



**RANCANG BANGUN MINIATUR PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA UAP DENGAN PEMANFAATAN
LIMBAH KOPI**

**Disusun dan Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Ujian Akhir Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Dari Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Pembangunan Panca Budi
Medan**

SKRIPSI

OLEH:

NAMA : AHRUM NANJAR

NPM : 1614210058

PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO

PEMINATAN : TEKNIK ENERGI LISTRIK

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI**

MEDAN

2021

**RANCANG BANGUN MINIATUR PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA UAP DENGAN PEMANFAATAN
LIMBAH KOPI**

Disusun dan Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Ujian Akhir Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Dari Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Pembangunan Panca Budi
Medan

SKRIPSI

OLEH:

NAMA : AIHRUM NANJAR
NPM : 1614210058
PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO
PEMINATAN : TEKNIK ENERGI LISTRIK

Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Adi Sastra Pengalaman Tarigan, S.T.,M.T. Amani Davina Tarigan S.T.,M.T.

Diketahui Oleh .

Dekan Fakultas Sains Dan Teknologi

Ketua Program Studi



Siti Anisah, S.T.,M.T.

SURAT PERNYATAAN

Yang Bertanda Tangan Dibawah Ini :

: AHRUM NANJAR
: 1614210058
/Tgl. Lahir : Sait Buntu / 7 Juli 1997
: JL. KAPTEN MUSLIM G. MESJID NO 9B
: 089636545625
Orang Tua : SUYADI/MIJA
s : SAINS & TEKNOLOGI
n Studi : Teknik Elektro
: Rancang bangun miniatur pembangkit listrik tenaga uap dengan pemanfaatan limbah kopi

sa dengan surat ini menyatakan dengan sebenar - benarnya bahwa data yang tertera diatas adalah sudah benar sesuai ijazah pada pendidikan terakhir yang saya jalani. Maka dengan ini saya tidak akan melakukan penuntutan kepada Apabila ada kesalahan data pada ijazah saya.

Salah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar - benarnya, tanpa ada paksaan dari pihak manapun dan dibuat keadaaan sadar. Jika terjadi kesalahan, Maka saya bersedia bertanggung jawab atas kelalaian saya.

Medan, 30 Maret 2021

Yang Membuat Pernyataan



AHRUM NANJAR
1614210058

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar keserjanaan disuatu perguruan tinggi, dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam skripsi ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Medan, Januari 2021



AHRUM NANJAR
NPM. 1614210058

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Sebagai sivitas akademik Universitas Pembangunan Panca Budi, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ahrum Nanjar
NPM : 1614210058
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Sains Dan Teknologi
Jenis Karya : Skripsi

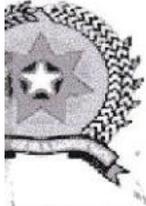
Demi pengembangan ilmu pengetahuan, meyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Panca Budi **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non exclusive Royalty-free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul: “ **Rancang Bangun Miniatur Pembangkit Listrik Tenaga Uap Dengan Pemanfaatan Limbah Kopi**“ Beserta prangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Pembangunan Panca Budi berhak menyimpan, mengalih-media/alih formatkan,mengelola dalam bentuk pangkalan data (database),merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/ pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.



lan, Januari 2021

AHRUM NANJAR
NPM:1614210058



YAYASAN PROF. DR. H. KADIRUN YAHYA

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI

JL. Jend. Gatot Subroto KM 4,5 PO. BOX 1099 Telp. 061-30106057 Fax. (061) 4514808
MEDAN - INDONESIA

Website : www.pancabudi.ac.id - Email : admin@pancabudi.ac.id

LEMBAR BUKTI BIMBINGAN SKRIPSI

Mahasiswa : AHRUM NANJAR
NPM : 1614210058
Program Studi : Teknik Elektro
Tingkat : Strata Satu
Bidang :
Pembimbing : Adisastra Pengalaman Tarigan, S.T., M.T
Judul Skripsi : Rancang bangun miniatur pembangkit listrik tenaga uap dengan pemanfaatan limbah kopi

Tanggal	Pembahasan Materi	Status	Keterangan
Agustus 2020	perbaiki flowchat	Revisi	
Agustus 2020	lanjutkan ke bab 4	Revisi	
22 September 2020	lengkapi dengan video pengujian alat	Revisi	
28 September 2020	acc seminar hasil	Disetujui	
06 Desember 2020	untuk hasil simulasi alat ditampilkan saja dalam bentuk urutan foto dari awal sampai dengan hasil ACC SIDANG MEJA HIJAU	Disetujui	
Februari 2021	acc Jilid	Disetujui	

Medan, 30 Maret 2021
Dosen Pembimbing,



Adisastra Pengalaman Tarigan, S.T., M.T



YAYASAN PROF. DR. H. KADIRUN YAHYA

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI

JL. Jend. Gatot Subroto KM 4,5 PO. BOX 1099 Telp. 061-30106057 Fax. (061) 4514808
MEDAN - INDONESIA

Website : www.pancabudi.ac.id - Email : admin@pancabudi.ac.id

LEMBAR BUKTI BIMBINGAN SKRIPSI

Mahasiswa : **AHRUM NANJAR**
 : **1614210058**
 Program Studi : **Teknik Elektro**
 Jenjang : **Strata Satu**
 Pembimbing : **Amani Darma Tarigan, ST., MT**
 Skripsi : **Rancang bangun miniatur pembangkit listrik tenaga uap dengan pemanfaatan limbah kopi**

Tanggal	Pembahasan Materi	Status	Keterangan
20 Juni 2020	perbaiki cover, ukuran tulisan judul perbaiki, spasi 1.15. penomoran di manfaat penelitian di perbaiki sesuai panduan 1.6 Metode Penelitian 1.7 Sistematika penulisan dan Tulisan BAB tidak menggunakan angka romawi contoh BAB 1 BAB 2 BAB 3 dan seterusnya	Revisi	
20 Juni 2020	Judul ukuran 14 dan 1.15 spasi, Tambahkan referensi penulisan pada landasan teori, referensi gambar, referensi tabel, minimal 5 tahun terakhir. untuk bimbingan selanjutnya harap dikirim /BAB untuk lebih mudah dalam melakukan pemeriksaan	Revisi	
20 Juni 2020	perbaiki gambar 2.1, penulisan pada 2.2 belum memenuhi standart penulisan,perbaiki gambar di BAB 2 jangan sampai berserak dan rapikan penulisan sesuai panduan	Revisi	
20 Juni 2020	penulisan BAB 3 belum memenuhi standart, dan rapikan tulisan dalam kolom atau gambar	Revisi	
20 Juni 2020	referensi penulisan pada gambar jika dibuat sendiri maka ditulis (Sumber: Penulis, 2020) bukan nama sendiri	Revisi	
20 Juni 2020	keterangan tabel di bolt, keculai sumber penulis, perhatikan tata letak penomoran pada penulisan. beri keterangan gambar dan sumber pada grafik. tambahkan hasil analisa perhitungan manual pada BAB 4	Revisi	
20 Juni 2020	Keterangan tabel di bolt (DITEBALIN) rutkan penomoran penulisan sesuai arahan dosen pembimbing, tambahkan dokumentasi pengukuran	Revisi	
20 Juni 2020	Acc Seminar Hasil	Disetujui	
20 Juni 2020	satukan file skripsi dari cover-daftar pustaka berbentuk pdf	Revisi	
20 Juni 2020	acc sidang meja hijau	Disetujui	
20 Juni 2020	Acc Jilid	Disetujui	

Medan, 30 Maret 2021
Dosen Pembimbing,



Amani Darma Tarigan, ST., MT



UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI

FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI

Jl. Jend. Gatot Subroto Km 4,5 Medan Fax. 061-8458077 PO.BOX : 1099 MEDAN

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI ARSITEKTUR	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI SISTEM KOMPUTER	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI TEKNIK KOMPUTER	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI PETERNAKAN	(TERAKREDITASI)

PERMOHONAN JUDUL TESIS / SKRIPSI / TUGAS AKHIR*

yang bertanda tangan di bawah ini :

i Lengkap : AHRUM NANJAR
 at/Tgl. Lahir : saat buntu / 07 Juli 1997
 ir Pokok Mahasiswa : 1614210058
 am Studi : Teknik Elektro
 ntrasi : Teknik Energi Listrik
 ah Kredit yang telah dicapai : 118 SKS, IPK 3.64
 ir Hp : 085831745494
 an ini mengajukan judul sesuai bidang ilmu sebagai berikut :

Judul

Rancang bangun miniatur pembangkit listrik tenaga uap dengan pemanfaatan limbah kopi0

Diisi Oleh Dosen Jika Ada Perubahan Judul

Yang Tidak Perlu


 (Ir. Bhakti Alamsyah, M.T., Ph.D.)

Medan, 30 Oktober 2019

Pemohon,


 (Ahrum Nanjar)

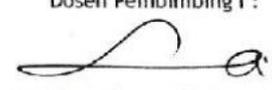
Tanggal :

Disahkan oleh :
Dekan


 (Sri Shindi Indira, S.T., M.Sc.)

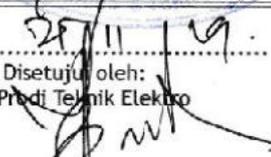
Tanggal : 25.11.2019.

Disetujui oleh :
Dosen Pembimbing I :


 (Adisastra Pengalaman Tarigan, S.T., M.T)

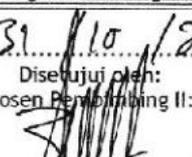
Tanggal : 27/11/19.

Disetujui oleh :
Ka. Prodi Teknik Elektro


 (Hamdani, ST., MT)

Tanggal : 31/10/2019.

Disetujui oleh :
Dosen Pembimbing II :


 (Amani Darna Tarigan, ST., MT)

No. Dokumen: FM-UPBM-18-02

Revisi: 0

Tgl. Eff: 22 Oktober 2018

al : Permohonan Meja Hijau

Medan, 17 Desember 2020
 Kepada Yth : Bapak/Ibu Dekan
 Fakultas SAINS & TEKNOLOGI
 UNPAB Medan
 Di -
 Tempat

Dengan hormat, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : AHRUM NANJAR
 Tempat/Tgl. Lahir : SAIT BUNTU / 1997-07-07
 Nama Orang Tua : SUYADI
 N. P. M : 1614210058
 Fakultas : SAINS & TEKNOLOGI
 Program Studi : Teknik Elektro
 No. HP : 089636545625
 Alamat : J.L. KAPTEN MUSLIM G. MESJID NO 9B

Yang bermohon kepada Bapak/Ibu untuk dapat diterima mengikuti Ujian Meja Hijau dengan judul Rancang bangun miniatur pembangkit listrik tenaga uap dengan pemanfaatan limbah kopi, Selanjutnya saya menyatakan :

1. Melampirkan KKM yang telah disahkan oleh Ka. Prodi dan Dekan
2. Tidak akan menuntut ujian perbaikan nilai mata kuliah untuk perbaikan indeks prestasi (IP), dan mohon diterbitkan Ijazahnya setelah lulus ujian meja hijau.
3. Telah tercap keterangan bebas pustaka
4. Tertampir surat keterangan bebas laboratorium
5. Tertampir pas photo untuk ijazah ukuran 4x6 = 5 lembar dan 3x4 = 5 lembar Hitam Putih
6. Tertampir foto copy STTB SLTA dilegalisir 1 (satu) lembar dan bagi mahasiswa yang lanjutan D3 ke S1 lampirkan ijazah dan transkripnya sebanyak 1 lembar.
7. Tertampir pelunasan kwintasi pembayaran uang kuliah berjalan dan wisuda sebanyak 1 lembar
8. Skripsi sudah dijilid lux 2 exemplar (1 untuk perpustakaan, 1 untuk mahasiswa) dan jilid kertas jeruk 5 exemplar untuk penguji (bentuk dan warna penjiilidan diserahkan berdasarkan ketentuan fakultas yang berlaku) dan lembar persetujuan sudah di tandatangani dosen pembimbing, prodi dan dekan
9. Soft Copy Skripsi disimpan di CD sebanyak 2 disc (Sesuai dengan Judul Skripsinya)
10. Tertampir surat keterangan BKKOL (pada saat pengambilan ijazah)
11. Setelah menyelesaikan persyaratan point-point diatas berkas di masukan kedalam MAP
12. Bersedia melunaskan biaya-biaya yang dibebankan untuk memproses pelaksanaan ujian dimaksud, dengan rincian sbb :

1. [102] Ujian Meja Hijau	: Rp.	0
2. [170] Administrasi Wisuda	: Rp.	1,500,000
3. [202] Bebas Pustaka	: Rp.	100,000
4. [221] Bebas LAB	: Rp.	5,000
Total Biaya	: Rp.	1,605,000

Ukuran Toga :

M

diketahui/Disetujui oleh :

Hormat saya



Andani, ST., MT.
 Dekan Fakultas SAINS & TEKNOLOGI

AHRUM NANJAR
 1614210058

catatan :

- 1. Surat permohonan ini sah dan berlaku bila ;
 - a. Telah dicap Bukti Pelunasan dari UPT Perpustakaan UNPAB Medan.
 - b. Melampirkan Bukti Pembayaran Uang Kuliah aktif semester berjalan
- 2. Dibuat Rangkap 3 (tiga), untuk - Fakultas - untuk BPAA (asli) - Mhs.ybs.

SURAT KETERANGAN PLAGIAT CHECKER

Dengan ini saya Ka.LPMU UNPAB menerangkan bahwa surat ini adalah bukti pengesahan dari LPMU sebagai pengesah proses plagiat checker Tugas Akhir/ Skripsi/Tesis selama masa pandemi *Covid-19* sesuai dengan edaran rektor Nomor : 7594/13/R/2020 Tentang Pemberitahuan Perpanjangan PBM Online.

Demikian disampaikan.

NB: Segala penyalahgunaan/pelanggaran atas surat ini akan di proses sesuai ketentuan yang berlaku UNPAB.

Ka.LPMU
LEMBAGA PENJAMINAN MUTU UNIVERSITAS
UNPAB
ERANG PEMBANGUNAN PANA ARAB
Fitri Muliawati Ritonga, B.A., MSc

No. Dokumen : PM-UJMA-06-02	Revisi : 00	Tgl Eff : 23 Jan 2019
-----------------------------	-------------	-----------------------

KARTU BEBAS PRAKTIKUM
Nomor. 31/BL/LTPE/2020

tanda tangan dibawah ini Ka. Laboratorium Elektro dengan ini menerangkan bahwa :

: AHRUM NANJAR
: 1614210058
/Semester : Akhir
s : SAINS & TEKNOLOGI
/Prodi : Teknik Elektro

n telah menyelesaikan urusan administrasi di Laboratorium Elektro Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.

Medan, 30 Maret 2021
Ka. Laboratorium

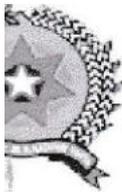
[Approve By System]
D T O
Hamdani, S.T., M.T.



men : FM-LEKTO-06-01

Revisi : 01

Tgl. Efektif : 04 Juni 2015



SURAT BEBAS PUSTAKA
NOMOR: 3360/PERP/BP/2020

Perpustakaan Universitas Pembangunan Panca Budi menerangkan bahwa berdasarkan data pengguna perpustakaan saudara/i:

: AHRUM NANJAR

: 1614210058

Semester : Akhir

: SAINS & TEKNOLOGI

Prodi : Teknik Elektro

nya terhitung sejak tanggal 10 Desember 2020, dinyatakan tidak memiliki tanggungan dan atau pinjaman buku tidak lagi terdaftar sebagai anggota Perpustakaan Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.

Medan, 10 Desember 2020

Diketahui oleh,
Kepala Perpustakaan,



Sugiarjo, S.Sos., S.Pd.I

RANCANG BANGUN MINIATUR PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP DENGAN PEMANFAATAN LIMBAH KOPI

Ahrum Nanjar*
Adi Sastra Pengalaman Tarigan**
Amani Darma Tarigan**
Universitas Pembangunan Panca Budi

ABSTRAK

Energi terbarukan merupakan energi yang berasal dari alam dan jumlahnya tidak terbatas. Selain itu, dalam penggunaannya energi terbarukan sangat ramah terhadap lingkungan. Ada beberapa jenis energi terbarukan yang dapat di konversikan menjadi energi listrik yaitu air, angin, cahaya matahari, biomassa. Pada penelitian ini energi terbarukan dikonversikan sebagai bahan bakar Pembangkit Listrik Tenaga Uap skala sederhana. Penelitian ini bertujuan untuk merancang Pembangkit Listrik Tenaga Uap dengan pemanfaatan limbah produksi kopi yang diubah menjadi arang briket sebagai biomassa bahan bakar. Metode penelitian ini menggunakan metode literatur, perancangan alat, dan pengambilan data. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Pembangkit Listrik Tenaga Uap dengan bahan bakar arang briket limbah produksi kulit kopi dapat menghasilkan daya 2,86 volt dan 0,04 ampre dengan tahanan 750 ohm pada waktu pembakaran 5 menit, dan menghasilkan daya 2,76 volt dan 0,02 ampre dengan tahanan 1000 ohm pada waktu pembakaran 7 menit. Kesimpulan dari penelitian ini adalah jumlah arang briket berpengaruh terhadap pembakaran boiler untuk menghasilkan uap. Daya yang dihasilkan dalam setiap waktu berbeda-beda semakin lama waktu pembakaran semakin banyak uap yang terkumpul untuk memutar turbin.

Kata Kunci: Biomassa, arang briket, pembangkit listrik, tenaga uap.

* Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro: ahrumnanjar@gmail.com

** Dosen Program Studi Teknik Elektro

DESIGN AND BUILD A MINIATURE STEAM POWER PLANT USING COFFE WASTE

Ahrum Nanjar*
Adi Sastra Pengalaman Tarigan**
Amani Darma Tarigan**
University of Pembangunan Panca Budi

ABSTRACT

Renewable energy is energy that comes from nature and is unlimited in number. In addition, in its use, renewable energy is very friendly to the environment. There are several types of renewable energy that can be converted into electrical energy, namely water, wind, sunlight, biomass. In this study, renewable energy is converted as fuel for a simple scale Steam Power Plant. This study aims to design a Steam Power Plant by utilizing coffee production waste which is converted into charcoal briquettes as fuel biomass. This research method uses literature methods, tool design, and data collection. The results of this study indicate that the Steam Power Plant with charcoal fuel from briquette waste from the production of coffee husks can produce 2.86 volts and 0.04 amps with a resistance of 750 ohms at 5 minutes of combustion, and produce 2.76 volts and 0 of power. 02 amperes with a resistance of 1000 ohms at a burning time of 7 minutes. The conclusion of this research is the amount of briquette charcoal affects the combustion of the boiler to produce steam. The power generated at each time varies the longer the combustion time, the more steam is collected to turn the turbine.

Keywords: Biomass, charcoal briquettes, power plant, steam power.

* Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro: ahrumnajar@gmail.com

** Dosen Program Studi Teknik Elektro

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya ucapkan kepada tuhan yang maha esa telah memberikan rahmad dan hidayahNya sehingga saya dapat menyelesaikan laporan skripsi ini. Skripsi ini merupakan isi beserta hasil dari kegiatan percobaan skripsi di Semester VIII(Delapan) Fakultas Sains dan Teknologi program studi Teknik Elektro Universitas Pembangunan Panca Budi Medan. Pada kesempatan ini saya selaku peserta skripsi mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. H. M Isa Indrawan, S.E.,M.M. selaku Rektor Universitas pembangunan Panca Budi
2. Bapak Hamdani,S.,T, M.T. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pembangun Panca budi
3. Ibu Siti anisah,S.,T, M.T selaku Ketua Prodi Teknik Elektro Universitas Pembangunan Panca budi
4. Bapak Adi Sastra Pangalaman Tarigan,ST.,M.T. Selaku dosen pembimbing satu memberikan arahan dan bimbingan dalam menyelesaikan laporan skripsi ini
5. Bapak Amani Darma Tarigan,S.T., M.T. Selaku dosen pembimbing dua memberikan arahan dan bimbingan dalam menyelesaikan laporan skripsi ini

6. Orang tua tercinta dan rekan tersayang yang banyak mendukung dalam Metode Penelitian dan Laporan Skripsi ini.

Saya menyadari banyak kekurang pada skripsi ini, baik dalam penelitian dan juga penyajiannya, mengingat masih kurangnya pengetahuan dan pengalaman saya. Oleh karena itu, saya mengharapkan saran serta bimbingannya. Akhir kata saya mengucapkan Terimakasih.

Medan, Januari 2021

AHRUM NANJAR
NPM. 1614210058

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	
ABSTRACT	
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	4
1.6 Metode Penelitian	4
1.7 Sistematika penulisan	4
BAB 2 LANDASAN TEORI	6
2.1 Pengertian Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)	6
2.2 Siklus Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Secara Umum	12
2.3 Komponen Utama PLTU	14
2.3.1 Boiler	14
2.3.2 Pompa	17
2.3.3 Turbin Uap	18
2.3.4 Kondensator	20
2.4 Kopi (Coffea sp.)	20
2.5 Kulit Kopi	22
2.6 Biobriket	25
2.6.1 Proses Pembriketan	29
2.6.2 Prinsip Pembuatan Briket	30
2.7 Perekat	36
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	40
3.1 Blok Diagram	40
3.2 Miniatur PLTU Bahan Bakar Limbah Kopi	41
3.3 Flowchart	42
3.4 Waktu dan Tempat	43
3.5 Rancangan Penelitian	43
3.6 Alat dan Bahan Penelitian	44
3.7 Perosedur Penelitian	44

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	46
4.1 Hasil Penelitian	46
4.2 Uji Kinerja Alat	48
4.2.1 Uji Teknis Alat	48
4.2.2 Uji Output Generator	49
4.2.3 Uji Beban Lampu LED	50
4.2.4 Uji Pengukuran Waktu Pemanasan Boiler dan Output Tegangan	50
4.3 Simulasi Alat	53
 BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	 56
5.1 Kesimpulan	56
5.2 Saran	56
 DAFTAR PUSTAKA	 57
 LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pembangkit Listrik Tenaga Uap.....	6
Gambar 2.2	Proses Konversi Energi Pada PLTU.....	9
Gambar 2.3	Bagan Siklus PLTU Umum.....	13
Gambar 2.4	Boiler.....	15
Gambar 2.5	<i>Fire Tube Boiler</i>	16
Gambar 2.6	<i>Water Tube Boiler</i>	16
Gambar 2.7	Pompa.....	17
Gambar 2.8	Turbin Uap.....	19
Gambar 2.9	Kondensor.....	20
Gambar 2.10	Bagian-Bagian Kopi.....	21
Gambar 2.11	Penjemuran Kulit Kopi.....	25
Gambar 2.12	Briket.....	25
Gambar 2.13	Kulit Kopi Yang Telah Diarangkan.....	35
Gambar 2.14	Kulit Kopi Yang Telah Diarangkan Kemudian Dihaluskan.....	36
Gambar 2.15	Tepung Tapioka.....	39
Gambar 3.1	Blok Diagram PLTU.....	40
Gambar 3.2	Rangkaian PLTU Bahan Bakar Limbah Kopi.....	41
Gambar 3.3	Flowchart.....	42
Gambar 4.1	Tinggi briket.....	46
Gambar 4.2	Lebar Dimensi Briket.....	47
Gambar 4.3	Arang briket yang siap dibakar.....	47
Gambar 4.4	Pengukuran Output Tegangan.....	50
Gambar 4.5	Miniaturnya PLTU.....	53
Gambar 4.6	Pemasukkan Bahan Bakar Briket.....	54
Gambar 4.7	Penyalan Api Pada Kompor briket.....	54
Gambar 4.8	Pembakaran Boiler Akan Menghasilkan Daya.....	55

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Karakteristik Briket.....	48
Tabel 4.2 Output Generator Tanpa Beban.....	49
Tabel 4.3 Tegangan Dari Lampu LED.....	50
Tabel 4.4 Percobaan I Waktu Pembakaran Briket dan Tegangan Yang Dihasilkan.....	52
Tabel 4.5 Percobaan II Waktu Pembakaran Briket dan Tegangan Yang Dihasilkan.....	52
Tabel 4.6 Percobaan III Waktu Pembakaran Briket dan Tegangan Yang Dihasilkan.....	52

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi terbarukan merupakan energi yang berasal dari alam dan jumlahnya tidak terbatas. Selain itu, dalam penggunaannya energi terbarukan sangat ramah terhadap lingkungan. Ada beberapa jenis energi terbarukan yang dapat di konversikan menjadi energi listrik yaitu air, angin, cahaya matahari, biomassa dan lain-lain. Untuk menambah pasokan listrik saat ini pembangkit energi terbarukan sudah banyak kita temui, hal ini dikarenakan bertambahnya pemakaian energi listrik seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dari tahun ke tahun.

Pengembangan teknologi dari waktu ke waktu menumbuhkan banyak ide untuk merancang pembangkit listrik terbarukan. Pada saat ini banyak pembangkit listrik terbarukan yang sudah berhasil dalam pembuatannya dan dapat menghasilkan listrik. Pembangkit-pembangkit tersebut adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang prinsip kerjanya memanfaatkan cahaya matahari, Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro yang prinsip kerjanya memanfaatkan air dengan debit air yang rendah biasanya di buat di daerah irigasi dan dataran rendah, Pembangkit Listrik Tenaga Bio Gas ini pada prinsip kerjanya memanfaatkan limbah atau kotoran hewan yang di fermentasi menjadi biogas. Indonesia merupakan negara agraria, dimana sektor pertanian tersebar luas di setiap wilayah contohnya tanaman kopi. Tanaman kopi adalah salah satu komoditi di Indonesia yang berkembang cukup pesat, tanaman

kopi banyak tersebar di setiap wilayah dataran tinggi maupun dataran rendah. Pada daerah Pematang Sidamanik luas lahan pertanian kopi cukup luas yaitu 451,7 Ha dengan produksi kopi pertahunnya 55,1 ton. Angka produksi kopi di daerah Pematang Sidamanik cukup besar dimana tempat penulis melakukan penelitian. Tanaman kopi selain produksinya yang tinggi, kopi juga menghasilkan limbah, limbah tersebut berupa limbah cair dan limbah padat. Pada proses pengolahannya kopi menghasilkan 65% biji kopi dan 35% berupa limbah kopi. (Alvera Siburian, 2019)

Limbah pada kopi mengandung zat kimia beracun seperti *alkaloids*, *tannins*, dan *polyphenalis* yang membuat kondisi lingkungan sulit terurai terhadap material organik. Dampak polusi yang ditimbulkan dari limbah kopi terjadi pada perairan karena kadar BOD dan COD dalam limbah sangat tinggi sehingga mengurangi oksigen dalam air dan merusak ekosistem didalamnya.

Berkembangnya industri pertanian seperti industri pengolahan kopi harus di ikuti juga dengan sistem penanganan limbah yang baik agar pencemaran dan kerusakan terhadap lingkungan dapat dikurangi. Dengan seiring berkurangnya cadangan minyak bumi dan gas yang semakin kurang ketersediaanya dari tahun ke tahun maka dengan permasalahan yang telah diuraikan diatas penulis membuat suatu alat untuk penanganan limbah kopi yaitu **“RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP DENGAN PEMANFAATAN LIMBAH KOPI”**.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan di atas, maka dalam penelitian ini masalah yang akan menjadi fokus perhatian adalah

1. Bagaimana cara merancang miniatur PLTU?
2. Bagaimana sistem kerja pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap ?
3. Berapakah besar output yang dihasilkan dari miniatur PLTU?
4. Bagaimana proses pengolahan limbah kopi menjadi briket sebagai bahan bakar pembangkit listrik tenaga uap skala sederhana.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tidak membahas jaringan distribusi.
2. Tidak membahas alat pembangkit skala besar.
3. Hanya membuat miniatur PLTU.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan antara lain:

1. Merancang Pembangkit Listrik Tenaga Uap skala sederhana dengan bahan bakar briket dari limbah kopi.
2. Mengetahui bahwasanya limbah kopi dapat diubah menjadi briket.
3. Mengetahui daya listrik yang dihasilkan dari Pembangkit yang dibuat.
4. Jumlah *output* yang dihasilkan dalam perancangan miniatur PLTU berupa tegangan dalam satuan volt.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Dapat dimanfaatkan sebagai media praktikum mahasiswa teknik elektro di Universitas Pembangunan Panca Budi tentang energi terbarukan.
2. Dapat merancang miniatur PLTU dengan bahan bakar briket secara nyata.

1.6 Metode Penelitian

Metode penelitian yang akan dilakukan ada beberapa tahap antara lain:

1. Studi Literatur

Studi ini digunakan untuk memperoleh informasi tentang teori-teori dasar sebagai sumber penulisan skripsi ini. Informasi dan pustaka yang berkaitan dengan masalah ini diperoleh dari literatur, penjelasan yang

2. Uji Sistem

Uji sistem ini berkaitan dengan pengujian system

3. Metode Analisis

Metode ini merupakan pengamatan terhadap data yang diperoleh dari alat ini. Setelah itu dilakukan analisis sehingga dapat ditarik kesimpulan dan saran saran untuk pengembangan lebih lanjut

1.7 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan laporan ini akan disusun secara sistematis yang terdiri atas bagian-bagian yang saling berhubungan sehingga diharapkan akan mudah dipahami dan dapat diambil manfaatnya.

BAB 1 PENDAHULUAN

Berisi Latar Belakang, Rumusan Masalah, Batasan Masalah, Tujuan Penelitian, Manfaat Penelitian, dan Sistem Penulisan.

BAB 2 LANDASAN TEORI

Menguraikan teori-teori yang berhubungan dengan laporan seperti sekilas tentang briket dan teori pendukung lainnya.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Berisi metode pengumpulan data, metode perancangan, metode analisis

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi hasil data yang dihasilkan dari perancangan analisa alat

BAB 5 PENUTUP

Merupakan penutup yang berisi kesimpulan dan saran

DAFTAR PUSTAKA

Berisi refrensi dan kutipan buku, jurnal, dan lain – lain.

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)



Gambar 2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap

(Sumber: Direktorat Jendral EBTKE, Kementerian ESDM)

PLTU adalah salah satu jenis pembangkit listrik tenaga termal yang banyak digunakan, karena efisiensinya yang tinggi sehingga menghasilkan energi listrik yang ekonomis. PLTU mesin konversi energi yang mengubah energi kimia dalam bahan bakar menjadi energi panas berupa uap melalui proses pembakaran. Uap panas ini akan dialirkan ke turbin sehingga menghasilkan energi mekanik berupa putaran poros. Putaran yang dihasilkan turbin ini akan memutar generator yang telah dikopel dengan turbin sehingga secara bersamaan dapat menghasilkan energi listrik.

PLTU menggunakan fluida kinerja uap yang bersirkulasi secara tertutup. Siklus tertutup artinya menggunakan fluida yang sama secara berulang-ulang. Untuk urutan sirkulasinya yang pertama diisikan ke boiler hingga mengisi penuh seluruh luas permukaan pemindah panas. Didalam boiler, air dipnaskan dengan gas panas hasil pembakaran bahan bakar dengan udara sehingga berubah menjadi uap. Lalu uap hasil produksi boiler dengan tekanan tertentu akan diarahkan untuk memutar turbin sehingga menghasilkan daya mekanik berupa putaran. Generator yang dikopel langsung dengan turbin akan berputar sehingga menghasilkan energi listrik sebagai hasil dari perputaran medan magnet dalam kumparan. Uap keluaran turbin masuk ke kondensor untuk didinginkan dengan air pendingin agar berubah kembali menjadi air yang disebut air kondensat. Air kondensat hasil kondensasi uap kemudian digunakan lagi sebagai air pengisi boiler.

Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) adalah pembangkit yang mengandalkan energi kinetik dari uap untuk menghasilkan energi listrik. Bentuk utama dari pembangkit listrik jenis ini adalah generator yang dihubungkan ke turbin yang digerakkan oleh tenaga kinetik dari uap panas/kering. Pembangkit listrik tenaga uap menggunakan berbagai macam bahan bakar terutama batubara.

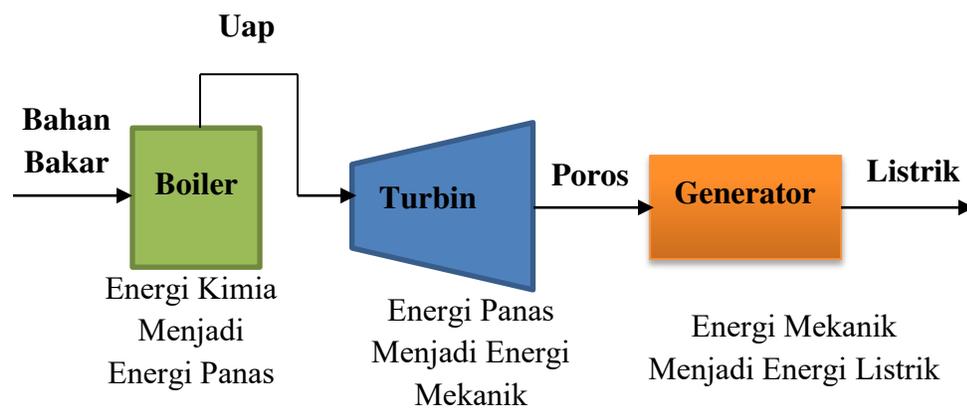
PLTU adalah jenis pembangkit listrik termal berbahan bakar batubara yang banyak digunakan, karena efisiensinya tinggi sehingga menghasilkan energi listrik ekonomis. Energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja. Seseorang dikatakan berenergi jika ia mampu melakukan gerak fisik tertentu. Darimana energi diperoleh,

tentu saja energi diperoleh dari makanan yang kita makan atau suatu aksi kimia. Energi yang diperoleh dari makanan yang kita makan sesungguhnya berasal dari matahari. Pada kenyataannya semua energi yang kita gunakan di muka bumi ini berasal dari matahari. Batubara yang kita bakar, bensin yang kita gunakan untuk kendaraan, angin yang berhembus melintasi negara, hujan yang turun membasahi bumi semua melepaskan energi. Energi dapat disimpan dalam berbagai bentuk, tetapi untuk dimanfaatkan oleh kita, energi harus diubah dari satu bentuk ke bentuk lainnya. Ketika membuat segelas teh, maka kita merebus air dengan cara menyalakan kompor. Proses yang terjadi adalah merubah energi kimia bahan bakar menjadi energi panas untuk memanaskan air hingga mendidih. Apabila kemudian air panas dibiarkan mendingin, maka energi panas ini diserahkan ke udara sekitarnya.

Energi tidak diciptakan atau dimusnahkan, tetapi dapat diubah dari satu bentuk ke bentuk lainnya. Pusat pembangkit listrik adalah salah satu contoh bagaimana konversi energi itu terjadi. Pada dasarnya semua pembangkit mengubah energi dari satu bentuk ke bentuk lainnya. Ketika batubara dibakar energi panas dilepas dan diberikan ke air didalam boiler. Air berubah menjadi uap superheat yang bertekanan dan uap ini dialirkan ke turbin. Energi panas didalam uap dilepas ketika uap mengalir melalui turbin. Energi panas diubah menjadi energi mekanik ketika uap mengalir mendorong turbin sehingga poros berputar. Energi mekanik yang diberikan oleh uap ke turbin akan menyebabkan rotor generator berputar. Rotor generator adalah magnet besar yang berputar didalam kumparan sehingga menghasilkan energi listrik. (Humairah, 2017)

Dijelaskan pada gambar 2.2 proses konversi energi pada PLTU berlangsung melalui 3 tahapan yaitu :

1. Pertama, energi kimia dalam bahan bakar diubah menjadi energi panas dalam bentuk uap bertekanan dan temperatur tinggi.
2. Kedua, energi panas (uap) diubah menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran.
3. Ketiga, energi mekanik diubah menjadi energi listrik.



Gambar 2. 2Proses Konversi Energi Pada PLTU
(Sumber: Mifta Alhusna Humairah, 2017)

Berikut penjelasan dari macam-macam dari bentuk energi yaitu.

1. Energi Kimia

Energi kimia adalah suatu energi yang tersimpan didalam persenyawaan kimia yang berbentuk ikatan antara atom yang satu dengan atom yang lainnya. Energi kimia adalah suatu energi yang dihasilkan dalam suatu

proses kimia. Besarnya energi yang dihasilkan tergantung dari jenis dan jumlah pereaksi dalam suatu reaksi kimia.

2. Energi Listrik

Energi listrik merupakan salah satu bentuk energi yang paling banyak digunakan. Energi ini dipindahkan dalam bentuk aliran muatan listrik melalui kawat logam konduktor yang disebut arus listrik. Energi listrik dapat diubah menjadi bentuk energi yang lain seperti energi gerak, energi cahaya, energi panas, atau energi bunyi.

3. Energi Mekanik

Energi mekanik adalah energi yang disebabkan karena adanya suatu usaha yang berhubungan dengan gerakan yang terjadi pada benda. Energi mekanik terdiri dari energi potensial dan energi kinetik. Secara matematis dapat dituliskan:

$$E_m = E_p + E_k$$

Dimana:

E_m = Energi Mekanik

E_p = Energi Potensial

E_k = Energi Kinetik

a. Energi Potensial

Energi potensial adalah energi yang dimiliki benda karena posisinya (kedudukan) terhadap suatu acuan. Jika massa batu lebih besar maka energi yang dimiliki juga lebih besar, batu yang memiliki energi

potensial ini karena gaya gravitasi bumi, energi ini disebut energi potensial bumi. Energi potensial bumi tergantung pada massa benda, gravitasi bumi dan ketinggian benda, sehingga dapat dirumuskan:

$$E_p = m.g.h$$

Dimana:

E_p = Energi Potensial

m = massa benda

g = gaya gravitasi

h = tinggi benda

b. Energi Kinetik

Energi kinetik adalah energi yang dimiliki benda karena geraknya. Makin besar kecepatan benda bergerak makin besar energi kinetiknya dan semakin besar massa benda yang bergerak makin besar pula energi kinetik yang dimilikinya. Secara sistematis dapat dirumuskan:

$$E_k = 1/2 (m.v^2)$$

Dimana:

E_k = Energi kinetik

m = massa benda

v = kecepatan benda

Secara umum pembangkitan tenaga listrik dapat diklarifikasikan menjadi dua kelompok, yaitu:

1. Berdasarkan metode pembangkitannya dibagi menjadi 2:

- a. Metode pembangkitan dengan konversi langsung (*direct energy conversion*) yaitu terbangkitnya energi listrik (dari energi primer) terjadi secara langsung, tanpa keterlibatan bentuk energi lain.
 - b. Metode pembangkitan dengan konversi tak langsung (*indirect energy conversion*) yaitu terbangkitnya energi listrik (dari energi primer) berlangsung dengan cara melibatkan suatu bentuk energi lain. Bila energi lain yang berfungsi sebagai medium ini tidak ada, maka tidak akan terbangkit energi listrik.
2. Berdasarkan proses pembangkitannya, dapat dibedakan menjadi:
- a. Pembangkit *non thermal*, yaitu pembangkit yang dalam pengoperasiannya tanpa melalui proses *thermal* atau pemanasan.
 - b. Pembangkit *thermal*, yaitu pembangkit yang dalam pengoperasiannya melalui proses *thermal* atau pembakaran.

2.2 Siklus Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Secara Umum

Pembangkit listrik merupakan proses perubahan bentuk satu energi ke bentuk energi lain dimana sebagai produknya berupa energi listrik. PLTU mengubah energi kimia dari bahan bakar menjadi energi panas yang ditransfer ke air pengisi. (Ahmad Yani, 2018). Bentuk / wujud energi diatas posisinya / keberadaannya seperti berikut:

1. Energi Kimia
Terdapat dalam bahan bakar.
2. Energi Kalor

Terjadi pada proses reaksi / pembakaran, panas diteruskan kedinding pipa ketel, diterima air ketel sebagai energi kalor.

3. Energi Kinetik

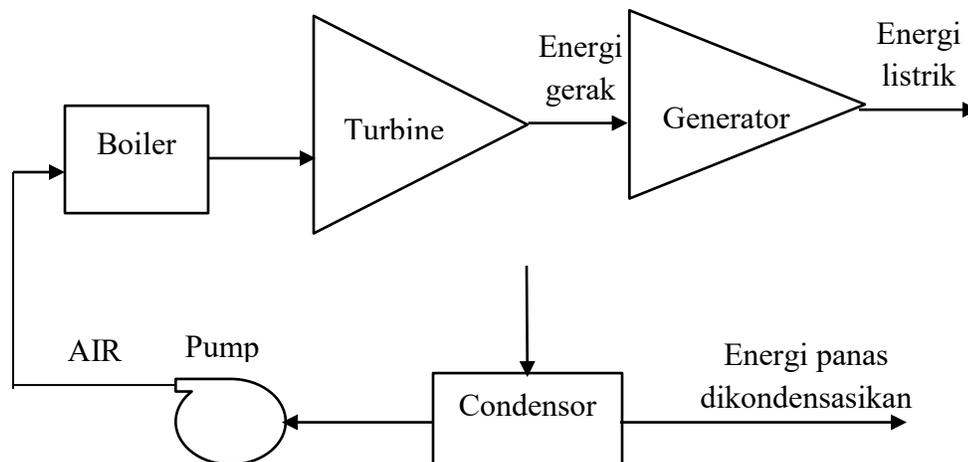
Energi uap berubah fungsi kecepatan mendorong sudu memutar poros turbin.

4. Energi Mekanik

Merupakan pemusatan yang terletak di sumbu poros turbin.

5. Energi Listrik

Pemutaran poros turbin diteruskan ke poros generator menghasilkan listrik.



Gambar 2. 3 Bagan Siklus PLTU Umum
(Sumber : Ahmad Yani,Dedi Mustafa,Taqwa 2018)

Seperti diketahui untuk merealisasikan transformasi energi pada berbagai komponen utama PLTU, diperlukan fluida perantara yang disebut fluida kerja. Fluida kerja yang dipakai di PLTU adalah air. Sebagai perantara, fluida kerja akan mengalir

melintasi beberapa komponen utama PLTU dalam suatu siklus tertutup, seperti tampak pada gambar 1. Selama melewati lintasan tertutup tersebut, fluida kerja mengalami perubahan wujud yaitu dari air menjadi uap untuk kemudian menjadi air kembali. Karena itu siklus fluida kerja dapat dipisahkan menjadi dua sistem, yaitu sistem uap dan sistem air.

2.3 Komponen Utama PLTU

Pembangkit listrik tenaga uap memiliki 4 komponen utama diantaranya yaitu terdiri dari pompa sebagai alat yang digunakan untuk menyuplai fluida, boiler sebagai tempat diproduksinya uap panas, turbin yang berfungsi sebagai tempat terjadinya ekspansi uap, dan kondensor sebagai alat pendingin.

2.3.1 Boiler

Boiler merupakan bejana bertekanan yang terbuat dari baja yang berfungsi untuk menghasilkan uap bersuhu tinggi. Uap panas diindustri digunakan sebagai pemanas, penggerak alat-alat maupun untuk membantu jalannya proses-proses penyulingan, pengeringan, dan lain-lain. Sedangkan dalam suatu pembangkit listrik tenaga uap, uap panas ini digunakan untuk menggerakkan turbin sehingga menghasilkan energi listrik. Panas pada boiler didapatkan dari hasil pembakaran bahan bakar didalam boiler itu sendiri. Bahan bakar yang biasa dipakai adalah batu bara, minyak bumi, gas bumi, ataupun reaksi nuklir.

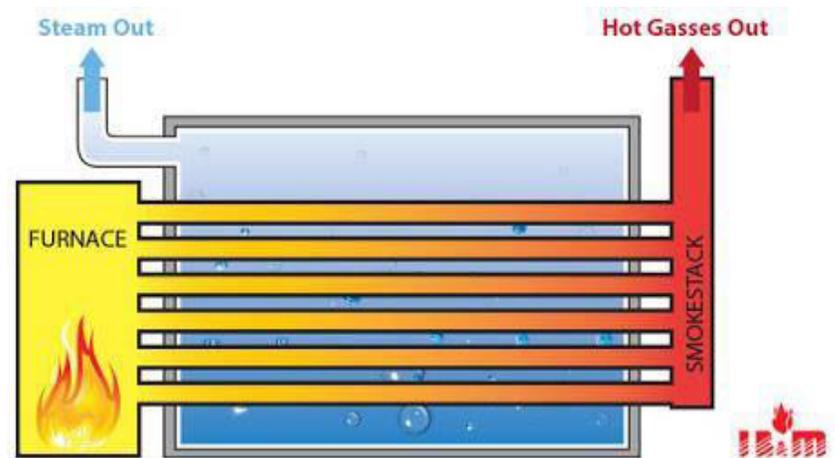


Gambar 2. 4 Boiler
(Sumber: *Industrial Boiler System.com*)

Ditinjau dari isi didalam tube boiler, boiler dibedakan menjadi dua:

1. Fire Tube Boiler

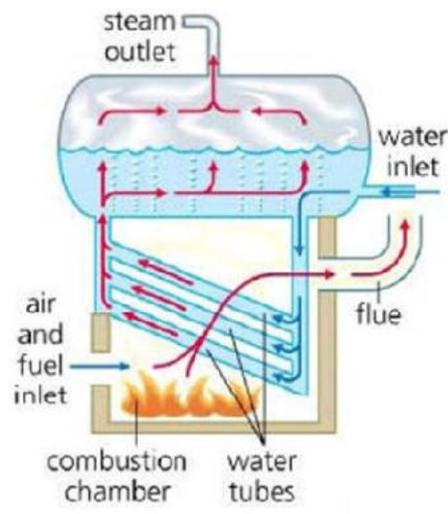
Fire tube boiler merupakan jenis boiler dimana gas-gas panas yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar mengalir melalui pipa-pipa yang dikelilingi air. Panas dihantarkan lewat dinding-dinding pipa dari gas-gas panas ke air di sekelilingnya.



Gambar 2. 5 Fire Tube Boiler
(Sumber: Industrial Boiler.com)

2. Water Tube Boiler

Water tube boiler, air berada dalam pipa-pipa yang di kelilingi oleh api dan gas-gas panas yang berada diluar pipa. Sehingga pembentukan uap terjadi didalam sejumlah pipa-pipa.



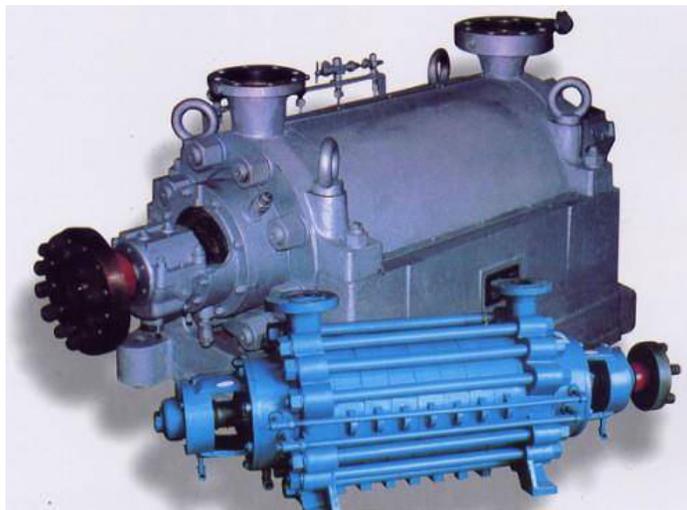
Gambar 2. 6 Water Tube Boiler
(Sumber: Industrial Boiler.com)

Apabila ditinjau dari tekanan kerjanya, boiler dibagi menjadi 3 bagian.

1. Boiler dengan tekanan rendah yaitu dengan tekanan 8-16 atm.
2. Boiler dengan tekanan menengah yaitu dengan tekanan 22-39 atm
3. Boiler dengan tekanan tinggi yaitu dengan tekanan 60-230 atm

2.3.2 Pompa

Pompa merupakan komponen yang berfungsi untuk menyuplai fluida dari suatu tempat ke tempat yang lain, selain itu fungsi pompa yang lainnya adalah untuk meningkatkan tekanan fluida. Pompa beroperasi dengan mengadakan perbedaan tekanan antara bagian yang masuk dan bagian keluaran. Untuk menggerakkan pompa, diperlukan suatu tenaga yang dapat berupa motor listrik.



Gambar 2. 7 Pompa
(Sumber: *Insinyoer.com*)

2.3.3 Turbin Uap

Turbin uap merupakan suatu mesin konversi yang berfungsi untuk mengubah energi kinetik yang terdapat di dalam uap menjadi energi mekanik berupa putar poros pada turbin. Prinsip kerjanya yaitu pertama energi panas dalam uap diubah terlebih dahulu menjadi energi kinetik dengan cara melewatkan uap melalui *nozzle-nozzle*. Kemudian uap yang memiliki kecepatan tinggi ini diarahkan ke sudu-sudu turbin sehingga menghasilkan energi mekanik berupa putaran pada poros turbin, selanjutnya putaran poros ini dapat digunakan untuk menggerakkan rotor pada generator sehingga dapat menghasilkan energi listrik.

Berdasarkan transformasi energi, turbin uap dapat dibedakan menjadi 2:

1. Turbin *Impulse*

Turbin *impulse* merupakan turbin dengan sudu tekanan yang tetap. Dalam hal ini uap hanya mengalami ekspansi hanya dalam sudu-sudu tetap. Sudu-sudu ini berfungsi sebagai *nozzle* sehingga uap yang melewati sudu-sudu ini akan mengalami peningkatan energi kinetik.

2. Turbin Reaksi

Turbin reaksi merupakan turbin yang terdiri dari 100% sudu-sudu reaksi. Sudu-sudu dalam turbin ini berfungsi sebagai *nozzle-nozzle* uap yang melewatinya, sehingga uap ini akan mengalami peningkatan kecepatan dan penurunan tekanan.

Dari segi tekanan akhir uap, turbin uap dibedakan menjadi 2:

1. Turbin *Back Pressure*

Turbin *back pressure* merupakan turbin-turbin yang tekanan akhirnya diatas tekanan atmosfer. Hal ini dikarenakan uap keluaran dari turbin ini tidak dikondensasikan.

2. Turbin Kondensasi

Turbin kondensasi merupakan suatu turbin dimana uap keluaran dari turbin ini dikondensasikan. Dalam hal ini tekanan akhir turbin kondensasi dibuat vacuum, sehingga temperatur kondensasinya diatas temperatur air pendingin yang tersedia.

Berdasarkan tekanan uap masuk, turbin uap dibedakan menjadi 5:

1. Tekanan super kritis (225 bar)
2. Tekanan sangat tinggi (170 bar keatas)
3. Tekanan tinggi (didas 40 bar)
4. Tekanan menengah (s/d 40 bar)
5. Tekanan rendah (1,2 – 2 bar)



Gambar 2. 8 Turbin Uap
(Sumber: *Insinyoer.com*)

2.3.4 Kondensor

Kondensor merupakan komponen yang berfungsi sebagai alat pendingin untuk mengubah uap maupun campuran hasil keluaran turbin menjadi cair atau cair jenuh. Pada kondensor terdapat dua fluida yang mengalir didalamnya, yang pertama, fluida panas yaitu uap maupun campuran yang berasal dari turbin dan fluida lain sebagai fluida dingin yang biasanya berasal dari *cooling tower*. Panas dari fluida panas akan dilepas menuju fluida dingin sehingga memungkinkan terjadinya perubahan fasa dari uap atau campuran menjadi cair maupun cair jenuh.

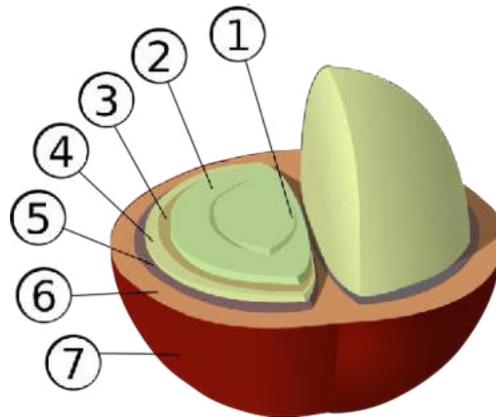


Gambar 2. 9 Kondensor
(Sumber: *Insinyoer.com*)

2.4 Kopi (*Coffea sp.*)

Kopi (*Coffea sp.*) adalah spesies tanaman berbetuk pohon yang termasuk dalam famili *Rubiaceae Coffea*. Tanaman ini tumbuhnya tegak, bercabang, dan bila dibiarkan tumbuh dapat mencapai tinggi 12m. Biji kopi terletak didalam buah yang

bewarna merah atau ungu, dimana buah pada umumnya mengandung dua inti yang saling berhimpit. (Warmadewanthi, 2010) . Di dalam kopi terdapat beberapa lapisan yang menyusunnya, seperti yang dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. 10 Bagian-bagian kopi

(Sumber: Putri Eka Rizki Sudarsono, Warmadewanthi 2010)

Keterangan:

1. Inti biji
2. Biji (*endosperm*)
3. *Silver skin* (testa, epidermis)
4. *Parchmen* (*hull, endocarp*)
5. Lapisan pektin
6. Kulit (*mesocarp*)
7. Kulit terluar (*pericap, exocarp*)

2.5 Kulit Kopi

Dalam memenuhi kebutuhan manusia yang kian hari semakin bertambah, maka banyak pula perusahaan dan industri yang memproduksi dan menjual berbagai jenis barang dan jasa. Perusahaan-perusahaan dan industri yang ada saling bersaing untuk memberikan yang terbaik kepada konsumen dan memenuhi kebutuhan hidupnya. Hal ini terjadi kepada semua jenis industri, termasuk pula jenis industri rumah tangga olahan biji kopi. (Budiawan , November,2014).

Tanaman kopi ini merupakan komoditi usaha tani rakyat. Buah kopi bentuknya bulat bergaris tengah kira – kira 1 – 1,5 cm. Sebagai bahan pangan yang termasuk bahan penyegar, tanaman kopi termasuk kedalam famili Rubiaceae terdiri atas jenis *coffea arabica*, *coffe robusta* dan *coffe liberica*. Negara asal tanaman kopi adalah Abessinia yang tumbuh di dataran tinggi. Tanaman kopi robusta tumbuh baik di dataran rendah sampai ketinggian sekitar 1.000 m di atas permukaan laut. Tanaman kopi arabica di dataran yang lebih tinggi sampai ketinggian sekitar 1700 m di atas permukaan laut, daerah umumnya dengan suhu sekitar 10 – 16⁰C (Sariadi, 2009).

Klasifikasi kopi

Kingdom	:	<i>Plantea</i>
Divisi	:	<i>Magnoliophyta</i>
Kelas	:	<i>Magnoliopsida</i>
Ordo	:	<i>Gentianacea</i>
Famili	:	<i>Rubiaceae</i>
Genus	:	<i>Coffea</i>

Spesies : *Coffea arabica*.

Ada dua spesies dari tanaman kopi yaitu arabika dan robusta. Arabika adalah kopi tradisional dan dianggap paling enak rasanya. Robusta memiliki merupakan produk pertanian yang ramah lingkungan. Di bandingkan dengan menggunakan pupuk kimia (anorganik) maka penggunaan pupuk organik ini akan menghemat biaya pemeliharaan kebun sampai 30% kafein yang lebih tinggi dan dapat dikembangkan dalam lingkungan di mana Arabika tidak akan tumbuh (Wahyudi, 2009).

Kulit buah kopi merupakan limbah yang dipisahkan dari biji kopi. Limbah kopi tersebut terdiri dari limbah kulit, dan limbah pulp. Limbah cair kulit kopi merupakan lapisan lendir berwarna putih yang melapisi permukaan biji kopi. Limbah cair ini dihasilkan pada saat pencucian biji kopi. Limbah cair kulit kopi dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan asam asetat, dan tentunya dapat menghasilkan mutu asam asetat yang baik (Raudah, 2013).

Salah satu limbah yang belum di manfaatkan secara optimal adalah limbah kulit kopi. Kulit kopi sendiri masih sangat melimpah. Selama ini pabrik pengolahan kopi memanfaatkan limbah kulit kopi sebagai pakan ternak, pupuk tanaman dan biogas. Mengingat bahwa kulit kopi memiliki nilai kalor yang tinggi, kadar air yang rendah, serta kandungan sulfur yang cukup rendah maka perlu dilakukan pemanfaatan limbah kulit kopi pada pabrik – pabrik digunakan sebagai briket. Sehingga dari briket limbah tersebut dapat digunakan sebagai penunjang proses pengolahan kopi khususnya dalam proses pembakaran (Hendrawan, 2014).

Pembuatan briket kulit kopi menggunakan bahan campuran lain yakni

serbuk kayu, diharapkan dapat menambah nilai kalor dari briket bioarang. Diharapkan hasil dari penelitian briket bioarang kulit kopi dan serbuk kayu dapat dimanfaatkan untuk mengurangi konsumsi energi pada proses pengolahan kopi. Dalam proses pembuatan briket nantinya juga menentukan variasi komposisi yang tepat terhadap kualitas fisik dan kimia dari briket sehingga menghasilkan briket yang baik dengan nilai yang tinggi. Selain itu dari penelitian briket bioarang dari kulit kopi dan serbuk kayu diharapkan dapat menghasilkan nilai kalor, kadar air, kadar abu, volatile meter, karbon terikat dan kuat tekan yang optimal dari perbandingan parameter kulit kopi pada campuran briket bioarang (Hendrawan, 2014).

Kopi merupakan salah satu komoditas penting didalam perdagangan dunia. Areal perkebunan kopi di indonesai mencapai lebih dari 1,291 juta hektar dimana 96% diantaranya adalah areal perkebunan kopi rakyat. Pada tahun 2009 produksi kopi indonesia mencapai total 689 ribu ton. Produksi kopi robusta mencapai 81% dari total produksi (sekitar 557 ribu ton) dan 19% untuk produksi kopi Arabika (sekitar 131 ribu ton).

Kulit kopi selama ini tidak mengalami pemrosesan dipabrik karena yang digunakan hanya biji kopi yang kemudian dijadikan bubuk kopi instan. Telah dilakukan usaha untuk mengolah limbah kopi untuk keperluan bahan bakar dalam bentuk padat, dimana pemanfaatanya adalah sama seperti briket batubara. Pembakaran limbah kulit kopi menghasilkan kadar sulfur yang rendah. Keringnya kandungan dari limbah kulit kopi akan menguntungkan karena dapat meningkatkan nilai kalor. (Warmadewanthi, 2010)



Gambar 2. 11 Penjemuran Kulit Kopi
(Sumber: Penulis,2020)

2.6 Biobriket



Gambar 2. 12 Briket
(Sumber: Penulis,2020)

Biobriket merupakan bahan bakar yang berasal dari sisa-sisa bahan organik yang telah mengalami proses pemampatan dengan daya tekan tertentu dan berwujud padat. Penggunaan kayu bakar yang mulai meningkat konsumsinya dapat digantikan

menggunakan biobriket. Harga biobriket yang relatif lebih murah sehingga lebih mudah terjangkau oleh masyarakat. Gumpalan-gumpalan atau batang-batang arang yang terbuat dari bioarang merupakan biobriket. Kayu, ranting, daun-daunan, ataupun limbah pertanian lainnya merupakan contoh bahan hayati atau biomassa yang dapat digunakan sebagai bahan pembuatan bioarang. Biasanya, bahan-bahan tersebut dianggap sampah yang tidak berguna sehingga sering dimusnahkan dengan cara dibakar, bahan-bahan tersebut sebenarnya dapat diolah menjadi arang, yang selanjutnya disebut bioarang. Bioarang ini dapat digunakan sebagai bahan bakar yang tidak kalah dengan bahan bakar lain. Akan tetapi untuk memaksimalkan pemanfaatannya, bioarang ini harus melalui beberapa proses pengolahan sehingga menjadi biobriket.

Biobriket merupakan bahan bakar padat dari bahan organik yang mengandung karbon, memiliki nilai kalori yang tinggi, dan dapat menyala dalam waktu yang lama. Bioarang merupakan bahan bakar padat yang berasal dari arang yang diperoleh dengan membakar biomassa kering tanpa menggunakan udara. Biobriket yang permukaannya halus dan tidak meninggalkan bekas hitam ditangan merupakan salah satu syarat biobriket yang baik. Sebagai bahan bakar briket juga harus memenuhi beberapa kriteria sebagai berikut yaitu, mudah dinyalakan, tidak mengeluarkan asap, emisi gas hasil pembakaran tidak mengandung racun, kadar air dan hasil pembakaran tidak berjamur bila disimpan dalam waktu lama, menunjukkan upaya laju pembakaran (waktu,laju,pembakaran,dan suhu pembakaran) yang baik.

Bahan bakar briket yang potensial dapat diandalkan untuk rumah tangga. Briket mampu menyuplai energi dalam jangka panjang. Briket didefinisikan sebagai bahan bakar yang berwujud padat yang berasal dari sisa-sisa bahan organik, yang telah mengalami proses pemanfaatan dengan daya tekan tertentu. Pemanfaatan briket sebagai energi alternatif merupakan langkah tepat.

Briket termasuk bahan bakar padat yang dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif yang mempunyai bentuk tertentu. Kandungan air pada pembriketan antara (10-20)% berat. Ukuran briket bervariasi dari (20-100) gram. Pemilihan proses pembriketan tentunya harus mengacu pada segmen pasar agar dicapai nilai ekonomis, teknis dan lingkungan yang optimal. Pembriketan bertujuan untuk memperoleh suatu bahan bakar yang berkualitas yang dapat digunakan untuk semua sektor sebagai sumber energi.

Briket terbuat dari arang dengan bentuk tertentu yang dibuat dengan teknik pengepresan tertentu dan menggunakan bahan perekat tertentu sebagai bahan pengeras. Biobriket merupakan bahan bakar briket yang dibuat dari arang biomassa hasil pertanian (bagian tumbuhan), baik berupa bagian yang memang sengaja dijadikan bahan baku briket maupun sisa atau limbah proses produksi/pengolahan agroindustri. Biomassa hasil pertanian, khususnya limbah agroindustri merupakan bahan yang seringkali dianggap kurang atau tidak bernilai ekonomis, sehingga murah dan bahkan pada tarafter tentu merupakan sumber pencemaran bagi lingkungan. Dengan demikian pemanfaatannya akan berdampak positif, baik bagi bisnis maupun bagi kualitas lingkungan secara keseluruhan. Biobriket yang berkualitas mempunyai

ciri antara lain tekstur halus, tidak mudah pecah, keras, aman bagi manusia dan lingkungan, dan memiliki sifat-sifat penyalaan yang baik. Sifat penyalaan ini diantaranya mudah menyala, waktu nyala cukup lama, tidak menimbulkan jelaga, asap sedikit dan cepat hilang serta nilai kalor yang cukup tinggi.

Faktor-faktor yang mempengaruhi sifat briket arang adalah berat jenis bahan bakar atau berat jenis serbuk arang, kehalusan serbuk, suhu karbonisasi, dan tekanan pada saat dilakukan pencetakan. Selain itu, pencampuran formula dengan briket juga mempengaruhi sifat briket dan syarat-syarat briket yang baik adalah briket yang permukaannya halus dan tidak meninggalkan bekas hitam di tangan. Selain itu, sebagai bahan bakar, briket juga harus memenuhi kriteria seperti mudah dinyalakan, tidak mengeluarkan asap, emisi gas hasil pembakaran tidak mengandung racun, kedap air dan hasil pembakaran tidak berjamur bila disimpan pada waktu lama, menunjukkan upaya laju pembakaran (waktu, laju pembakaran, dan suhu pembakaran) yang baik.

Beberapa tipe/bentuk briket yang umum dikenal, antara lain: bantal (*oval*), sarang tawon (*honey comb*), silinder (*cylinder*), telur (*egg*), dan lain-lain. Secara umum beberapa spesifikasi briket yang dibutuhkan oleh konsumen adalah daya tahan briket, ukuran dan bentuk yang sesuai untuk penggunaannya bersih terutama untuk sektor rumah tangga, bebas gas-gas berbahaya, sifat pembakaran yang sesuai dengan kebutuhan (kemudahan dibakar, efisiensi energi, pembakaran yang stabil).

Keuntungan yang diperoleh dari penggunaan briket antara lain adalah biayanya amat murah. Alat yang digunakan untuk pembuatan briket bioarang cukup sederhana dan bahan bakunya pun sangat murah, bahkan tidak perlu membeli karena berasal dari sampah, daun-daun kering, limbah pertanian yang berguna lagi. Bahan baku untuk pembuatan arang umumnya telah tersedia disekitar kita. Briket bioarang dalam penggunaannya menggunakan tungku yang relatif kecil dibandingkan dengan tungku yang lainnya.

2.6.1 Proses Pembriketan

Proses pembriketan adalah proses pengolahan yang mengalami perlakuan penggerusan, pencampuran bahan baku, pencetakan pengeringan pada kondisi tertentu dan pengepakan sehingga diperoleh briket yang mempunyai bentuk, ukuran fisik dan sifat kimia tertentu. Tujuan dari pembriketan adalah untuk meningkatkan kualitas bahan sebagai bahan bakar, mempermudah penanganan dan transportasi serta mengurangi kehilangan bahan dalam bentuk debu pada proses pengangkutan.

Secara umum proses pembuatan briket melalui tahap pengurusan, pencampuran, pencetakan, pengeringan dan pengepakan.

1. Penggerusan adalah menggerus bahan baku briket untuk mendapatkan ukuran butir tertentu. Alat yang digunakan adalah *crusher* atau *blender*
2. Pencampuran adalah mencampur bahan baku briket pada komposisi tertentu untuk mendapatkan adonan yang homogen. Alat yang digunakan adalah *mixer*, *combining blender*.

3. Pencetakan adalah mencetak adonan briket untuk mendapatkan bentuk tertentu sesuai yang diinginkan. Alat yang digunakan adalah *Briquetting Machine*.
4. \Pengeringan adalah proses mengeringkan briket menggunakan udara panas pada temperatur tertentu untuk menurunkan kandungan air pada briket. Umumnya kadar air briket yang telah dicetak masih sangat tinggi sehingga bersifat basah dan lunak, oleh karena itu briket perlu dikeringkan. Pengeringan bertujuan untuk mengurangi kadar air dan mengeraskan hingga aman dari ganggguan jamur dan benturan fisik. Cara pengeringan dapat dilakukan dengan penjemuran dengan sinar matahari dan oven
5. Pengemasan adalah pengemasan produk briket susai dengan spesifikasi kualitas dan kuantitas yang telah ditentukan.

2.6.2 Prinsip Pembuatan Briket

1. Prinsip karbonisasi

Proses karbonisasi atau pengarangan adalah proses mengubah bahan baku asal menjadi karbon berwarna hitam melalui pembakaran dalam ruang tertutup dengan udara yang terbatas atau seminimal mungkin. Proses pengarangan (pirolisasi) merupakan proses penguraian biomassa menjadi panas pada suhu lebih dari 150°C. Pada proses pirolisa terdapat beberapa tingkatan proses yaitu pirolisa primer dan pirolisa sekunder. Pirolisa primer adalah pirolisa yang terjadi pada bahan baku (umpan),

sedangkan pirolisa sekunder adalah pirolisa yang terjadi atas partikel dan gas/uap pirolisa primer. Selama proses pengarangan dengan alur konveksi pirolisa perlu diperhatikan asap yang ditimbulkan selama proses yaitu jika asap tebal dan putih berarti bahan sedang mengering, jika asap tebal dan kuning berarti pengkarbonan sedang berlangsung pada fase ini sebaiknya tungku ditutup dengan maksud agar oksigen pada ruang pengarangan rendah, sedangkan jika asap semakin menipis dan berwarna biru berarti pengarangan hampir selesai kemudian drum dibalik dan proses pembakaran selesai.

Proses pembakaran dikatakan sempurna jika hasil akhir pembakaran berupa abu berwarna keputihan dan seluruh energi didalam bahan organik dibebaskan ke lingkungan. Namun dalam pengarangan, energi pada bahan akan dibebaskan secara perlahan. Apabila proses pembakaran dihentikan secara tiba-tiba ketika bahan masih membara, bahan tersebut akan menjadi arang yang berwarna kehitaman. Bahan tersebut masih terdapat sisa energi yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan seperti memasak, memanggang, dan mengeringkan. Bahan organik yang sudah menjadi arang akan mengeluarkan sedikit asap dibandingkan dibakar langsung menjadi abu

2. Metode Karbonisasi

Pelaksanaan karbonisasi meliputi teknik yang paling sederhana hingga yang paling canggih. Tentu saja metode pengarangan yang dipilih disesuaikan dengan kemampuan dan kondisi keuangan. Berikut

dijelaskan beberapa metode karbonisasi (pengarangan).

a. Pengarangan Terbuka

Metode pengarangan terbuka artinya pengarangan tidak dalam ruangan sebagaimana mestinya. Resiko kegagalannya lebih besar karena udara langsung kontak dengan bahan baku. Metode pengarangan ini paling murah dan paling cepat, tetapi bagian yang menjadi abu juga paling banyak, terutama jika selama proses pengarangan tidak ditunggu dan dijaga. Selain itu bahan baku harus selalu dibolak-balik agar arang yang diperoleh seragam dan merata warnanya.

b. Pengarangan Didalam Drum

Drum bekas aspal atau oli yang masih baik bisa digunakan sebagai tempat proses pengarangan. Metode pengarangan didalam drum cukup praktis karena bahan baku tidak perlu ditunggu terus-menerus sampai menjadi arang.

c. Pengarangan Didalam Silo

Sistem pengarangan silo dapat diterapkan untuk produksi arang dalam jumlah banyak. Dinding dalam silo terbuat dari batu bata tahap api. Sementara, itu dinding luarnya disemen dan dipasang besi beton sedikitnya 4 buah tiang yang jaraknya disesuaikan dengan keliling silo. Sebaiknya sisi bawah silo diberi pintu yang berfungsi untuk mempermudah pengeluaran arang yang sudah jadi. Hal yang penting dalam metode ini adalah menyediakan air yang banyak

untuk memadamkan bara.

d. Pengarangan Semimodern

Metode pengarangan semimodern sumber apinya berasal dari plat yang dipanasi atau batu bara yang dibakar. Akibatnya udara disekeliling bara ikut menjadi panas dan memuai ke seluruh ruangan pembakaran. Panas yang timbul dihembuskan oleh blower atau kipas angin bertenaga listrik.

e. Pengarangan Super Cepat

Pengarangan super cepat hanya membutuhkan waktu pengarangan dalam hitungan menit. Metode ini menggunakan penerapan roda berjalan. Bahan baku dalam metode ini bergerak melewati lorong besi yang sangat panas dengan suhu mendekati 70°C .

3. Penggilingan Arang

Seluruh arang yang dihasilkan dari proses karbonisasi biasanya masih berbentuk bahan aslinya. Oleh karena itu agar bentuk dan ukuran arang seragam, diperlukan alat atau mesin penggiling yang dilengkapi saringan sebesar 0,1-0,5 mm. Tipe mesin penggiling yang digunakan biasanya penggilingan tepung atau juga bisa digunakan blender, namun sebelumnya dihancurkan terlebih dahulu dalam ukuran yang kecil-kecil tergantung dari ukuran dan tingkat kekerasan arangnya, kemudian disaring dengan menggunakan saringan.

4. Teknik Pencampuran Adonan

Sebetas untuk keperluan sendiri, pencampuran adonan arang dan perekat cukup dengan kedua tangan disertai alat pengaduk kayu atau logam. Namun, jika jumlah briket diproduksi cukup besar, kehadiran mesin pengaduk adonan sangat dibutuhkan untuk mempermudah pencampuran dan memperingan pekerjaan operator. Apabila mesin pengaduk adonan tersebut dianggap mesin belum memadai, bisa dicoba mesin molen yang sering dipakai mencampur adukan semen yang kapasitasnya beragam, mulai yang mini hingga yang raksasa. Semua peralatan digunakan tersebut harus bertenaga mesin agar target yang telah ditetapkan oleh perusahaan dapat terkejar.

5. Mencetak dan Mengeringkan Briket

Pencetakan arang bertujuan untuk memperoleh bentuk yang seragam dan memudahkan dalam pengemasan serta penggunaannya. Dengan kata lain, pencetak briket akan memperbaiki penampilan dan mengangkat nilai jualnya. Oleh karena itu bentuk ketahanan briket yang diinginkan tergantung dari alat pencetak yang digunakan.

a. Alat pencetak

Ada berbagai macam alat percetakan yang dapat dipilih, mulai dari yang paling ringan hingga super berat, tergantung tujuan penggunaannya. Setiap cetakan menghendaki kekerasan atau kekuatan pengempaan sampai nilai tertentu sesuai yang diinginkan, biasanya briket rumah tangga memiliki tingkat kekerasan antar (2.000- 5.000)

kg/cm², sedangkan untuk industri tingkat kekerasannya sekitar (5.000-20.000) kg/cm², semakin padat dan keras briket, semakin awet daya bakarnya.

b. Pengerinan briket

Umumnya kadar air briket yang telah dicetak masih sangat tinggi sehingga bersifat basah dan lunak. Oleh karena itu, briket perlu dikeringkan. Pengerinan bertujuan mengurangi kadar air dan mengeraskannya hingga aman dari gangguan jamur dan bantuan fisik. Berdasarkan caranya, dikenal 2 metode pengerinan yaitu penjemuran dengan sinar matahari dan pengerinan dengan oven .



Gambar 2. 13 Kulit Kopi Yang Telah Diarangkan
(Sumber: Penulis,2020)



Gambar 2. 14 Kulit Kopi Yang Telah Diarangkan Kemudian Dihaluskan
(Sumber: Penulis,2020)

2.7 Perekat

Untuk merekatkan partikel-partikel zat dalam bahan baku pada proses pembuatan briket, maka diperlukan zat pengikat sehingga dihasilkan briket yang kompak. Berdasarkan fungsi dari pengikat dan kualitasnya, pemilihan bahan pengikat dapat dibagi menjadi sebagai berikut:

1. Berdasarkan Sifat Atau Bahan Perekat Briket

Adapun karakteristik bahan baku perekatan untuk pembuatan briket adalah sebagai berikut:

- a. Memiliki daya kohesi yang baik bila dicampur dengan semikokas atau batubara.
- b. Mudah terbakar dan tidak berasap.
- c. Mudah didapat dalam jumlah banyak dan murah harganya.
- d. Tidak mengeluarkan bau, tidak beracun, dan tidak berbahaya.

2. Berdasarkan Jenis

a. Pengikat Anorganik

Pengikat anorganik dapat menjadi ketahanan briket selama proses pembakaran sehingga dasar permeabilitas bahan bakar tidak terganggu. Pengikat anorganik ini mempunyai kelemahan yaitu adanya penambahan abu yang berasal dari bahan pengikat sehingga dapat menghambat pembakaran dan menurunkan nilai kalor. Contoh dari pengikat anorganik antara lain semen, lempung, dan natrium silika.

b. Pengikat Organik

Pengikat organik menghasilkan abu yang lebih sedikit setelah pembakaran briket dan umumnya merupakan bahan perekat yang efektif. Contoh dari pengikat organik antara lain tepung tapioka, tepung sagu, tar, aspal, amilum, molase dan parafin.

Tapioka sering digunakan untuk membuat makanan dan bahan perekat. Tepung tapioka umumnya digunakan sebagai bahan perekat karena banyak terdapat dipasaran dan harganya relatif murah. Perekat ini dalam penggunaannya menimbulkan asap yang relatif sedikit dibandingkan dengan bahan lainnya. Perekat tepung tapioka dalam bentuk cair sebagai bahan perekat menghasilkan *fiberboard* bernilai rendah dalam hal kerapatan, keteguhan tekan, kadar abu dan zat mudah menguap, tetapi akan lebih tinggi dalam hal kadar air, karbon terikat dan nilai kalornya apabila dibandingkan dengan yang

menggunakan perekat molase. Penggunaan tapioka akan menghasilkan briket yang tidak berasap dan tahan lama.

Perekat dalam pembuatan briket bioarang berpengaruh pada kualitas briket. Apabila jumlah briket tidak sesuai dengan komposisi biomassa, maka ketika briket tersebut dicetak hasil cetakan akan lebih kering dan mudah hancur. Pencampuran perekat yang tidak merata menyebabkan cetakan patah-patah ketika keluar dari cetakan briket.

Tapioka adalah salah satu pengikat organik yang memiliki kadar karbohidrat cukup tinggi. Tapioka merupakan salah satu sumber karbohidrat yang ketersediannya cukup melimpah khususnya di daerah yang memiliki usaha perkebunan singkong. Sebagai sumber karbohidrat, tapioka juga memiliki pati yang terdiri dari amilosa dan amilopektin yang menjadikannya mampu mengikat karbon-karbon dalam briket arang. Pati tersusun dari dua macam karbohidrat, amilosa dan amilopektin, dalam komposisi yang berbeda-beda. Amilosa memberikan sifat keras sedangkan amilopektin menyebabkan sifat lengket. Tapioka adalah pati dengan bahan abku singkong dan merupakan salah satu bahan untuk keperluan industri makanan, farmasi, tekstil, perekat dan lain-lain. Tapioka memiliki sifat fisik yang serupa dengan pati sagu, sehingga penggunaan keduanya dapat dipertukarkan.



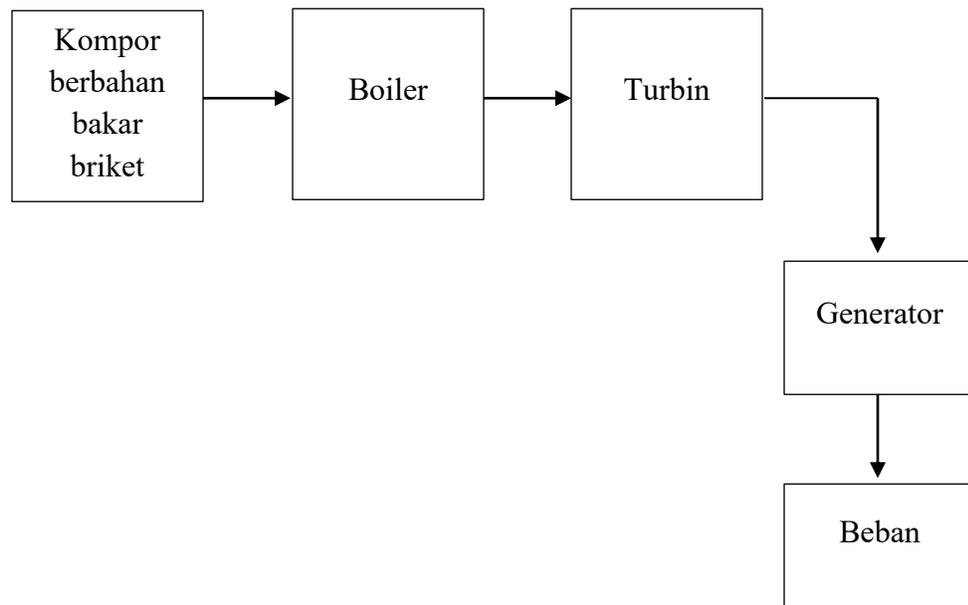
Gambar 2. 15 Tepung Tapioka
(Sumber: Penulis, 2020)

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini digunakan metode rancang bangun, yang diawali dari pembuatan rancang bangun miniatur pembangkit listrik tenaga uap dengan pemanfaatan limbah kopi. Selanjutnya mulai mengumpulkan alat dan bahan yang akan dibuat.

3.1 Blok Diagram



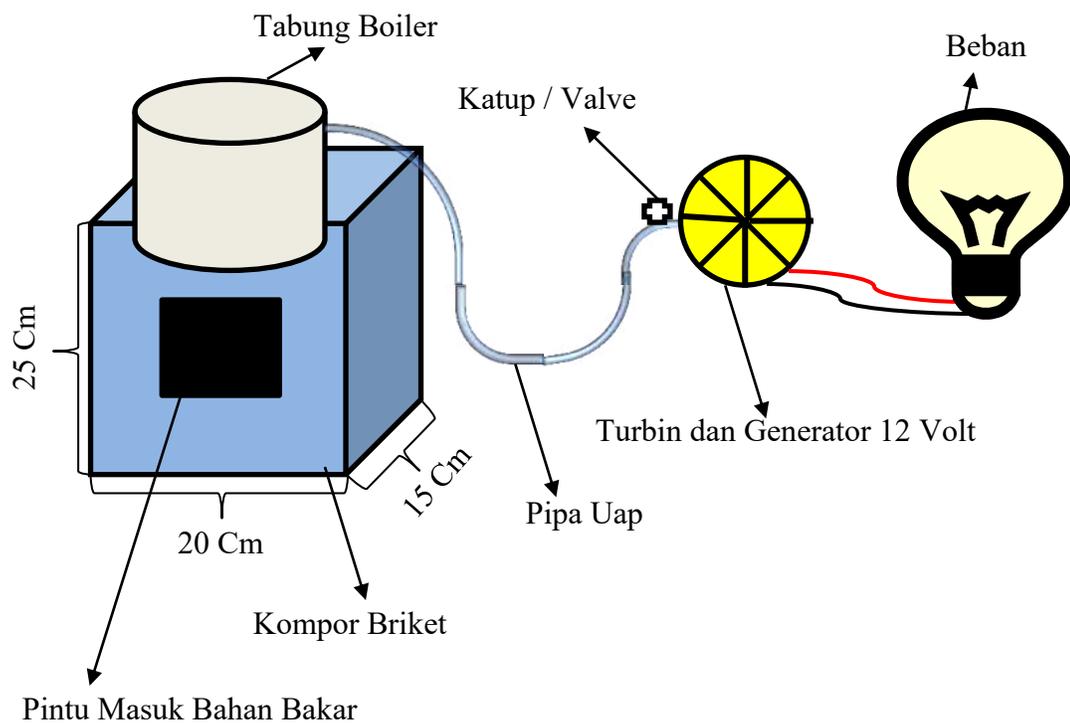
Gambar 3. 1 Blok Diagram PLTU
(Sumber: Penulis, 2020)

Penjelasan dan fungsi dari masing-masing blok adalah sebagai berikut:

1. Kompur berbahan biomassa briket menampung briket dan memanaskan kompur untuk proses pembakaran boiler.

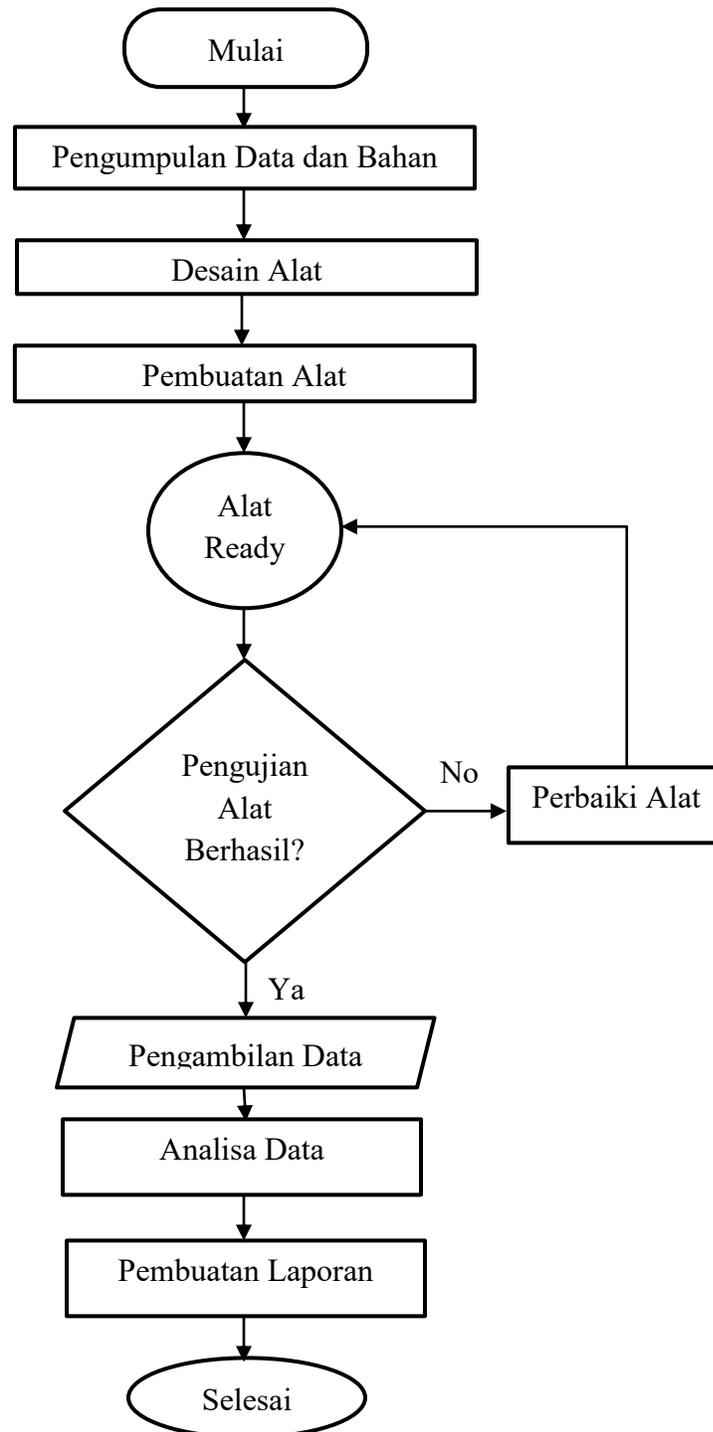
2. Boiler berfungsi sebagai wadah air yang akan dipanaskan dan uap yang dihasilkan akan memutar turbin.
3. Turbin berfungsi untuk mengkonversi energi dari uap menjadi energi putaran mekanis.
4. Generator berfungsi untuk menghasilkan listrik dari putaran mekanis.
5. Beban adalah pengguna yang memakai daya listrik.

3.2 Miniatur PLTU Bahan Bakar Limbah Kopi



Gambar 3. 2 Rangkaian PLTU Bahan Bakar Limbah Kopi
(Sumber: Penulis, 2020)

3.3 Flowchart



Gambar 3. 3 Flowchart
(Sumber: Penulis, 2020)

3.4 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli – Agustus 2020 bertempat di Desa Sait Buttu Saribu Kabupaten Simalungun.

3.5 Rancangan Penelitian

Penulis menggunakan beberapa metode dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan yang terdiri dari:

1. Studi Literatur

Tahapan awal yang dilakukan adalah studi literatur. Studi literatur ini berisi mengenai beberapa kajian penulis dari beberapa acuan yang diperoleh baik berupa karya ilmiah, jurnal, buku, maupun bersumber dari internet yang ada kaitannya dengan tema penelitian yang berfungsi sebagai penunjang untuk mempermudah proses penelitian.

2. Perancangan Alat

Perancangan alat ini menjadi langkah awal untuk menentukan rancangan miniatur pembangkit listrik tenaga uap dengan pemanfaatan limbah kopi yang nantinya akan dibuat untuk pembangkit terbarukan. Dalam langkah ini kita harus mempertimbangkan beberapa rancangan yang sekiranya dapat beroperasi maksimal apabila pembangkit ini telah diciptakan.

3. Pengambilan Data

Pengambilan data diperoleh dengan melakukan pengukuran tegangan, arus maupun daya pada sistem pembangkit listrik tenaga uap dengan pemanfaatan limbah kopi.

3.6 Alat dan Bahan Penelitian

1. Alat

- a. Alat tulis, sebagai media pencatatan data
- b. Timer (Stopwatch)
- c. Multitester
- d. Meteran
- e. Triplek dan broti
- f. Palu dan paku
- g. Obeng dan tang
- h. Isolasi
- i. Gergaji
- j. Klem

2. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah ampas kopi, kulit kopi, dan bahan perekat (tepung tapioka).

3.7 Perosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian ini dibagi menjadi dua yaitu proses perancangan dan pembuatan PLTU berbahan bakar biomassa, dan proses pengujian PLTU berbahan bakar biomassa. Prosedur pengambilan data penelitian yaitu sebagai berikut:

1. Membuat tabel untuk mencatat hasil pengujian.

2. Menyiapkan dan memasang semua instalasi penelitian beserta alat ukur yang diperlukan.
3. Menyalakan kompor briket untuk memanaskan boiler hingga tekanan uap yang dirasa cukup.
4. Melakukan pengambilan data tekanan uap pada boiler.
5. Melakukan pengambilan data temperatur uap.
6. Melakukan pengambilan data rpm mesin uap dengan beban 12 volt.
7. Melakukan pengambilan data tegangan dan arus listrik.
8. Mengolah data penelitian yang didapatkan.
9. Menganalisa data hasil penelitian.
10. Menarik kesimpulan dari hasil penelitian yang dilakukan.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Kulit kopi merupakan bahan baku pembuatan briket, dan tepung kanji digunakan sebagai perekat. Kulit kopi kemudian di arangkan .Kedua bahan baku tersebut kemudian di digiling dan disaring dengan menggunakan saringan. Bahan yang digunakan adalah bahan yang lolos ayakan. Setelah bahan baku tersebut lolos ayakan kemudian kedua bahan tersebut di satukan dengan cara di pres membentuk oval, dengan tinggi briket 4cm lebar 2 inch, dan berat 70 gram.



Gambar 4.1 Tinggi briket
(Sumber: Penulis, 2020)



Gambar 4.2 Lebar dimensi briket
(Sumber: Penulis, 2020)



Gambar 4.3 Arang Briket yang siap dibakar
(Sumber: Penulis, 2020)

Tabel 4.1 Karakteristik Briket

Tinggi	Lebar	Berat	Habis Terbakar Dalam Waktu
4 cm	2 inch	70 gram	4 menit

Sumber: Penulis, 2020

4.2 Uji Kinerja Alat

Sesuai dengan syarat pembuatan miniatur yang di paparkan pada bab 3 hasil dari uji kinerja miniatur sebagai sistem pembangkit listrik tenaga uap mini ini dinyatakan sangat baik dan dapat bekerja sebagaimana pembangkit listrik tenaga uap.

4.2.1 Uji Teknis Alat

Dalam menguji kemampuan teknis pada keluaran generator DC untuk prototype pembangkit listrik tenaga uap mini maka dilakukan pengujian tiap tiap langkah mulai dari waktu pembakaran briket, putaran turbin dan generator serta pengukuran tegangan yang dihasilkan. Pengujian yang dilakukan meliputi:

1. Langkah pertama yaitu memeriksa instalasi yang terpasang pada miniatur pembangkit listrik tenaga uap mini.
2. Langkah kedua yaitu memeriksa kinerja dari setiap komponen- komponen yang terpasang pada alat pembangkit listrik tenaga uap mini.
3. Langkah ketiga yaitu melakukan pengukuran dan pemeriksaan pada setiap komponen untuk mengetahui kondisi dan kinerja komponen.
4. Langkah keempat yaitu mengamati hasil pengukuran tegangan keluaran generator DC.

Berikut ini adalah hasil pemeriksaan berdasarkan kinerja masing masing komponen

1. Briket

Pembakaran briket menghasilkan api berwarna biru sesuai yang diharapkan untuk memanaskan air di dalam boiler.

2. Generator

Generator bekerja dengan baik, generator dapat memberikan output energi listrik sesuai dengan apa yang diharapkan sebagai prototype pembangkit listrik tenaga uap mini.

3. Alat ukur

Pengukuran hasil pengujian dilakukan dengan menggunakan voltmeter DC.

Alat tersebut bekerja dengan baik, dapat mengukur besaran tegangan.

4.2.2 Uji Output Generator

Tabel 4.2 Output Generator Tanpa Beban

Waktu Pembakaran	Putaran Turbin/ Generator	Tegangan yang dihasilkan	Arus yang dihasilkan
3 menit	0	0	0
5 menit	1508 rpm	8,02 volt	0,01 ampere
7 menit	2512 rpm	12,50 volt	0,05 ampere

Sumber: Penulis, 2020

4.2.3 Uji Beban Lampu LED

Tabel 4.3 Tegangan Dari Lampu LED

Warna Lampu LED	Jumlah	Tegangan
Merah	2 Buah	4 Volt
Biru	1 Buah	3 Volt

Sumber: Penulis, 2020

4.2.4 Uji Pengukuran Waktu Pemanasan Boiler dan Output Tegangan

Pengambilan data waktu pemanasan boiler bertujuan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan dalam pembakaran briket sampai mencapai tegangan yang dihasilkan. Percobaan dilakukan sebanyak 3 kali yaitu waktu 3 menit pembakaran, 5 menit pembakaran dan 7 menit pembakaran.



Gambar 4. 4 Pengukuran Output Tegangan
(Sumber: Penulis,2020)

Langkah - langkah Percobaan

1. Memeriksa dan memastikan instalasi komponen terpasang dengan baik.

2. Mengisi boiler dengan air sebanyak 400 ml.
3. Mengisi kompor dengan briket sebanyak 15 buah.
4. Membakar briket dan Menghitung waktu pembakaran dari masing masing percobaan.
5. Penghitungan waktu dilakukan sejak awal pembakaran sampai pembukaan valve dengan waktu yang ditentukan pada masing masing percobaan.
6. Mengukur tegangan yang dihasilkan dari masing masing percobaan.

dari hasil percobaan di dapatkan data sebagai berikut:

Percobaan ini menggunakan resistor atau tahanan sebagai penghubung daya dari output generator ke lampu led, tujuan di pasang nya resistor ini agar lampu led tidak putus. Dimana rumus dari tahanan adalah:

$$R = \frac{V}{I}$$

Dimana rumus tahanan ini didapat dari rumus dasar tegangan yaitu:

$$V = I.R$$

Dimana :

V = Tegangan (volt)

I = Arus (ampere)

R= Tahanan (Ω)

Pada percobaan ini tahanan / resistor yang di pakai dari yang dijual di pasaran dan di variasikan kedalam percobaan .

Tabel 4.4 Percobaan I Waktu Pembakaran Briket dan Tegangan Yang Dihasilkan

Waktu pembakaran (menit)	Jumlah putaran turbin	Tahanan (ohm)	Tegangan yang dihasilkan (V)	Arus
3	0	470	0	0
5	1450	470	2.80	0.005
7	2105	470	3,40	0.007

(Sumber: Penulis,2020)

Tabel 4.5 Percobaan II Waktu Pembakaran Briket dan Tegangan Yang Dihasilkan

Waktu pembakaran (menit)	Jumlah putaran turbin	Tahanan (ohm)	Tegangan yang dihasilkan (V)	Arus
3	0	680	0	0
5	1457	680	2.81	0.004
7	2112	680	3,42	0.005

(Sumber: Penulis,2020)

Tabel 4.6 Percobaan III Waktu Pembakaran Briket dan Tegangan Yang Dihasilkan

Waktu pembakaran (menit)	Jumlah putaran turbin	Tahanan (ohm)	Tegangan yang dihasilkan (V)	Arus
3	0	1000	0	0
5	1460	1000	2,83	0,002
7	2117	1000	3,44	0,003

(Sumber: Penulis,2020)

Berdasarkan tabel menunjukkan bahwa hasil pengukuran waktu pembakaran briket mempengaruhi nilai pengukuran tegangan atau keluaran generator yang dihasilkan pada percobaan I, II, III dengan waktu pembakaran 3 menit tegangan yang dihasilkan 0 v artinya bahwa dengan waktu 3 menit pembakaran briket belum mampu untuk membuat air di dalam boiler menghasilkan uap dan tekanan yang cukup untuk memutar turbin dan generator. Dari ketiga percobaan di atas dapat dilihat bahwa dengan waktu pembakaran yang cukup maka panas dari hasil pembakaran dapat memutar turbin sehingga dapat menghasilkan tegangan dengan variasi resistor yang telah dipasangkan. Semakin tinggi jumlah tahanan yang di pasang maka semakin kecil arus yang dihasilkan.

4.3 Simulasi Alat

Simulasi percobaan alat dari awal pembakaran sampai menghasilkan daya output .



Gambar 4. 5 Miniatur PLTU
(Sumber: Penulis,2020)



Gambar 4. 6 Pemasukkan Bahan Bakar Briket
(Sumber: Penulis,2020)



Gambar 4. 7 Penyalaan Api Pada Kompor briket
(Sumber: Penulis,2020)



Gambar 4. 8 Pembakaran Boiler Akan Menghasilkan Daya
(Sumber: Penulis,2020)

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Jumlah briket sangat berpengaruh terhadap pembakaran boiler untuk menghasilkan uap.
2. Dari ketiga percobaan diatas maka dapat disimpulkan bahwa setiap percobaan mempunyai hasil output yang berbeda-beda, ini dikarenakan tahanan yang dipasangkan jumlahnya berdeda-beda dalam setiap percobaan.
3. Nilai daya yang dihasilkan dalam setiap waktu yang telah ditentukan berbeda-beda, semakin lama waktu pembakaran maka semakin banyak tekanan uap yang terkumpul untuk memutar turbin

5.2 Saran

1. Berdasarkan hasil analisis penulis, untuk mendapatkan daya yang maksimal maka dibutuhkan jumlah briket lebih banyak untuk mendapatkan panas dan tekanan uap yang maksimal.
2. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan komposisi beriket dengan menggunakan sampel yang lain atau perbandingan bahan perekat yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Yani, D. M. (2018). *Rancangan Bangun Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Uap Mini Sebagai Media Praktikum Mahasiswa*. Jurnal Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknologi Industri Bontang, 7.
- Alvera Siburian, S. (2019). *Statistik Pertanian Kabupaten Simalungun 2018*. Kabupaten Simalungun: Badan Pusat Statistik Kabupaten Simalungun.
- Aprita, I. R. (2016). *Produksi Biopellet Dan BioBriket Dari Ampas Seduhan Dan Cangkang Biji Kopi Dengan Dan Tanpa Pra Perlakuan Bahan Pada Berbagai Komposisi Perekat*. Bogor Agricultural, 6.
- Aryza, S., Irwanto, M., Lubis, Z., Siahaan, A. P. U., Rahim, R., & Furqan, M. (2018). A Novelty Design Of Minimization Of Electrical Losses In A Vector Controlled Induction Machine Drive. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 300, No. 1, p. 012067). IOP Publishing.
- Budiawan , L. (November,2014). *Pembuatan Dan Karakterisasi Briket Bioarang Dengan Variasi Komposisi Kulit Kopi*. Jurnal Bioproses Komoditas Tropis 2, , 2.
- Faujiah. (2016). *Pengaruh Konsentrasi Perekat Tepung Tapioka Terhadap Kualitas Briket Arang Kulit Buah Nipah (Nyfa fruticans wurmb)*. Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alauddin.
- Fitri, N. (2017). *Pembuatan Briket Dari Campuran Kulit Kopi (Coffea Arabica) Dan Serbuk Gergaji Dengan Menggunakan Getah Pinus (Pinus merkusii) Sebagai Perekat*. Fakultas Sains dan Teknologi , UIN Alauddin Makassar.
- Hamdani, H., Tharo, Z., & Anisah, S. (2019, May). Perbandingan Performansi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Antara Daerah Pegunungan Dengan Daerah Pesisir. In Seminar Nasional Teknik (Semnastek) Uisu (Vol. 2, No. 1, pp. 190-195).
- Humairah, M. A. (2017). *Analisis Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Uap Riau-Tenayan Dengan Kapasitas 2 x 110 MW*. Teknik Elektro, 11-14.
- Narti , D. (2019). *Pengaruh Jenis Bahan Bakar Biobriket Terhadap Unjuk Kerja Pada Miniatur Pembangkit Listrik Tenaga Uap*. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alauddin Makasar.

- Putri, M., Wibowo, P., Aryza, S., & Utama Siahaan, A. P. Rusiadi.(2018). An implementation of a filter design passive lc in reduce a current harmonisa. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 9(7), 867-873.
- Rahmaniar, R. (2019). *Model flash-nr Pada Analisis Sistem Tenaga Listrik* (Doctoral Dissertation, Universitas Negeri Padang).
- Syaifuddin Muhammad, B. D. (2018). *Model Pembangkit Listrik Tenaga Limbah Kayu Di Kabupaten Konawe Sulawesi Tenggara*. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang, 2.
- Warmadewanthi, P. (2010). *ECO-BRIQUETTE DARI KOMPOSIT KULIT KOPI LUMPUR IPAL PT SIER, DAN SAMPAH PLASTIK LDPE*. Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XI, 2.