

**RANCANG BANGUN PROTOTIPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP
DENGAN TURBIN IMPULS DIAMETER 70 CM
Sri Endah Susilowati *¹, Arif Budiman *²**

Jurusan Teknik Mesin, Universitas 17 Agustus 1945, Jl.Sunter Permai Raya, RT.11/RW06,
Sunter Agung, 14350

Email: sriendah.susilowati@yahoo.com *¹, arifbufiman123@gmail.com *²

Abstract

The increasing electricity needs of the Indonesian people at this time have a fairly large number, PLN as the electricity provider who is responsible for supplying electricity is quite overwhelmed in meeting the electricity needs of the Indonesian people. This is because the territory of Indonesia is very large, the population is large, and the energy sources for power generation using fossil fuels are very limited. So the researchers made an Impulse Turbine design (De Laval) to find a more efficient source of electrical energy for people who are far from the reach of PLN. The De Laval Turbine is a part of the Impulse Turbine that utilizes potential energy and converts it into kinetic energy. The De Laval turbine is the simplest turbine consisting of one stage, namely a set of nozzles and a row of blades, with the meaning that the pressure of the incoming steam to the outgoing steam is carried out in one nozzle on one row of blades (one level). The rotor speed is too high to maintain high efficiency. The maximum rotational speed of the De Laval turbine when coupled to the generator is 5050 RPM which produces a voltage of 5.5 Volts. When given a load, at a pressure of 5 bar the De Laval turbine can produce a maximum power of 24.197Watt with efficiency 33.03%

Keywords: Power Plant, De Laval Turbine, Energy, Efficiency

Abstrak

Meningkatnya kebutuhan listrik masyarakat Indonesia pada saat ini memiliki memiliki jumlah yang cukup besar, PLN sebagai pihak penyedia listrik yang bertanggung jawab sebagai penyuplai listrik cukup kewalahan dalam memenuhi kebutuhan listrik bagi masyarakat Indonesia. Hal ini dikarenakan Wilayah Indonesia yang sangat luas, jumlah penduduk yang banyak, serta sumber energi pembangkit listrik menggunakan bahan bakar yang berasal dari fosil sangat terbatas. Maka peneliti membuat sebuah rancang bangun Turbin Impuls (De Laval) untuk mencari sumber energi listrik yang lebih efisien untuk masyarakat yang jauh dari jangkauan PLN. Turbin De Laval yaitu merupakan bagian dari Turbin Impuls yang memanfaatkan energi potensial dan merubahnya ke kinetik. Turbin De Laval adalah turbin paling sederhana terdiri dari satu tingkat, yakni satu set nosel dan satu baris sudu, dengan arti tekanan uap masuk hingga uap keluar dilaksanakan dalam satu nosel pada satu baris sudu (satu tingkat). Diperlukan kecepatan rotor yang terlalu tinggi demi mempertahankan efisiensi yang tinggi. Kecepatan putar maksimum turbin De laval ketika terkopel dengan generator adalah 5050 RPM yang menghasilkan tegangan 5.5 Volt. Ketika diberikan beban maka

PENDAHULUAN

Perkembangan dan kemajuan dibidang ilmu pengetahuan dan teknologi yang terjadi di era modern seperti saat ini memang berlangsung begitu pesat dan membawa dampak yang besar terhadap hidup umat manusia di muka bumi ini. Namun demikian di sisi lain ketergantungan umat manusia terhadap listrik dari waktu ke waktu semakin besar seperti saat ini di mana pada saat ini hampir diseluruh aspek kehidupan manusia memakai energi listrik, sehingga meningkat nya kebutuhan energi listrik semakin hari semakin besar dan membuat energi listrik seolah-olah sudah merupakan kebutuhan pokok yang tidak mungkin di abaikan.

Mengingat betapa pentingnya listrik sebagai penunjang kelangsungan hidup dan menyangkut hajat hidup keinginan orang banyak, maka di Indonesia sesuai dengan UUD 1945, masalah listrik sepenuhnya pengelolaannya dikuasai oleh Negara, dan dalam pelaksanaannya dilakukan oleh suatu Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang disebut Perusahaan Milik Negara (PLN).

Kebutuhan energi listrik di tengah masyarakat Indonesia pada masa saat ini sangatlah besar jumlahnya. PLN sendiri sebagai pihak yang paling bertanggung jawab terhadap penyuplaian listrik di negri ini masih sangat kewalahan untuk memenuhi kebutuhan listrik bagi masyarakat Indonesia. Hal ini di karenakan wilayah Indonesia sangat luas, jumlah penduduk sangat banyak, dan sumber energi penggerak pembangkit listrik yang berasal dari bahan fosil sangat terbatas.

Melihat dari realita ini harusnya masyarakat sadar dan bisa berfikir kreatif dalam memenuhi kebutuhan listrik mereka. Apabila melihat kondisi gografis Indonesia yang sungguh kaya akan sumber energinya yang dapat di jadikan sumber pembangkit listrik dari alam, antara lain sinar matahari

yang berlimpah, panas bumi yang belum tereksplorasi, dan aliran arus sungai yang besar tersebar hampir di seluruh plosok negeri.

Dari berbagai macam teknologi pembangkit listrik dapat di bedakan menjadi dua macam turbin yaitu turbin impuls dan turbin reaksi. Hanya saja untuk menggunakan kedua macam teknologi pembangkit listrik ini memerlukan dasar pertimbangan, yaitu efisiensi dan efektivitas, selain itu kondisi alam dimana pembangkit listrik akan di tempatkan. Misalkan, pertimbangan seperti sumber energi yang untuk menggerakkan pembangkit pembangkit listrik. Secara umum bahwa turbin reaksi lebih mempunyai kisaran output daya yang lebih besar di dibandingkan dengan Turbin Impuls. Namun, pada tekanan yang sangat kecil beberapa ke unggulan ada dari Turbin Impuls.

Bentuk dari Turbin Impuls yang sangat baik dari segi kinerja dan efisiensi adalah turbin De Laval. Turbin De Laval yaitu merupakan dari salah satu jenis dari turbin impuls yang memanfaatkan energi potensial dan mengubah nya ke energi kinetik. Turbin De Laval pertamakali di ciptakan oleh Carl G.P. De Laval pada tahun 1888 turbin De Laval ini menggunakan baling-baling yang berbentuk seperti mangkok/cangkuk maka di sebut dengan Turbin Impuls karena memanfaatkan daya dorong dari sumber energi, dan adalah salah satu ke unikan De Laval di dibandingkan dengan turbin lainnya. Cara menggerakkan turbin De Laval melainkan dengan uap yang di hasilkan panas air dalam boiler. Sedangkan sumber pembakaran bisa berasal dari beberapa sumber, seperti batu bara, panas bumi, gas alam, biogas, kayu bakar, termasuk sampah-sampah yang di bakar.

Hal ini yang menginspirasi untuk mengkaji tentang efisiensi turbin impuls dengan tenaga uap agar dapat di dimanfaatkan secara optimal dan maksimal untuk menghasilkan energi listrik yang di butuhkan masyarakat dan sekaligus mendorong kebutuhan listrik pada masyarakat terutama di daerah

pedesaan yang jauh dari jangkauan jaringan aliran listrik dari PLN.

STUDI LITERATUR

Pengertian turbin uap

Turbin uap merupakan suatu penggerak mula yang mengubah energi potensial menjadi energi kinetik dan selanjutnya di ubah menjadi energi mekanis dalam bentuk putaran poros turbin, langsung atau dengan bantuan roda reduksi, di hubungkandengan mekanismeyang akan di gerakkan. Tergantung pada jenis mekanisme yang di gunakan, turbin uap dapat di gunakan pada berbagai bidang seperti pada bidang industri, untuk pembangkit tenaga listrik dan transportasi. Pada proses perubahan energi potensial menjadi energi mekanisnya yaitu dalam bentuk putaran poros dilakukan dengan berbagai cara.

Pada dasarnya turbin uap terbagi menjadi dua bagian utama, yaitu stator dan rotor yang merupakan komponen utama pada turbin kemudian di tambah komponen lainnya yang meliputi pendukung sebagai bantalan, kopling dan sistem bantu lainnya agar kerja turbin dapat bekerja dengan baik. Sebuah turbin uap memanfaatkan energi kinetik dari fluida kerjanya yang bertambah akibat penambahan energi termal.

Turbin uap adalah suatu penggerak mula yang mengubah energi potensial menjadi energi kinetik dan energi kinetik ini selanjutnya di ubah menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran poros turbin. Poros turbin ini langsung atau dengan bantuan elemen lain, dihubungkan dengan mekanisme yang digerakkan turbin uap dapat di gunakan pada berbagai bidang industri, seperti untuk pembangkit listrik

besar daripada saat masuk ke dalam nosel. Uap yang memancar keluar dari nosel

diarahkan ke sudu-sudu turbin yang berbentuk lengkungan dan di pasang di sekeliling roda turbin. Uap yang mengalir antara celah-celah sudu turbin itu di belokan ke arah mengikuti lengkungan dari sudu turbin. Perubahan kecepatan uap ini menimbulkan gaya yang mendorong dan kemudian memutar roda dan poros turbin.

Prinsip Kerja Turbin Uap

Secara singkat prinsip kerja turbin uap sebagai berikut:

□ Uap masuk ke dalam turbin melalui nosel. Di dalam nosel energi panas dari uap dirubah menjadi energi kinetis dan uap mengalami pengembangan. Tekanan uap pada saat keluar nosel lebih besar daripada saat masuk ke dalam nosel, akan tetapi sebaliknya kecepatan uap keluar nosel lebih besar daripada saat masuk ke dalam nosel. Uap yang memancar keluar dari nosel diarahkan ke sudu-sudu turbin yang berbentuk lengkungan dan di pasang di sekeliling roda turbin. Uap yang mengalir antara celah-celah sudu turbin itu di belokan ke arah mengikuti lengkungan dari sudu turbin. Perubahan kecepatan uap ini menimbulkan gaya yang mendorong dan kemudian memutar roda dan poros turbin.

□ Jika uap masih mempunyai kecepatan saat meninggalkan sudu turbin berarti hanya sebagian yang energi kinetis dari uap yang di ambil oleh sudu-sudu turbin yang berjalan. Supaya energi kinetis yang tersisa saat meninggalkan sudu turbin dimanfaatkan maka pada turbin dipasang lebih dari satu baris sudu gerak.

□ Sebelum memasuki sudu gerak baris kedua sudu gerak. Maka diantara baris pertama dan baris kedua sudu gerak di pasang satu baris sudu tetap (guide blade) yang di gunakan untuk mengubah arah kecepatan uap, supaya uap dapat masuk ke baris kedua sudu gerak dengan arah yang tepat.

□ Kecepatan uap saat meninggalkan sudu gerak yang terakhir harus dapat dibuat sekecil mungkin, agar energi kinetis yang tersedia dapat di manfaatkan sebanyak mungkin. Dengan demikian efisiensi turbin menjadi lebih tinggi karena kehilangan energi relatif kecil.

1. Generator DC

Pada umumnya generator DC dibuat dengan menggunakan magnet permanent dengan 4-kutub rotor, regulator tegangan digital, proteksi terhadap beban lebih, starter eksitasi, penyearah, bearing dan rumah generator atau casing, serta bagian rotor.

Generator DC terdiri dua bagian, yaitu bagian mesin DC yang diam, dan bagian rotor, yaitu bagian mesin DC yang berputar. Bagian stator terdiri dari: rangka motor, belitan stator, sikat arang, bearing dan terminal box. Sedangkan bagian rotor terdiri dari: komutator, belitan rotor, kipas rotor dan poros rotor.

Dasar teori yang mendasari terbentuknya GGL induksi pada generator ialah percobaan Faraday. Percobaan Faraday membuktikan bahwa pada sebuah kumparan akan dibangkitkan GGL Induksi apabila jumlah garis gaya yang di liputi oleh kumparan berubah-ubah.

2. LPG

LPG adalah sebuah singkatan dari *Liquidified Petroleum Gas*. LPG dapat di gunakan sebagai bahan bakar buat sebuah pembangkit. LPG mengandung bahan karbon dan hydrogen tergantung struktur molekul, karena LPG dapat di bagi menjadi dua jenis yaitu Propana dan butana, kedua hidrokarbon yang banyak di gunakan padabahan bakar di rumah, industri dan seluruh dunia. LPG dapat di simpan dalam kadar cairan karena itu mudah untuk bisa di gunakan dalam sebuah percobaan.

Perbedaan antara propana dan butana adalah titik didihnya yang di mana propana mempunyai titik didih -42°C dan butana 0°C , dalam arti propana sangat mudah terbakar dalam kondisi apapun di bandingkan dengan butana di mana dalam kondisi dingin tidak akan bisa terbakar. Satu kilogram propana bisa membangkitkan 20286,6 KJ energi.

3. Boiler

Boiler dirancang untuk menghasilkan uap sebagai media penggerak turbin boiler bisa menampung air yang cukup banyak untuk bisa menghasilkan uap dengan tekanan dan suhu yang tinggi. Manometer di pasang pada boiler untuk bisa mengukur tekanan yang ada dan termometer untuk mengukur suhu.

4. Charger Controller

Charger controller adalah suatu komponen yang berfungsi sebagai pengatur pengisian arus listrik searah (DC) dari generator ke baterai yang bisa di sebut dengan proses *charge*. Dan pengaturan penyaluran arus listrik dari baterai dialirkan ke beban disebut dengan proses *discharge*. Fungsi utama dari charger controller adalah untuk membatasi agar tidak terjadinya over voltage pada penyimpanan baterai, dengan cara membatasi pengisian daya saat baterai dalam kondisi penuh, dan menjaga baterai dari pengosongan berlebih (over discharge) yang dinamakan beban yang diterima. dengan cara memutuskan hubungan baterai dengan beban pada saat keadaan baterai sudah menjangkau keadaan *low state of charge* (I Gusti Ngurah Agung Mahardika, I Wayan, and I Wayan Rinas, 2016).

5. Inverter

Inverter adalah sebuah komponen perubahan arus listrik yang bisa mengubah listrik tegangan DC menjadi listrik tegangan AC dengan nilai frekuensi bisa dirubah. Sumber teganga input inverter berupa baterai, PV, akumulator (aki) dengan sistem penyaklaran dari komponen semikonduktor yang sudah ada pada

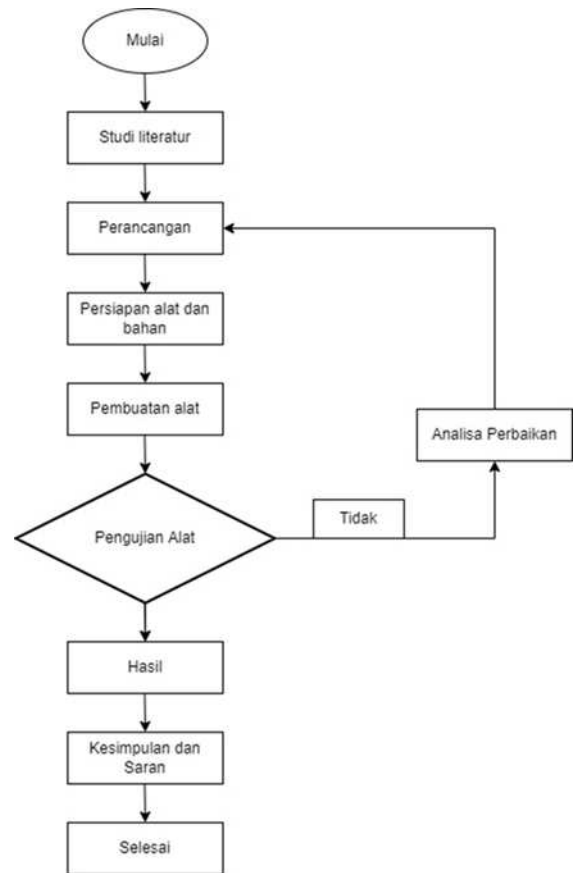
rangkaian inverter (Mundus, Hie Khwee, and Hiendro 2019), inverter memiliki spesifikasi dengan nilai tegangan AC 220 volt atau 120 volt dan memiliki frekuensi output 50 Hz ataupun 60 Hz (Khairul Azmi, Ira Devi Sara, and syahrizal,2017)

6. Pengukuran Bahan Bakar

Pengukuran ini dimaksud untuk mengetahui besar energi LPG (propana) karena LPG sangat mudah untuk didapatkan di pasaran mana saja dan mudah untuk proses pembakaran, hal ini berkaitan dengan kalor. Dari hasil penelitian bahwa LPG memiliki kandungan gas yang tinggi yaitu 1 kilogram LPG terdapat energy besar 20286,6 KJ untuk mendapatkan estimasi perbandingan maka gas LPG yang di pakai adalah 3kg, dengan arti $20286,6 \text{ KJ} \times 3 = 60,859,8 \text{ KJ}$. Percobaan di lakukan dengan

TAHAPAN PENELITIAN

Dalam melakukan penelitian ini, penulis melakukan tahapan menyelesaikan penelitian yang di gambarkan seperti pada diagram flow chart berikut gambar Alur Penelitian

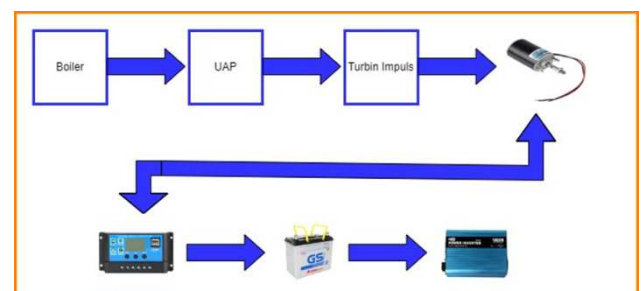


Gambar 1. Alur Penelitian

METODE PERANCANGAN

Dalam metode perancangan ini akan dilakukan pengumpulan data dan informasi serta melakukan eksperimen dan rekayasa dari alat yang sudah dibuat. penelitian bermula dari spesifikasi alat dan bahan yang akan digunakan dalam perancangan alat tersebut. Dengan memilih cara alternatif yang baik serta membuktikan bahwa rancangan ini dapat berjalan seefisien mungkin dan dengan biaya yang relatif lebih terjangkau.

Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Pengujian
Keterangan :

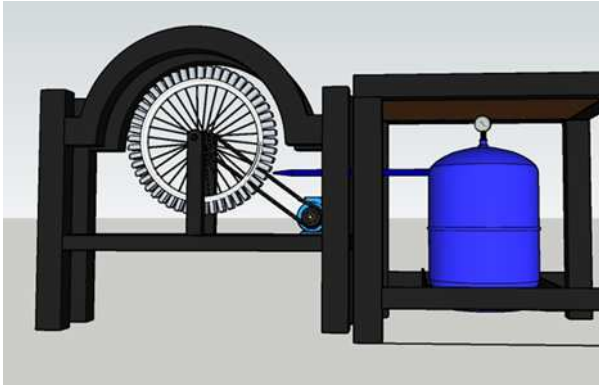
Membuat alat turbin impuls ini sesuai langkah-langkah sebagai berikut :

A. Studi Literatur

Rancan bangun turbin impuls yang mengikuti beberapa jurnal yan gada

B. Perancangan

Desain alat:



Gambar 3. Desain 3D Turbin Ipuls De Laval dengan Boiler

C. Persiapan Alat dan Bahan

a. Berdasarkan bahan-bahan yang di gunakan dalam pembuatan komponen turbin impuls de laval:

1. Pelek Sepeda



Gambar 4. Pelek sepeda

2. Puley Gear



Gambar 5. Puley gear

3. Rantai Sepeda



Gambar 6. Rantai sepeda

4. Pipa Besi



Gambar 7. Pipa besi

5. Tiang Besi



Gambar 8. Tiang besi

6. Baut Panjang



Gambar 9. Baut panjang

7. Mur dan baut



Gambar 10. Mur dan baut

8. Generator dc



Gambar 11. Generator dc

9. Kabel



Gambar 12. kabel

10. Aki / baterai



Gambar 13. Aki / baterai

11. Charger controller



Gambar 14. Charger controller

12. Inverter



gambar 15. Inverter

b. Berdasarkan bahan-bahan yang di gunakan dalam pembuatan komponen boiler:

1. Tabung gas LPG 12 kg



Gambar 16. Tabung gas lpg 12kg

2. Pipa tahan panas



Gambar 17. Pipa tahan panas

3. Manometer



Gambar 18. manometer

4. Keran tahan panas



Gambar 19. keran tahan panas

5. Kompor mawar



Gambar 20. Kompur mawar

6. Tabung LPG 3 kg



Gambar 21. Tabung lpg 3kg

Perhitugan yang di gunakan:

- a. energi kalor yang di masukan (Q_{in})

$$Q_{in} = \dot{m}_{LPG} \times h_L \dots \dots \dots (1)$$

\dot{m} = massa aliran / laju alir

$$h_L = \text{panas}$$

Q_{in} = kalor masuk

- b. rumus daya

$$W = V \cdot I \cdot \cos \phi \dots \dots \dots (2)$$

W = watt

V = Tegangan (v)

I = Arus

- c. perhitungan efisiensi

$$(\eta) = \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \times 100 \% \dots \dots \dots (3)$$

D. PEMBUATAN ALAT

Alat di buat dalam kurun waktu kurang lebih 7 hari.

- Hasil akhir turbin de laval



Gambar 22. Hasil akhir turbin de laval

- Hasil akhir Boiler



Gambar 23. Hasil akhir boiler

E. PENGUJIAN ALAT

Pengujian daya,kecepatan dan energi dengan kecepatan maksimum

Tekanan (Bar)	Suhu (°C)	Kecepatan (rpm)	Tegangan (Volt)	Kuat (Amp)
5	155	3500	5.5	4.4

a. Energi kalor yang di masukan (Q_{in})

$$Q_{in} = \dot{m}_{LPG} \times h_L$$

Keterangan:

\dot{m} = massa aliran / laju alir

h_L = panas

Q_{in} = kalor masuk

$$\dot{m}_{LPG} = 0,013 \text{ kg / j}$$

$$h_L = 20286,6 \text{ kj / kg}$$

$$Q_{in} = \dot{m}_{LPG} \times h_L$$

$$\begin{aligned} Q_{in} &= 0,013 \text{ kg / jam} \times 20286,6 \text{ kj / kg} \\ &= 263,726 \text{ kj / jam} = \frac{263,726}{60:60} \text{ j / s} \\ &= 73,25 \text{ watt} \end{aligned}$$

b. Rumus daya

$$W = V \cdot I \times \cos \phi$$

$$W = 5,5 \times 4,40 \times \cos 0,85$$

$$\begin{aligned} W &= 24,2 \times \cos 0,85 \\ &= 24,197 \text{ Watt} \end{aligned}$$

c. Perhitungan efisiensi

$$\eta = \frac{24,197 \text{ w}}{73,25 \text{ w}} \times 100\%$$

$$\eta = 33,03 \%$$

F. HASIL

Jadi efisiensi pembangkit listrik uap dengan menggunakan turbin impuls adalah:

$$\eta = 33,03 \%$$

G. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian pembangkit listrik tenaga uap menggunakan turbin impuls dapat disimpulkan:

1. Kecepatan putar turbin De Laval maksimum tanpa generator adalah 5050 rpm.
2. Ketika turbin De Laval terkopel oleh generator dan diberi tekanan 5 bar maka dapat menghasilkan tegangan 5.5 Volt.
3. Kecepatan putar maksimum turbin De Laval ketika terkopel dengan generator pada tekanan 5 bar dapat menghasilkan daya maksimum .
4. Nilai efisiensi pembangkit listrik tenaga uap menggunakan turbin yang dibuat adalah 33.03%

Saran

Saran yang dapat saya sampaikan untuk pengembangan kedepannya adalah seperti berikut:

1. Rancangan turbin De Laval harus dirubah terutama dengan tidak menggunakan gear sebagai perantara kopel antara turbin dan generator, lebih baiknya kalau generator terkopel langsung melalui rotor dengan turbin De Laval.

2. Bahan boiler harus dirubah untuk mendapatkan pemanasan yang efektif, dengan catatan bahan tersebut tahan panas, mudah menyerap panas dan bisa tahan tekanan tinggi.
3. Buat penelitian kedepan untuk bisa membuat sistem Rankine atau close loop sistem untuk bisa menjadi pembangkit listrik yang sempurna dengan efisiensi yang tinggi dan dapat mengurangi rugi-rugi seperti menambahkan sebuah kondensor agar uap air yang di keluarkan dapat kembali ke dalam boiler dan berubah menjadi air kembali.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M Pauken, PhD, "Thermodynamics For Dummies", Willey Publishing Inc, Canada, 2011.
- [2] Riyaldi, "Perancangan Turbin Uap Type Impuls Penggerak Generator Dengan Satu Tingkat Ekstaksi, Daya Generator 10 Mw, Putaran Poros Turbin 5700 RPM", Universitas Sumatra Utara, Medan, 2008, Skripsi.
- [3] R Haryanto, "Perencanaan Turbin Uap Untuk Pembangkit Listrik Pada Pabrik Kelapa Sawit Dengan Kapasitas Olah 60 Ton TBS/Jam", Universitas Islam Riau, Pekanbaru, 2010
- [4] R.F.S., "Perancangan Turbin Uap Untuk PLTGU Dengan Daya Generator Listrik 80 MW Dan Putaran Turbin 3000 RPM", Universitas Sumatra Utara, Medan, 2009.
- [5] BM. Subakty, "Mesin dan Turbin Uap", Mutiarasolo, Surakarta, 1985.
- [6] Junan Mutamadra, "Pemanfaatan Mesin Sterling Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, 2016.
- [7] Susilowati, Sri Endah, and Didit Sumardiyanto. "Penerapan Marine Growth Prevention System (MGPS) Pada Pengoperasian Kapal Untuk Menghambat Laju Korosi." *Jurnal Teknologi* 10.2 (2018): 95-102.
- [8] Blackmer, "Liquefied Gas Handbook", National Fire Protection Association, Massachusetts, 2001.
- [9] <https://ardra.biz/sain-teknologi/ilmu-kimia/menghitung-energi-kalorbahan-bakar-gas-lpg/>
- [10] Gambar Turbin Impuls:
https://www.google.co.id/search?q=turbin+impuls%5C&espv=2&biw=1280&bih=699&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiJ8-vDjY7PAhWOQpQKHeMtCJcQ_AUIBigB#tbn=isch&q=turbin+impuls&imgcr=QiPWd-Unan0aDM%3A
- [11] Gambar generator DC:
https://www.google.co.id/search?q=turbin+impuls%5C&espv=2&biw=1280&bih=699&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiJ8-vDjY7PAhWOQpQKHeMtCJcQ_AUIBig

B#tbm=isch&q=generator+DC
&imgrc=fvIVkDZ0B_sb5M%3A
[12] Gambar boiler:
https://www.google.co.id/search?q=turbin+impuls%5C&espv=2&biw=1280&bih=699&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiJ8-vDjY7PAhWOQpQKHeMtCJeQ_AUIBigB#tbm=isch&q=boiler+homemade%5C&imgrc=LB1WUhLY_SuUvM%3A

[13] Gambar Molekul LPG:
<https://www.scribd.com/document/201234352/Lpg>