

SKRIPSI

**RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK BIOGAS SAMPAH
ORGANIK SKALA RUMAH TANGGA**



**Disusun oleh :
REZA KAUTSAR ROSADY
NIM : 11.12.913**



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2014

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : REZA KAUTSAR ROSADY

NIM : 11.12.913

Program Studi : TEKNIK ELEKTRO S-1

Konsentrasi : TEKNIK ENERGI LISTRIK

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi yang saya buat adalah hasil karya sendiri, tidak merupakan plagiasi dari karya orang lain. Dalam Skripsi ini tidak memuat karya orang lain, kecuali dicantumkan sumbernya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat, dan apabila di kemudian hari ada pelanggaran atas surat pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksinya.

Malang, 05-10-2014

Yang membuat Pernyataan,



REZA KAUTSAR ROSADY
NIM : 11.12.913

RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK BIOGAS SAMPAH ORGANIK SKALA RUMAH TANGGA

REZA KAUTSAR ROSADY
(11.12.913)

Dosen Pembimbing 1: Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT

Dosen Pembimbing 2: Ir. Ni Putu Agustini, MT

Konsentrasi Teknik Energi Listrik, Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang
Jln. Raya Karanglo KM 2 Malang
Email: kautsarosady@gmail.Com

ABSTRAK

Kebutuhan akan pasokan listrik yang terus meningkat setiap tahun seiring bertambahnya jumlah penduduk menghadirkan masalah baru bagi penyedia layanan listrik. Kenyataan bahwa harga bahan bakar minyak yang terus melambung dan kelangkaan yang terjadi, semakin menambah pelik persoalan pemerintah dan masyarakat.

Pemanfaatan energi yang tidak terbaharui tentu saja dapat menimbulkan masalah krisis energi berkepanjangan, hal ini tentu saja perlu diantisipasi agar tidak menimbulkan masalah yang tentu saja dapat menjadi kerugian besar dalam dunia industri maupun kehidupan sehari-hari. Kestabilan energi harus dicapai dengan cara yang ramah pula terhadap lingkungan, ini tidak lepas dari usaha untuk menjaga keseimbangan alam kita.

Rancang bangun alat ini terdiri dari 3 bagian utama yaitu pembuatan biogas, mesin stirling, dan pembangkitan listrik menggunakan generator arus searah. Biogas sebagai bahan bakar, akan menghasilkan gas metan yang melakukan pembakaran terhadap mesin stirling. Pada mesin stirling inilah nantinya energi panas diubah menjadi energi putar sehingga dapat memutar generator. Dari hasil percobaan, putaran untuk mesin stirling dengan menggunakan rasio 1 : 4 menghasilkan putaran 386,1 rpm untuk generator, sedangkan daya tertinggi yang mampu dihasilkan mencapai 1,58 Watt.

Kata Kunci: Biogas, Mesin Stirling, Generator DC, Pembangkitan Daya

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GRAFIK	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Metodologi Penelitian	2
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Biogas	4
2.1.1 Prinsip Dasar Biogas	5
2.1.2 Imbangan C/N	6
2.1.3 Komponen Penyusun Biogas	7
2.1.4 Tahap Penguraian Biogas	8
2.1.5 Parameter Proses Pembentukan Biogas	9
2.1.6 Jenis-Jenis Digester	13
2.2 Mesin Stirling	14

2.2.1 Prinsip Kerja Mesin Stirling.....	14
2.2.2 Siklus Pada Mesin Stirling.....	16
2.2.3 Sumber Tenaga Mesin Stirling.....	16
2.2.4 Jenis-Jenis Mesin Stirling.....	17
2.3 Generator Arus Searah.....	19
2.3.1 Pengertian Motor Arus Searah.....	19
2.3.2 Konstruksi Motor Arus Searah.....	20
BAB III PERANCANGAN ALAT	
3.1 Perancangan Alat.....	25
3.2 Flowchart Sistem.....	26
3.3 Perancangan Biogas.....	27
3.3.1 Perancangan <i>Digester</i>	27
3.3.2 Perancangan <i>Gas Holder</i>	28
3.3.3 Pengisian Bahan Isi.....	29
3.4 Perancangan Mesin Bakar Stirling.....	30
3.4.1 <i>Power Piston</i>	30
3.4.2 <i>Displacer Piston</i>	31
3.4.3 <i>Crankshaft</i>	32
3.4.4 <i>Flywheel</i>	32
3.5 Perancangan Pembangkitan Listrik.....	33
3.5.1 Perancangan Generator.....	33
3.5.2 Lampu Sebagai Beban.....	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Pengujian Biogas.....	37
4.2 Pengujian Mesin Stirling.....	41
4.3 Pengujian Gncerator dan Beban.....	44

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan 50

5.2 Saran 50

DAFTAR PUSTAKA 51

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Instalasi Digester Sederhana	14
Gambar 2.2 Bagian <i>Hot End</i> dan <i>Cool End</i> dari Mesin Stirling.....	15
Gambar 2.3 Siklus Ideal Mesin Stirling.....	16
Gambar 2.4 Mesin Stirling Reflektor Cahaya.....	17
Gambar 2.5 Stirling Tipe Alpha.....	18
Gambar 2.6 Prinsip Kerja Mesin Stirling	18
Gambar 2.7 Generator Arus Searah	19
Gambar 2.8 Konstruksi Motor Arus Searah	20
Gambar 2.9 Bagian-Bagian Dari Generator Arus Searah.....	22
Gambar 2.10 Komutator	24
Gambar 3.1 Blok Digram Sistem.....	25
Gambar 3.2. Flowchart Sistem.....	26
Gambar 3.3 Tong Plastik Sebagai Digeseter	27
Gambar 3.4 Skema Pembentukan Biogas.....	28
Gambar 3.5 Mesin Stirling Tipe Gamma.....	30
Gambar 3.6 <i>Power Piston</i>	31
Gambar 3.7 <i>Displacer Piston</i>	31
Gambar 3.8 <i>Crankshaft</i>	32
Gambar 3.9 <i>Flywheel</i>	32
Gambar 3.10 Shunt Generator Diagram	33
Gambar 3.11 Generator Arus Searah	34
Gambar 3.12 Lampu Bohlam Kecil 2,5 V 0,3 A.....	35
Gambar 3.13 Lampu LED 3 V 0,01 A.....	36
Gambar 4.1 Tangki Pencerna dan Tangki Pengumpul Gas	37

Gambar 4.2 Lokasi Pengambilan Sisa Sampah Sayuran.....	38
Gambar 4.3 Proses Pencucian Bahan.....	38
Gambar 4.4 Proses Penghalusan Bahan.....	39
Gambar 4.5 Bahan Yang Siap Untuk Dimasukkan	40
Gambar 4.6 Tekanan Pada Tangki Pencerna	40
Gambar 4.7 Mesin Bakar Stirling Hasil Rancangan	41
Gambar 4.8 <i>Displacer Piston</i> dan <i>Power Piston</i>	42
Gambar 4.9 <i>Crankshaft</i>	42
Gambar 4.10 <i>Flywheel</i>	43
Gambar 4.11 Pulley dengan Ratio 1 : 4	44
Gambar 4.12 Jumlah Putaran Generator	44
Gambar 4.13 Generator DC 2750 rpm, 30V, 2A yang Digunakan	45
Gambar 4.14 <i>Buck Converter</i> tipe LM2596	45
Gambar 4.15 Rangkaian Paralel Lampu 2,5 V 0,3 A	48
Gambar 4.16 Rangkaian Paralel Lampu 3 V 0,01 A	49

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan akan pasokan listrik yang terus meningkat setiap tahun seiring bertambahnya jumlah penduduk menghadirkan masalah baru bagi penyedia layanan listrik. Kenyataan bahwa harga bahan bakar minyak yang terus melambung dan kelangkaan yang terjadi, semakin menambah pelik persoalan pemerintah dan masyarakat. Pemanfaatan energi yang tidak terbarukan tentu saja dapat menimbulkan masalah krisis energi berkepanjangan, hal ini tentu saja perlu diantisipasi agar tidak menimbulkan masalah yang tentu saja dapat menjadi kerugian besar dalam dunia industri maupun kehidupan sehari-hari. Kestabilan energi harus dicapai dengan cara yang ramah pula terhadap lingkungan, ini tidak lepas dari usaha untuk menjaga keseimbangan alam.

Biogas dapat dihasilkan dari berbagai macam sampah organik seperti dedaunan kering, sampah restoran, jerami padi, kotoran ternak dan manusia, serta limbah organik hasil industri. Melalui pengolahan yang tepat, biogas mampu menjadi bahan bakar yang sangat berdaya guna serta ramah lingkungan sehingga pantas dan layak untuk dijadikan pilihan sebagai *renewable energy* yang mampu menggantikan keberadaan bahan bakar fosil yang semakin menipis.

Dalam skripsi ini, saya memanfaatkan bahan-bahan tidak terpakai tersebut yang dapat mencemari lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik. Lalu panas dari pembakaran biogas dimanfaatkan untuk menggerakkan mesin jenis pembakaran luar yaitu mesin stirling, mesin pembakaran luar yang disebut-sebut memiliki efisiensi tertinggi dibanding mesin pembakaran lainnya ini, akan mentransformasikan energi panas yang dimiliki biogas menjadi energi mekanik yang nantinya energi mekanik ini akan memutar generator sehingga mampu menghasilkan listrik. Dengan terciptanya alat ini, diharapkan dapat menjadi solusi atas dua masalah besar yang telah disebutkan, yaitu tersedianya pasokan listrik alternatif dan pengelolaan sampah ataupun limbah sehingga menjadikan bumi yang kita tinggali ini semakin baik.

1.2 Rumusan Masalah

Sesuai dengan yang telah disebutkan pada latar belakang, dapat diambil rumusan masalah dari skripsi ini sebagai berikut:

1. Bagaimana membuat rancang bangun pembangkit energi terbarukan yang portabel.
2. Bagaimana membuat rancang bangun pembangkit energi terbarukan dengan berbahan bakar biogas yang mampu menghasilkan daya listrik.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penyusunan skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat rancang bangun pembangkit energi terbarukan yang portabel.
2. Membuat rancang bangun pembangkit energi terbarukan dengan berbahan bakar biogas yang mampu menghasilkan daya listrik hingga 1,5 Watt

1.4 Batasan Masalah

Penulis akan memberikan batasan-batasan masalah agar tidak terjadi penyimpangan maksud dan tujuan utama dari penyusunan skripsi ini :

1. Membahas sistem pembangkit dan jumlah daya yang dihasilkan.
2. Membahas penggunaan biogas sebagai bahan bakar
3. Membahas penggunaan mesin stirling sebagai mesin penggerak.
4. Membahas penggunaan generator dalam menghasilkan daya.
5. Tidak membahas distribusi dan proteksi energi listrik yang dihasilkan.

1.5 Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam pembahasan skripsi ini adalah:

1. Studi *literature*
Mencari referensi-referensi yang berhubungan dengan perencanaan dan pembuatan desain system.
 2. Perancangan dan pembuatan alat
Sebelum melaksanakan pembuatan miniature system tersebut, dilakukan perancangan terhadap aplikasi yang meliputi analisa kebutuhan, desain
-

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dijelaskan teori-teori yang berhubungan dengan penelitian ini sehingga dapat menjadi landasan berfikir dan akan mempermudah dalam pembahasan hasil utama pada bab berikutnya. Adapun teori-teori tersebut mencakup biogas, mesin stirling dan generator arus searah.

2.1 Biogas

Reaktor biogas yang banyak digunakan adalah model sumur tembok dengan bahan baku kotoran ternak & manusia serta limbah pertanian. Kemudian di negara India Dikembangkan sejak tahun 1981 melalui "*The National Project on Biogas Development*" oleh Departemen Sumber Energi non-Konvensional. Tahun 1999, 3 juta rumah tangga menggunakan biogas. Reaktor biogas yang digunakan model sumur tembok dan dengan drum serta dengan bahan baku kotoran ternak dan limbah pertanian. Dan yang terakhir negara Indonesia Mulai diperkenalkan pada tahun 1970-an, pada tahun 1981 melalui Proyek Pengembangan Biogas dengan dukungan dana dari FAO dibangun contoh instalasi biogas di beberapa provinsi. Penggunaan biogas belum cukup berkembang luas antara lain disebabkan oleh karena masih relatif murah harga BBM yang disubsidi, sementara teknologi yang diperkenalkan selama ini masih memerlukan biaya yang cukup tinggi karena berupa konstruksi beton dengan ukuran yang cukup besar. Mulai tahun 2000-an dan selanjutnya telah dikembangkan reaktor biogas skala kecil (rumah tangga) dengan konstruksi sederhana, terbuat dari plastik secara siap pasang (knockdown) dan dengan harga yang relatif murah. Manfaat energi biogas adalah sebagai pengganti bahan bakar khususnya minyak tanah dan dipergunakan untuk memasak kemudian sebagai bahan pengganti bahan bakar minyak (bensin, solar). Dalam skala besar, biogas dapat digunakan sebagai pembangkit energi listrik. Di samping itu, dari proses produksi biogas akan dihasilkan sisa kotoran ternak yang dapat langsung dipergunakan sebagai pupuk organik berkualitas pada tanaman / budidaya pertanian. Banyaknya detail potensi pengembangan Biogas di Indonesia masih cukup besar. Hal tersebut mengingat cukup banyaknya populasi

sapi, kerbau dan kuda, yaitu 11 juta ekor sapi, 3 juta ekor kerbau dan 500 ribu ekor kuda pada tahun 2005. Setiap 1 ekor ternak sapi/kerbau dapat dihasilkan + 2 m³ biogas per hari. Potensi ekonomis Biogas adalah sangat besar, hal tersebut mengingat bahwa 1 m³ biogas dapat digunakan setara dengan 0,62 liter minyak tanah. Di samping itu pupuk organik yang dihasilkan dari proses produksi biogas sudah tentu mempunyai nilai ekonomis yang tidak kecil pula (m.epctani.deptan).

2.1.1 Prinsip Dasar Biogas

Prinsip dasar teknologi biogas adalah proses penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme dalam kondisi tanpa oksigen (anaerob) untuk menghasilkan campuran dari beberapa gas, seperti metan dan CO₂. Biogas dihasilkan dengan bantuan bakteri metanogen atau metanogenik. Bakteri ini secara alami terdapat dalam limbah yang mengandung bahan organik, seperti limbah ternak dari sampah organik. Proses tersebut dikenal dengan istilah *anaerobic digestion* atau pencernaan secara anaerob. Umumnya, biogas diproduksi menggunakan alat yang disebut reaktor biogas (digester) yang dirancang agar kedap udara (anaerobik), sehingga proses penguraian oleh mikroorganisme dapat berjalan secara optimal (wahyuni, 2012: 17).

Jika biogas dibersihkan dari pengotor secara baik, ia akan memiliki karakteristik yang sama dengan gas alam. Jika hal ini dapat dicapai, produsen biogas dapat menjualnya langsung ke jaringan distribusi gas. Akan tetapi gas tersebut harus sangat bersih untuk mencapai kualitas pipeline. Air (H₂O), hidrogen sulfida (H₂S) dan partikulat harus dihilangkan jika terkandung dalam jumlah besar di gas tersebut. Karbon dioksida jarang harus ikut dihilangkan, tetapi ia juga harus dipisahkan untuk mencapai gas kualitas pipeline. Jika biogas harus digunakan tanpa pembersihan yang ekstensif, biasanya gas ini dicampur dengan gas alam untuk meningkatkan pembakaran. Biogas yang telah dibersihkan untuk mencapai kualitas pipeline dinamakan gas alam terbaharui (wikipedia).

Biodigester harus tetap dijaga dalam keadaan abiotis (tanpa kontak langsung dengan Oksigen (O₂)). Udara (O₂) yang memasuki biodigester menyebabkan penurunan produksi metana, karena bakteri berkembang pada

kondisi yang tidak sepenuhnya anaerob. Temperatur perlu dijaga, secara umum, ada 3 rentang temperatur yang disenangi oleh bakteri, yaitu:

1. *Psicrophilic* (suhu 4 – 20⁰ C) biasanya untuk negara-negara subtropics atau beriklim dingin
2. *Mesophilic* (suhu 20 – 40⁰ C)
3. *Thermophilic* (suhu 40 – 60⁰ C) hanya untuk men-digesti material, bukan untuk menghasilkan biogas

Untuk negara tropis seperti Indonesia, digunakan unheated digester (digester tanpa pemanasan) untuk kondisi temperatur tanah 20 – 30 C. Derajat keasaman (pH) perlu dijaga, bakteri berkembang dengan baik pada keadaan yang agak asam (pH antara 6,6 – 7,0) dan pH tidak boleh di bawah 6,2. Karena itu, kunci utama dalam kesuksesan operasional biodigester adalah dengan menjaga agar temperatur konstan (tetap) dan input material sesuai (kamase.org).

Biogas yang dihasilkan oleh aktivitas anaerobik sangat populer digunakan untuk mengolah limbah biodegradable karena bahan bakar dapat dihasilkan sambil Mengurai dan sekaligus mengurangi volume limbah buangan. Metana dalam biogas, bila terbakar akan relatif lebih bersih daripada batu bara, dan menghasilkan energi yang lebih besar dengan emisi karbon dioksida yang lebih sedikit. Pemanfaatan biogas memegang peranan penting dalam manajemen limbah karena metana merupakan gas rumah kaca yang lebih berbahaya dalam pemanasan global bila dibandingkan dengan karbon dioksida. Karbon dalam biogas merupakan karbon yang diambil dari atmosfer oleh fotosintesis tanaman, sehingga bila dilepaskan lagi ke atmosfer tidak akan menambah jumlah karbon di atmosfer bila dibandingkan dengan pembakaran bahan bakar fosil. Saat ini, banyak negara maju meningkatkan penggunaan biogas yang dihasilkan baik dari limbah cair maupun limbah padat atau yang dihasilkan dari sistem pengolahan biologi mekanis pada tempat pengolahan limbah (wikipedia).

2.1.2 Imbangan C/N

Aktivitas mikroorganisme yang berperan selama proses fermentasi sangat tergantung dari imbangan C/N. Mikroorganisme perombak dapat beraktivitas secara optimum jika imbangan C/N sebesar 25-30. Imbangan C/N tinggi pada

bahan organik akan menyebabkan produksi metan yang rendah. Pasalnya, bahan dengan imbalan C/N tinggi hanya mengandung nitrogen dengan kadar yang rendah. Padahal, nitrogen sangat dibutuhkan sebagai sumber energi untuk perkembangbiakan mikroorganisme pengurai. Karena itu, untuk meningkatkan kadar nitrogen pada bahan, harus ditambahkan bahan organik yang mengandung nitrogen tinggi seperti kotoran hewan ternak (wahyuni, 2012 : 25-26).

Tabel 2.1
Kadar N dan C/N dari Berbagai Bahan Organik^[1]

Bahan organik	Rasio C/N
Kotoran bebek	8
Kotoran manusia	8
Kotoran ayam	10
Kotoran kambing	12
Kotoran babi	18
Kotoran domba	19
Kotoran kerbau / sapi	24
Eceng gondok	25
Kotoran gajah	43
Batang jagung	60
Jerami padi	70
Jerami gandum	90
Serbuk gergaji	Di atas 200

Sumber: karki dan dixit (1984)

2.1.3 Komponen Penyusun Biogas

Bakteri fermentasi membutuhkan beberapa bahan gizi tertentu dan sedikit logam. Kekurangan salah satu nutrisi atau bahan logam yang dibutuhkan dapat memperkecil proses produksi metana. Nutrisi yang diperlukan antara lain ammonia (NH₃) sebagai sumber Nitrogen, nikel (Ni), tembaga (Cu), dan besi (Fe) dalam jumlah yang sedikit. Selain itu, fosfor dalam bentuk fosfat (PO₄), magnesium (Mg) dan seng (Zn) dalam jumlah yang sedikit juga diperlukan (kamasc.org).

Biogas adalah gas yang dihasilkan dari proses penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme pada kondisi tanpa oksigen (anaerob). Komponen biogas antara lain sebagai berikut : ± 60 % CH₄ (metana), ± 38 % CO₂ (karbon dioksida) dan ± 2 % N₂, O₂, H₂, & H₂S. Biogas dapat dibakar seperti elpiji, dalam skala besar biogas dapat digunakan sebagai pembangkit energi listrik, sehingga dapat dijadikan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan terbarukan (m.epetani.deptan).

Tabel 2.2^{III}
Komposisi Biogas

No.	Gas	Hadi (1981)	Price (1981)
1.	Methan (CH ₄)	54 – 70	65 – 75
2.	Karbondioksida (CO ₂)	27 – 35	25 – 30
3.	Nitrogen (N ₂)	0,5 – 2,0	Kurang dari 1,0
4.	Hidrogen (H ₂)	-	Kurang dari 1,0
5.	Karbon Monoksida (CO)	0,1	-
6.	Hidrogen Sulfida (H ₂ S)	kecil	Kurang dari 1,0

Sumber: united nations (1978)

2.1.4 Tahap Penguraian Biogas

Umumnya, biogas diproduksi menggunakan alat yang disebut reaktor biogas (*digester*) yang dirancang agar kedap udara (anaerobik), sehingga proses penguraian oleh mikroorganisme dapat berjalan secara optimal. Penguraian materi organik dalam digester terjadi melalui tiga tahapan, sebagai berikut:

1. Tahap hidrolisis, dimulai dengan penguraian bahan-bahan organik kompleks yang mudah larut atau senyawa rantai panjang seperti lemak, protein, dan karbohidrat menjadi senyawa yang lebih sederhana. Tahap hidrolisis juga diartikan sebagai perubahan struktur bentuk polimer menjadi bentuk monomer. Senyawa-senyawa monomer hasil penguraian diantaranya senyawa asam organik, glukosa, etanol, CO₂ dan hidrokarbon. Biasanya, senyawa tersebut dimanfaatkan oleh bakteri yang melakukan fermentasi sebagai sumber karbon dan energi.



2. Tahap pengasaman (asidifikasi), senyawa sederhana (komponen monomer) yang terbentuk dari tahap hidrolisis dijadikan sumber energi bagi bakteri pembentuk asam. Bakteri tersebut menghasilkan senyawa asam, seperti asam asetat, asam propionat, asam butirat, dan asam laktat, serta produk sampingan berupa alkohol, CO₂, hidrogen dan amonia.
3. Tahap metanogenesis, bakteri metanogen seperti bakteri methanococcus, methanosarcina, dan methano bacterium mengubah produk lanjutan dari tahap pengasaman menjadi metan, karbondioksida, dan air yang merupakan komponen penyusun biogas (wahyuni, 2012:19-20)

Tabel 2.3
Kebutuhan Nutrisi Bakteri dan Fermentasi

Bahan	Jumlah kebutuhan (mg/g asetat)
NH ₄ -N	3,3
PO ₄ -P	0,1
S	0,33
Ca	0,13
Mg	0,018
Fe	0,023
Ni	0,004
Co	0,003
Zn	0,02

Sumber: www.kamase.org

2.1.5 Parameter Proses Pembentukan Biogas

Biogas dihasilkan dengan bantuan bakteri yang membutuhkan kondisi lingkungan tertentu agar dapat tumbuh dan berkembang bak kondisi lingkungan yang optimal dapat menunjang pertumbuhan bakteri, sehingga biogas yang dihasilkan pun dapat maksimal. Berikut faktor dalam (dari *digester*) dan faktor luar yang dapat memengaruhi pembuatan biogas:

1. Jenis bahan organik (substrat)

Jenis bahan yang digunakan dapat berpengaruh terhadap lama waktu fermentasi oleh bakteri. Pasalnya, masing-masing jenis bahan organik memiliki total padatan yang berbeda sehingga proses pembusukan material padatan pun akan berbeda. Secara umum, urutan kandungan bahan organik berdasarkan lamanya waktu penguraian yaitu gula, protein, lemak, hemiselulosa, selulosa, dan lignin. Bahan organik berupa limbah pertanian yang banyak mengandung selulosa dan lignin biasanya lebih lama diuraikan dibandingkan dengan limbah kotoran ternak. Karena itu, bahan organik berupa kotoran ternak harus dicampur dengan rumput kering atau limbah pertanian agar proses fermentasi dapat berlangsung optimal.

2. Derajat keasaman (pH)

Pada saat proses fermentasi akan mengalami penurunan menjadi 6 atau lebih rendah akibat terbentuknya asam organik. Padahal, kehidupan mikroorganisme selama proses fermentasi akan efektif dengan pH 6,5-7,5. Setelah 2-3 minggu, pH akan naik kembali yang menandakan perkembangan bakteri metan. Penurunan pH yang ekstrem dapat dicegah dengan menambahkan larutan kapur. Laju pencernaan anaerobik akan menurun jika kondisi pH lebih rendah atau tinggi dari pH normal. Derajat keasaman yang rendah menyebabkan tidak seimbang populasi bakteri metanogenik terhadap bakteri asam sehingga dapat menggagalkan proses pencernaan anaerobik.

3. Imbangan C/N

Aktivitas mikroorganisme yang berperan selama proses fermentasi sangat tergantung dari imbangan C/N. Mikroorganisme perombak dapat beraktivitas secara optimum jika imbangan C/N sebesar 25-30. Imbangan C/N tinggi pada bahan organik akan menyebabkan produksi metan yang rendah. Pasalnya, bahan dengan imbangan C/N tinggi hanya mengandung nitrogen dengan kadar yang rendah. Padahal, nitrogen sangat dibutuhkan sebagai sumber energi untuk perkembangbiakan mikroorganisme pengurai. Karena itu, untuk meningkatkan kadar nitrogen pada bahan, harus ditambahkan bahan organik yang mengandung nitrogen tinggi seperti kotoran hewan ternak. Sementara itu, jika imbangan C/N sangat

rendah, nitrogen akan bebas dan berakumulasi dalam bentuk amoniak sehingga menyebabkan bau busuk yang berlebih. Karena itu, diperlukan tambahan bahan lain yang mengandung karbon atau serat tinggi, seperti rumput, jerami, dan dedaunan. Caranya, campurkan bahan organik dengan rumput atau jerami yang telah dicacah hingga dicapai imbangan C/N yang telah sebesar 25.

4. Suhu

Aktivitas bakteri penghasil biogas juga sangat dipengaruhi oleh suhu di dalam *digester*. Perubahan suhu yang mendadak dalam *digester* biogas dapat mengakibatkan penurunan produksi biogas secara cepat. Karena itu agar suhu dapat stabil, instalasi biogas harus ditempatkan di dalam tanah. Biasanya, suhu optimum untuk produksi biogas adalah 32-37 C. suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan *digester* rentan yang mengalami kerusakan, sehingga dibutuhkan pemeliharaan yang saksama. Penggunaan *digester* yang kedap udara seperti fiber glass dapat membantu mengatasi perubahan suhu karena selama proses fermentasi tidak akan terpengaruh oleh suhu udara luar.

5. Laju pengumpanan (*loading rate*)

Adalah jumlah bahan pengisi yang harus dimasukkan ke dalam *digester* per unit kapasitas per hari. Agar fermentasi dapat berlangsung dengan optimal, perlu pengisian bahan organik yang kontinu setiap hari dengan memperhitungkan waktu tinggal dan volume *digester*. Jumlah bahan pengisi yang terlalu banyak dapat mengganggu proses akumulasi asam dan produksi metana, sebaliknya bila terlalu sedikit maka produksi biogas menjadi rendah.

6. Zat toksik

Zat yang terkandung dalam bahan organik atau alat produksi biogas dapat menjadi penghambat pertumbuhan mikroorganisme sehingga menurunkan produksi biogas. Zat toksik tersebut diantaranya ion mineral dan logam berat, seperti tembaga, detergen, pestisida, kaporit, dan antibiotik yang bersifat racun. Ion mineral dibutuhkan untuk merangsang pertumbuhan mikroorganisme dalam *digester*. Namun, jika terlalu banyak dapat menjadi

racun bagi mikroorganisme tersebut. Untuk mengurangi pencampuran bahan baku organik dengan zat toksik, sebaiknya tidak menggunakan air campuran yang mengandung toksik, seperti air sawah yang telah disemprot pestisida, campuran air sabun, dan sumber air yang tercemar oleh bahan kimia lainnya.

7. Pengadukan

Bertujuan untuk menghomogenkan bahan baku pembuatan biogas. Biasanya, pengadukan dilakukan sebelum bahan tersebut dimasukkan ke dalam *digester*. Selain untuk mencampur bahan, pengadukan juga berfungsi untuk mencegah terjadinya pengendapan di dasar digester yang dapat menghambat pembentukan biogas. Biasanya pengendapan terjadi jika bahan yang digunakan berasal dari kotoran kering. Setelah ditambahkan air sampai kekentalan yang diinginkan, pengadukan mutlak diperlukan agar kotoran tidak mengendap.

8. Starter

Untuk mempercepat proses penguraian, dapat ditambahkan starter berupa bakteri mikroorganisme perombak. Starter yang digunakan dapat berupa starter alami, semi buatan, dan buatan. Starter alami berasal dari alam yang dapat berupa lumpur aktif organik atau cairan isi rumen. Starter semi buatan diperoleh dari instalasi pembentuk biogas yang masih dalam keadaan aktif. Sementara itu, starter buatan berupa bakteri metan yang sengaja dibiakkan di laboratorium dan telah banyak dijual di pasaran.

9. Waktu retensi

Adalah rata-rata periode saat bahan masukan masih dalam digester dan selama proses fermentasi oleh bakteri metanogen. Biasanya, waktu retensi sangat dipengaruhi oleh faktor lainnya, seperti suhu, pengenceran, dan laju masukan bahan. Waktu retensi atau waktu tinggal yang dibutuhkan didalam *digester* sekitar 29-60 hari, tergantung pada jenis bahan organik yang digunakan. Waktu retensi akan semakin singkat jika suhu lebih dari 35 C. (Wahyuni, 2012 : 24-29)

2.1.6 Jenis-Jenis Digester

Terdapat beberapa jenis digester yang memiliki keunggulan masing-masing, berikut adalah jenis digester berdasarkan bahan pembuatannya.

1. Digester tipe kubah (fixed dome)

Digester ini dinamakan kubah tetap karena bangunan digester berbentuk menyerupai kubah. Umumnya, digester dibangun di dalam tanah dengan bahan konstruksi berupa batu bata, batu, pasir, dan semen. Desain digester ini dibuat sedemikian rupa sehingga kedap udara. Digester tipe kubah tetap terdiri dari dua bagian, tangki atau sebagai tempat berlangsungnya proses fermentasi oleh bakteri dan bagian kubah tetap yang merupakan pengumpul gas yang tidak bergerak. Struktur digester harus didesain kuat untuk menahan gas agar tidak terjadi kebocoran.

2. Digester silinder (Floating drum)

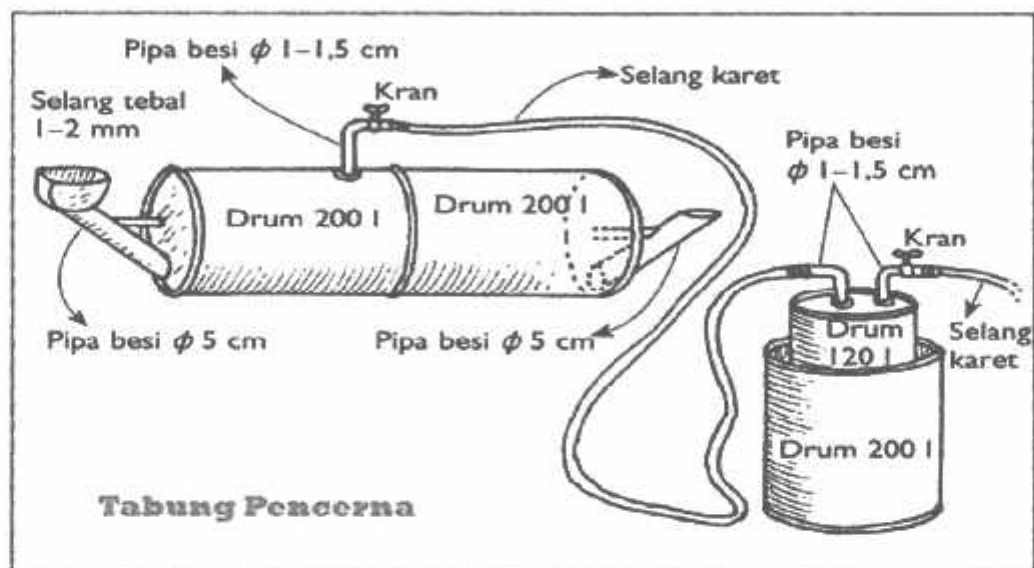
Digester silinder (floating drum) disebut juga dengan digester terapung. Pertama kali dikembangkan di India. Digester ini terdiri dari sumur pencernaan dan bagian penampung gas. Berbeda dengan digester kubah, penampung gas dalam digester silinder menggunakan peralatan bergerak yang terbuat dari drum. Pergerakan naik turun dari drum ini berfungsi untuk menyimpan gas hasil fermentasi selama dalam digester.

3. Digester Balon

Digester balon atau digester plastik terbuat dari plastik sehingga lebih efisien dalam penanganannya dan mudah dipindahkan. Digester ini hanya terdiri dari satu bagian, yaitu sumur pencernaan yang berfungsi ganda sebagai tempat fermentasi dan penyimpan gas yang masing-masing bercampur dalam satu ruang tanpa sekat. Bagian bawah digester terisi oleh material organik yang berbobot lebih besar dibandingkan gas yang terkumpul di bagian atas. Digester ini cocok digunakan untuk skala rumah tangga. Keuntungan dari digester ini adalah harganya yang lebih murah, konstruksi sederhana, waktu pasang singkat, dan mudah untuk dipindahkan. Sementara itu, kelemahannya adalah mudah mengalami kebocoran.

4. Jenis Fiber Glass

Sesuai dengan namanya, digester ini terbuat dari bahan fiber glass sehingga lebih efisien dalam penanganannya dan mudah dipindahkan. Digester ini hanya terdiri dari satu bagian, yaitu sumur pencerna yang berfungsi ganda sebagai tempat fermentasi dan penyimpan gas yang masing-masing bercampur dalam satu ruang tanpa sekat. Saat ini, digester fiber glass banyak digunakan untuk skala rumah tangga dan industri (wahyuni, 2012: 41-45).



Gambar 2.1
Skema Instalasi *Digester* Sederhana^[4]

2.2 Mesin Stirling

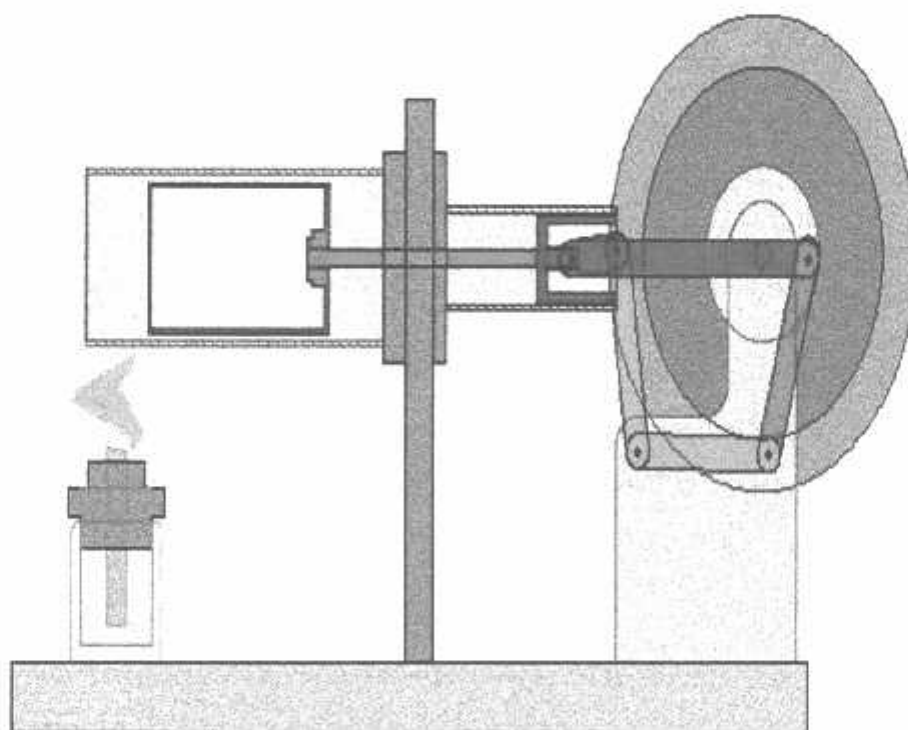
Mesin stirling merupakan mesin yang prinsip kerjanya telah lama ditemukan namun masih kalah populer dibanding mesin bensin. Namun untuk skala kecil, penggunaan mesin stirling masih jauh lebih efektif dibanding mesin kalor lainnya karena lebih mudah pengoperasian dan lebih fleksibel penggunaannya.

2.2.1 Prinsip Kerja Mesin Stirling

Sebuah regenerator memungkinkan panas yang dihasilkan disimpan di dalam, sebagian menggantikan energi panas karena sedikitnya alih panas yang

dimungkinkan melalui dinding *heat-exchanger*. Energi panas disimpan di dalam regenerator sementara gas penggerak menyusup ke ruangan yang dingin, dan kemudian dilepaskan sewaktu kembali ke ruangan ekspansi panas. Tenaga terjadi pada temperatur yang tinggi dan konstan, sangat ideal untuk setiap mesin. Kompresi terjadi pada temperatur rendah, dan hampir tidak ada energi panas yang hilang. Tenaga bersih yang dihasilkan adalah akibat perbedaan antara pengembangan gas bertemperatur tinggi dan mengkompresi gas bertemperatur rendah (majalahenergi).

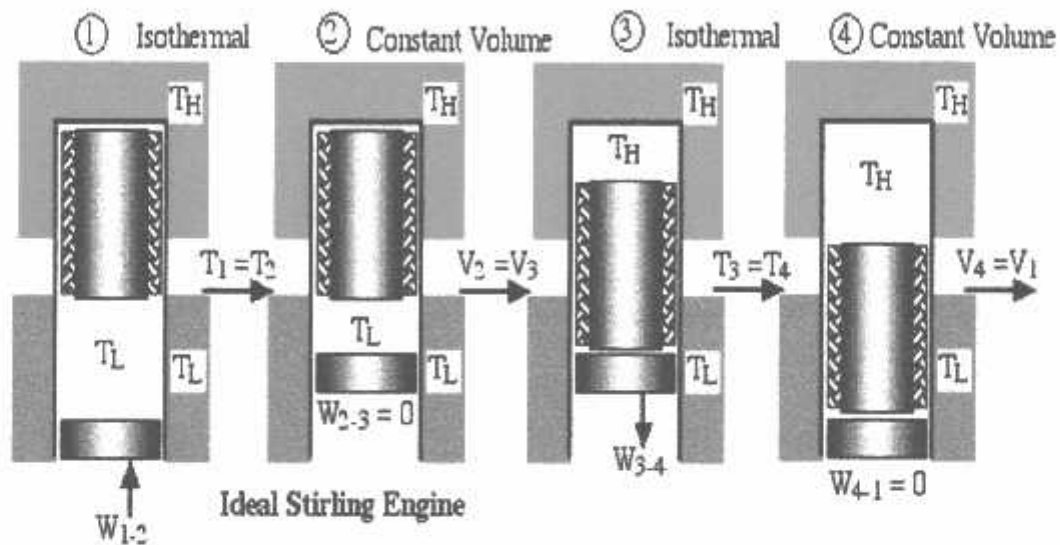
Prinsip Kerja Mesin stirling adalah mesin kalor yang unik karena efisiensi teoretisnya mendekati efisiensi teoretis maksimum, yang lebih dikenal dengan efisiensi mesin carnot. Mesin stirling digerakkan ekspansi gas ketika dipanaskan dan diikuti kompresi gas ketika didinginkan. Mesin itu berisi sejumlah gas yang dipindahkan antara sisi dingin dan panas terus-menerus. Piston displacer memindahkan gas antara dua sisi dan piston power mengubah volume internal karena ekspansi dan kontraksi gas (suaramerdeka).



Gambar 2.2
Bagian *hot end* dan *cool end* dari mesin stirling ^[5]

2.2.2 Siklus Pada Mesin Stirling

Mesin ini dapat membakar setiap bahan bakar padat (solid) atau cairan sebagai sumber pemanasannya. Beberapa jenis mesin Stirling, selain demikian efektif juga sangat mudah pembuatannya, sehingga menjadi pilihan yang terbaik untuk sistem pembangkit listrik di beberapa negara berkembang (majalahenergi).



Gambar 2.3
Siklus ideal mesin stirling^[5]

Robert Stirling menyebut piston yang berpindah sebagai regenerator. Regenerator itu dapat membangkitkan kembali udara. Jika piston bergerak ke atas, regenerator dialirkan melalui udara hangat dan mengambil sebagian energi dari udara dan menyimpannya. Jika piston bergerak ke bawah, dialirkan melalui udara dingin dan mengeluarkan energi yang disimpan. Dengan regenerator, mesin stirling mencapai efisiensi sangat baik (suaramerdeka).

2.2.3 Sumber Tenaga Mesin Stirling

Banyak sekali kemungkinan dari penggunaan mesin stirling ini, dengan mayoritas masuk ke kategori mesin dengan piston tolak balik. Mesin stirling secara tradisional diklasifikasikan ke dalam mesin pembakaran eksternal, meskipun panas bisa didapatkan dari sumber selain pembakaran seperti tenaga matahari maupun nuklir. Mesin stirling beroperasi melalui penggunaan sumber

panas eksternal dan heat sink eksternal, masing-masing dijaga agar memiliki perbedaan temperatur yang cukup besar (wikipedia).



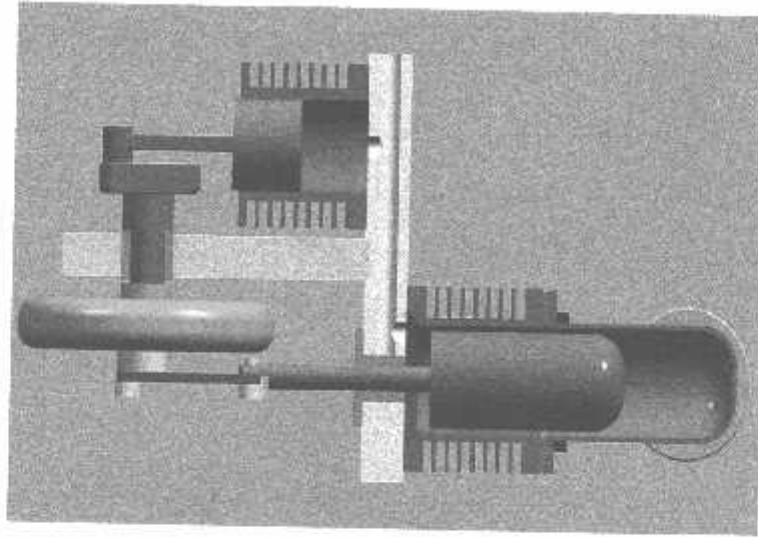
Gambar 2.4
Mesin Stirling reflektor cahaya ^[5]

Dalam usaha meningkatkan konversi yang bisa didapat dari perubahan energi panas ke kerja, mesin stirling memiliki potensi untuk mencapai efisiensi tertinggi dari semua mesin kalor, secara teori sampai efisiensi maksimal mesin Carnot, meskipun dalam prakteknya usaha ini terus dibatasi oleh berbagai sifat-sifat non-ideal dari baik itu fluida kerjanya maupun bahan dari mesin itu sendiri, seperti gesekan, konduktivitas termal, kekuatan tensile, creep, titik lebur, dll. Mesin ini dapat dioperasikan melalui berbagai sumber panas yang dapat mencukupi, seperti tenaga matahari, kimia maupun nuklir. Dibandingkan dengan mesin pembakaran internal, mesin Stirling memiliki potensi untuk lebih efisien, lebih tenang, dan lebih mudah perawatannya (wikipedia).

2.2.4 Jenis-Jenis Mesin Stirling

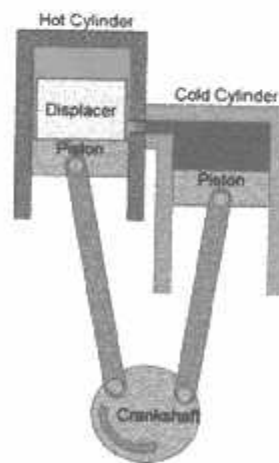
Mesin Stirling memiliki dua jenis yang dibedakan oleh cara mereka memindahkan udara antara sisi panas dan dingin dari silinder:

1. Piston alpha menggunakan dua tabung silinder untuk memindahkan udara panas dan dingin



Gambar 2.5
Stirling Tipe Alpha ^[6]

2. adalah mesin stirling tipe beta dan gamma, mesin ini lebih populer dan lebih efisien dibanding mesin tipe alpha. Tipe gamma merupakan stirling yang paling sederhana dan mudah diaplikasikan dalam pembuatannya menggunakan displacer dan power piston untuk mendorong udara antara sisi panas dan dingin dari silinder. Displacer, harus cukup untuk menutup silinder agar siklus terus tertutup. Namun harus memiliki rongga agar dapat membolak-balikkan udara disekitarnya.



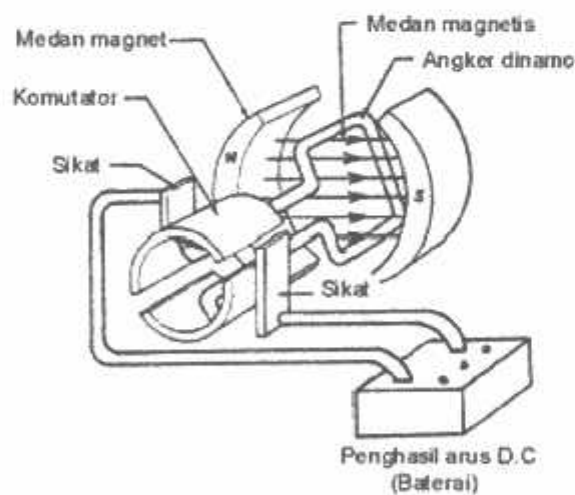
Gambar 2.6
Prinsip Kerja Mesin Stirling ^[7]

yang bergerak atau berputar. Sedangkan air gap merupakan celah antara stator dan rotor yang berfungsi untuk mencegah terjadinya friksinya antara stator dengan rotor, serta mempermudah rotor untuk berputar pada porosnya. Di tinjau dari segi sumber penguat arus magnetnya, motor arus searah dapat dibedakan menjadi:

- a. Motor arus searah penguatan terpisah, bila arus penguat medan rotor dan medan stator diperoleh dari luar motor.
- b. Motor arus searah penguatan sendiri, bila arus penguat magnet berasal dari motor itu sendiri. Berdasarkan penguatan sendiri motor arus searah dapat diklasifikasikan sebagai berikut:
 1. Motor arus searah penguatan shunt
 2. Motor arus searah penguatan seri
 3. Motor arus searah kompon panjang
 - Motor arus searah kompon panjang kumulatif
 - Motor arus searah kompon panjang differensial
 4. Motor arus searah kompon pendek
 - Motor arus searah kompon pendek kumulatif
 - Motor arus searah kompon pendek differensial

(Ridlo, 2012)

2.3.2 Konstruksi Motor Arus Searah



Gambar 2.8
Konstruksi motor arus searah¹⁹⁾

1. Badan Motor

Bagian ini secara umum mempunyai dua fungsi:

- a. Merupakan pendukung mekanik untuk mesin secara keseluruhan.
- b. Untuk membawa fluks magnetik yang dihasilkan oleh kutub-kutub mesin.

Untuk mesin kecil, biasanya rangkanya terbuat dari besi tuang (cast iron), tetapi untuk mesin-mesin besar umumnya terbuat dari baja tuang (cast steel), atau lembaran baja (rolled steel). Rangka ini pada bagian dalam dilaminasi untuk mengurangi rugi-rugi inti. Rangka motor selain kuat secara mekanik juga harus memiliki permeabilitas yang tinggi supaya tidak dapat tembus air.

2. Kutub Medan

Medan penguat atau medan magnet terdiri atas inti kutub dan sepatu kutub.

Kutub sepatu berfungsi untuk:

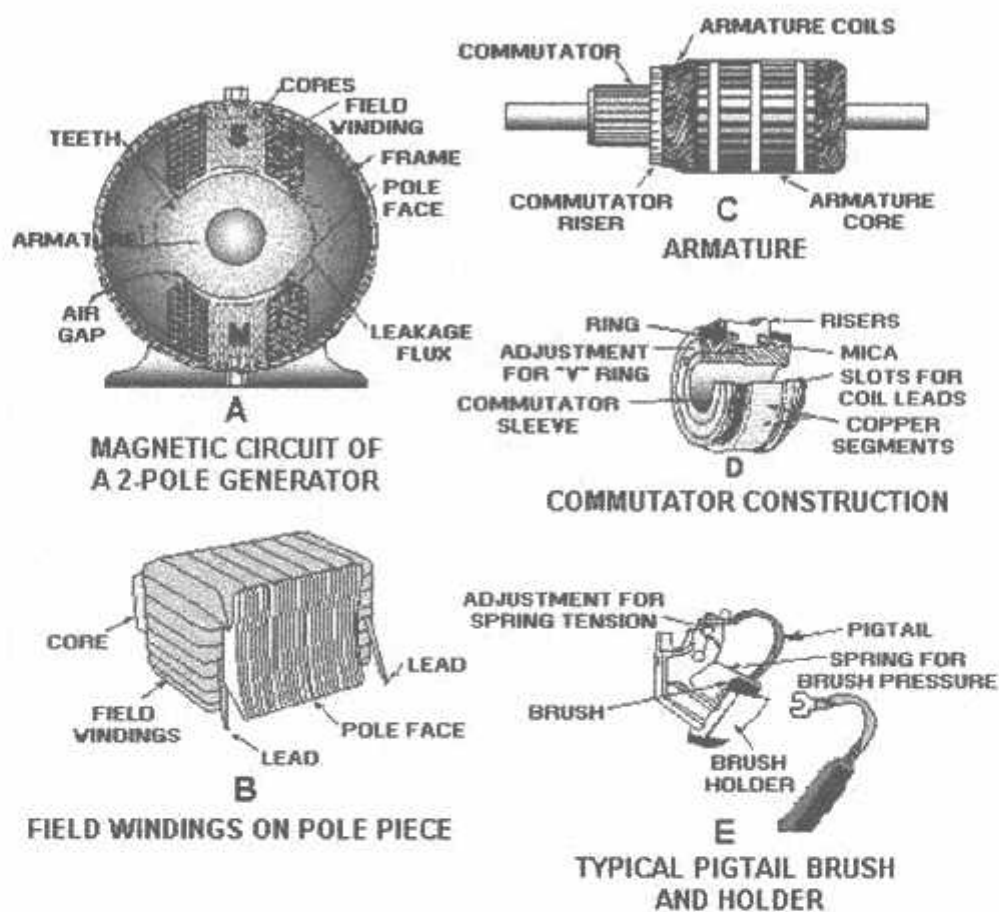
- a. Menyebarkan fluks pada celah udara dan juga karena merupakan bidang lebar maka akan mengurangi reluktansi jalur magnet.
- b. Sebagai pendukung secara mekanik untuk kumparan penguat atau kumparan medan

Inti kutub terbuat dari lembaran-lembaran besi tuang atau baja tuang yang terisolasi satu sama lain. Sepatu kutub dilaminasi dan dibaut ke rangka mesin. Sebagaimana diketahui bahwa fluks magnet yang terdapat pada motor arus searah dihasilkan oleh kutub-kutub magnet buatan dengan prinsip elektromagnetik. Kumparan kutub ini biasanya terbuat dari kawat tembaga (berbentuk bulat/strip tembaga). Kumparan medan berfungsi untuk mengalirkan arus listrik untuk terjadinya proses elektromagnetik.

3. Inti Jangkar

Pada motor arus searah inti jangkar yang digunakan biasanya berbentuk silinder yang diberi alur-alur pada permukannya untuk tempat melilitkan kumparan-kumparan tempat terbentuknya ggl induksi. Inti jangkar ini terbuat dari bahan ferromagnetik dengan maksud supaya komponen-komponen (lilitan jangkar) berada dalam daerah yang induksi magnetnya besar. Hal ini dilakukan supaya ggl induksi dapat bertambah besar.

Jangkar dibuat dari bahan-bahan berlapis-lapis tipis untuk mengurangi panas yang terbentuk karena adanya arus eddy.



Gambar 2.9
Bagian-bagian dari generator arus searah^[8]

4. Sikat

Sikat adalah jembatan bagi aliran arus jangkar ke lilitan jangkar. Dimana permukaan sikat ditekan ke permukaan segmen komutator untuk menyalurkan arus listrik. Sikat memegang peranan penting untuk terjadinya komutasi. Sikat-sikat terbuat dari bahan-bahan dengan kekerasan bermacam-macam dan dalam beberapa hal dibuat dari campuran karbon dan logam tembaga. Sikat harus lebih lunak daripada segmen-segmen komutator supaya yang terjadi antara segmen-segmen komutator dan sikat tidak mengakibatkan ausnya komutator.

5. Kumparan Medan

Kumparan medan adalah susunan konduktor yang dibelitkan pada inti kutub. Dimana konduktor tersebut terbuat dari kawat tembaga yang berbentuk bulat ataupun persegi. Rangkaian medan yang berfungsi untuk menghasilkan fluksi utama dibentuk dari kumparan pada setiap kutub. Pada aplikasinya rangkaian medan dapat dihubungkan dengan kumparan jangkar baik seri maupun paralel dan juga dihubungkan tersendiri langsung kepada sumber tegangan sesuai dengan jenis penguatan pada motor.

6. Kumparan Jangkar

Kumparan jangkar pada motor arus searah merupakan tempat dibangkitkannya ggl induksi. Pada motor arus searah penguatan kompon panjang kumparan medan serinya diserikan terhadap kumparan jangkar, sedangkan pada motor arus searah penguatan kompon pendek kumparan medan serinya diparalelkan terhadap kumparan jangkar. Jenis-jenis konstruksi kumparan jangkar pada rotor ada tiga macam yaitu:

- a. Kumparan jerat (lap winding)
- b. Kumparan gelombang (wave winding)
- c. Kumparan zig-zag (frog-leg winding)

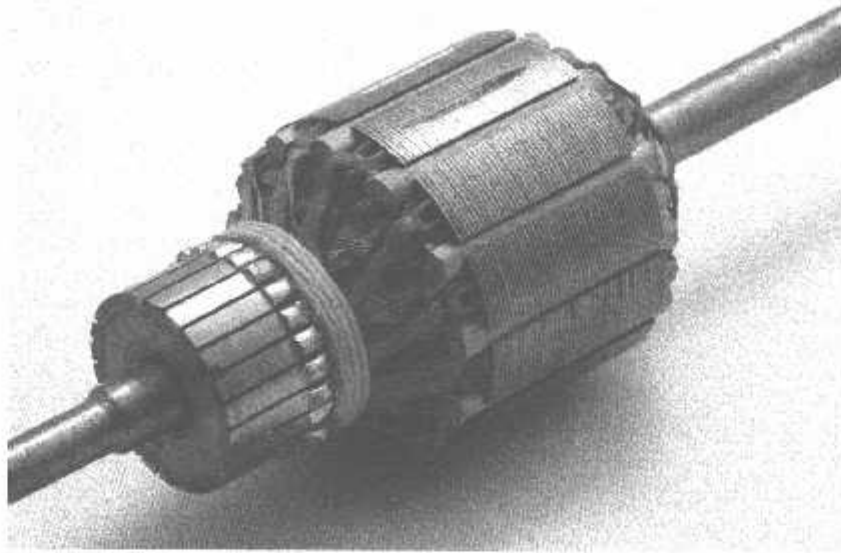
7. Celah Udara

Celah udara merupakan ruang atau celah antara permukaan jangkar dengan permukaan sepatu kutub yang menyebabkan jangkar tidak bergesekan dengan sepatu kutub. Fungsi dari celah udara adalah sebagai tempat mengalirkan fluksi yang dihasilkan oleh kutub-kutub medan.

8. Komutator

Komutator adalah suatu konverter mekanik yang membuat arus dari sumber mengalir pada arah yang tetap walaupun belitan motor berputar. Komutator berpasangan dengan 'cincin belah' (slip rings). Proses yang dilakukan oleh komutator adalah 'commutation' yaitu proses mengubah tegangan bolak-balik dan arus bolak-balik pada rotor menjadi tegangan searah dan arus searah. Komutator adalah bagian penting motor arus searah. Medan stator akan mengalir dari kiri ke kanan, sesuai dengan

kaidah tangan kanan maka motor akan konsisten berputar searah jarum jam. komutator disebut juga rectifier mekanik (Ridlo, 2012).



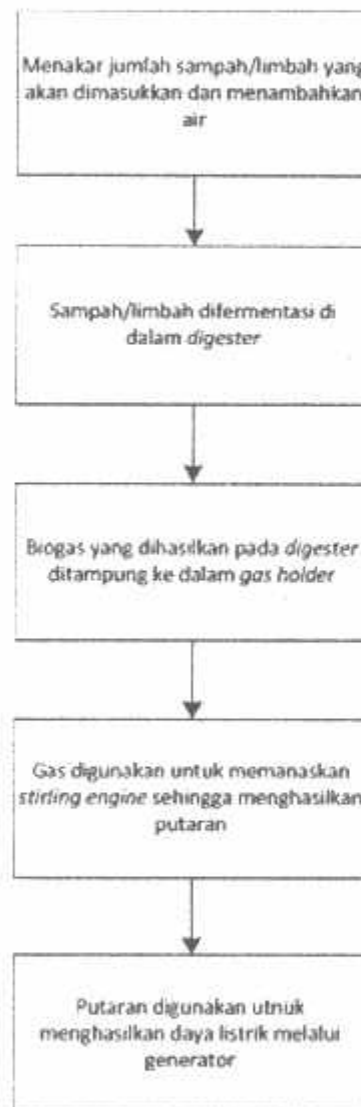
Gambar 2.10
Komutator^[10]

BAB III

PERANCANGAN ALAT

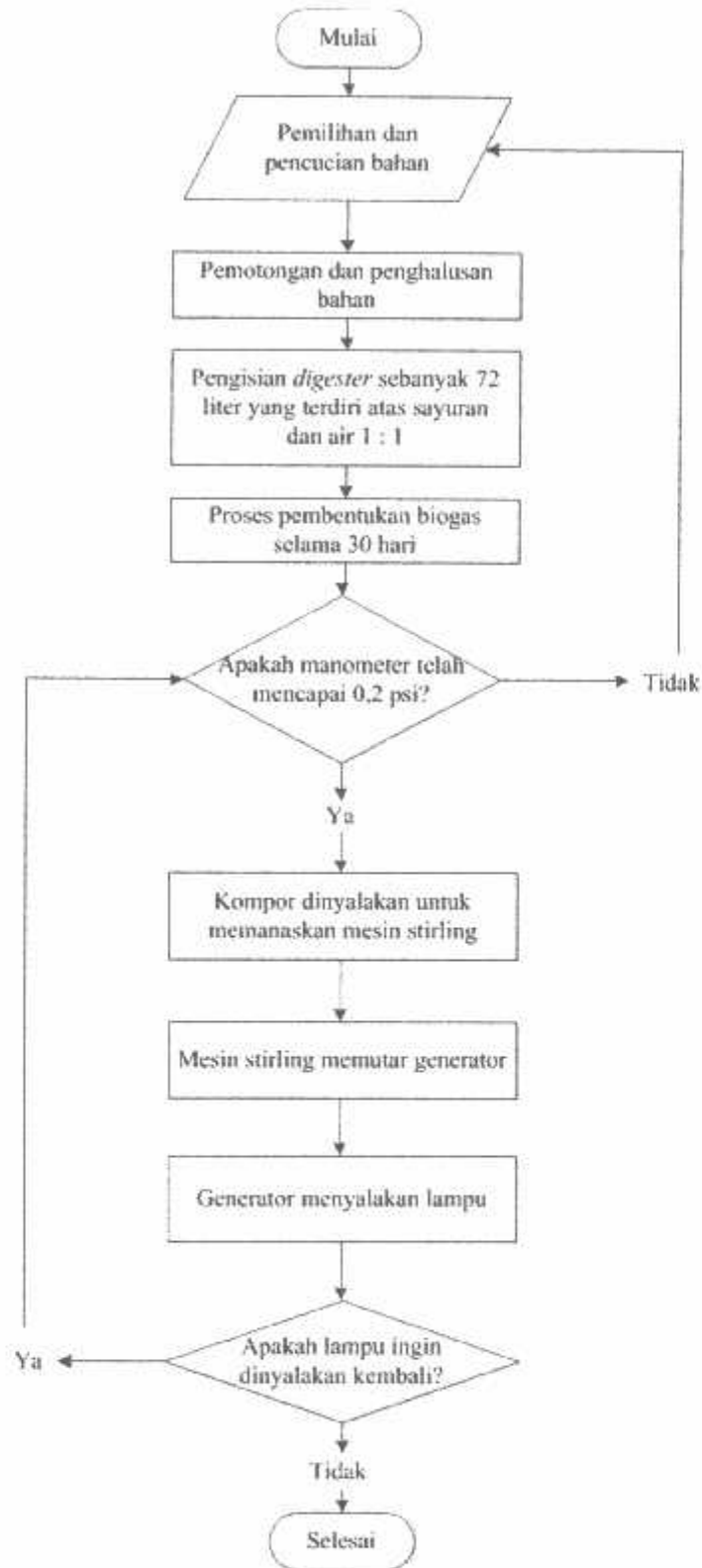
Skripsi ini bersifat aplikatif, yaitu perancangan dan pembuatan. Perancangan yang dilakukan berdasarkan data-data survey yang telah diperoleh, jurnal dan referensi-referensit terkait. Garis besar dari perancangan ini meliputi beberapa hal yaitu perancangan biogas yang terdiri atas *digester* dan *gas holder*, perancangan *stirling engine*, dan perancangan pembangkitan listrik.

3.1 Perancangan Alat



Gambar 3.1
Blok Diagram Sistem

3.2 Flowchart Sistem



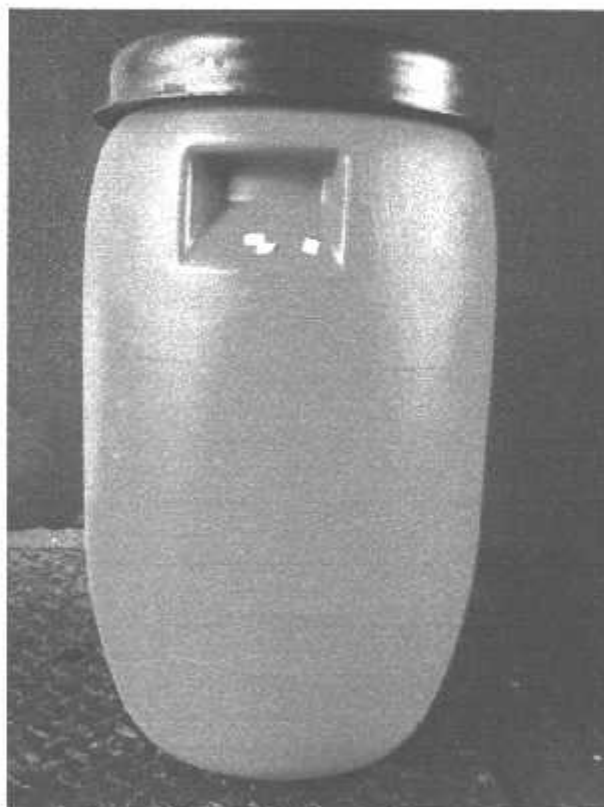
Gambar 3.2
Flowchart sistem

3.3 Perancangan Biogas

Perancangan biogas pada penyusunan skripsi ini meliputi perancangan *digester*, *perancangan gas holder*, serta pemilihan bahan dan proyeksi keluaran gas.

3.3.1 Perancangan Digester

Instalasi *digester* yang dirancang pada alat ini terdiri dari dua buah tabung yang berfungsi sebagai *digester* yang berkapasitas 120 liter. Dengan ukuran 120 liter, maka sangat mungkin apabila *digester* yang digunakan dibuat menjadi portable, dengan syarat diletakkan pada suhu yang memadai. Dipilih tabung yang terbuat dari plastik karena bahan plastik lebih tahan korosi dan mampu menjaga suhu ruang dibandingkan bahan berdasar logam. Suhu ruang sangat dibutuhkan oleh bakteri metanogenik dalam memproduksi gas metan, gas metan itulah nantinya yang akan digunakan sebagai bahan bakar.

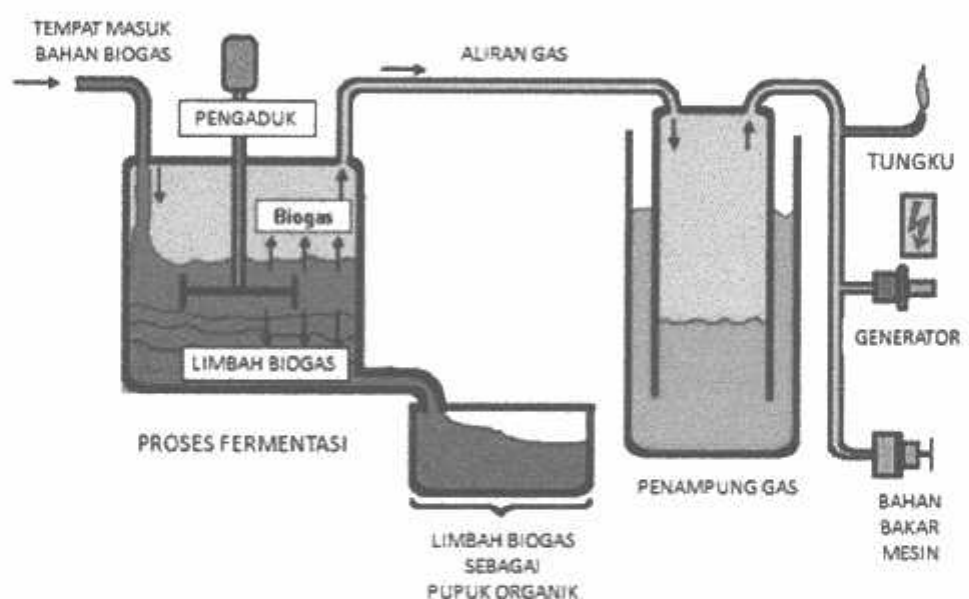


Gambar 3.3
Tong Plastik Sebagai Digester^[11]

Menggunakan dua buah tabung agar dalam praktiknya nanti tidak saling mengganggu antara penggunaan tabung *digester* dan penggunaan tabung *gas holder*. Ini dimaksudkan agar saat pengisian *digester* karena sifat dari gas metana yang mudah sekali hilang apabila terjadi sedikit saja kontak dengan udara terbuka. Oleh karena itu kedua tabung ini dipisah.

3.3.2 Perancangan Gas Holder

Gas holder merupakan salah satu komponen penting dalam sebuah instalasi biogas, dalam beberapa kasus, *digester* dan *gas holder* disatukan, namun pengisian yang dilakukan harus menggunakan pipa yang lebih dalam agar gas tidak terakumulasi dengan udara bebas dan bercampur dengan oksigen. Oksigen dapat menetralkan gas metan yang terkandung di dalam *digester* dan *gas holder*.



Gambar 3.4
Skema Pembentukan Biogas^[15]

Pembuatan *gas holder* juga harus dipastikan agar sambungannya tidak bocor, karena sebagai tangki penyimpanan gas, *gas holder* sangat merugikan dan membuat usaha pengkreasian biogas menjadi sia-sia. Dalam penyusunan skripsi ini, saya merancang penggunaan tong plastik yang berkapasitas setengah dari

kapasitas digester. Apabila ukuran *gas holder* terlalu besar, maka dikhawatirkan tekanan yang dihasilkan terlalu rendah, namun apabila terlalu kecil, maka tekanan yang dihasilkan terlalu tinggi.

3.3.3 Pengisian Bahan isi

Pengisian bahan bakar biogas berupa sampah organik yang ditambahkan starter berupa larutan EM4 dan campuran air dengan perbandingan 1 : 1 dengan asumsi waktu fermentasi sampah organik selama 30 hari.

Berikut adalah tabel mengenai kapasitas digester dan gas yang dihasilkan dari instalasi biogas yang sudah dirancang, kapasitas isi digester adalah 60% dari kapasitas digester tersebut, yaitu 72 liter:

Tabel 3.1
Ukuran digester dan kuantitas bahan yang dibutuhkan per hari^[1]

Kapasitas digester (m ³)	Jumlah kebutuhan bahan per hari (kg)	Jumlah ternak* (ekor)	Jumlah air yang dibutuhkan per hari (liter)	Produksi gas per hari (m ³)
4	20	2-5	40	2-3
5	25	3-7	50	3
6,4	30	7-10	60	3,4
7	35	8-15	70	3-5
11	55	15-25	110	6-7
17	85	25-50	170	8-10

*ternak yang digunakan berupa sapi

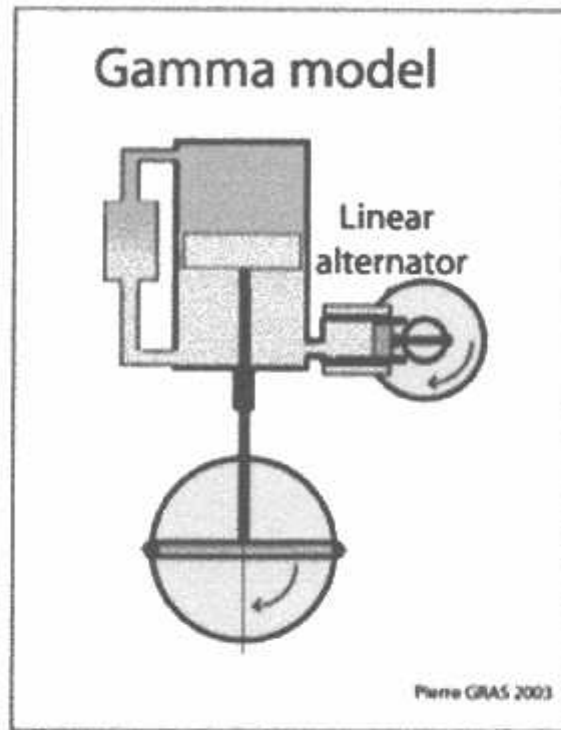
Berikut adalah nilai perbandingan biogas dengan bahan bakar lain, sesuai dengan nilai kalor yang dimiliki biogas:

Tabel 3.2
Perbandingan jumlah kegunaan bahan bakar^[1]

Jenis bahan bakar	Jumlah	Satuan
Biogas	1	m ³
Minyak tanah	0,62	kg
LPG	0,46	kg
Bensin	0,8	liter
Kayu bakar	3,5	kg

3.4 Perancangan Mesin Stirling

Mesin stirling yang digunakan dalam skripsi ini adalah tipe gamma. Menggunakan tipe stirling jenis ini karena mudah penggunaannya dan tipe gamma lebih simpel. Kedua piston berada pada silinder terpisah, tetapi dihubungkan ke *flywheel* yang sama.

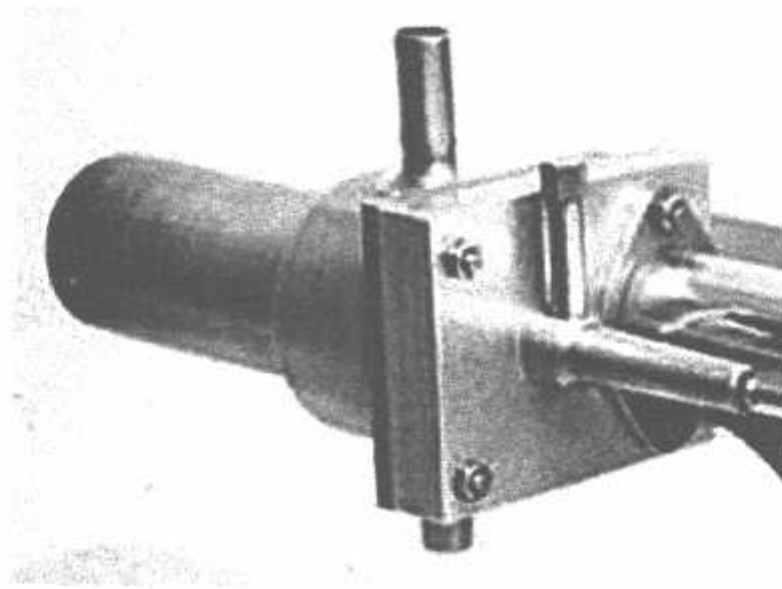


Gambar 3.5
Mesin stirling tipe gamma ^[27]

Pada mesin stirling, bahan bakar yang digunakan bisa berupa apa saja, dengan kualitas apapun. Baik rendah, sedang maupun tinggi. Ini dikarenakan konstruksi stirling sendiri yang sederhana dan konsepnya yang bersifat tertutup. Stirling dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit energi sederhana dan cocok di daerah-daerah berkembang ataupun daerah tertinggal.

3.4.1 Power Piston

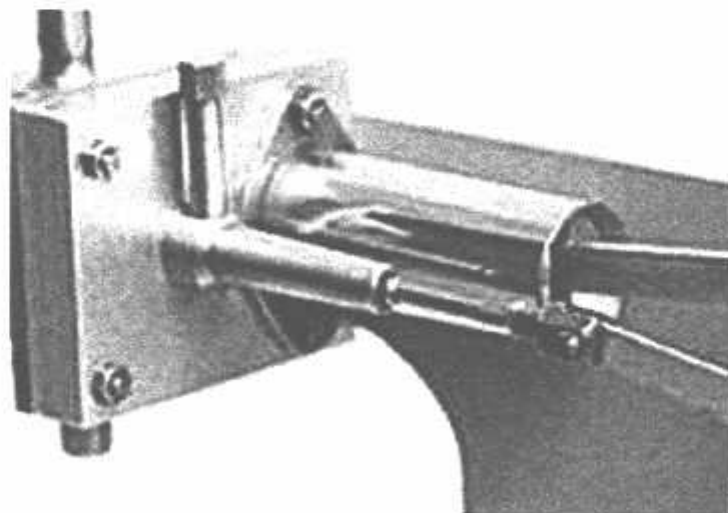
Merupakan bagian dari stirling yang tidak mengalami pembakaran dan berfungsi untuk memutar balikkan gaya putar dari *flywheel*. Juga menjadi tempat pendinginan udara



Gambar 3.6
Power Piston^[13]

3.4.2 *Displacer Piston*

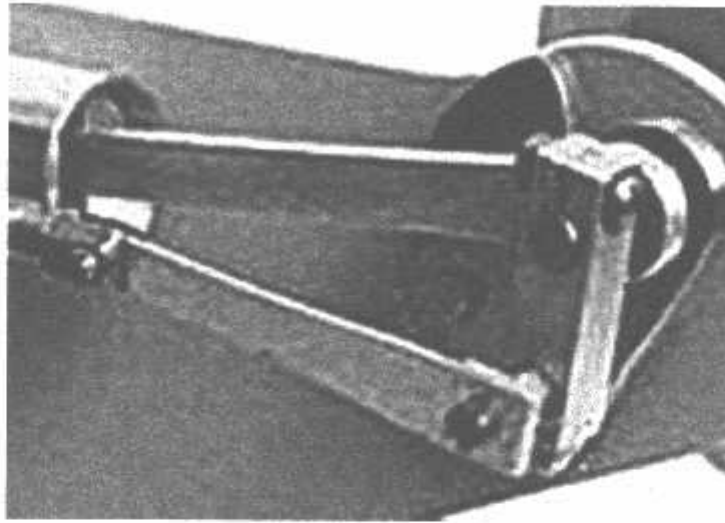
Merupakan piston utama yang mengalami pembakaran dan menjadi tumpuan mesin stirling dalam memutar *flywheel*. *Displacer* ini berada di dalam sebuah tabung yang tabung ini memiliki dua sisi dimana satu sisi dipanaskan dan memampatkan udara sehingga *displacer piston* bisa naik, dan satu sisi lagi dimana udara didinginkan. Perbedaan udara inilah yang nantinya menyebabkan perputaran siklus pada mesin stirling.



Gambar 3.7
Displacer Piston^[13]

3.4.3 *Crankshaft*

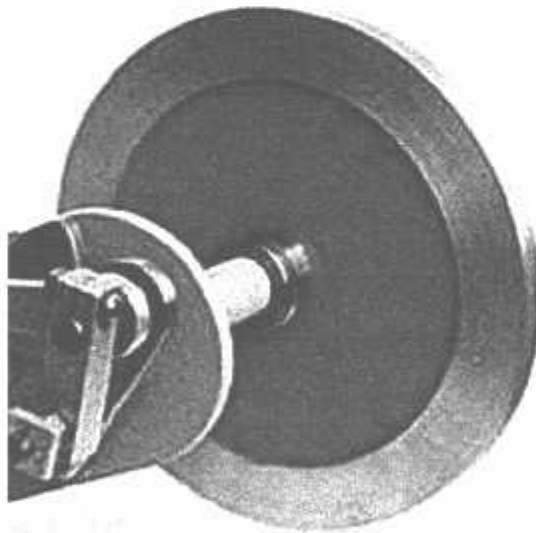
Memiliki sudut 90° dan berfungsi untuk mengkonversi gerak lurus dari batang torak piston menjadi putaran pada *flywheel*.



Gambar 3.8
Crankshaft ^[13]

3.4.4 *Flywheel*

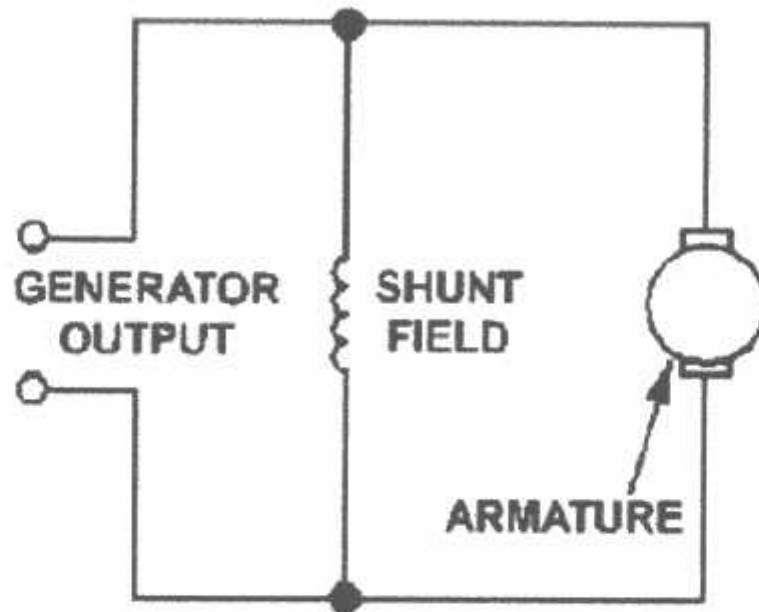
Berfungsi sebagai penyimpan momen inersia dari stirling tersebut yang membantu siklus stirling engine dapat berulang secara terus menerus



Gambar 3.9
Flywheel ^[13]

3.5 Perancangan Pembangkitan Listrik

Konversi daya mekanik yang saya gunakan adalah menggunakan generator DC yang juga dapat berfungsi sebagai motor DC. Pembangkitan listrik dari generator ini menggunakan satu buah generator DC tipe shunt. Shunt generator adalah metode pembangkitan listrik dimana *field winding* dan *armature winding* disambung parallel.

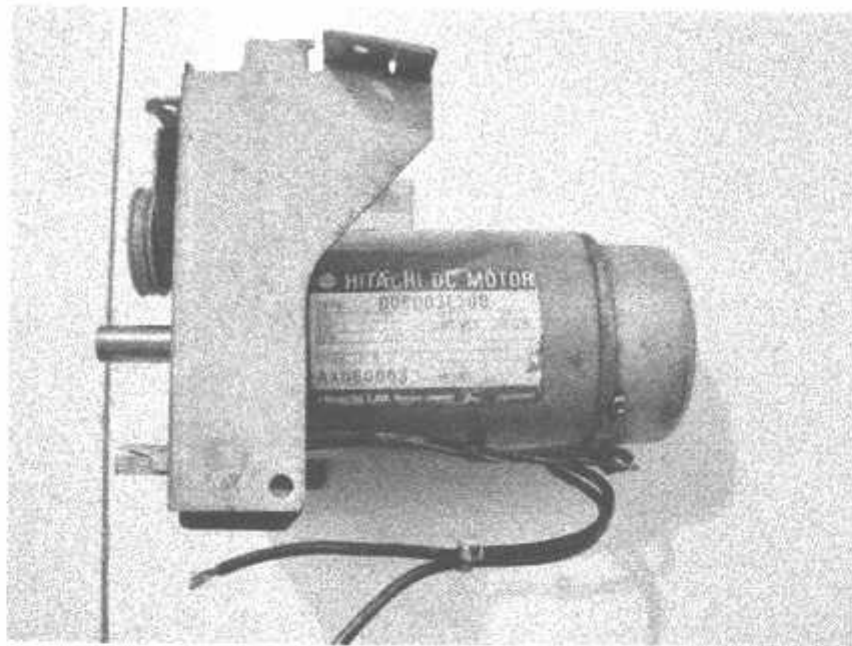


Gambar 3.10
Shunt Generator Diagram ^[16]

Penyusunan skripsi ini menggunakan satu buah generator. Mesin bakar stirling dengan torsi yang dimilikinya dapat menjadi lebih maksimal dengan penggunaan generator dengan torsi yang sebanding pula. Namun hal ini dapat diatasi dengan menggunakan perbandingan rasio pada *gear box*.

3.5.1 Perancangan Generator

Generator yang digunakan pada penyusunan skripsi ini adalah generator DC yang dapat dilihat pada gambar 3.11



Gambar 3.11
Generator Arus Searah^[14]

Generator dengan berat sekitar 1,5 kg ini memiliki spesifikasi 2750 rpm, 30 V dan 2 A. Generator arus searah yang bisa digunakan untuk motor ini menjadi generator yang diuji coba.

Dengan keterangan spesifikasi ini maka bisa dicari nilai dari daya nominalnya yaitu:

$$P = V \times I = 30 \times 2$$

$$= 60 \text{ watt} \dots \dots \dots (3 - 1)$$

Dimana:

P – daya output generator yang dihasilkan (watt)

V = tegangan yang dihasilkan (voltage)

I arus yang dihasilkan (ampere)

Sesuai dengan persamaan (3 - 1) maka torsi dari generator dapat dicari dengan menggunakan persamaan:

$$T = \frac{P}{2\pi n}$$

$$= \frac{60}{2 \times 3,14 \times 2750}$$

$$= 0,0035 \text{ Nm} \dots \dots \dots (3 - 2)$$

Dimana:

T = torsi ($n\cdot m$)

P = daya generator (watt)

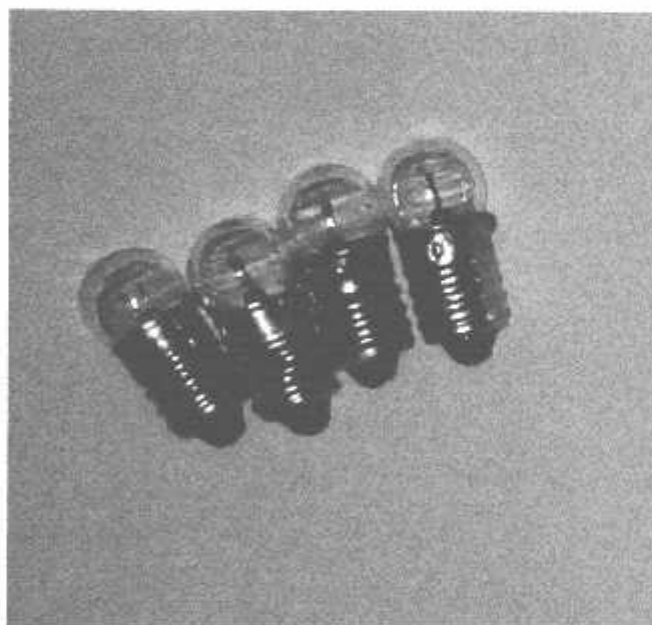
n = putaran generator (rpm)

Maka sesuai dari rumus tersebut, nilai minimal torsi yang dibutuhkan oleh mesin stirling agar dapat memutar generator adalah 0,0035 Nm.

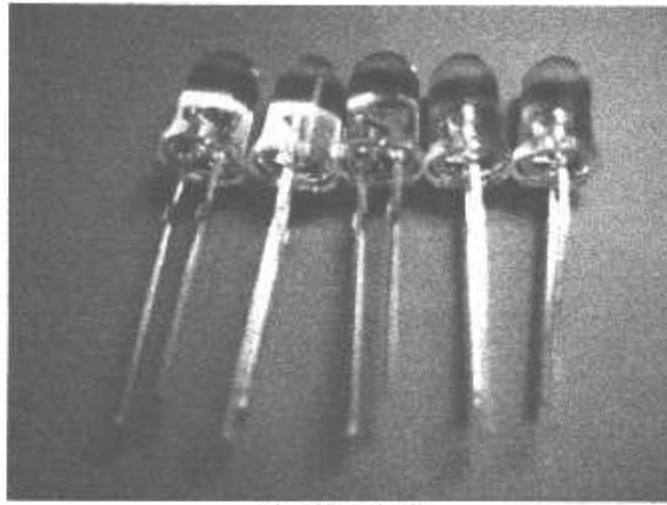
3.5.2 Lampu Sebagai Beban

Dalam percobaan nanti, dua jenis lampu digunakan. Lampu yang pertama adalah 4 lampu tipe bohlam kecil dengan kebutuhan tegangan 2,5 V dan arus 0,3 A. Sedangkan lampu kedua adalah 20 buah lampu tipe LED dengan kebutuhan tegangan 3 V dan arus 0,01 A. Dalam pembebanan inilah dapat diukur arus yang keluar serta pengaruhnya terhadap putaran generator. Pengujian menggunakan lima buah lampu untuk mengukur pengaruh daya pada sebuah generator. Karena perbedaan dalam jumlah beban berarti menambah pula daya yang dibutuhkannya baik tegangan maupun arusnya.

Beban atau indikator yang digunakan pada penyusunan skripsi ini disusun paralel dan menggunakan regulator tegangan.



Gambar 3.12
Lampu bohlam kecil 2,5 V 0,3 A



Gambar 3.13
Lampu LED 3 V 0,01 A

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Biogas

Sesuai dengan perancangan yang telah dibuat sebelumnya, dibuatlah sebuah tangki pencerna dan tangki pengumpul gas berikut ini:



Gambar 4.1
Tangki pencerna dan tangki pengumpul gas

Bahan organik yang digunakan untuk biogas ini berasal dari sisa sampah sayuran. Sampah-sampah seperti ini banyak ditemukan pada rumah tangga, rumah makan, restaurant, cafe dan hotel. Namun untuk memudahkan pencarian dan kemurnian bahan, mengingat kandungan sayur yang masih segar, maka pengambilan bahan diambil dari pasar tradisional.



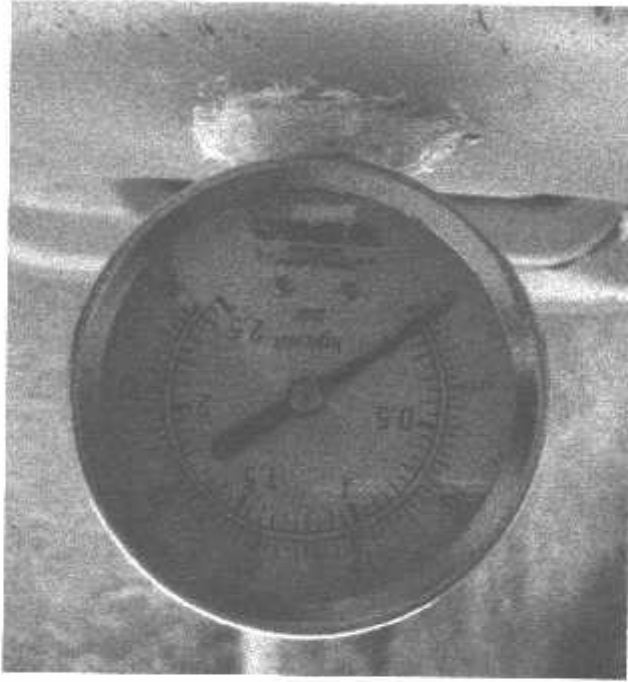
Gambar 4.2
Lokasi pengambilan sisa sampah sayuran

Bahan yang telah dikumpulkan ini kemudian dibersihkan dan dipotong kasar agar mudah untuk dhaluskan.



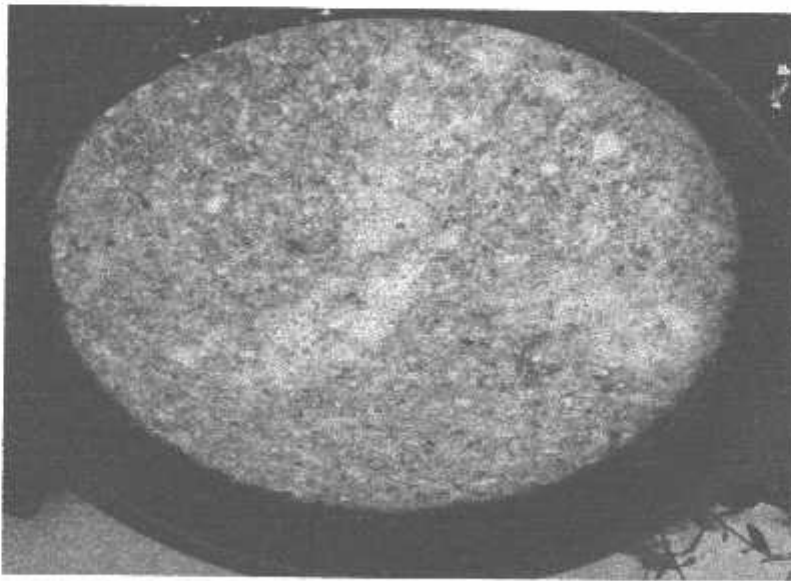
Gambar 4.3
Proses pencucian bahan

Gambar 4.6
Tekanan pada tangki pencernaan



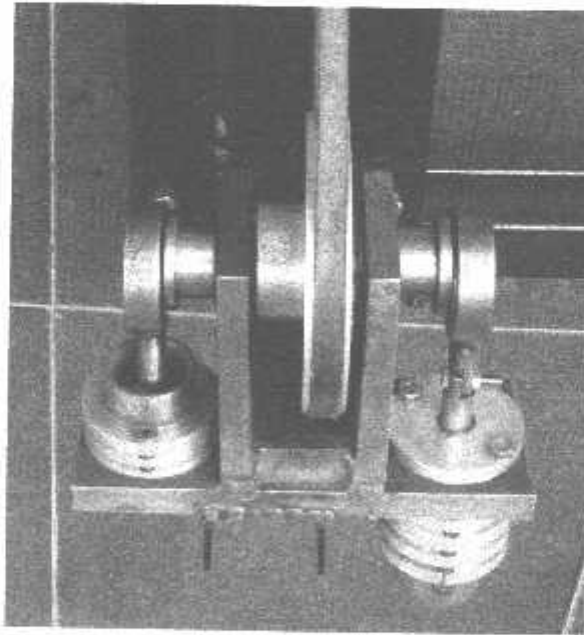
Tambahan yang dimasukkan ke dalam tangki pencernaan adalah starter EM4 untuk mempercepat perkembangan bakteri metanogen. Dari hasil pengujian, biogas yang dihasilkan dari tangki pencernaan memiliki tekanan 0,2 psi dan mampu menyalaikan mesin stirling selama 7 menit.

Gambar 4.5
Bahan yang siap untuk dimasukkan



4.2 Pengujian Mesin Stirling

Dari pengujian yang dilakukan pada mesin stirling dengan tipe gamma, mesin stirling ini diharapkan mampu menunjukkan unjuk kerja yang maksimal dan mampu untuk mencapai putaran yang diharapkan agar dapat membangkitkan listrik pada generator.

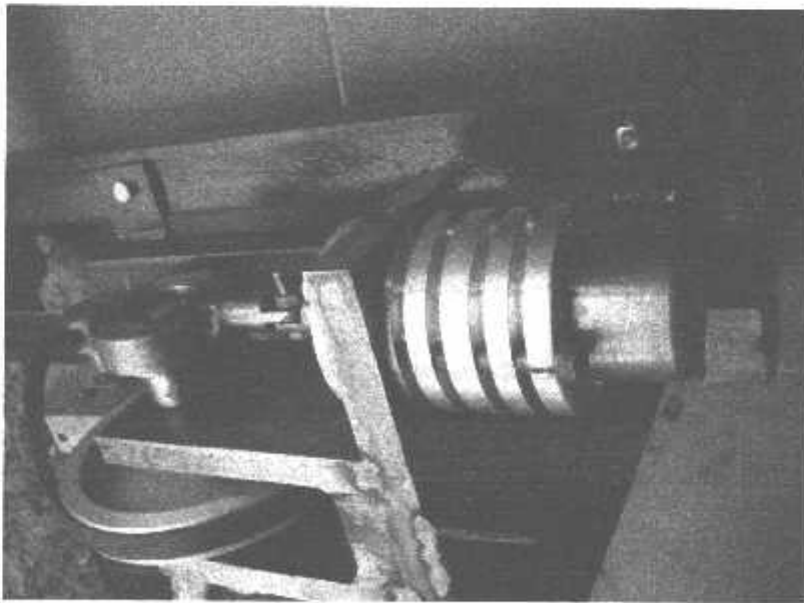


Gambar 4.7
Mesin bakar stirling hasil rancangan

Setelah dilakukan pengujian, terlihat performa stirling bertambah berat saat diberi beban generator. Kecepatan maksimal yang tercatat adalah 386,1 rpm pada generator atau 96,525 rpm pada mesin stirling dengan perbandingan pulley generator dan mesin stirling adalah 4 : 1. Kenaikan percepatan putaran pada stirling juga dipengaruhi oleh panasnya pembakaran dan perbedaan panas yang terjadi pada stirling. Selanjutnya adalah penjelasan mengenai bagian-bagian dari mesin stirling yang telah dibuat:

1. *Displacer piston dan power piston*

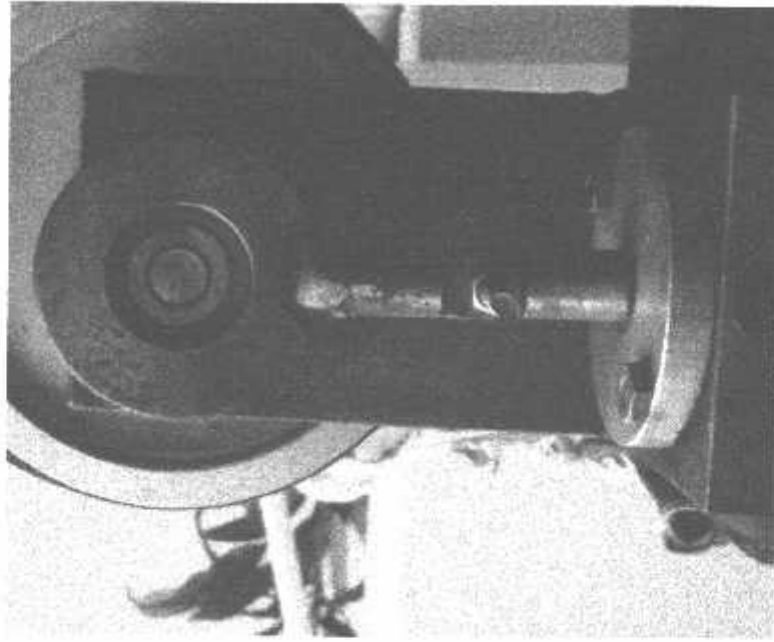
Kedua bagian ini berfungsi untuk menerima panas dan mendinginkan udara secara bersamaan namun secara terpisah. *Displacer piston* memiliki panjang 10 cm dan diameter 4 cm. Sedangkan *power piston* memiliki panjang 6 cm dan diameter 4 cm.



Gambar 4.8
Displacer Piston dan Power Piston

2. *Crankshaft*

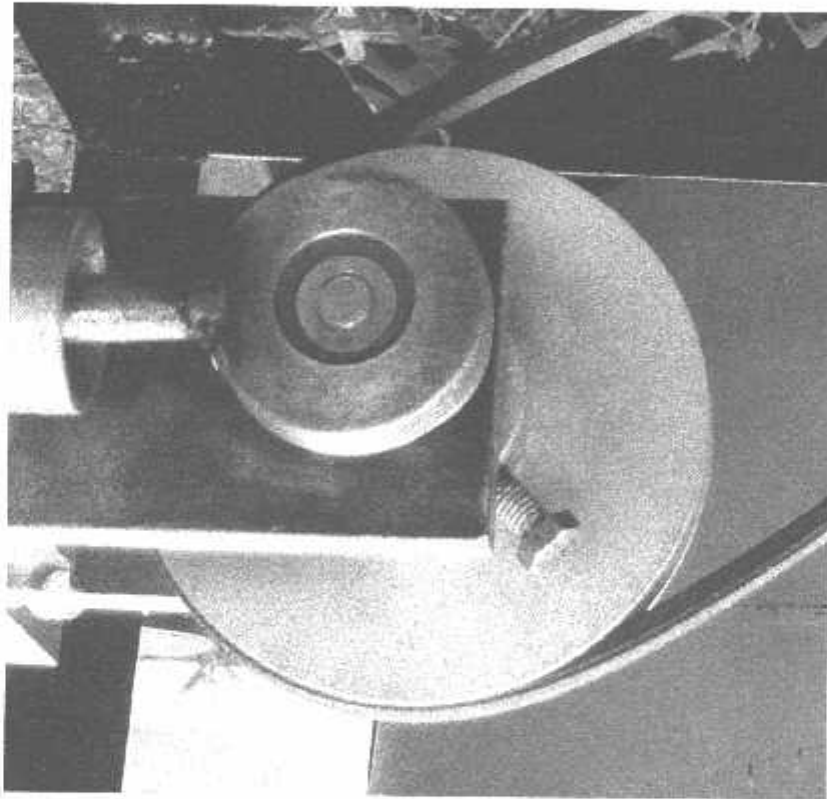
Bagian dari mesin stirling yang terletak di posisi paling atas ini bertugas untuk memanfaatkan momen inersia menjadi gerak putar. Panjang *crankshaft* mencapai 10 cm, *crankshaft* memiliki sudut 90° sehingga mampu untuk memutar siklus antara *displacer* dan *power piston*.



Gambar 4.9
Crankshaft

Berbentuk menyerupai velg sebuah motor, *Flywheel* berfungsi untuk menerima dan mengembalikan momen inersia agar siklus terus berlanjut. Memiliki diameter 10 cm. *Flywheel* merupakan salah satu bagian yang penting dalam pengujian ini karena beratnya sangat mempengaruhi torsi yang dimiliki oleh mesin sehingga akan berdampak juga pada pilihan rasio perbandingan terhadap generator. Apabila terlalu besar, maka displacer piston belum tentu bisa melakukan siklus, namun apabila terlalu kecil tidak akan mampu memutar generator, apalagi generator yang besar.

3. *Flywheel*



Gambar 4.10
Flywheel

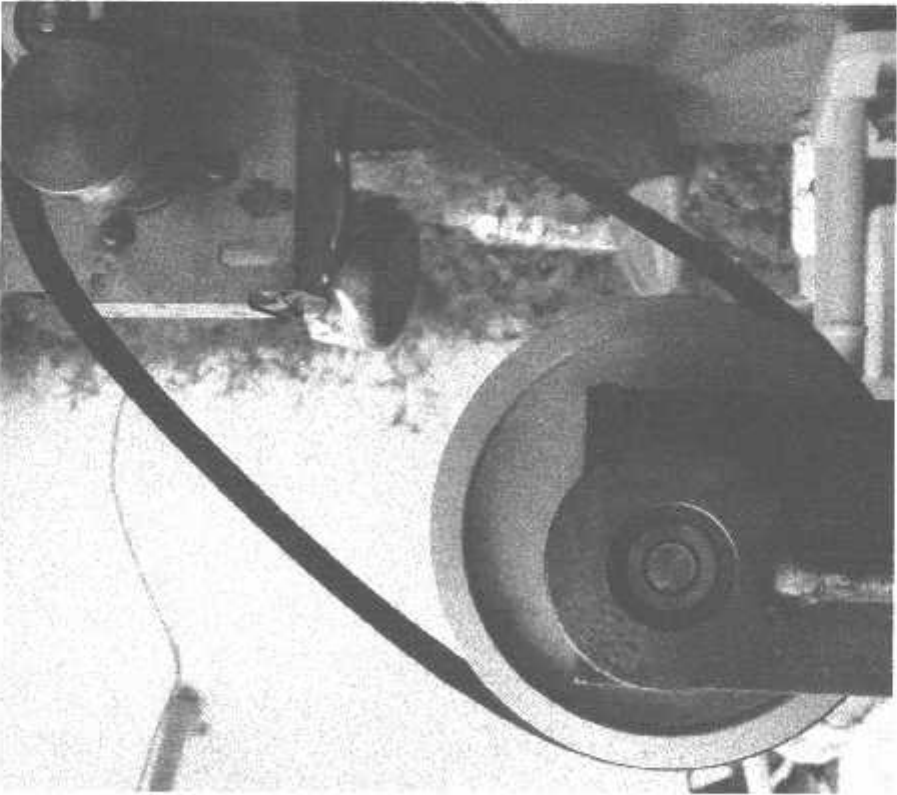
4. Perbandingan pulley

Pulley yang digunakan pada alat ini dihubungkan ke generator menggunakan van belh dengan perbandingan 1 : 4 (diameter pulley stirling 10 cm dan diameter pulley generator 2,5 cm)



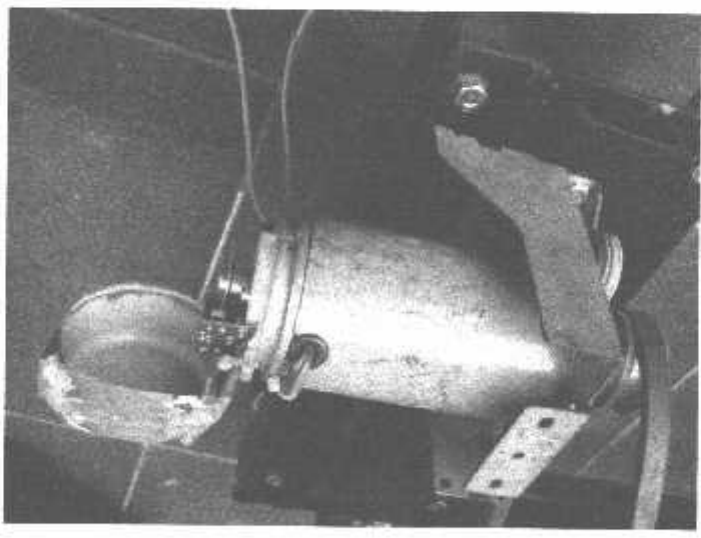
Gambar 4.12
Jumlah Putaran Generator

Gambar berikut adalah putaran generator yang dihasilkan saat tidak diberi beban.



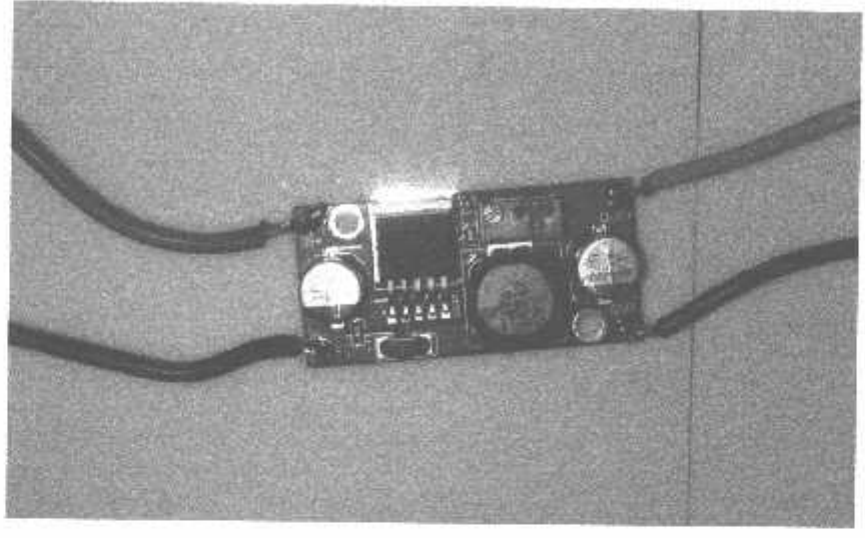
Gambar 4.11
Pulley Dengan Rasio 1 : 4

4.3 Pengujian Generator dan Beban
 Pada subbab ini dilakukan pengujian untuk mengetahui daya output generator dengan variasi beban yang berbeda.



Gambar 4.13 Generator DC 2750 rpm, 30 V, 2 A yang digunakan

Untuk menghindari tegangan yang berlebihan pada lampu sehingga menyebabkan elemen lampu rusak, maka ditambahkan regulator tegangan jenis *buck converter* sebagai penurun tegangan DC tipe LM2596. Regulator ini nantinya diatur pada tegangan 3 V sesuai kebutuhan lampu.



Gambar 4.14 Buck Converter Tipe LM2596

Tabel berikut berisi hasil pengukuran dari tegangan yang keluar pada saat generator dinyalakan. Dalam pengujian ini uji coba dilakukan dengan jumlah beban yang semakin meningkat antara satu hingga dua puluh buah. Percobaan dilakukan menggunakan lampu LED kapasitas 3 V dan 0,01 A.

Tabel 4.1

Hasil pengukuran pada lampu 3 V 0,01 A

Jumlah lampu	Tegangan Generator (V)	Tegangan Regulator (V)	Arus (A)	Daya (W)
1	4,91	3	0,01	0,0491
2	4,85	3	0,02	0,097
3	4,81	3	0,03	0,1443
4	4,74	3	0,04	0,1896
5	4,7	3	0,05	0,235
6	4,65	3	0,06	0,279
7	4,6	3	0,07	0,279
8	4,52	3	0,08	0,322
9	4,47	3	0,09	0,3616
10	4,43	3	0,1	0,4023
11	4,33	3	0,11	0,443
12	4,3	3	0,12	0,4763
13	4,2	3	0,13	0,516
14	4,19	3	0,14	0,546
15	4,15	3	0,15	0,5866
16	4,06	3	0,16	0,6225
17	3,99	3	0,17	0,6496
18	3,82	3	0,18	0,6783
19	3,71	3	0,19	0,6876
20	3,59	2,93	0,2	0,7049

Dari tabel diatas dapat dilihat pertambahan arus setiap beban ditambahkan. Dapat dilihat bahwa semakin beban ditambah, maka semakin menurun pula tegangan yang dapat dihasilkan oleh regulator. Akan tetapi arus yang dikeluarkan oleh generator juga bertambah seiring bertambahnya beban dan kebutuhan arus. Berikut adalah grafik dari hasil pengukuran tegangan generator, tegangan regulator, arus dan daya yang didapatkan dari perkalian tegangan generator dan arus yang telah dihitung.

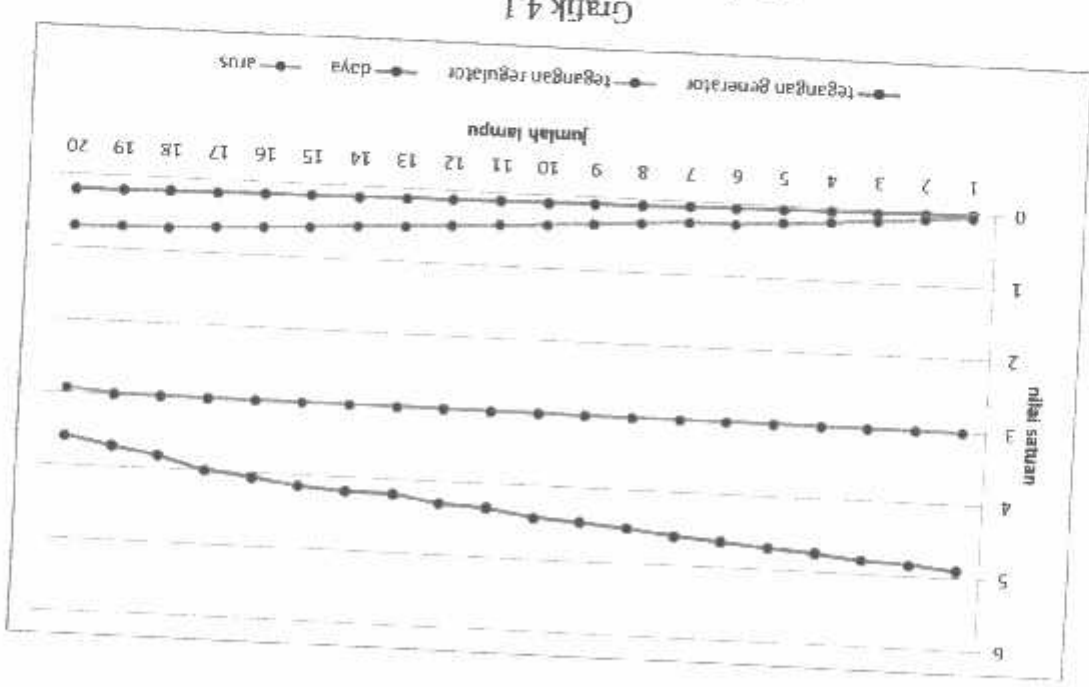
Dari tabel diatas, dapat dilihat penurunan daya pada lampu kelima seling dengan menurunnya tegangan. Puncak daya dapat dilihat pada lampu keempat dengan total 1,58 watt. Nilai daya diambil dari perkalian antara tegangan generator dan arus. Sama seperti percobaan menggunakan lampu pertama, arus bertambah seling dengan bertambahnya beban. Berikut adalah grafik dari tabel percobaan diatas.

Beban	Tegangan Generator (V)	Tegangan Regulator (V)	Arus (A)	Daya (W)
0 lampu	4,92	2,5	0	0
1 lampu	3,81	2,5	0,28	0,95
2 lampu	2,81	2,5	0,54	1,49
3 lampu	2,35		0,64	1,50
4 lampu	2,23		0,71	1,58
5 lampu	1,88		0,79	1,32

Tabel 4.2
Hasil pengukuran pada lampu 2,5 V 0,03 A

Percobaan berikut untuk mengetahui daya maksimal yang dapat dihasilkan generator

Berikut adalah percobaan menggunakan lampu 2,5 volt dan 0,3 ampere. Hasil percobaan lampu 3 V 0,01 A



- BAB V**
- PENUTUP**
- 5.1 Kesimpulan**
- Dari perancangan dan pembuatan rancang bangun pembangkit listrik biogas sampah organik skala rumah tangga ini, maka dapat ditarik berbagai kesimpulan sebagai berikut:
1. Dari hasil perancangan dan pembuatan *digester* 120 liter, dengan kapasitas tersebut didapatkan pembakaran biogas dapat menyala selama 7 menit untuk memutar mesin stirling.
 2. Dari perancangan dan pembuatan mesin stirling, mesin ini dapat memutar generator dengan rasio gear 1 : 4 dan menghasilkan kecepatan hingga 386,1 rpm.
 3. Generator arus searah yang digunakan untuk membangkitkan listrik dan diberi beban lampu, berdasarkan pengukuran mampu membangkitkan daya hingga 1,58 Watt.
- 5.2 Saran**
1. Sebaiknya dalam pembuatannya, biogas dikontrol penuh dan terus diawasi perkembangannya, karena hanya dengan cara tersebutlah, didapat biogas dengan jumlah yang diinginkan. Ini tentu saja menjadi hal penting dalam pengembangannya kedepan.
 2. Mesin stirling perlu perhitungan lebih spcstik lagi dalam perencanaannya. Pemilihan material serta pemilihan tipe mesin, serta jenis pembakaran yang dikehendaki akan membuat kinerja stirling lebih baik lagi.
 3. Pemilihan generator dan rasio gear yang sesuai merupakan aspek penting. Karena kecepatan generator sangat bergantung pada mesin stirling. Tidak menutup kemungkinan suatu saat semua kebutuhan energi bergantung kepada energi terbarukan atau *renewable energy*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wahyuni, Sri. 2012. *Menghasilkan biogas dari aneka limbah*. Agromedia Pustaka, Jakarta.
- [2] Hesty F, Joke P. *Rancang bangun prototipe pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH)*. PENS-ITS, Surabaya.
- [3] Ridlo, D.R. (2012). Pengendalian Kecepatan Motor Arus Searah Seri dengan DC Chopper. Skripsi pada Universitas Indonesia Depok.
- [4] http://en.howtopedia.org/wiki/How_to_Build_the_ARTI_Compact_Biogas (diakses 6 juni 2014)
- [5] <http://majalahenergi.com/forum/energi-baru-dan-terbarukan/energi-suya/mcsin-stirling-pembangkit-energi> (diakses 6 juni 2014)
- [6] <http://www.enccookbook.com/CCStirlingModels.htm>(diakses 6 juni 2014)
- [7] http://www.mpoweruk.com/stirling_engine.htm (diakses 6 juni 2014)
- [8] <http://www.usstudy.in/node/3944> (diakses 6 juni 2014)
- [9] <http://elektronika-dasar.web.id/teori-elektronika/prinsip-kerja-motor-dc/> (diakses 6 juni 2014)
- [10] http://pl.wikipedia.org/wiki/Pilik:Kommutator_universalmotor_stab.jpg (diakses 6 juni 2014)
- [11] <http://majujayamakmurco.indonetwork.co.id/3870485/tong-plastik-kapasitas-60kg.htm> (diakses 6 juni 2014)
- [12] <http://www.robertstirlingengine.com/other.php> (diakses 6 juni 2014)
- [13] <http://www.ohio.edu/mechanical/stirling/engines/gamma.html> (diakses 6 juni 2014)
- [14] <http://www.kaskus.co.id/thread/00000000000000000016567530/high-power-motor-dc> (diakses 6 juni 2014)
- [15] <http://k杞ara-shop.com/article/132910/biogas--panduan-membuat-biogas-sendiri-sebagai-alternatif-pengganti-gas-elpiji-dan-sumber-lampu-penerangan.html> (diakses 6 juni 2014)
- [16] <http://www.rfcate.com/references/electrical/NEETS-Modules/NEETS-Module-05-1-11-1-20.htm> (diakses 6 juni 2014)

LAMPPIRAN





BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama : REZA KAUTSAR ROSADY
NIM : 11.12.913

Program studi :

Teknik Elektro S-1

Konsentrasi :

Teknik Energi Listrik

Masa Bimbingan :

Semester Genap 2013-2014

Judul :

RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK BIOGAS
SAMPAH ORGANIK SKALA RUMAH TANGGA

Dipertahankan Dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada:

Pada Hari : Kamis

Tanggal : 14 Agustus 2014

Dengan Nilai : 81 (A)

Panitia Ujian Skripsi:

Majelis Ketua Penguji,


M. Ibrahim Ashari, ST, MT
NIP.P. 1030100358

Sekretaris Majelis Penguji,


Dr. Eng. Arwanto Soetedjo, ST, MT
NIP.Y.1030800417

Anggota Penguji:

Penguji I,


Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT
NIP. 196105031992021001

Penguji II,


Ir. M. Abdul Hamid, MT
NIP.Y. 1018800188



FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI

Dalam pelaksanaan skripsi jenjang Strata Satu (S-1) Program Studi Teknik Elektro Konsentrasi Teknik Energi Listrik, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa:

Nama : REZA KAUTSAR ROSADY

NIM : 11.12.913

Program studi : Teknik Elektro S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Judul : RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK BIOGAS

SAMPAH ORGANIK SKALA RUMAH TANGGA

Tanggal	Uraian	Paraf
Pengujian I (04-04-2015)	Tujuan kedua telah disesuaikan dengan hasil yang tercantum dalam kesimpulan	
	Pengujian beban dilakukan secara paralel	

Disetujui:

Dosen Penguji I,

Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT
 NIP. 196105031992021001

Mengetahui:

Dosen Pembimbing I,

Ir. Yusot Ismail Nakhoda, MT
 NIP. Y. 1018800189

Dosen Pembimbing II,

Ir. Ni Patu Agustini, MT
 NIP. Y. 1030100371



FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI

Dalam pelaksanaan skripsi jenjang Strata Satu (S-1) Program Studi Teknik Elektro Konsentrasi Teknik Energi Listrik, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa:

Nama : **REZA KAUTSAR ROSADY**
 NIM : **11.12.913**

Program studi : **Teknik Elektro S-1**
 Konsentrasi : **Teknik Energi Listrik**

Judul : **RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK BIOGAS**
SAMPAH ORGANIK SKALA RUMAH TANGGA

Tanggal	Uraian	Paraf
Pengujian II (04-04-2015)	Tujuan kedua telah disesuaikan dengan hasil yang tercantum dalam kesimpulan	
	Pengujian beban dilakukan secara paralel	

Disetujui:

Dosen Penguji II,

Ir. M. Abdul Hamid, MT
 NIP.Y. 1018800188

Mengetahui:

Dosen Pembimbing I,

Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
 NIP.Y. 1018800189

Dosen Pembimbing II,

Ir. Ni Putu Agustini, MT
 NIP.Y. 1030100371



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Formulir Perbaikan Ujian Skripsi!

Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Jangjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T. Energi Listrik / T. Elektronika / T. Infokom, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

NAMA : REZA KUTSAN
NIM : 1112013
Perbaikan meliputi

- Tujuan karya tulis sesuai dg hasil
- uraian masalah dan pembahasan (banyak)
- Analisis dan saran tujuan
- konsep, pengujian bahan & instrumen
- secara umum

Malang

(Handwritten signature)



Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Jurusan Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T. Energi Listrik / T. Elektronika / T. Informatika, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

NAMA : Raza Lantoso
NIM : 1112913
Perbaikan meliputi :

- Hasil Pengujian Kelistrikan nya.
- Dst dan tahanan off. hntkan listrik.
- Sesuai off. jangkanya, maka has
- ada ukuran (tangan) basanya
- peralatannya.

Malang, 14-08-2014



MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI
 SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2013-2014

Nama Mahasiswa : Reza Kautsar Rosady
 NIM : 1112913
 Nama Pembimbing : Ir. Yusuf Ismail Nahkoda, MT
 Judul Skripsi : Rancang Bangun Pembangkit Listrik Biogas
 Menggunakan Sampah Organik Skala Rumah Tangga

Minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu	Materi Bimbingan	Paraf
1	Selasa / 1 April 14	12.00 - 13.00	Pembahasan dtd skripsi	
2	Kamis / 10 April 14	12.00 - 13.00	Penggunaan Starting Engine Sebagai Pembangkit	12/4
3	Kam / 16 April 14	12.00 - 13.00	Disusi fire Starting	
4	Selasa / 22 April 14	12.00 - 13.00	Pembahasan dan Rancangan	
5	Jumata / 2 April 14	12.00 - 13.00	Pembahasan Rancangan	
6	Sabtu / 10 April 14	12.00 - 13.00	Pembahasan Rancangan	
7	Son / 19 April 14	12.00 - 13.00	Pembahasan Rancangan	

Malang,
 Pembimbing

Ir. Yusuf Ismail Nahkoda, MT
 NIP.P.1018800189



MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI

SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2013-2014

Nama Mahasiswa : Reza Kautsar Rosady
 NIM : 1112913
 Nama Pembimbing : Ir. Yusuf Ismail Nahkoda, MT
 Judul Skripsi : Rancang Bangun Pembangkit Listrik Biogas Menggunakan Sampah Organik Skala Rumah Tangga

Minggu	Kc-	Hari, Tanggal	Waktu Bimbingan	Materi Bimbingan	Paraf
8		Senin / 21 Mei 14	10.00 - 12.00	Peta lokasi lokasi	
9					
10					
11					
12					
13					
14					

22/6

Malang,
 Pembimbing

Ir. Yusuf Ismail Nahkoda, MT
 NIP.P.1018800189



MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2013-2014

Nama Mahasiswa :
 NIM :
 Nama Pembimbing :
 Judul Skripsi :

Reza Kautsar Rosady :
 1112913 :
 Ir. Ni Putu Agustini, MT :
 Rancang Bangun Pembangkit Listrik Biogas
 Menggunakan Sampah Organik Skala Rumah Tangga

Minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu	Materi Bimbingan	Paraf
1	28 Apr	12.00 - 13.00	Bimbingan Bab I dan konsultasi Alat	
2	5 Mei	12.00 - 13.00	Revisi Glue 3 dan Diskusi Bahan Baku	
3	12 Mei	12.00 - 13.00	Pengalaman Bab II	
4	19 Mei	12.00 - 13.00	Pengalaman Bab II	
5	26 Mei	12.00 - 13.00	Pengalaman Bab II	
6				
7				

Malang,
 Pembimbing

Ir. Ni Putu Agustini, MT
 NIP. 1030100371

2013/6

2014



MONITORING KEHADIRAN SKRIPSI
SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2013-2014

Nama Mahasiswa : Reza Kautsar Rosady
 NIM : 1112913
 Nama Pembimbing : Ir. Yusuf Ismail Nahkoda, MT
 Tempat Skripsi : Laboratorium Konversi Energi Listrik
 Judul Skripsi : Rancang Bangun Pembangkit Listrik Biogas

Menggunakan Sampah Organik Skala Rumah Tangga

Minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Kehadiran	Kegiatan/Aktivitas	Paraf Ka. Lab.
1	Rabu 9 Apr	12.00 - 15.00	Mengadakan Bab I	
2	Kamis 14 Apr	12.00 - 15.00	Mengadakan Bab II	
3	Selasa 22 Apr	12.00 - 15.00	Mengadakan Bab II	
4	Rabu 24 Apr	12.00 - 15.00	Perkenalan Alat	
5	Selasa 29 Apr	12.00 - 15.00	Mengadakan Bab III	
6	Senin 5 Mei	12.00 - 15.00	Mengadakan Bab III	
7	Rabu 14 Mei	12.00 - 15.00	Mengadakan Bab III	

Reza

Malang,
 Kepala Laboratorium Konversi Energi



MONITORING KEHADIRAN SKRIPSI

SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2013-2014

Nama Mahasiswa : Reza Kautsar Kosady
 NIM : 1112913

Nama Pembimbing : Ir. Yusuf Ismail Nahkoda, MT
 Tempat Skripsi : Laboratorium Konversi Energi Elektrik
 Judul Skripsi : Rancang Bangun Pembangkit Listrik Biogas

Menggunakan Sampah Organik Skala Rumah Tangga

Ke-Minggu	Hari, Tanggal	Waktu Kehadiran	Kegiatan/Aktivitas	Paraf Ka.Lab.
8	Selasa 2 Juni 12:00 - 15:00		Rancangan Bch IV	
9				
10				
11				
12				
13				
14				

2/6

Malang,
 Kepala Laboratorium Konversi Energi

Ir. M. Abdul Hamid, MT
 NIP. V.1018800188



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
 FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
 INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
 Kampus II : Jl. Raya Karanglo Km. 2 Malang

MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI
SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2013-2014

Nama Mahasiswa : Reza Kausar Rosady
 NIM : 1112915
 Nama Pembimbing : Ir. Ni Putu Agustini, MT
 Tempat Skripsi : Laboratorium Konversi Energi Elektrik
 Judul Skripsi : Rancang Bangun Pembangkit Listrik Biogas

Menggunakan Reaktor
 Menggunakan Skala Rumah Tangga

Minggu	Kc-	Hari, Tanggal	Waktu	Kegiatan/Aktivitas	Paraf Kalab.
1		Rabu 9 Apr	10.00 - 15.00	Mengunjungi Bab I	
2		Kamis 10 Apr	12.00 - 15.00	Mengunjungi Bab II	
3		Selasa 22 Apr	12.00 - 15.00	Mengunjungi Bab II	
4		Rabu 23 Apr	12.00 - 15.00	Rancangan Alat	
5		Selasa 29 Apr	12.00 - 15.00	Mengunjungi Bab III	
6		Senin 5 Mei	12.00 - 15.00	Mengunjungi Bab III	
7		Rabu 10 Mei	12.00 - 15.00	Mengunjungi Bab III	

Malang,
 Kepala Laboratorium Konversi Energi

Ir. M. Abdul Hamid, MT
 NIP. Y. 1018800188

2/2/14



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
 FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
 INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
 Kampus II : Jl Raya Karanglo Km. 2 Malang

MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2013-2014

Nama Mahasiswa : Reza Kautsar Rosady
 NIM : 1112913
 Nama Pembimbing : Ir. Ni Putu Agustini, MT
 Tempat Skripsi : Laboratorium Konversi Energi Listrik
 Judul Skripsi : Rancang Bangun Pembangkit Listrik Biogas

: Reza Kautsar Rosady
 : 1112913
 : Ir. Ni Putu Agustini, MT
 : Laboratorium Konversi Energi Listrik
 : Rancang Bangun Pembangkit Listrik Biogas
 Menggunakan Sampah Organik Skala Rumah Tangga

Minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Kehadiran	Kegiatan/Aktivitas	Paraf Ka.Lab.
8	Selasa 2 Juni	12.00 - 15.00	Pengisian Bab IV	
9				
10				
11				
12				
13				
14				

Malang,
 Kepala Laboratorium Konversi Energi

Ir. M. Abdul Hamid, MT
 NIP.Y.1018800188

20/6

3
2
1
persewaan dari Ketua Prodi Teknik Elektro S-1
13/10/14
Bagi mahasiswa yang telah memenuhi persyaratan mengambil SKRIPSI agar membuat proposal dan mendapat
Catatan:

Mengetahui
Dosen Wali
[Signature]

Disetujui
Ketua Prodi Teknik Elektro S-1
[Signature]
M. Ibrahim Ashari, ST, MT
NIP. P. 1030100358

Pemohon
[Signature]
Pera Kusar P.
Malang, 10 Maret 2014

Recordng Teknik Elektro S-1
[Signature]
Telaah dilihat kebenarannya data tersebut diatas

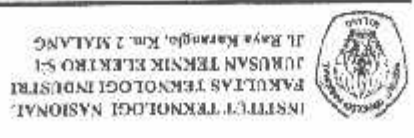
Demikian permohonan ini untuk mendapatkan penyelesaian lebih lanjut dan atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

1. Telah melaksanakan semua praktikum sesuai dengan konsentrasinya
2. Telah lulus dan menyerahkan laporan Praktek Kerja
3. Telah lulus seluruh mata kuliah keahlian (MKK) sesuai konsentrasinya
4. Telah mencapai matakuliah > 134 sks dengan IPK > 2 dan tidak ada nilai E
5. Telah mengikuti secara aktif kegiatan seminar Skripsi yang diadakan Jurusan
6. Memenuhi persyaratan administrasi

Adapun persyaratan-persyaratan SKRIPSI adalah sebagai berikut:
yang harus dipenuhi.
Tingkat Sarjana. Untuk melengkapi permohonan tersebut, bersama ini kami lampirkan persyaratan-persyaratan
Dengan ini kami mengajukan permohonan untuk mendapatkan persetujuan untuk membuat SKRIPSI

PERMOHONAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Yang Bertanda Tangan Dibawah Ini:
Nama : *[Signature]*
NIM :
Semester :
Fakultas :
Jurusan :
Konsentrasi :
Alamat :
TEKNIK TELEKOMUNIKASI
TEKNIK KOMPUTER
TEKNIK KOMPUTER DAN INFORMATIKA
TEKNIK ELEKTRONIKA
TEKNIK ENERGI LISTRIK



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
Jl. Raya Karangrejo, Km. 2 MALANG



**BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI
 PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
 Konsentrasi : Teknik Energi Listrik**

1.	Nim	: 1112913	
2.	Nama	: REZA KAUTSAR ROSADY	
3.	Konsentrasi Jurusan	: Teknik Energi Listrik	
4.	Jadwal Pelaksanaan:	29 Maret 2014	Waktu
		09:00	Tempat
			III.14
5.	Judul proposal yang dismutarkan Mahasiswa	RANCANG BANGUN PEMBANGKIT ENERGI LISTRIK SKALA RUMAH TANGGA MENGUNAKAN LIMBAH SAMPAH ORGANIK SEBAGAI BAHAN BAKAR	
6.	Perubahan judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian		
7.	Catatan: <i>Part of pendanaan membutuhkan biaya yang sangat besar kerangnya ditanyakan :</i>	Catatan : <i>- bentuk kajian teknis pokoknya bagus di suatu daerah disertai dengan dewan + dan/ perantara lainnya.</i>	
Persetujuan judul Skripsi			
8.	Disetujui, Dosen Keahlian I	(.....)	(.....)
	Disetujui, Dosen Keahlian II	(.....)	(.....)
8.	Disetujui, Dosen Keahlian III	(.....)	(.....)
	Disetujui, Dosen Keahlian II	(.....)	(.....)
	Mengetahui, Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1	(.....)	(.....)
	M. Ibrahim Ashari, ST, MT NIP. P 1030100358	(.....)	(.....)



Nomor Surat : ITN-070/EL-FT/2014

Lampiran : -
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

Kepada : Yth. Bapak/Ibu Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
Dosen Teknik Elektro S-1
ITN MALANG

Dengan Hormat

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa

Nama : REZA KAUTSAR ROSADY
Nim : 1112913

Fakultas : Teknologi Industri
Program Studi : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada Saudara/ selama masa waktu :

" Semester Genap Tahun Akademik 2013-2014 "

Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima kasih



Menggetahui

Studi Teknik Elektro S-1

M. Ibrahim Ashari, ST, MT

NIP.P. 1030100338



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Kampus II - Jl. Raya Karang 0 Km 7 Telp. (0341) 417616 Malang

Lampiran

: 1 (satu) berkas

Pembimbing Skripsi

Kepada : Yuli Bapak/Ibu Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT

Dosen Teknik Elektro S-1

ITN Malang

Yang bertanda tangan di bawah

Nama REZA KAUTSAR ROSADY

Nim

1112913

Jurusan

Teknik Elektro S-1

Konsentrasi

Teknik Energi Listrik

Dengan ini mengajukan permohonan, kiranya Bapak/Ibu bersedia menjadi Dosen Pembimbing untuk penyusunan Skripsi dengan judul :

~~"RANCANG BANGUN PEMBAANGKIT ENERGI LISTRIK SKALA RUMAH-
TANGGA MENGGUNAKAN LIMBAH SAMPAH ORGANIK SEBAGAI BAHAN-
BAKAR"~~ Rancang Bangun Pembangkit Listrik Biogas Menggu-
nakan Sampah Organik Skala Rumah Tongga

Demikian permohonan kami buat dan atas kesediaan Bapak kami ucapkan terima kasih.

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Elektro

S-1

M. Ibrahim Ashari, ST, MT

NIP. 1030100358

NIM. 1112913

REZA KAUTSAR ROSADY

Hormat Kami



PERNYATAAN KESEDIAAN DALAM PEMBIBINGAN SKRIPSI

Sesuai permohonan dari mahasiswa/i :

Nama : **REZA KAUTSAR ROSADY**
Nim : **1112913**
Semester : **VIII (Delapan)**
Jurusan : **Teknik Elektro S-1**
Konsentrasi : **Teknik Energi Listrik**

Dengan ini menyatakan bersedia/tidak bersedia*) Membimbing skripsi dari mahasiswa tersebut, dengan judul :

"RANCANG BANGUN PEMBANGKIT ENERGI LISTRIK SKALA RUMAH TANGGA MENGGUNAKAN LIMBAH SAMPAH ORGANIK SEBAGAI BAHAN BAKAR"

Demikian surat pernyataan ini kami buat agar dapat dipergunakan sebagaimana

*) Coret yang tidak perlu

Hormat Kami

Ir. Yusuf Ismail Nakhola, MT
NIP. Y. 1018800189



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
 FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
 INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
 Kampus II, Jl. Raya Karangrejo Km. 2, Plopo, 0111117615 Malang

Lampiran :

: 1 (satu) berkas

Pembimbing Skripsi

Kepada

: Yth. Bapak/Ibu Ir. Ni Putu Agustini, MT
 Dosen Teknik Elektro S-1
 ITN Malang

Yang bertanda tangan dibawah

Nama : REZA KAITSAR ROSADY
 Nim : 1112913
 Jurusan : Teknik Elektro S-1
 Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Dengan ini mengajukan permohonan, kiranya Bapak/Ibu bersedia menjadi Dosen Pembimbing untuk penyusunan Skripsi dengan judul :

~~"RANCANG BANGUN PEMANGKIT ENERGI LISTRIK SKALA RUMAH-
 TANGGA MENGGUNAKAN LIMBAH SAMPAH ORGANIK SEBAGAI BAHAN-
 BAKAR"~~ Rancang Bangun Pembangkit Listrik Biogas Mangrove
 nakan Sampah Organik Skala Rumah Tangga

Demikian permohonan kami buat dan atas kesediaan Bapak kami ucapkan terima kasih.

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Elektro

S-1

M. Ibrahim Ashari, ST, MT

NIP.P. 1030100358

Hormat Kami

REZA KAITSAR ROSADY

NIM. 1112913



PERNYATAAN KESEDIAAN DALAM PEMBIMBINGAN SKRIPSI

Sesuai permohonan dari mahasiswa/ :

Nama : REZA KAUTSAR ROSADY

Nim : 1112913

Semester : VIII (Delapan)

Jurusan : Teknik Elektro S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

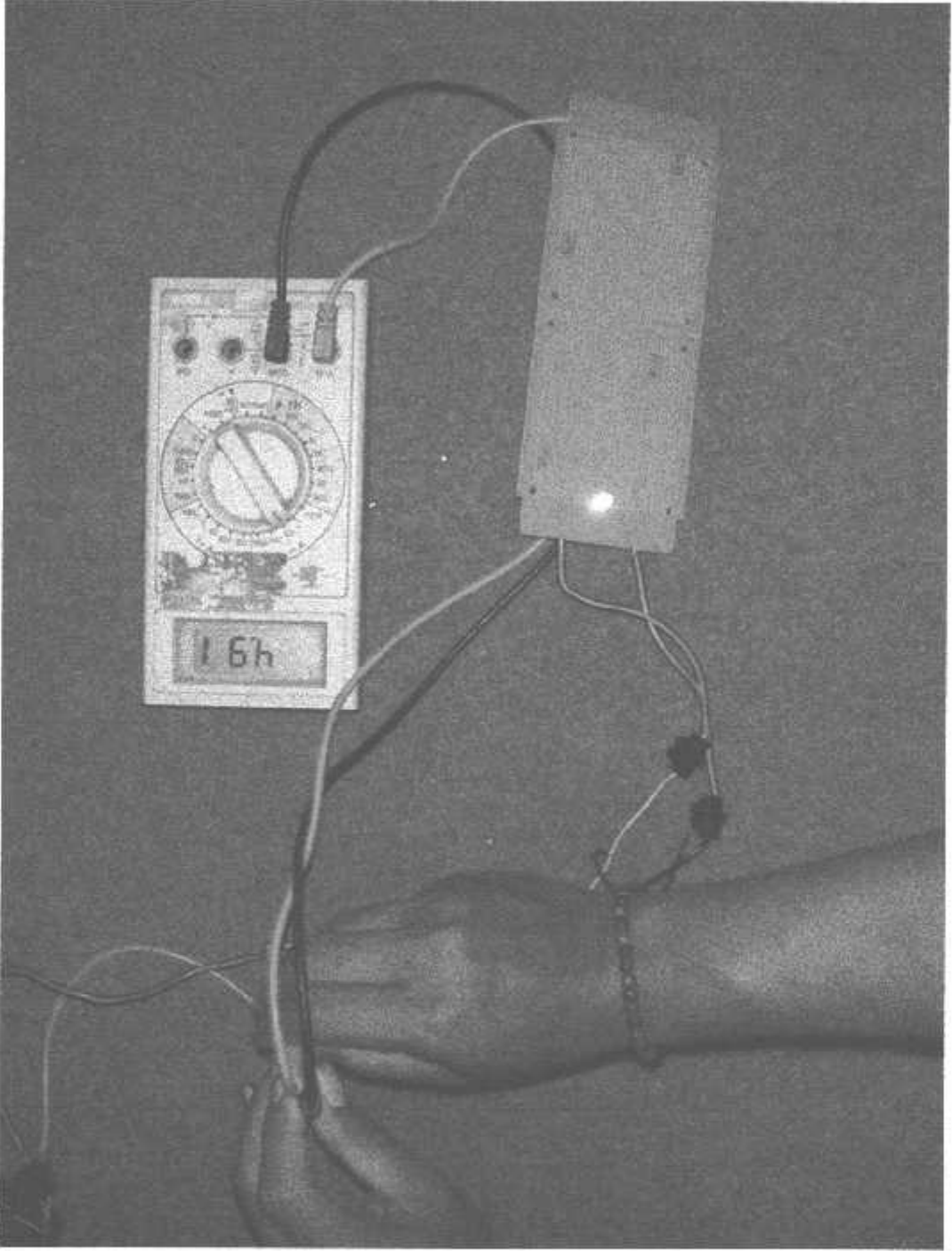
Dengan ini menyatakan bersedia/tidak bersedia (*) Membimbing skripsi dari mahasiswa tersebut, dengan judul :

" RANGKANG BANGUN PEMBANGKIT ENERGI LISTRIK SKALA RUMAH TANGGA MENGUNAKAN LIMBAH SAMPAH ORGANIK SEBAGAI BAHAN BAKAR..

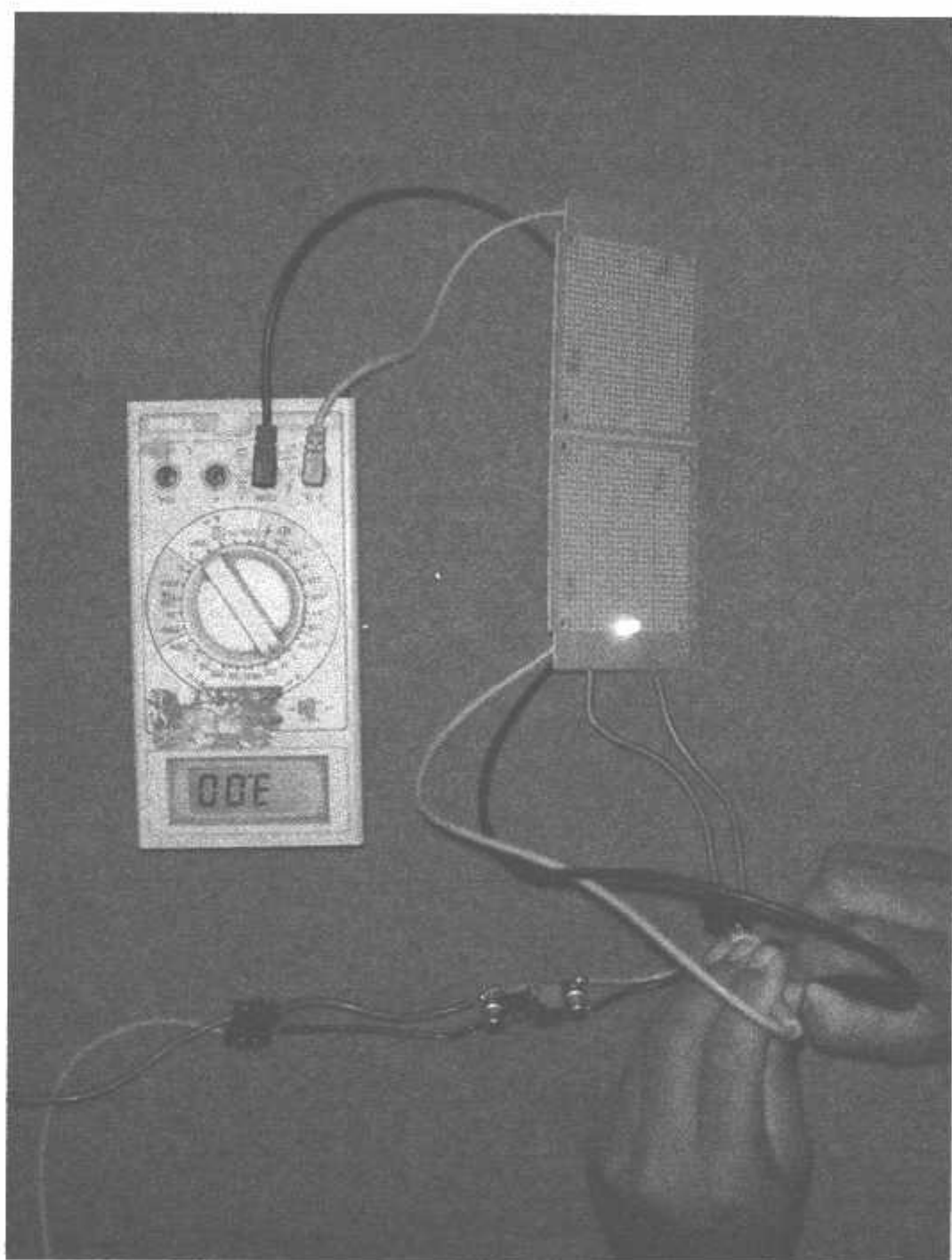
Demikian surat pernyataan ini kami buat agar dapat dipergunakan sebagaimana

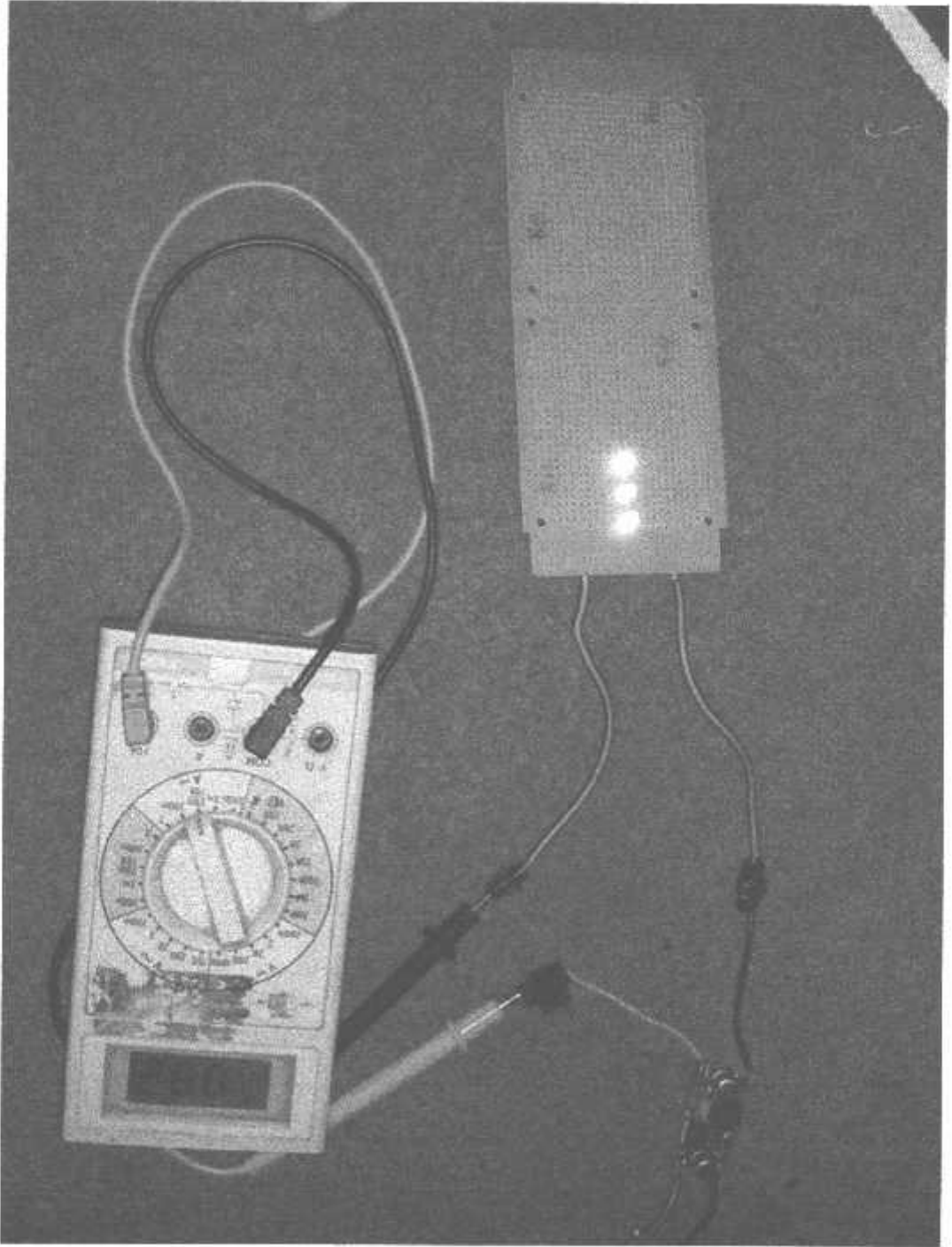

In. Ni Putu Agustini, MT
NIP. A. 1030100371

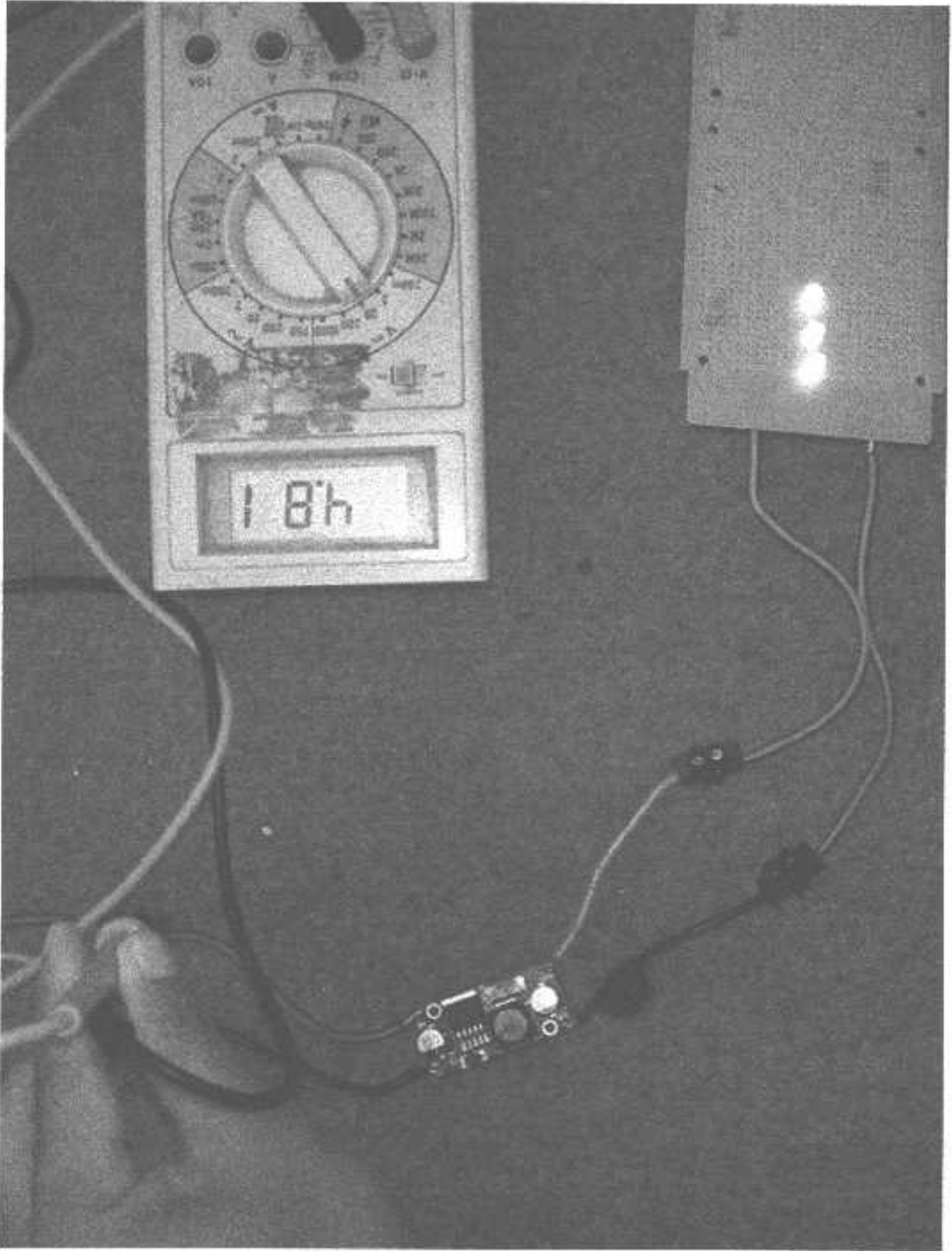
*) (tanda * yang tidak perlu)
lanjut
Setelah disetujui agar formulir ini diserahkan mahasiswa/ yang bersangkutan kepada jurusan untuk diproses lebih
Catatan :

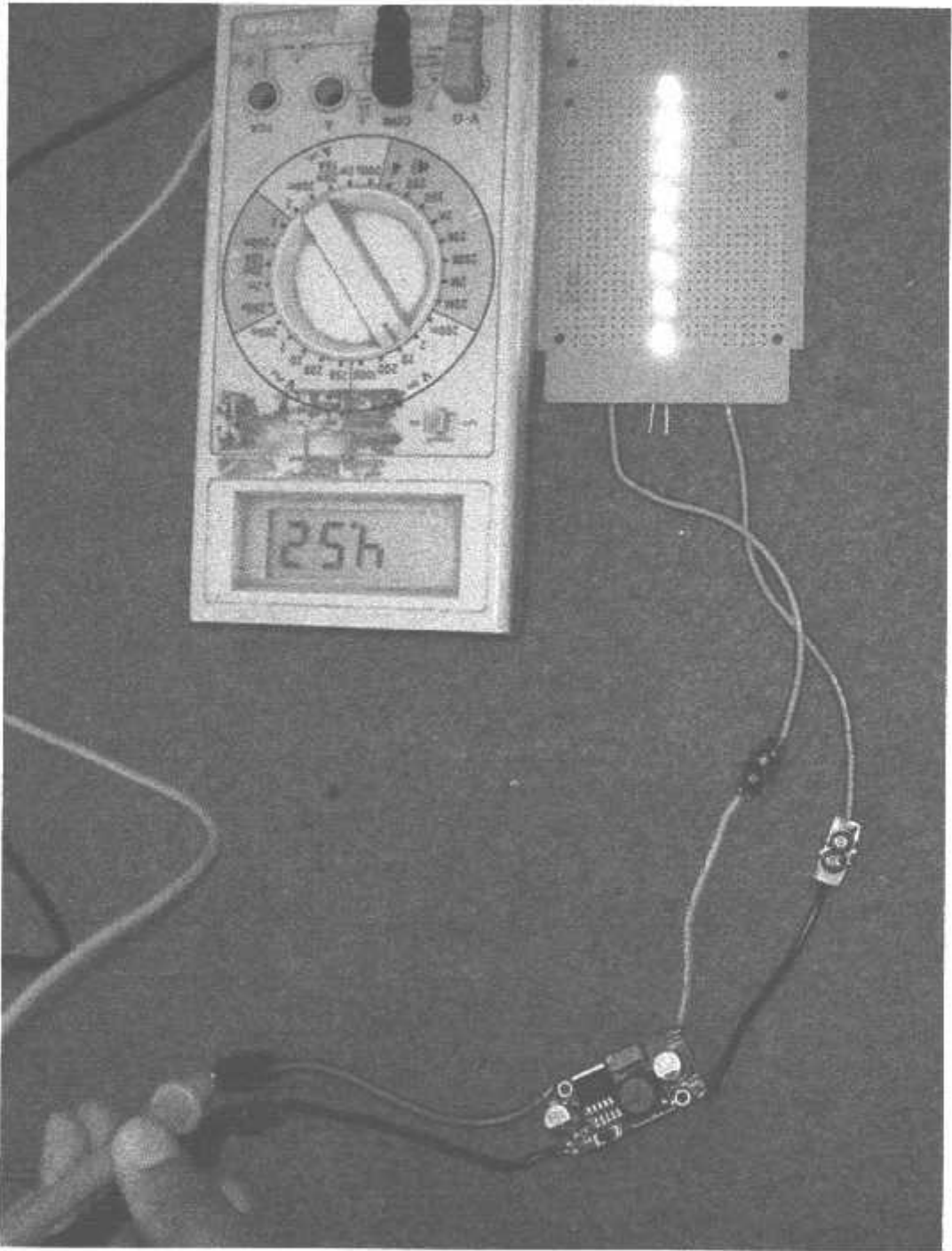


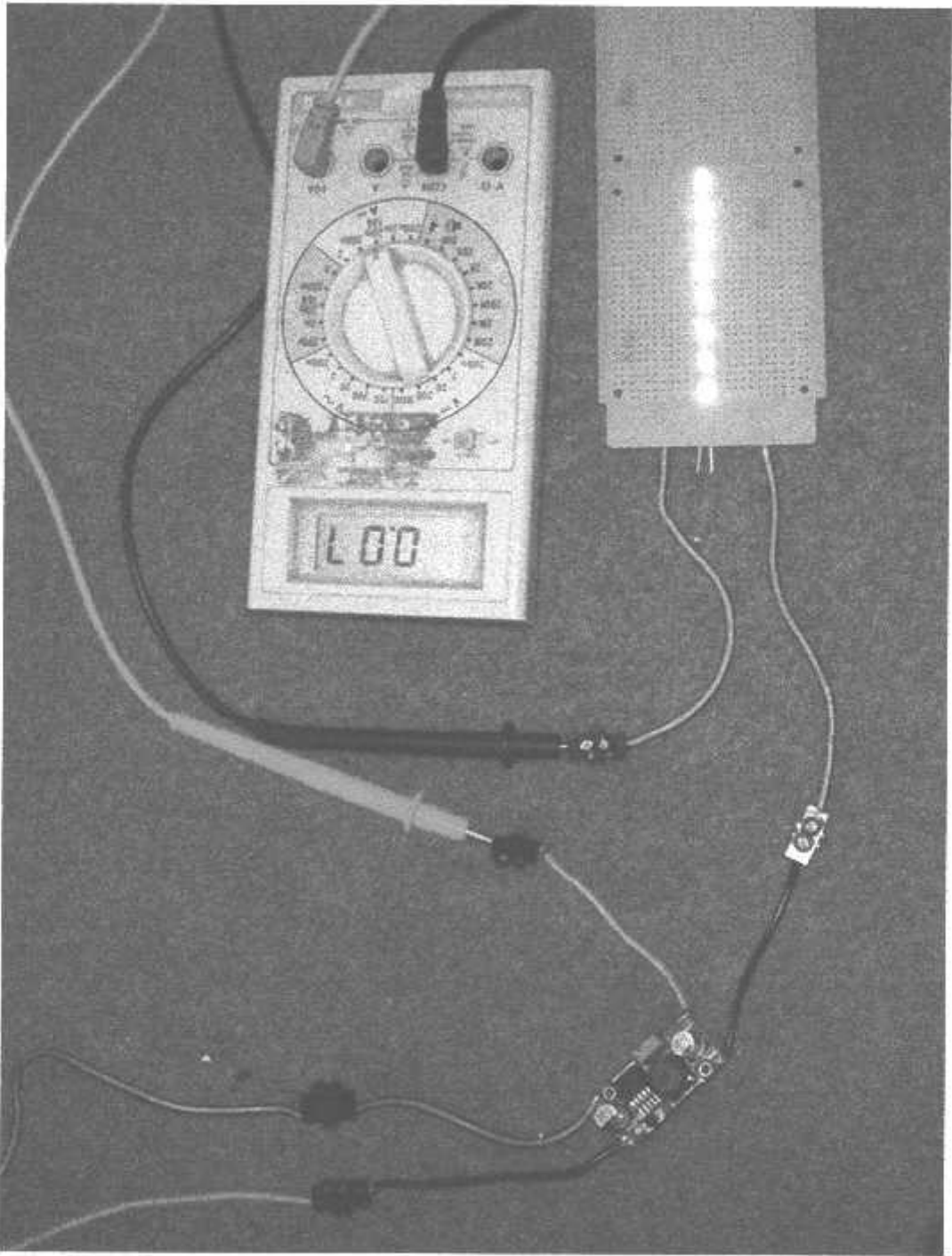
Dokumentasi Pengukuran Tegangan dan Arus

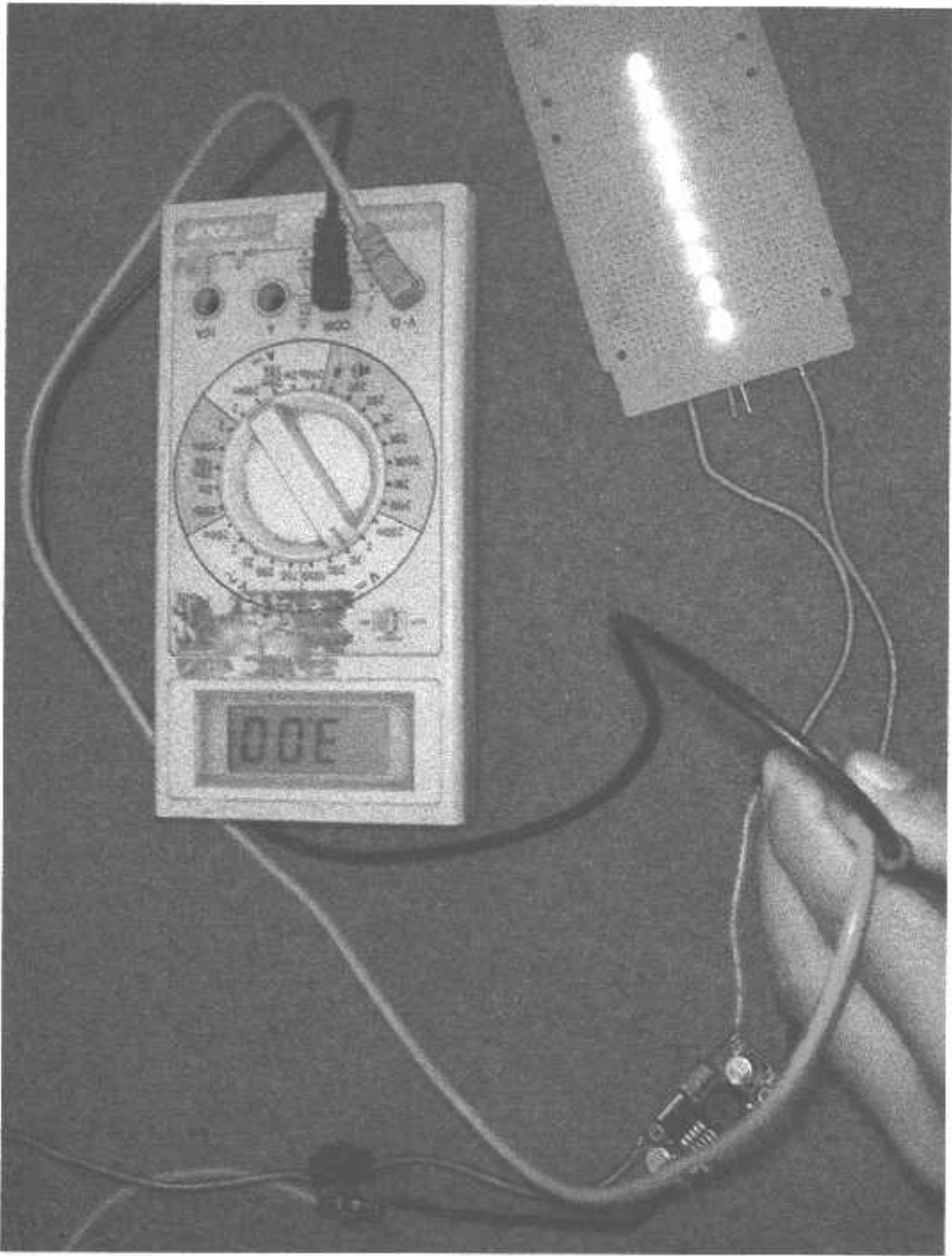


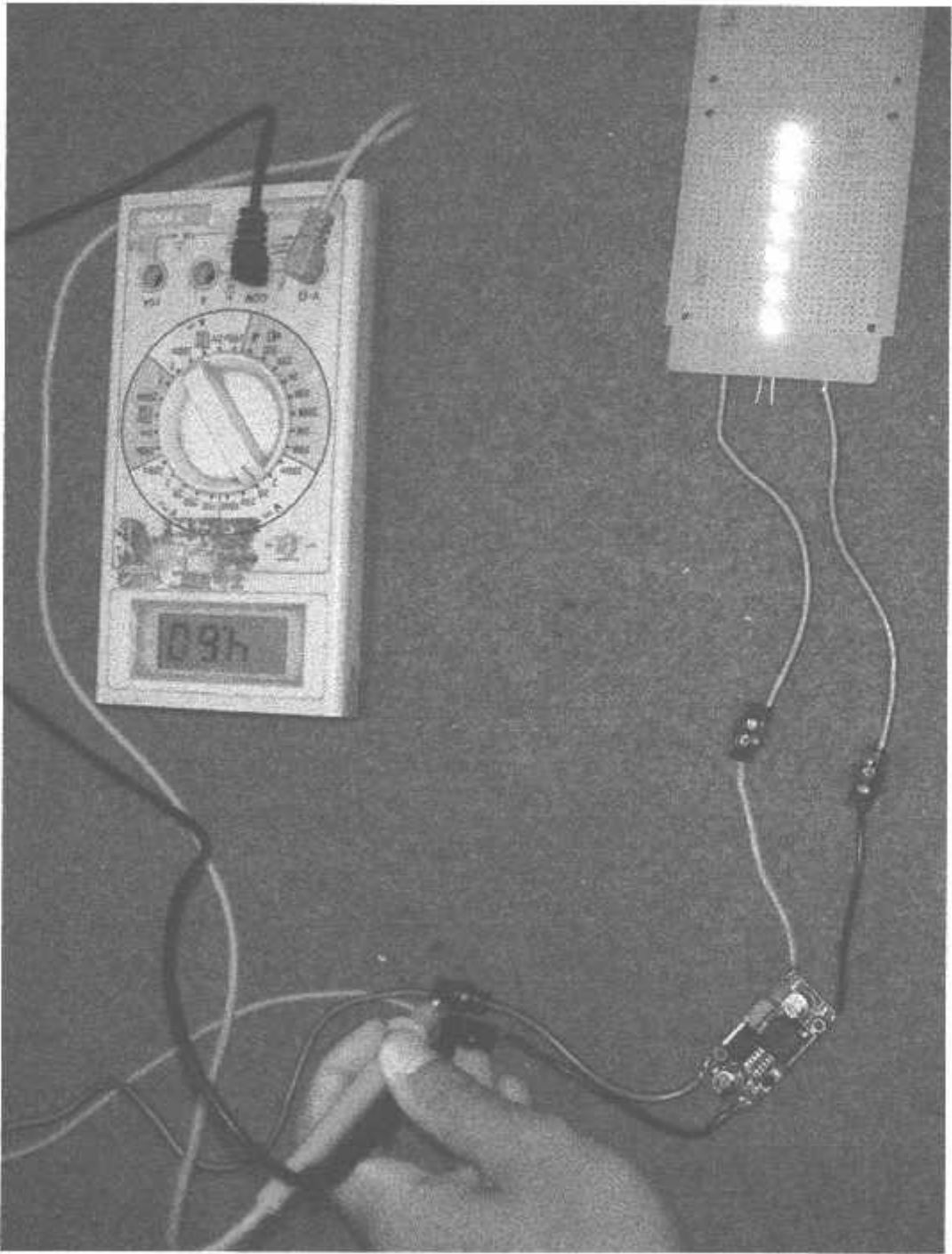


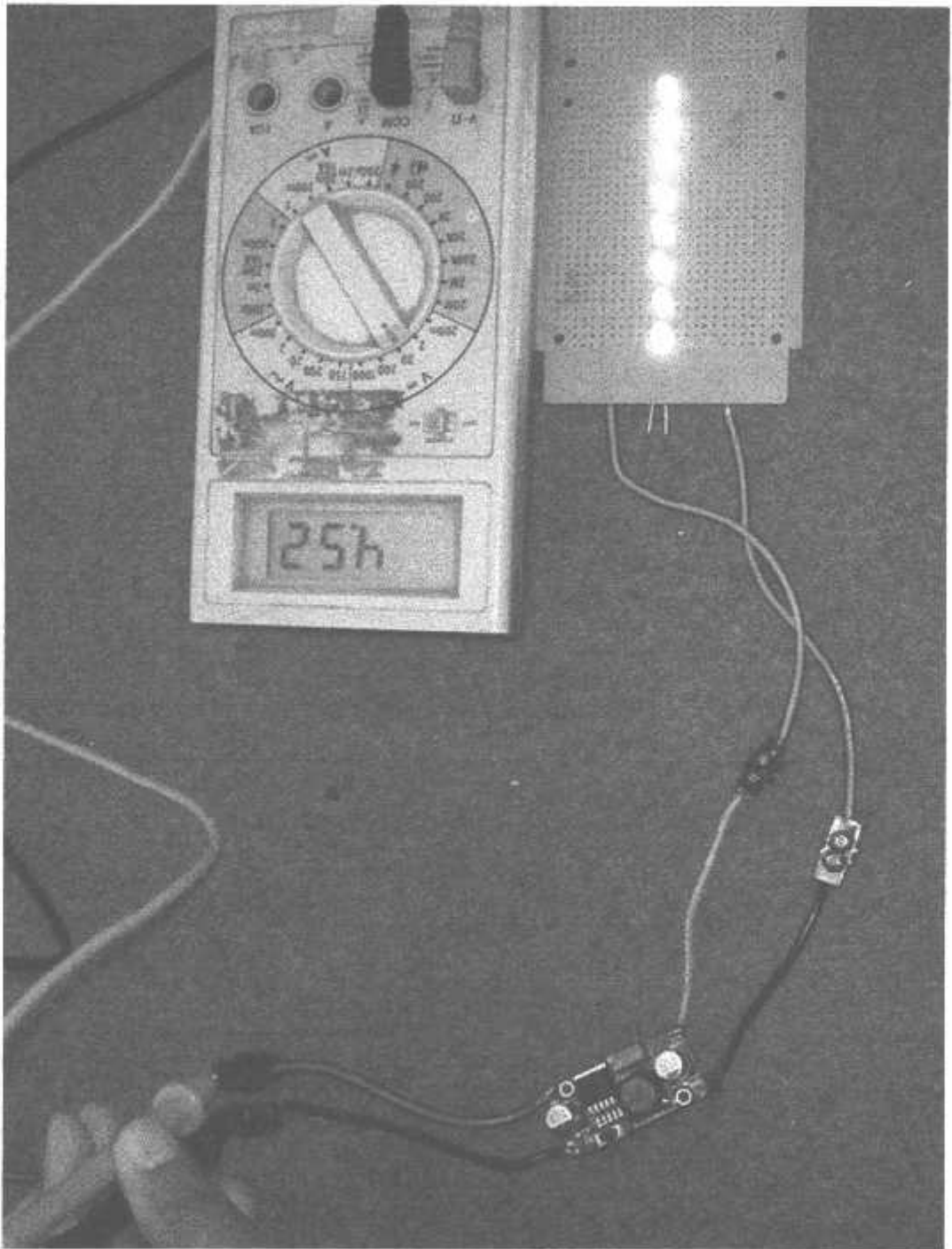


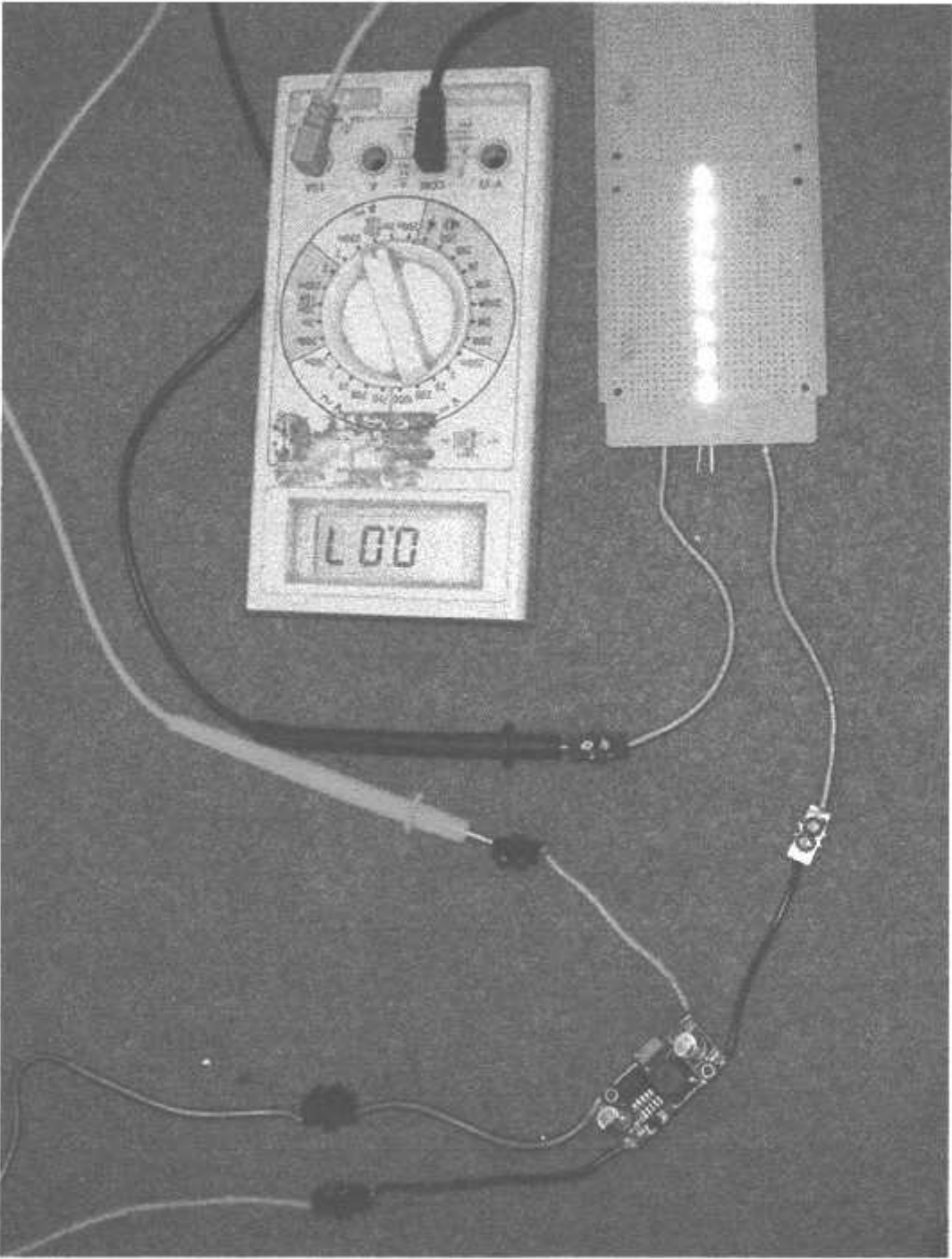


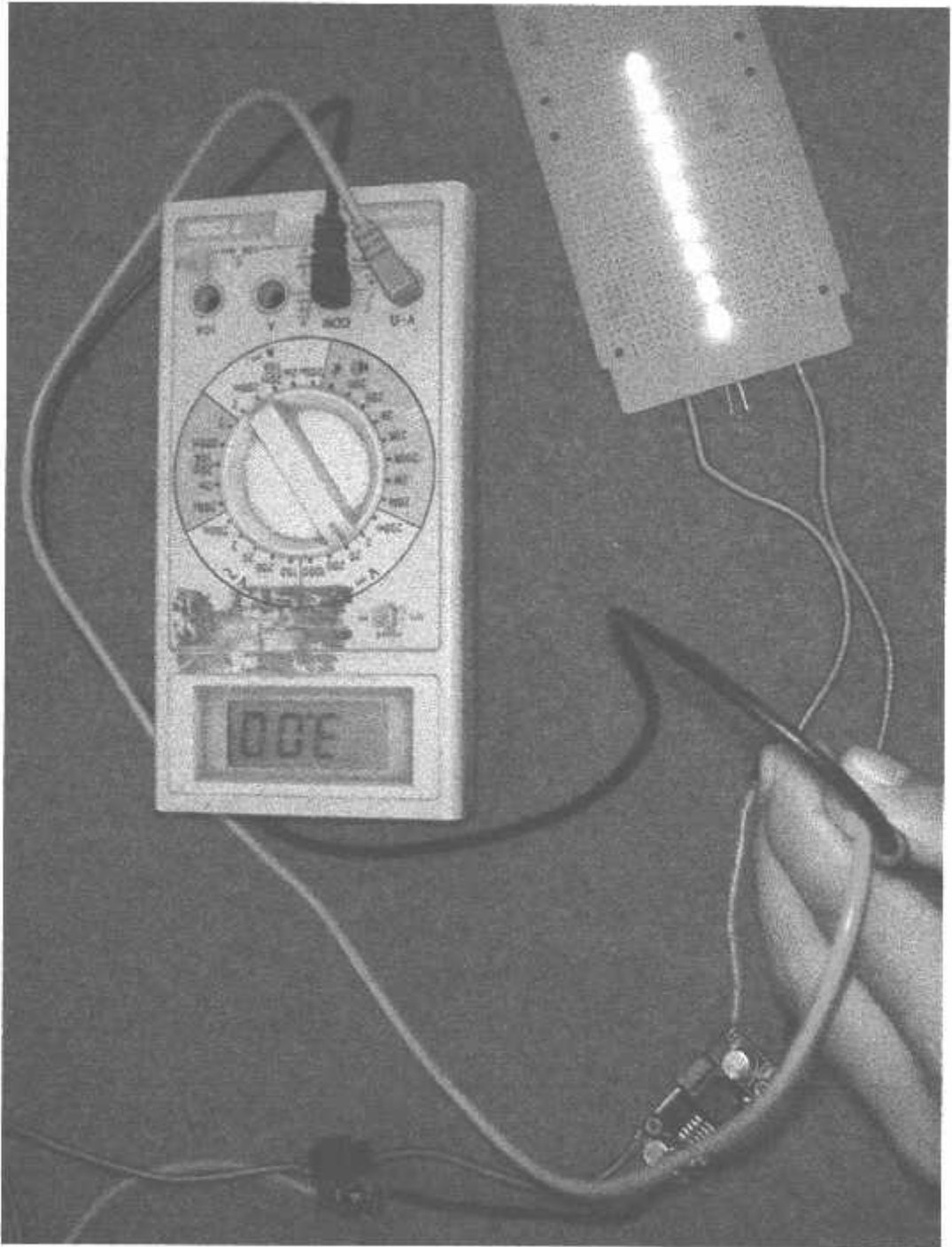


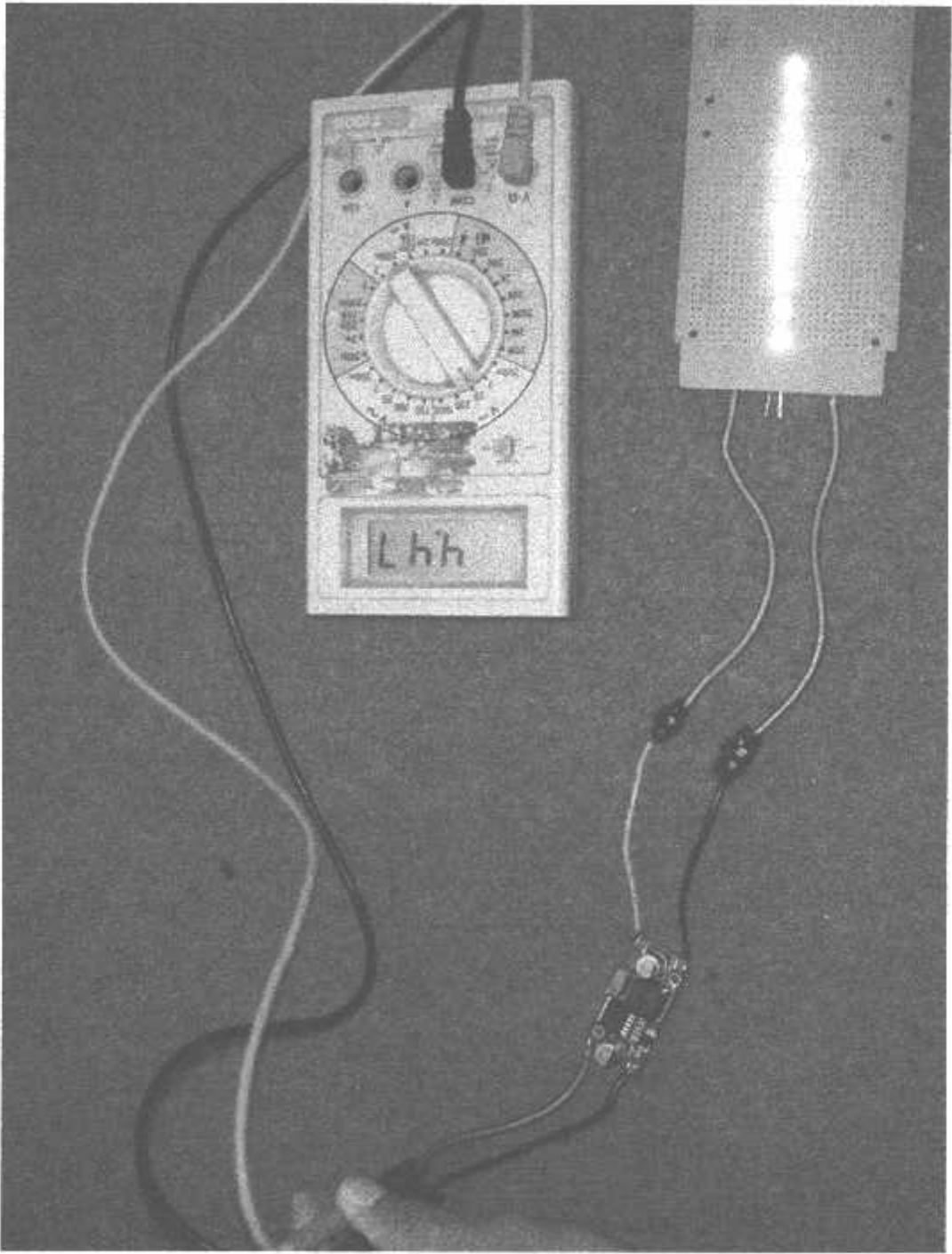


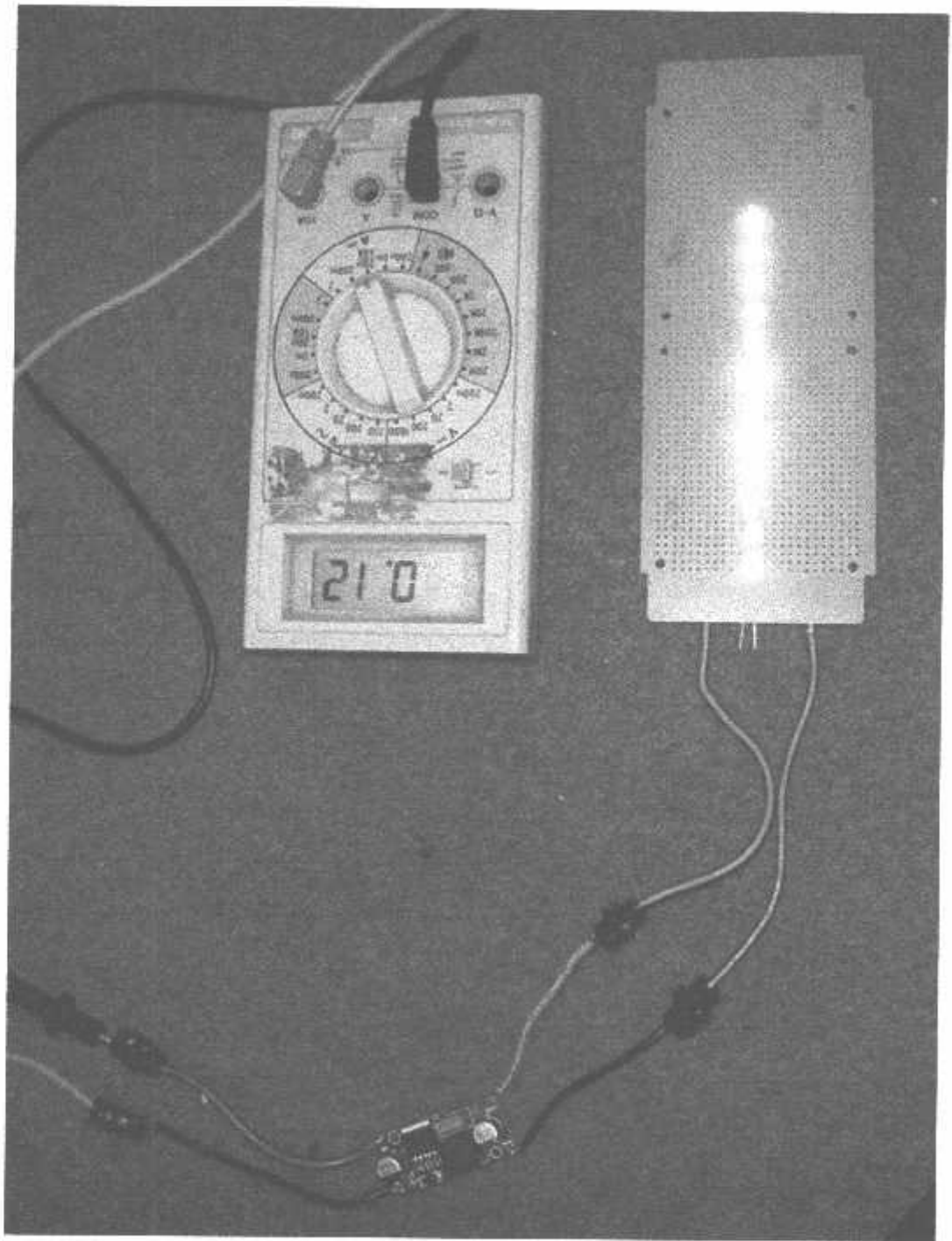


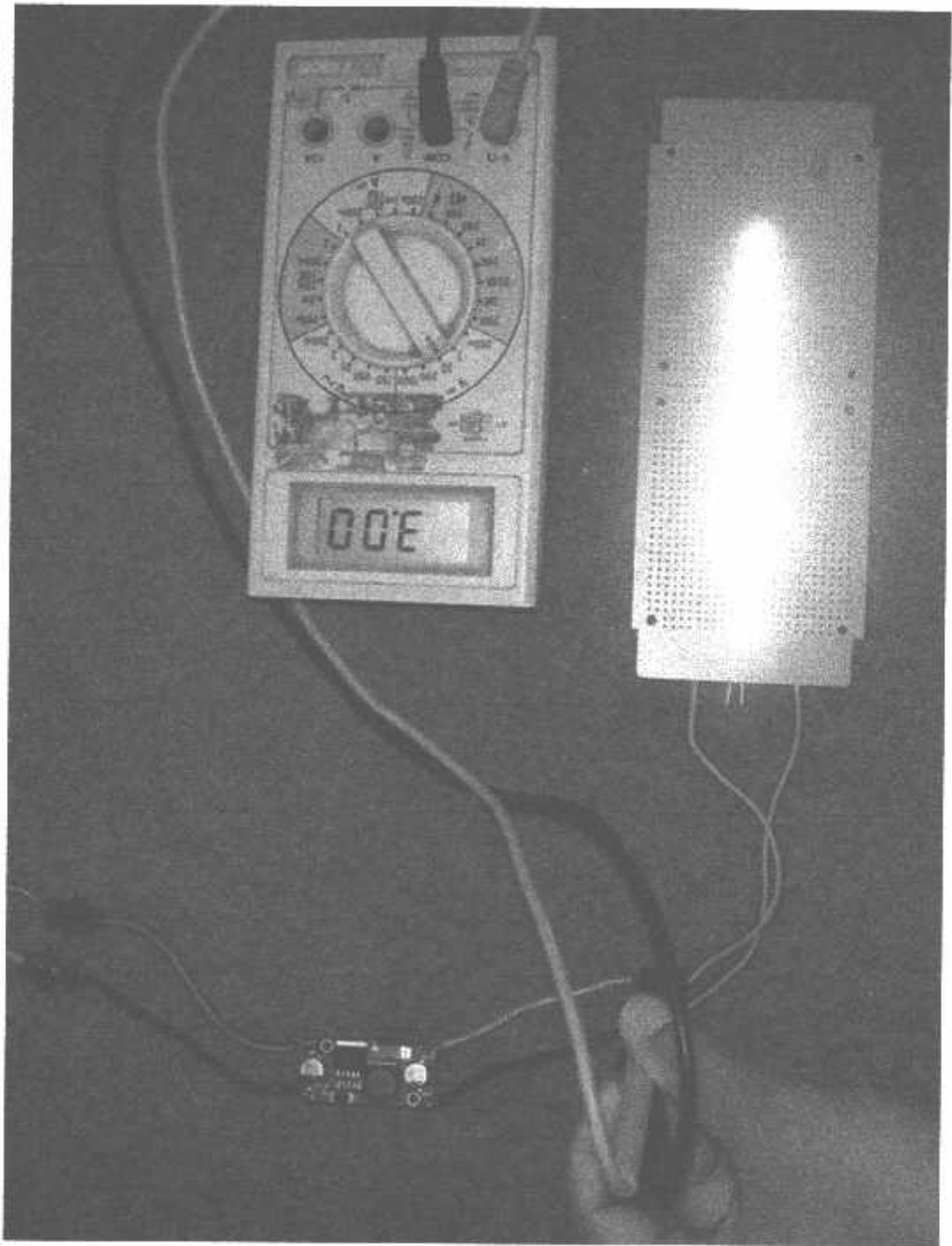


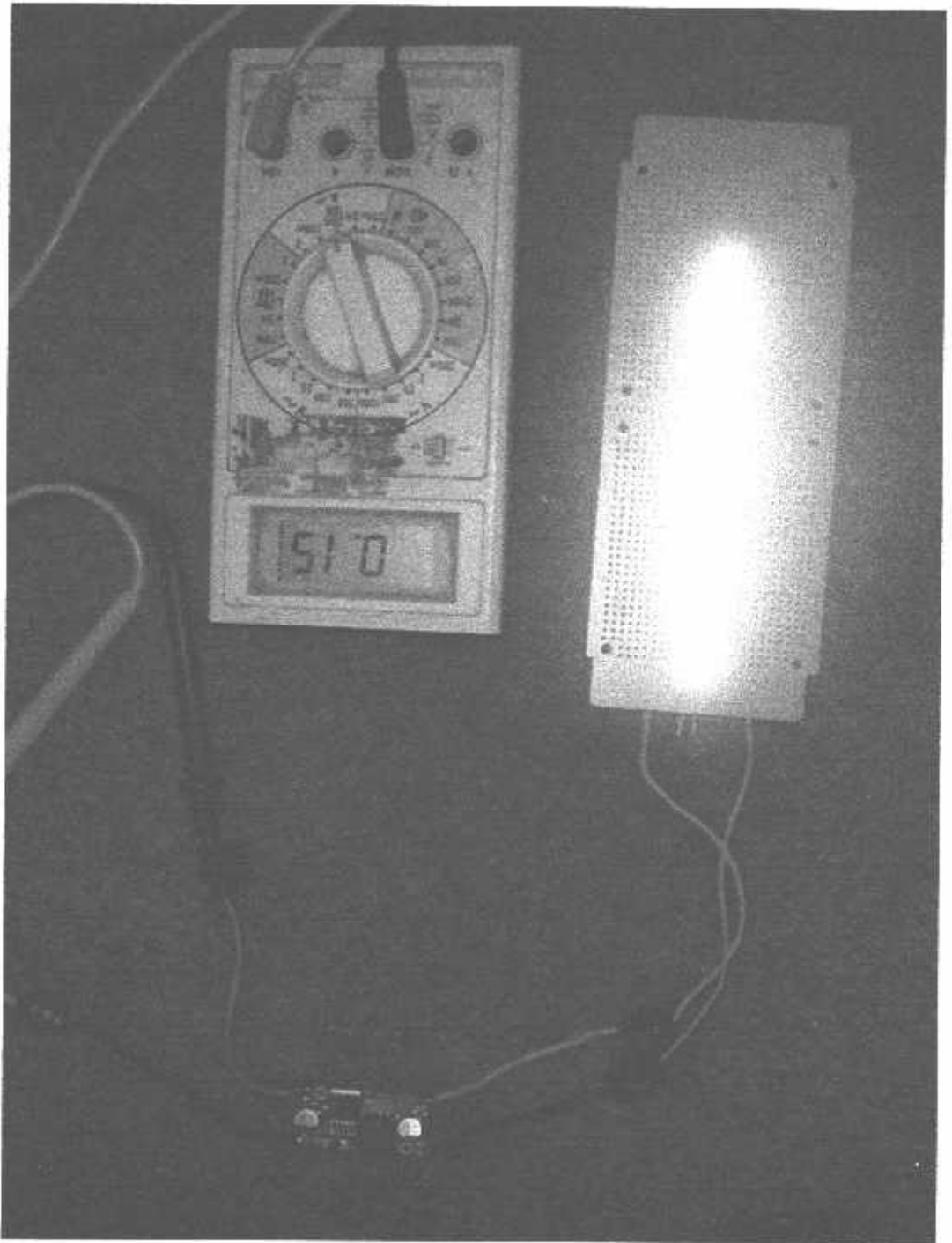


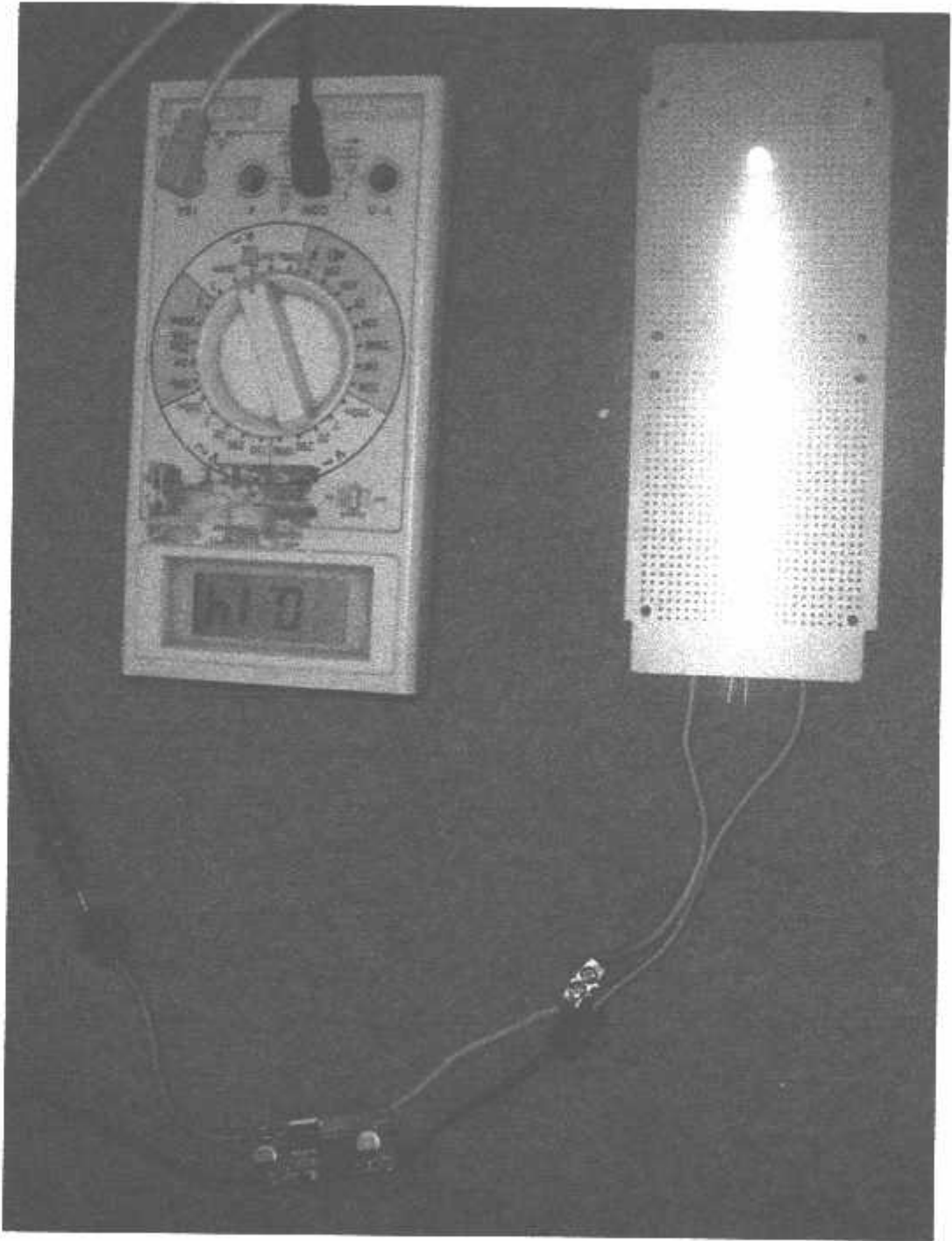


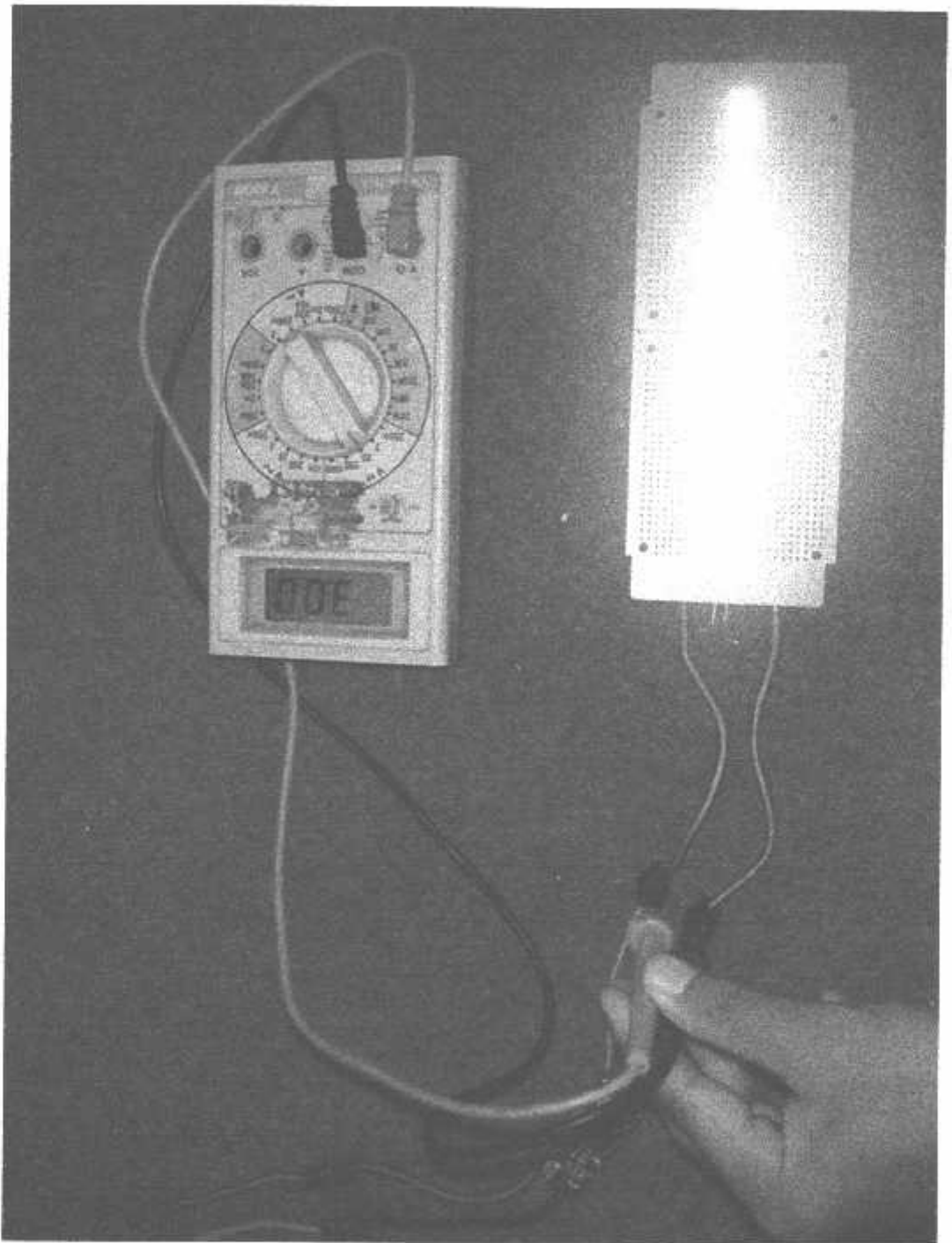


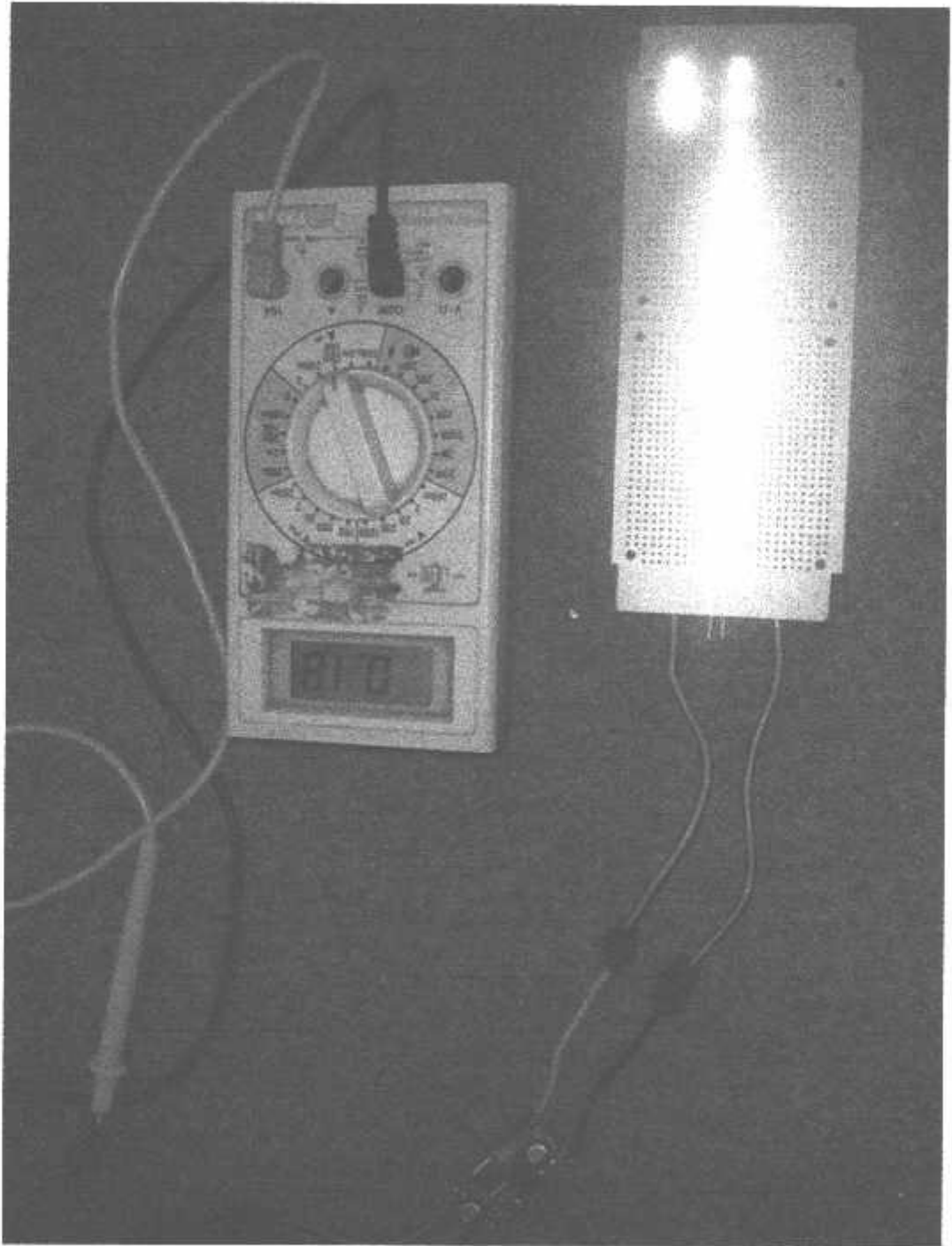


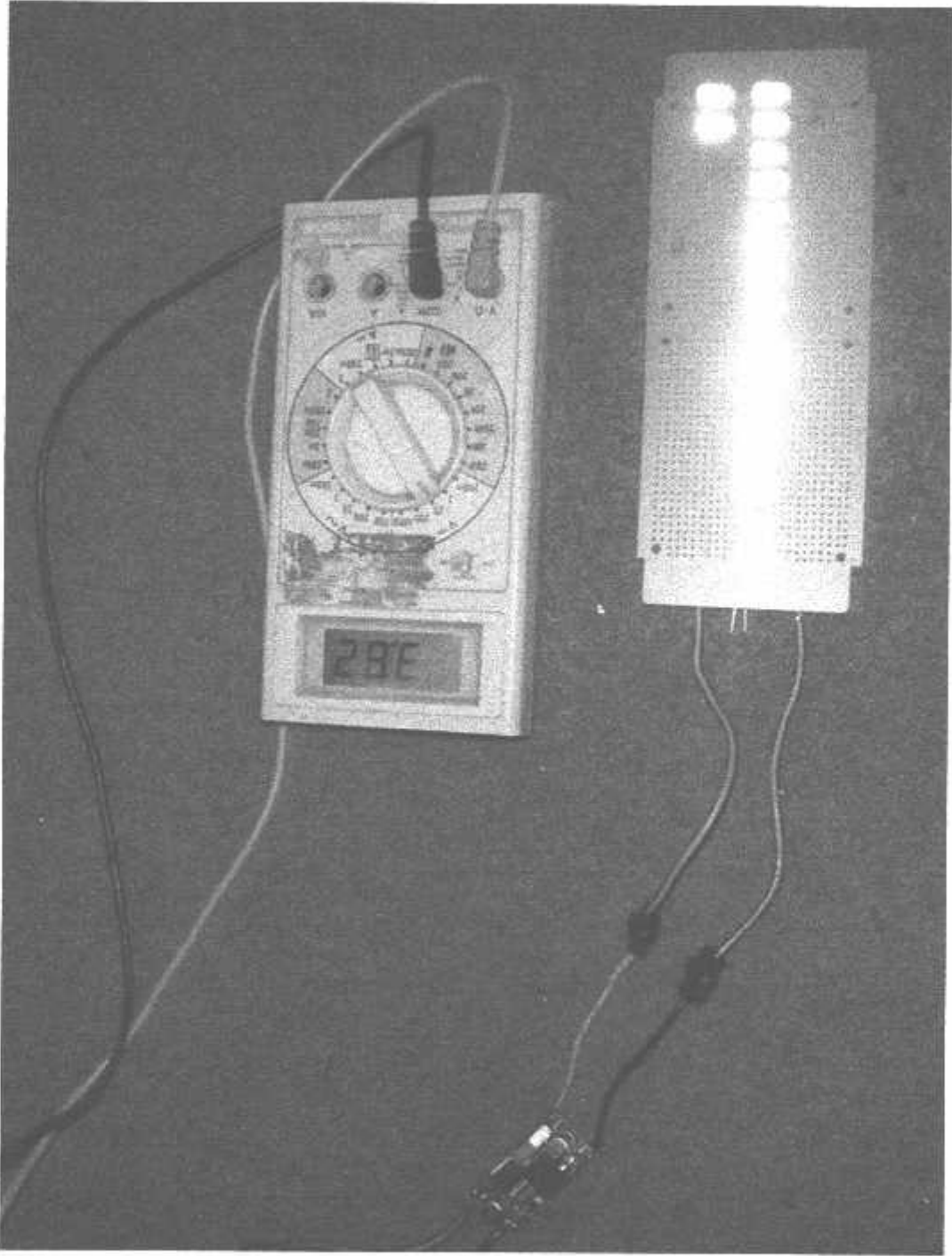


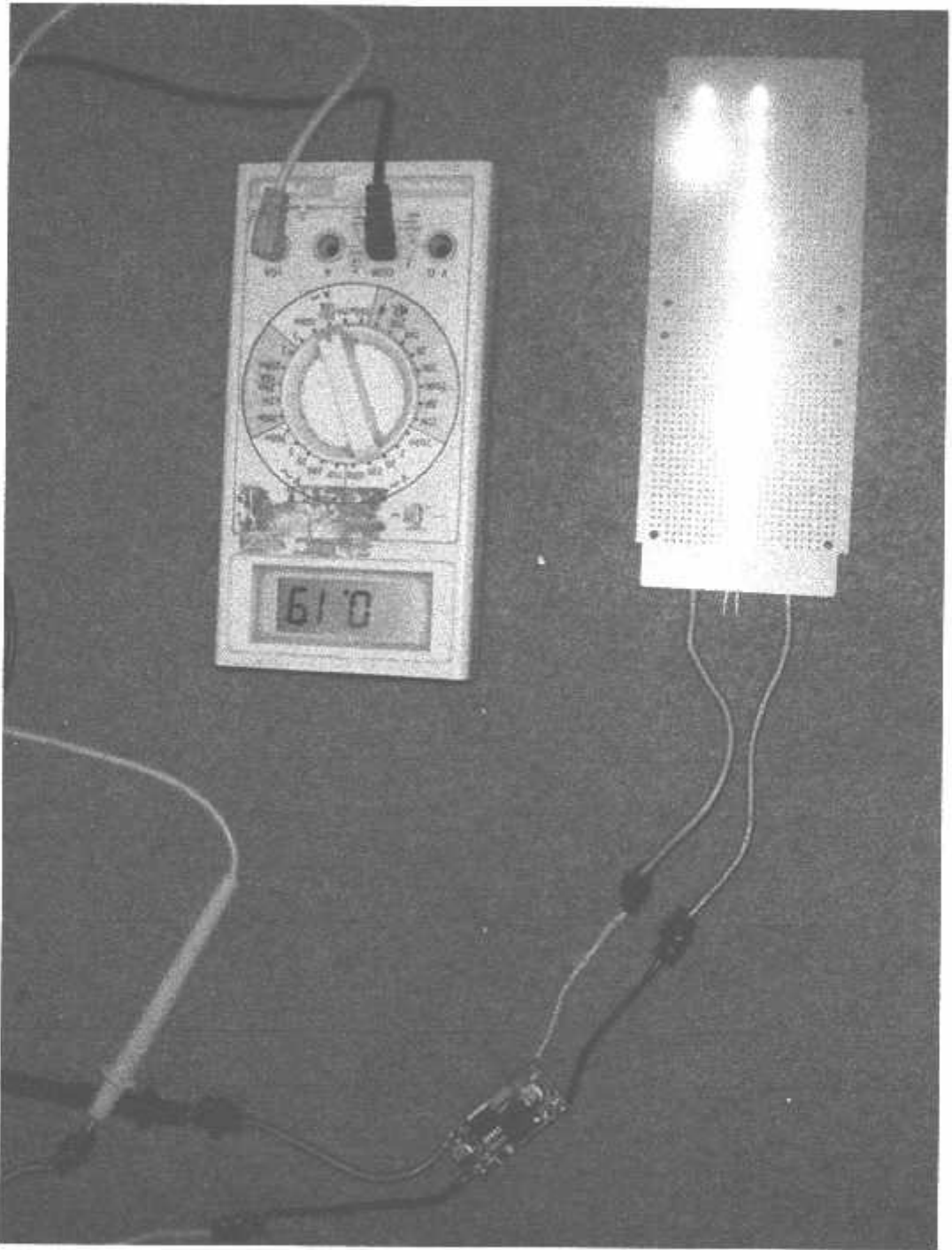












Tentang Penulis

Reza Kautsar Rosady, lahir di Samarinda, Kalimantan Timur 26 November 1992. Pendidikan taman kanak-kanak sampai sekolah menengah atas diselesaikannya di Kota Batam Provinsi Kepulauan Riau. Mengikuti program pendidikan dini di TK Al-Azhar dilanjutkan dengan sekolah dasar Al-Azhar. Pendidikan sekolah menengah pertama di SMP Negeri 10 Batam dan sekolah menengah atas SMA Negeri 3 Batam. Penulis lalu melanjutkan pendidikan perguruan tinggi di Institut Teknologi Nasional Malang, Kota Malang, Jawa Timur. Disinilah penulis menyelesaikan Strata 1 selama 4 tahun dari tahun 2010 sampai diwisuda pada tahun 2014.

