

MODEL PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA LIMBAH KAYU DI KABUPATEN KONAWE SULAWESI TENGGARA

Syaifuddin Muhammad^[1], Bambang Dwi Sulo^[2], Bambang Minto Basuki^[3]
[1], [2], [3] Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang
Jl. MT Haryono 193 Malang 65144, Indonesia
E-mail: Syaifuddinm148@gmail.com

ABSTRAK

Serbuk gergaji kayu dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar pembangkit listrik tenaga uap guna untuk mengurangi pencemaran lingkungan khususnya yang ada di Kabupaten Konawe Sulawesi Tenggara, di mana serbuk kayu yang sudah di proses menjadi briket, pada sistem pembangkit listrik tenaga uap ada hal yang harus di perhatikan yaitu pembakaran briket serbuk kayu, tekanan uap, putaran, dan tegangan listrik yang di hasilkan. Adapun alat yang di gunakan adalah Boiler Pipa Api di mana uap akan menghasilkan berupa tekanan, dari tekanan uap tersebut akan di konversi ke Turbin Impuls Pelton maka akan menghasilkan putaran (RPM), sehingga putaran dari turbin di kopelkan ke rotor Generator DC sampai mendapatkan tegangan listrik. Dari penelitian ini menunjukan bahwa hasil Energi 23.088 kcal/ 1 jam, berbahan bakar dari briket serbuk kayu, boiler menghasilkan tekanan 120 psi, dari hasil putaran turbin terdapat 1.105 RPM dan Generator maximal hanya mampu menghidupkan beban lampu led DC 6,3 watt, 6,6 watt dan 6,7 watt dan efiseiensi rata-rata yang di hasilkan dari PLTU ini yaitu 56.347%.

Kata Kunci : Briket serbuk Kayu, boiler, Turbin, Generator DC.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kabupaten Konawe Sulawesi Tenggara merupakan penghasil industri penggergaji kayu di Indonesia. Banyaknya limbah kayu yang dihasilkan dari industri penggergajian kayu memerlukan penanganan secara khusus, dikarenakan volume limbah kayu yang sangat banyak mencapai 20.944 ton per-tahun dan terus bertambah setiap harinya sehingga belum dimanfaatkan dengan baik (sulawesi tenggara dalam angka 2018) [1]. Limbah kayu berfungsi sebagai energi pemanas alternatif pembangkit listrik, yang keberadaannya dapat menggantikan batu bara (detiksultra.com) [2]. Dari data limbah kayu yang dihasilkan proses Industri penggergajian Kayu sebesar 57.380 kg-per hari [5]. Jika di konversi dalam energi listrik watt per jam diperoleh nilai 320 watt, 3.600 detik. Dari data tersebut dapat disimpulkan layak digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga limbah kayu. Dari permasalahan di atas menjadikan alasan bagi penulis tertarik untuk melakukan penelitian ini karena peneliti ingin memberikan solusi terhadap penyelesaian limbah kayu yang semakin menumpuk setiap harinya dengan cara pembuatan Model

Pembangkit Listrik Tenaga Limbah Kayu. Sehingga ketika limbah kayu yang ada di industri penggergajian tidak termanfaatkan, alat ini akan membantu mengurangi limbah kayu. Hal ini di rasa oleh penulis cukup membantu untuk mencegah pencemaran lingkungan di Kabupaten Konawe Sulawesi Tenggara

1.2 Rumusan Masalah

Model pembangkit listrik tenaga limbah kayu ini adalah suatu inovasi sehingga dengan rumusan masalah yang dapat di ambil adalah:

1. Bagaimana merancang sebuah pembangkit tenaga listrik dari limbah kayu agar bisa menghasilkan daya yang maksimal ?
2. Bagaimana menguji PLTU hasil penelitian?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penulisan skripsi ini antara lain :

1. Hanya membahas tentang energi bahan bakar yang peroleh briket kayu, tekanan yang di hasilkan boiler, putaran yang di hasilkan turbin dan tegangan yang di hasilkan generator.

- Hanya membahas perancangan PLTU sebagai energi alternatif untuk menghasilkan energi listrik.

1.4 Tujuan Penelitian

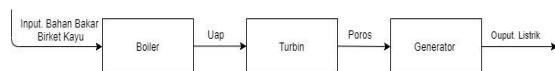
Adapun tujuan dari tugas akhir ini adalah:

- Membuat model sistem pembangkit listrik tenaga limbah kayu untuk memanfaatkan limbah serbuk kayu.
- Mengetahui tegangan yang dihasilkan oleh generator dengan tekanan uap tertentu.
- Mengintegrasikan antara boiler, turbin uap dan generator.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Blok Diagram Sistem

Berikut adalah blok diagram sistem PLTU:



Gambar 2.1. Blok Diagram Sistem
(Sumber : Perancangan)

Gambar 2.1 Dijelaskan blok diagram sistem penelitian yang dibuat dengan tujuan untuk merencanakan dan mengetahui prinsip kerja keseluruhan sistem atau perancangan yang akan dibuat. Blok diagram diatas terdiri dari 4 bagian. merupakan blok diagram sistem (PLTU). Pada bagian pertama memerlukan briket serbuk kayu yang berfungsi sebagai bahan bakar. Bagian kedua memerlukan boiler berfungsi untuk mengubah air menjadi uap panas lanjut yang digunakan untuk memutar turbin. Bagian ketiga memerlukan turbin uap berfungsi untuk mengkonversi ke Generator dan bagian keempat yaitu memerlukan generator berfungsi untuk mengubah energi dari turbin menjadi energi listrik.

2.2 Mempersiapkan Alat Dan Bahan

Sebelum penulis melakukan proses pembuatan model pembangkit listrik tenaga limbah kayu, alat yang di butuhkan dalam pembuatan PLTU ini juga harus dipersiapkan terlebih dahulu sebagai berikut :

Tabel 2.1 Alat-alat yang di gunakan pembuatan PLTU.

No	Nama alat	Jumlah	Fungsi
1	Termometer	1	Di gunakan untuk mengukur suhu uap
2	Multimeter	1	Di gunakan untuk mengukur arus dan tegangan
3	Tachometer	1	Di gunakan untuk mengetahui RPM pada generator
4	Mesin las	1	Di gunakan untuk melekatkan atau menyambung besi
5	Tang	1	Di gunakan untuk membongkar atau memasang baut
6	Kunci ukuran 12	1	Di gunakan untuk melepas dan mengencangkan baut
7	Mesin gerinda	1	Di gunakan untuk memotong besi
8	Meteran	1	Di gunakan untuk mengukur pada plat besi
9	Mesin bor	1	Di gunakan untuk melubangi besi dengan ukuran- ukuran tertentu
10	Manometer	1	Di gunakan untuk mengukur tekanan uap pada boiler

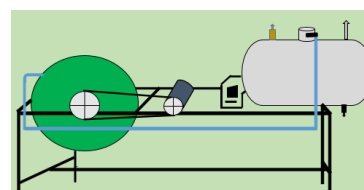
Selain harus mempersiapkan alat. Bahan yang dibutuhkan juga harus disiapkan sehingga proses pembuatannya dapat langsung dilaksanakannya, beberapa bahan yang harus dipersiapkan antara lain adalah sebagai berikut:

Tabel 2.2 Bahan-bahan yang di gunakan pembuatan PLTU.

No	Nama bahan	Jumlah	Fungsi
1.	Besi As	1	Di gunakan untuk menghubungkan antara piringan turbin dan lahar duduk
2.	Besi plat	1	Di gunakan untuk pembuatan boiler uap
3.	Generator DC	1	Di gunakan untuk merubah energi mekanik menjadi energi listrik
4.	Selang	1	Di gunakan untuk mengalirkan uap dari boiler ke turbin
5.	Baut 12	10	Di gunakan untuk memasang kaki turbin dan kaki generator
6.	Briket kayu	20 kg	Di gunakan untuk bahan bakar energi listrik
7.	Puly	2	Di gunakan untuk penghubung putaran antara turbin dan generator
8.	Dudukan alat	1	Di gunakan untuk dudukan turbin, boiler dan generator
9.	Kran	1	Di gunakan untuk membuka dan menutup uap
10.	Safety valve	1	Di gunakan untuk mengatur tekanan uap
11.	Bearing duduk	2	Di gunakan untuk memutar as roda turbin
12.	Klem	4	Di gunakan untuk mengencangkan atau menahan selang
13.	Seal tipe	1	Di gunakan untuk mencegah kebocoran pada kran uap safety valve
14.	Lampu DC	3	Di gunakan untuk penerangan dan menguji pembebanan pada generator
15.	Lahar duduk	2	Di gunakan untuk memutar poros turbin

2.3 Desain Alat Keseluruhan

Desain berfungsi sebagai panduan kita pada saat menentukan atau menganalisa kebutuhan dalam pembuatan model PLTU, serta dapat di jadikan sebagai pedoman atau panduan pada saat melakukan proses pembuatan alat.

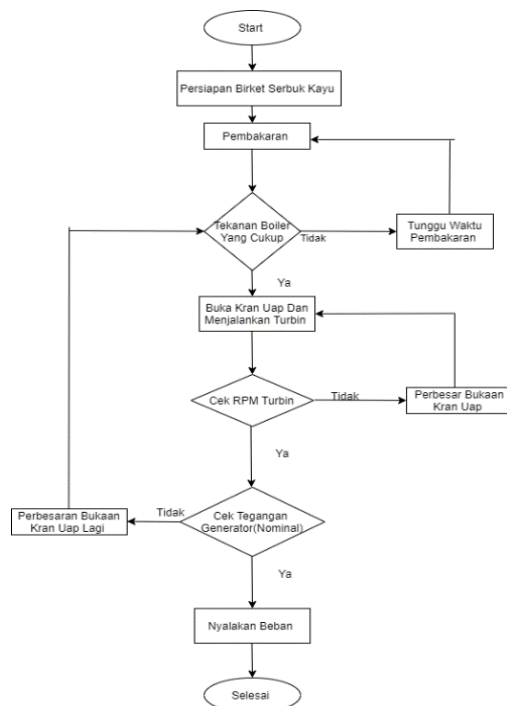


Gambar 2.2 Desain Prototype PLTU
(Sumber : Perancangan)

2.4 Flowchart Diagram Alir penguji

Flowchart atau diagram alir digunakan

untuk mempermudah pembaca metode pengujian. Berikut merupakan *flowchart* tahapan pengujian dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Flowchart Diagram Alir Pengujian
(Sumber : Perancangan)

III HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Fire Tube Boiler (Boiler Pipa Api)

Pengujian boiler difungsikan untuk mengetahui tingkat ketelitian dari boiler tersebut. Tingkat ketelitian didapatkan dari perbandingan nilai ukur temperatur uap dengan nilai tekanan yang dihasilkan.

3.2 Hasil Pengujian Boiler Pipa api

Setelah boiler uap di uji, maka hasil pengukuran temperatur dan tekanan tampil foto nilai pada gambar 3.1 berikut:



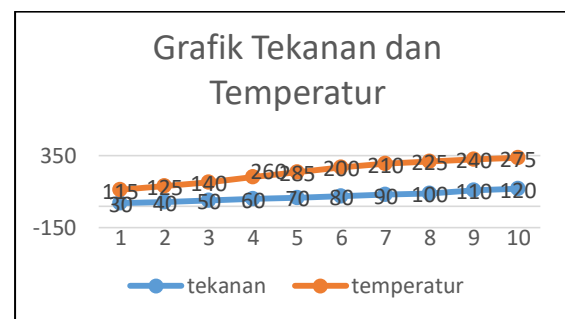
Gambar 3.1 Pengujian Boiler Pipa Api
(Sumber : Hasil Pengujian)

Gambar 3.1 Bahwa menunjukkan hasil maximum temperatur 275 ° C dan menghasilkan tekanan uap maximum 120 psi, semakin tinggi temperatur yang di hasilkan maka tekanan uap akan bertambah.

Tabel 3.1 Hasil Uji Perbandingan Tekanan Uap dan Temperatur Uap

No	Tekanan Uap Boiler (psi)	Temperatur Uap Boiler (Celcius)
1	30	115° C
2	40	125° C
3	50	140° C
4	60	260° C
5	70	285° C
6	80	200° C
7	90	210° C
8	100	225° C
9	110	240° C
10	120	275° C

Sumber: pengukuran



Gambar 3.2 Grafik Tekanan Uap Terhadap Temperatur Uap
(Sumber : Pengujian)

Terlihat pada gambar 3.2 Ketika suhu sistem tertentu meningkat, molekul-molekul dalam gas bergerak lebih cepat, memberikan tekanan yang lebih besar pada dinding wadah gas. Ini dalam hal meningkatkan tekanan sistem. Jika suhu sistem menurun, tekanan turun. Oleh karena itu, pada volume yang konstan, tekanan gas tertentu berbanding lurus dengan suhu. Terdapat temperatur uap 115°C-275°C dan nilai tekanan 30 psi naik hingga 120 psi.

3.3 Pengujian Boiler Dan Turbin

Dalam pengujian boiler uap dan turbin, keluaran uap yang di hasilkan boiler di arahkan ke sudu-sudu turbin menggunakan selang uap. Sehingga uap dengan tekanan

tertentu yang keluar di ujung selang bisa menekan dan bisa memutar poros sudu-sudu turbin.

3.4 Hasil Pengujian Boiler Dan Turbin

Setelah boiler uap dan turbin di jalankan, maka hasil pengukuran boiler dan turbin tampil foto nilai pada gambar 3.3 berikut:



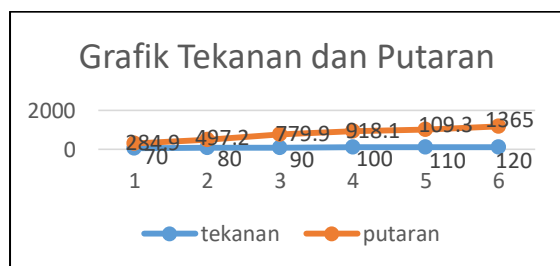
Gambar 3.3 Pengujian Boiler Pipa Api Dan Turbin Uap
(Sumber : Hasil Pengujian)

Gambar 3.3 Bahwa menunjukkan hasil tekanan uap maximal 120 psi dan putaran turbin 1.365 RPM. Semakin tinggi tekanan uap maka nilai putaran yang di hasilkan akan bertambah.

Tabel 3.2 Hasil pengujian Boiler Dan Turbin

No	Tekanan uap Boiler (Psi)	Putaran Turbin (Rpm)
1	70	284.9
2	80	497.2
3	90	779.9
4	100	918.1
5	110	1.093
6	120	1.365

Sumber: pengujian



Gambar 3.4 Grafik Tekanan Uap Terhadap Turbin.
(Sumber : Pengujian)

Terlihat pada gambar 3.4 bahwa penurunan tekanan uap akan mempengaruhi putaran terhadap turbin terdapat 1.365 RPM menurun hingga 284.9 RPM, karena tekanan uap panas melakukan kerja di dalam boiler untuk memutar turbin sehingga tekanan akan menurun, maka putaran yang di hasilkan turbin akan menurun.

3.5 Pengujian Boiler uap, Turbin dan Generator.

Pengukuran boiler uap, turbin dan generator bertujuan untuk mengetahui tekanan boiler uap, putaran (RPM) pada turbin dan tegangan yang di hasilkan pada generator. Serta melakukan perbandingan dengan alat manometer, tachometer dan volt amper digital.

3.6 Hasil Pengujian Boiler, Turbin dan Generator

Setelah boiler uap dan turbin yang telah dikopelkan ke generator di jalankan, maka hasil pengukuran tampil foto nilai pada gambar 3.5 berikut:



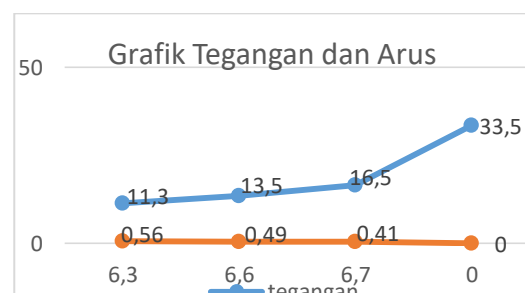
Gambar 3.5 Pengujian Boiler, Turbin Dan Generator
(Sumber : Hasil Pengujian)

Gambar 3.5 Bahwa menunjukkan hasil tekanan uap maximum 120 psi, putaran turbin jika di kopel dengan generator mendapatkan 1.105 RPM dan tegangan yang di hasilkan maximum 33.5 volt tidak menggunakan beban lampu.

Tabel 3.3 Hasil Pengujian Boiler, Turbin dan generator

No	Tekanan (Psi)	Putaran (Rpm)	Tegangan (Volt)	Arus (Amper)	Beban Lampu (Watt)
1	90	390.7	11.3	0.56	6,3
2	100	707.5	13.5	0.49	6,6
3	110	871.5	16.5	0.41	6,7
4	120	1.105	33.5	0	0

Sumber: pengujian



Gambar 3.6 Grafik Tegangan Dan Arus.
(Sumber : Pengujian)

Terlihat pada Gambar 3.6 Berdasarkan hasil pengukuran yang didapat, jika tidak menggunakan beban tegangan yang di hasilkan 33.5 volt. Jika menggunakan beban 6,3 watt, 6,6 watt, 6,7 watt maka tegangan akan menurun hingga 11.3 volt dan arus yang awalnya 0,41 naik hingga 0,56 Amper. Dari grafik tersebut bisa di simpulkan bahwa semakin besar beban lampu yang di nyalakan maka tegangan akan menurun dan arus akan bertambah.

3.7 Hasil Pengujian Briket Kayu

Tabel 3.4 Hasil pengujian briket dari serbuk gergaji kayu, jenis kayu jati

No	Jenis briket	Pembakaran (menit)	Jumlah kayu (kg)	Nilai kalor (kkal/kg)
1	Serbuk gergaji kayu jati	240	20	96.000

Sumber: pengujian

Terlihat pada tabel 3.4 bahwa hasil pengujian 20 kg briket kayu jati menghasilkan energi sebesar 96.000 kkal/kg selama 240 menit.

3.8 Menghitung Pengujian Efisiensi Generator (PLTU) Menggunakan Beban 6,3 Watt

Output generator

Beban : 6,3 watt

Jangka waktu : 1 jam

Energi yang di butuhkan = Daya × Waktu
= 6,3 watt × 1 jam = 6,3 watt jam = 0.0063 kwh.

❖ Konversi kwh ke kcal

1 kwh = 859.7 kcal

Energi (kcal) = Energi (kwh) × 859.7 kcal

Energi yang di butuhkan (kcal) = 0. 0063 (kwh) × 859.7 kcal = 5.416 kcal

Sisa briket kayu setelah di bakar selama 1 jam
= 20 kg – 15.19 kg = 4.81 kg

Pengujian efisiensi generator PLTU ini dilaksanakan dengan cara sebagai berikut:

1. PLTU briket serbuk kayu di bebani lampu DC 6,3 watt dalam waktu 1 jam.
2. Sisa briket kayu hasil pembakaran selama 1 jam di timbang untuk mengetahui berat sisanya.
3. Dari sisa pembakaran ini di gunakan untuk mengetahui efisiensi PLTU.

Rincihan perhitungannx sebagai berikut:

Jadi :

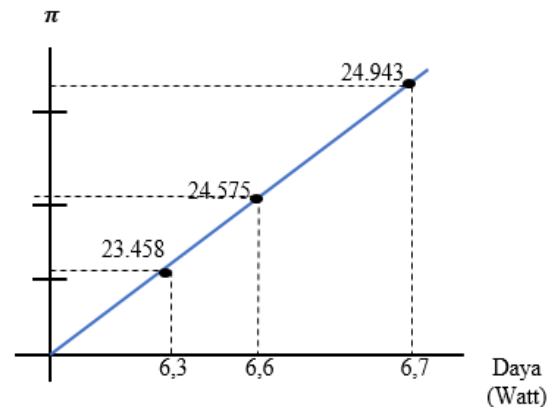
$$\pi \text{ Total} = \frac{PO}{PI} = \frac{5.416 \text{ Kcal}}{23.088 \text{ Kcal}} \times 100 \%$$

Efisiensi (%) = **23.458 %**.

Tabel 3.5 Pengujian Efisiensi Generator (PLTU)

Uji ke	Beban (watt)	Energi Beban (Kcal)	Berat Briket Terpakai (kg)	Energi Dari Briket (Kcal)	Efisiensi (%)
1.	6,3	5.416	4.81	23.088	$\frac{5.416 \text{ Kcal}}{23.088 \text{ Kcal}} \times 100 = 23.458$
2.	6,6	5.416	4.81	23.088	$\frac{5.674 \text{ Kcal}}{23.088 \text{ Kcal}} \times 100 = 24.575$
3.	6,7	5.759	4.81	23.088	$\frac{5.759 \text{ Kcal}}{23.088 \text{ Kcal}} \times 100 = 24.943$
Efisiensi Rata-rata					56.347

Grafik Beban Dan Efisiensi



Gambar 3.7 Grafik Beban dan Efisiensi (Sumber : Pengujian)

Terlihat pada gambar 4.7 Berdasarkan hasil pengujian bahwa semakin besar beban yang digunakan maka efisiensi akan mengalami kenaikan, terdapat efisiensi yang awalnya 23.459% naik hingga 24.943%

IV PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan uraian pada bab pembahasan, dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Dari hasil perancangan dan uji coba alat bahwa sistem pembangkit listrik tenaga uap yang di hasilkan dari energi bahan bakar briket serbuk kayu ini sudah bekerja dengan baik yang mampu menyuplay listrik.
2. Hasil pengujian (PLTU) jika menggunakan beban lampu 6,3 watt maka menghasilkan efisiensi 23.458%, beban lampu 6,6 watt menghasilkan efisiensi 24.576%, beban lampu 6,7 watt menghasilkan efisiensi 24.943% dan mendapatkan efisiensi rata-rata 56.347%. Tekanan maximum boiler 120 psi, putaran yang di hasilkan dari Generator DC

maximum 1.105 RPM, tegangan tanpa beban 33,5 volt dan beban berkisar 6,3-6,7 watt.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat disampaikan setelah melakukan penelitian ini adalah :

Mencari solusi yang lebih baik untuk meningkatkan hasil daya dari penggunaan briket serbuk kayu sebagai sumber energi, seperti menggabungkan dari beberapa pembangkit energi alternatif dari briket serbuk kayu sehingga mendapatkan hasil yang lebih besar dan dapat didistribusikan kepada masyarakat yang lebih luas khususnya yang ada di Kabupaten Konawe Sulawesi Tenggara.

Daftar Pustaka

- [1] Edy Mahmud. (2018). Sulawesi Tenggara Dalam Angka 2018 <http://sultra.bps.go.id> (diakses pada 6 Juli 2020).
- [2] Sesra wati. (2018). Koprabuh Kembangkan Limbah jadi Bahan Bakar Pengganti Batu Bara. <https://detiksultra.com/koprabuh-kembangkan-limbah-jadi-bahan-bakar-pengganti-batu-bara/> (diakses pada 6 juli 2020)
- [3] Marlina siti. (2019). Pemprov Sultra Bangun Pembangkit Listrik Dari Pelet Kayu Kaliandra. <https://inilahsultra.com/2019/05/17/gaet-investor-korea-pemprov-sultra-bangun-pembangkit-listrik-dari-pelet-kayu-kaliandra/> (diakses pada 10 juli 2020).
- [4] Bambang Dwi Sulo (2015). Dengan Objek Pengembangan Dan Implementasi Renewable Energi Bagi Sektor Kelistrikan.
- [5] Edy Mahmud. (2018). Sulawesi Tenggara Dalam Angka 2018 <http://sultra.bps.go.id> (diakses pada 6 Juli 2020).
- [6] Billah Mutasim. (2009). Bahan Bakar Alternatif Padat (BBAP) Serbuk Gergaji Kayu. Surabaya: UPN Press.
- [7] Isarani. (2014). Peneliti melakukan Analisis Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Uap Biomassa Menggunakan Limbah Kayu. Program Study Teknik Elektro Universitas Tanjung Pura Pontianak.
- [8] Salmawaty Tansa. (2017). Rancang Bangun Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa). Jurusan Teknik Elektro, Universitas Negeri Gorontalo.
- [9] Nurul Wahidah. (2019). Pengaruh Jenis Bahan Bakar Biobriket Terhadap Unjuk Kerja Pada Miniatur Pembangkit Listrik Tenaga Uap. Jurusan Fisika, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- [10] Andreas Sinaga. (2019). Pengaruh Air Heater Terhadap Peningkatan Efisiensi Boiler Pada Unit 3 Pltu Pt. Pln (Persero) Unit Pelaksana Pembangunan Belawan. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area.

- [11] Martulus Siregar Sanggam. (2015). Analisa Kerugian Panas Pada Ketel Uap Pipa Air Di Pks Ptpn Iv Kapasitas 20 Ton/Jam, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area Medan.
- [12] Najamudin. (2014). Evaluasi Prestasi Mesin Pada Turbin Uap (Steam Turbine). Teknik Mesin, Universitas Bandar Lampung.
- [13] Nugraha. (2012). Generator DC Generator AC. [online]. Viwed 2012 November 09. Available: <https://id.scribd.com/doc/11263258/Generator-DC-Generator-AC>.