang lebih besar.

Kata kunci: Plasma, Aliran Kontinyu, metilen biru, absorbansi, waktu kontak

Optimization of Plasma Discharge Reactor with Continuous Flow System for Degradation of Methylene Blue

RIZKI ARI NUR ANGGRAINI

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

ABSTRACT

The aim of this research is to design a plasma reactor with continuous flow system using AC or DC as voltage source and a pair of stainless steel as needle electrodes with $2\pm 0,005$ cm of apart. The electrodes were placed $4\pm 0,5$ mm above the methylene blue solution as a sample. The optimization and efficiency of reactor was seen from degradation of methylene blue with variation of volume and contact time with plasma. Flowrate of methylene blue were 8,3 cc/second and 16,6 cc/second. The variations of the methylene blue volume used are 500 mL to 1000 mL. The degradation of methylene blue were seen from absorbance, pH and temperature after contact compare to before contact with plasma. As a result, generation of plasma occur at 11,5 kV of DC or AC voltage. Then, absorbance and pH of methylene blue were decreased as increasing of contact time. Otherwise, the temperature of methylene blue is increase. On the flowrate of 8,3 cc/second with volume of 1000 mL, the absorbance of methylene blue decrease until 99,37% and 99,72% compare to control sample after contact with plasma for 210 minutes and 180 minutes using DC and AC voltage. Moreover, on the flowrate of 16,6 cc/second, the absorbance of methylene blue decrease until 98,73% and 98,67% compare to control sample after contact with plasma for 270 minutes and 240 minutes using DC and AC voltage. The volume of methylene blue were increased as increasing of contact time. Therefore, absorbansi optimal of methylene blue had a linear equation which can be used to estimate the length of plasma contact to degrade the methylene blue on a larger scale.

Keywords: Plasma, continuous flow, methylene blue, absorbance, contact 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 di hari 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 "Optimasi Reaktor Lucutan Plasma dengan Sistem Aliran Kontinyu Untuk Degradasi Metilen Biru". terselesaikannya skripsi ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari beberapa pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada:

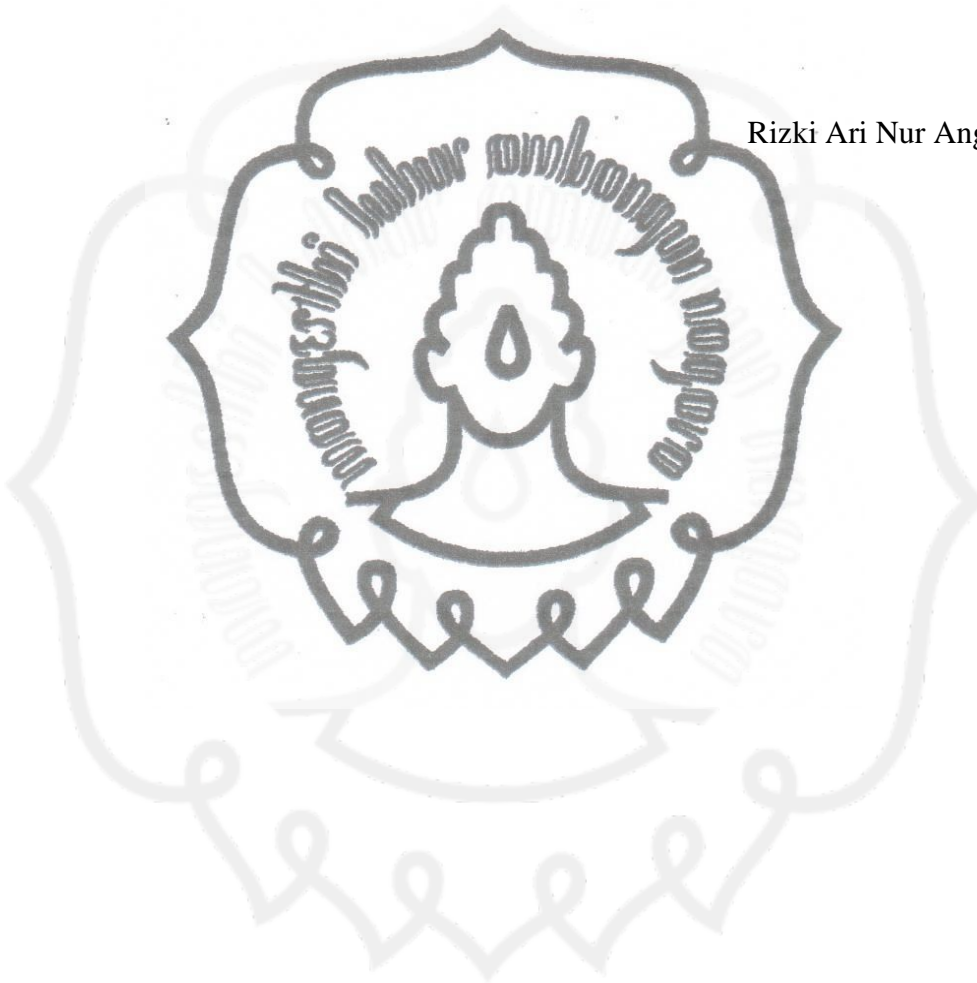
1. Keluarga, yang selalu memberi motivasi dan mendo'akan kelancaran.
 2. Bapak Prof. Ir. Ari Handono Ramlan, M.Sc., P.hD (hons) selaku pembimbing akademik yang senantiasa membimbing dan memberi saran dari awal semester.
 3. Ibu Dr. Eng. Kusumandari, S.Si., M.Si selaku dosen pembimbing skripsi pertama yang telah membimbing, mengarahkan, dan mendukung dengan kesabaran dan sepuh hati.
 4. Ibu Teguh Endah Saraswati, S.Si.,M.Sc. P.hD 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 (EMF 2013).
 8. Kelurga besar KKN Candi 2017 yang selalu memberi dorongan motivasi.
- 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 bermanfaat bagi penulis pada khususnya, dan bermanfaat bagi pembaca pada umumnya.

Surakarta, Februari 2018

Rizki Ari Nur Anggraini



DAFTAR ISI

HALAMAN COVER	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Batasan Masalah	3
1.3. Perumusan Masalah	4
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Plasma	5
2.2. Jenis Plasma Dalam Pengolahan Air	6
2.3. Metode Pembentukan Plasma	8
2.3.1. Metode ozonisasi	8
2.3.2. Metode <i>Electron beam</i>	9
2.3.3. Metode Lucutan Pijar	10
2.3.4. <i>Corona Discharge</i>	10
2.4. Metode Penjernihan Air Konvensional	11
2.5. Pengolahan Air dengan Metode Plasma	13
2.6. Reaksi Spesies Aktif dengan Air dan Mikroorganisme	14

2.7. Proses Degradasi Metilen Biru	14
2.8. Metilen Biru	16
2.9. Fluida Dinamis	17
2.10. Spektrofotometer UV-Vis	18
2.11. Warna	19
2.12. Potensial Hidrogen (pH)	20
2.13. Temperatur	20
BAB III METODE PENELITIAN	22
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	22
3.2. Alat dan Bahan Penelitian	22
3.2.1. Alat yang digunakan dalam penelitian	22
3.2.2. Bahan yang Digunakan dalam Penelitian	23
3.3. Prosedur Penelitian	23
3.3.1. Persiapan Alat dan Bahan	24
3.3.2. Menyiapkan sampel zat warna metilen biru	25
3.3.3. Pengukuran pH, temperatur dan Absorbansi pada Sampel	25
3.3.4. Proses Kontak dengan Lucutan Plasma	26
3.3.5. Karakterisasi Sampel Metilen Biru Setelah Kontak	27
3.3.6. Analisa Data	28
BAB IV PEMBAHASAN	30
4.1. Analisis Rancang Bangun Reaktor Plasma	30
4.2. Pembentukan Plasma dan Proses Degradasi Metilen Biru	32
4.3. Pengujian Awal Reaktor Plasma Lucutan Plasma	33
4.4. Pengaruh Waktu Kontak Plasma Terhadap Absorbansi Metilen Biru	33
4.5. Pengaruh Waktu Kontak Plasma Terhadap Temperatur Metilen Biru	38
4.6. Pengaruh waktu kontak plasma terhadap pH metilen biru	39
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	41
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Jenis plasma berdasarkan kerapatannya dan suhu	8
Tabel 2.2. Karakteristik Metilen biru	16
Tabel 2.3. Spektrum cahaya tampak dan warna-warna komplementer	19



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Proses terbentuknya plasma	5
Gambar 2.2. Rancang bangun pengolahan air	7
Gambar 2.3. Metode lucutan pijar pada pengolahan air	10
Gambar 2.4. Daerah ionisasi dan aliran pada lucutan pijar korona	11
Gambar 2.5. Diagram desain alat dengan metode sterilisasi <i>ultraviolet</i>	12
Gambar 2.6. Mekanisme degradasi larutan metilen biru oleh spesies aktif	15
Gambar 2.7. Struktur Kimia Zat Warna Metilen Biru	17
Gambar 3.1. Skema rancangan reaktor plasma	22
Gambar 3.2. Diagram alir penelitian	24
Gambar 3.3. Pembuatan larutan metilen biru dengan pelarut aquades	25
Gambar 3.4. Pengukuran absorbansi dengan Uv-Vis	26
Gambar 3.5. Pengukuran pH dan temperatur larutan metilen biru	26
Gambar 3.6. Proses (a) saat mulai kontak dengan plasma , (b) setelah waktu kontak dengan plasma	27
Gambar 4.1. Reaktor plasma sistem aliran kontinyu	31
Gambar 4.2. Grafik absorbansi dengan sumber (a) tegangan AC; (b) tegangan DC laju alir 8,3 cc/detik	34
Gambar 4.3. Grafik absorbansi dengan sumber (a) tegangan; (b) tegangan DC laju alir 16,6 cc/detik	35
Gambar 4.4. Grafik prosentase penurunan nilai absorbansi dengan laju 8,3 cc/detik (dan dengan laju 16,6 cc/detik setelah uji	36
Gambar 4.5. Optimasi reaktor plasma sistem aliran kontinyu untuk degradasi metilen biru	37
Gambar 4.6. Grafik pengaruh waktu kontak plasma pada (a) tegangan AC ; (b) tegangan DC pada laju alir 8,3 cc/detik	39
Gambar 4.7. Grafik waktu kontak plasma (a) tegangan AC; (b) tegangan DC pada laju alir 8,3 cc/detik	40

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel waktu tinggal	50
Lampiran 2. Data pH	51
Lampiran 3. Data Temperatur	53
Lampiran 4. Data Absorbansi Tegangan AC laju alir 8,33 cc/detik	55
Lampiran 5. Data Absorbansi Tegangan DC laju alir 8,33 cc/detik	56
Lampiran 6. Data Absorbansi Tegangan DC laju alir 16,6 cc/detik	57
Lampiran 7. Data Absorbansi Tegangan AC laju alir 16,6 cc/detik	58
Lampiran 8. Efisiensi Penurunan Absorbansi laju alir 8,3 cc/detik	59
Lampiran 9. Efisiensi Penurunan Absorbansi laju alir 16,6 cc/detik	60
Lampiran 10. Analisa Anova	61
Lampiran 11. Grafik Absorbansi	63
Lampiran 12. Plot Grafik Analisis Kinetika Reaksi Orde 0	67
Lampiran 13. Plot Grafik Analisis Kinetika Reaksi Orde 1	68
Lampiran 14. Plot Grafik Analisis Kinetika Reaksi Orde 2	69
Lampiran 15. Tabel Analisis Kinetika Reaksi	7