



**PERANCANGAN GENERATOR PULSA PENGHASIL MEDAN PULSA
LISTRIK TEGANGAN TINGGI (*HIGH PULSED ELECTRIC FIELD*)
UNTUK INAKTIVASI MIKROORGANISME**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

oleh

MUSTAFA ANNUR AKHMAD

NIM 061910201015

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2011**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini merupakan karya yang tak terlupakan bagiku yang berisikan harapan dan manfaat untuk kehidupan manusia menuju kehidupan yang lebih baik. Dari lubuk hati yang paling dalam, skripsi ini ku persembahkan sepenuhnya kepada:

- 1. Kedua orang tuaku tercinta, Ibunda Nuryani dan Ayahanda Anwar Bachri yang telah memberikan seluruh cintanya dalam membesarkan, membimbing, memberikan motivasi, serta tiada hentinya mendo'akan ananda di siang dan malam dalam perjuangan ananda meraih masa depan yang cemerlang;*
- 2. Adikku tersayang Dwi Mashita yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan semangat pada saat senang maupun sedih;*
- 3. Seluruh keluarga besarku yang selalu mendoakan dan memberikan pengertian akan pentingnya pendidikan;*
- 4. Alma Mater Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember yang saya banggakan;*
- 5. Seluruh Bapak dan Ibu Guru sejak ananda duduk di bangku TK sampai dengan SMA serta Bapak dan Ibu Dosen yang telah memberikan ilmu dan bimbingan dengan penuh kesabaran.*

MOTTO

*“Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman diantara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat”
(terjemah Qs. Al -muj adal ah ayat 11)*

*“Orang yang beruntung adalah orang yang hari ini lebih baik dari hari kemarin,
orang yang merugi adalah orang yang hari ini sama dengan hari kemarin,
sedangkan
orang yang celaka adalah orang yang hari ini lebih
buruk dari hari kemarin”.*

(H.R. Bukhari Muslim)

“Engkau bisa menunda, tetapi waktu tidak”.

(Benjamin Franklin)

“Jenius adalah 1 persen inspirasi dan 99 persen keringat kerja keras”.

(Thomas Alfa Edison)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : MUSTAFA ANNUR AKHMAD

NIM : 061910201015

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah dengan judul “Perancangan Generator pulsa Penghasil Medan Pulsa Listrik Tegangan Tinggi (High Pulsed Electric Field) Untuk Inaktivasi Mikroorganisme” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 26 Juni 2011

Yang menyatakan,

Mustafa annur Akhmad

NIM 061910201015

SKRIPSI

**PERANCANGAN GENERATOR PULSA PENGHASIL MEDAN PULSA
LISTRIK TEGANGAN TINGGI (*HIGH PULSED ELECTRIC FIELD*)
UNTUK INAKTIVASI MIKROORGANISME**

Oleh

Mustafa Annur Akhmad
NIM 061910201015

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Sumardi, S.T.,M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Widyono Hadi, M.T.

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul : “*Perancangan Generator Pulsa Penghasil Medan Pulsa Listrik Tegangan Tinggi (High Pulsed Electric Field) Untuk Inaktivasi Mikroorganism*” telah diuji dan disahkan oleh Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember pada :

Hari : Jumat

Tanggal : 24 Juni 2011

Tempat : Laboratorium Konversi Energi, Jurusan Teknik Elektro,
Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Tim Penguji

Pembimbing Utama (Ketua penguji),

Pembimbing pendamping (Sekretaris),

Sumardi, S.T.,M.T.
NIP. 19670113 199802 1 001

Penguji I,

Ir. Widyono Hadi, M.T.
NIP. 19610414 198902 1 001

Penguji II,

Dr. Azmi Saleh, S.T., M.T.
NIP. 19710614 199702 1 001

Dwiretno Istiyadi Swasono, S.T., M.Kom.
NIP. 19780330 200312 1 003

Mengesahkan,
Dekan,

Ir. Widyono Hadi, M.T.
NIP. 19610414 198902 1 001

RINGKASAN

Perancangan Generator Pulsa Penghasil Medan Pulsa Listrik Tegangan Tinggi (*High Pulsed Electric Field*) Untuk Inaktivasi Mikroorganisme; Mustafa Annur Akhmad 061910201015; 2011: 58 halaman; Program Studi Strata Satu Teknik (S1), Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Jember.

Pemrosesan inaktivasi mikroorganisme makanan pada saat ini banyak menggunakan metode *hot treatment* yaitu dengan cara mengolah makanan menggunakan daya panas untuk mematikan mikroorganisme yang ada pada makanan sehingga mengurangi kualitas kandungan gizi.

Jawaban akan permasalahan tersebut dibuatlah sistem kerja untuk inaktivasi mikroorganisme menggunakan *High Pulsed Electric Field* (HPEF) atau Medan Pulsa Listrik Tegangan Tinggi yaitu teknologi inaktivasi mikroorganisme terbaru yang diterapkan pada bahan pangan, merupakan pemanfaatan dari sifat pada suatu medan listrik dimana memiliki kemampuan memecah membrane/lapisan luar dari mikroorganisme sehingga secara otomatis organisme tersebut akan mati.

Sistem kerja yang dirancang memiliki beberapa bagian diantaranya catu daya, control pulsa PWM, *rotary switch gap* sebagai pembentuk pulsa, *Treatment chamber*, Tempat produksi.

Hasil dari perancangan system ini adalah Kemampuan daya tegangan listrik menginduksi organisme berbanding terbalik dengan populasi mikroorganisme, semakin besar frekuensi tegangan tinggi maka semakin kecil jumlah populasi. Bertambahnya besaran frekuensi tegangan listrik mengakibatkan menurunnya jumlah mikroorganisme. penurunan rata-rata populasi mikroorganismenya adalah 1 cfu/ml. Penggunaan *rotary spark gap switch* untuk pembentukan gelombang pulsa persegi memiliki kemampuan frekuensi yang rendah. Tegangan listrik maksimal yang dikeluarkan adalah 14,1 Kv dengan kuat medan yang dihasilkan adalah 141 Kv/cm.

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis diberi kemudahan, kesabaran, kekuatan serta hikmah yang terbaik dalam menyelesaikan skripsi yang berjudul: “Perancangan Generator Pulsa Penghasil Medan Pulsa Listrik Tegangan Tinggi (*High Pulsed Electric Field*) Untuk Inaktivasi Mikroorganisme” yang disusun guna memenuhi salah satu syarat menyelesaikan program studi teknik elektro dan mencapai gelar sarjana teknik pada Fakultas Teknik Universitas Jember.

Keberadaan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan serta dorongan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir. Widyono Hadi, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik sekaligus Pembantu Pembimbing Skripsi, dan juga sebagai Dosen Pembimbing Akademik yang telah sabar memberikan masukan, motivasi, ilmu serta petunjuk selama penulis menjadi mahasiswa serta saat penulisan skripsi ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik;
2. Bapak Sumardi, S.T.,M.T. selaku Ketua Jurusan Elektro sekaligus Pembimbing Skripsi, yang telah bersedia meluangkan waktu dan tiada lelah untuk memberikan bimbingan, nasehat maupun motivasi sehingga penulisan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktu;
3. Bapak Widjonarko, S.T., M.T., selaku Pembimbing Lapangan, yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan sehingga penelitian skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktu;
4. Bapak Dr. Azmi Saleh, S.T.,M.T., selaku Dosen Penguji I dan Bapak Dwiretno Istiyadi Swasono, S.T.,M.Kom. selaku Dosen Penguji II yang telah menguji dan sabar dalam memberikan pengarahan;
5. Bapak Budi Hariyanto, yang telah memberikan kesempatan untuk mengerjakan pembuatan alat HPEF sehingga menjadikan inspirasi dalam penulisan skripsi ini dan bimbingan pada saat di lapangan;

6. Seluruh Pegawai dan Karyawan di lingkungan Fakultas Teknik Universitas Jember, terima kasih atas segala bantuan dan kemudahan fasilitas yang diberikan;
7. Intan Tidy Dwi lutfiarinanti atas segala pengertian, kesabaran, semangat, dukungan, kasih sayang dan bantuannya selama telah menjadi bagian dari hidup penulis;
8. Sahabat-sahabatku Denny Indra P, M. rofi'udin, Randy, Aryo Terima Kasih telah mendoakan, mendukung, memotivasi, membantu serta memberikan keceriaan dalam hidup penulis selama ini;
9. Teman-teman seperjuangan Fakultas Teknik Universitas Jember Dody, Gaguk, Firda, Adi yang telah banyak memberikan bantuan dan masukan selama proses pengerjaan skripsi ini dan telah menjadi teman seperjuangan di bangku kuliah;
10. Teman-teman "2Q The Adventure Gangster". Adit "cepot", Romy "catam", Ragil, mas Joko, Zain "zen", Ulul "G-bly", Edo, Chandra "paimo", Danang "boting", Sunan, Angga "kacong", Edo, Ucup, dan yang tidak bisa saya sebutkan satu-persatu. Terima Kasih atas bantuan, dukungan dan pertemanan selama ini;
11. Bapak dan ibu Tukiman, pemilik kos tempat penulis tinggal selama berkuliah di Jember. Terima kasih telah menerima dan memperlakukan penulis dengan baik;
12. Teman-teman yang telah hadir di seminar proposal skripsi dan seminar hasil. Terima Kasih atas kehadiran, dukungan dan doanya;
13. Seluruh pihak yang telah menyalurkan bantuan kepada penulis dalam penulisan skripsi ini baik langsung maupun tidak langsung.

Semoga doa, bimbingan, dan semangat yang telah diberikan kepada penulis mendapat balasan dari Allah SWT. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat konstruktif akan membantu penulis dalam setiap langkah menuju arah perbaikan. Akhirnya, penulis mengharapkan karya ilmiah ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Jember, Juni 2011

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL -----	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN -----	iii
MOTTO -----	iv
HALAMAN PERNYATAAN -----	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN -----	vi
HALAMAN PENGESAHAN -----	vii
RINGKASAN -----	viii
PRAKATA -----	x
DAFTAR ISI -----	xii
DAFTAR TABEL -----	xv
DAFTAR GAMBAR -----	xvi
DAFTAR LAMPIRAN -----	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang -----	1
1.2 Perumusan Masalah -----	2
1.3 Batasan Masalah -----	2
1.4 Tujuan dan Manfaat -----	3
1.4.1 Tujuan-----	3
1.4.2 Manfaat-----	3
1.5 Sistematika Penulisan -----	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Medan Pulsa Listrik Tegangan Tinggi atau High Pulsed Electric Field (HPEF) -----	4
2.2.1 Teknologi Medan Pulsa Listrik Tegangan Tinggi-----	5
2.2 Mekanisme Inaktivasi oleh High Pulsed Electric Field (HPEF) --	6

2.2.1 Teori Electrical breakdown -----	6
2.2.2 Elektroporasi -----	8
2.3 Catu Daya -----	8
2.3.1 Transformator -----	8
2.3.2 <i>Rectifier</i> -----	10
2.4 Pulse-Width Modulation (PWM) -----	13
2.4.1 Kontrol Sinyal PWM -----	15
2.5 Switching -----	17
2.6 Treatment Chamber -----	19
2.6.1 Hukum Coulomb, Gaya Coulomb dan Intensitas Medan Listrik	20
2.6.2 <i>Stainless Steel Food Grade</i> -----	21
 BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Tempat Penelitian -----	23
3.2 Waktu Penelitian -----	23
3.3 Alur Proses Penelitian -----	24
3.4 Alat dan Bahan -----	24
3.5 Perancangan Alat -----	25
3.5.1 <i>Rectifier</i> -----	27
3.5.2 <i>Kontroller Switch</i> -----	29
3.5.3 <i>Rotary Gap Switch</i> -----	33
3.5.4 <i>Perancangan Perangkat Lunak Mikrokontroler</i> -----	34
3.5.5 <i>Treatment Chamber</i> -----	36
3.6 Perancangan Generator Pulsa -----	38
3.7 Tempat Produksi -----	40
 BAB 4. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	
Analisa Data dan Pembahasan -----	42
4.1 Pengujian Catu daya -----	45

4.2 Pengujian Kontrol <i>Switch</i> dan <i>Rotary Switch</i> -----	46
4.3 Pengujian PWM -----	48
4.4 Pengujian Gelombang Eksponensial Tegangan Tinggi -----	51
BAB 5. PENUTUP	
5.1 Kesimpulan -----	55
5.2 Saran -----	56
DAFTAR PUSTAKA -----	
LAMPIRAN -----	



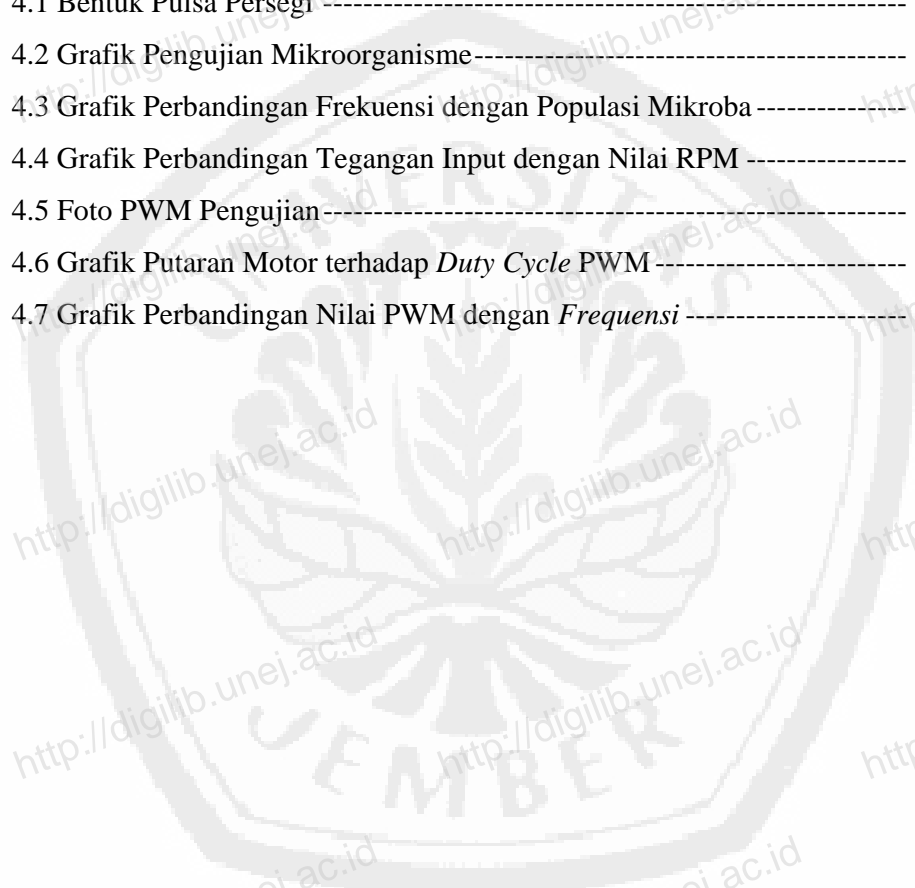
DAFTAR TABEL

2.1 Spesifikasi Stainless Steel-----	22
3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian -----	23
3.2 Name plate <i>Transformator</i> -----	26
3.3 Hasil Inactivation <i>Escherichia coli</i> dengan <i>HPEF</i> -----	28
3.4 Spesifikasi Stainless Steel 316 -----	36
3.5 Nilai Resistivity dan Conductivity Susu -----	36
3.6 Nilai Perhitungan Resistansi Stainless Stell -----	37
4.1 Hasil Pengujian Mikroorganisme Paparan Terbuka -----	43
4.2 Hasil Pengukuran Suhu-----	45
4.3 Hasil Pengukuran Transformator-----	46
4.4 Hasil Pengujian <i>Switch</i> -----	46
4.5 Hasil Pengujian Rotary Switch-----	47
4.6 Kecepatan Motor yang Diatur PWM -----	49
4.7 Harga PWM Terhadap Nilai Frekuensi <i>Switch</i> -----	51
4.8 Hasil Pengukuran pada Treatment Chamber -----	53
4.9 Data Kuat Medan listrik-----	54

DAFTAR GAMBAR

2.1 Diagram Rangkaian Medan Pulsa Listrik Tegangan Tinggi.-----	5
2.2 Diagram Skematik Kerusakan Elektrik -----	6
2.3 Elektroporasi Membran Sel-----	8
2.4 Peragaan Arah Aliran Arus dengan Tangan -----	9
2.5 Skema Arah Aliran Arus pada <i>Transformator</i> -----	9
2.6 Rangkaian Penyearah Sederhana-----	10
2.7 Gambar Gelombang Penuh Dengan Filter -----	11
2.8 Bentuk Gelombang DC-----	12
2.9 Rangkaian <i>Rectifier</i> dengan Filter -----	12
2.10 Diagram Analog PWM -----	13
2.11 Perbandingan Gelombang Segitiga dan Gelombang PWM -----	13
2.12 <i>Pulse Width Modulation</i> -----	14
2.13 Pembangkitan PWM dengan <i>Counter</i> Mikrokontroler -----	15
2.14 Rangkaian Minimum Atmega 8535-----	16
2.15 LCD dengan Catu Daya-----	17
3.1 Diagram Alir Analisis <i>HPEF</i> -----	24
3.2 Blok Diagram Sistem HPEF-----	25
3.3 Foto <i>Transformator</i> -----	25
3.4 Rangkaian Catu Daya Tegangan Tinggi -----	27
3.5 Bentuk Gelombang Tanpa Filter dan Dengan Filter-----	27
3.6 Diagram Mikrokontroler -----	29
3.7 Pemasangan Keypad pada Mikrokontrol-----	30
3.8 Rangkaian Mikrokontroler Dengan Driver Motor DC -----	31
3.9 Rangkaian IC555-----	32
3.10 Mosfet Konfigurasi H-bridge -----	32
3.11 Foto Rangkaian Sistem Minimum dan H-bridge -----	33
3.12 Delco -----	33
3.13 Foto Rotary Switch-----	34
3.14 Flow Chart Program Mikrokontroler-----	35

3.15 Bentuk Rangkaian Multi Chamber -----	37
3.16 Foto Chamber -----	38
3.17 Generator Pulsa Secara Keseluruhan-----	38
3.18 Diagram Blok Pembentukan <i>Pulsa</i> -----	40
3.19 Diagram Produksi <i>HPEF</i> -----	40
3.20 Foto Keseluruhan <i>HPEF</i> -----	41
4.1 Bentuk Pulsa Persegi -----	42
4.2 Grafik Pengujian Mikroorganisme-----	43
4.3 Grafik Perbandingan Frekuensi dengan Populasi Mikroba -----	44
4.4 Grafik Perbandingan Tegangan Input dengan Nilai RPM -----	47
4.5 Foto PWM Pengujian-----	49
4.6 Grafik Putaran Motor terhadap <i>Duty Cycle</i> PWM-----	50
4.7 Grafik Perbandingan Nilai PWM dengan <i>Frekuensi</i> -----	52



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Listing program mikrokontroller -----

Lampiran B Gambar Teknik -----

Lampiran C Dokumentasi -----

Lampiran D Manual Book -----

