

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Perancangan

Hasil akhir dari perancangan dan pembuatan boiler dan turbin impuls dapat dilihat pada gambar 4,1 dan 4.2 pada berikut ini:

Turbin *De Laval* dengan sirip berbentuk “U” yang nantinya akan ditembakkan langsung oleh boiler menggunakan uap dan terus roda pulley akan berputar setara dengan turbin yang tersambung ke generator DC supaya dapat menghasilkan listrik.



Gambar 4.1 Hasil akhir turbin De Laval

Boiler dirancang dengan pipa tembaga sebagai penyalur panas pada dalaman boiler, disertai juga dengan amometer buat pengukur tekanan dan thermometer sebagai pengukur suhu. Keran besi akan berfungsi sebagai penyalur uap keluar atau *outlet* dari boiler. Bagian bawah boiler dilapiskan oleh aluminium sebagai furnace buat pembakaran gas LPG.



Gambar 4.2 Hasil Akhir dari Boiler

4.2. Hasil Pengukuran Daya Masuk (P_{in})

Pada pengujian turbin De Laval, bahan bakar yang digunakan adalah LPG dikarenakan gas LPG sangat mudah dibeli dan dapat dibakar secara mudah, dimana sudah diketahui bahwa LPG memiliki kandungan gas yang tinggi yaitu 45367402 joules. Dari persamaan 2.6 bahwa nilai kalor LPG akan didapatkan dengan hasil 351120 Joule propane. Dari hasil yang didapatkan maka perlu diketahui nilai daya masuk (P_{in}) supaya bisa dicari nilai efisiensi dari pembangkit listrik turbin De Laval. Diketahui bahwa satuan Joule = Watt Sekon (Ws) maka untuk mendapatkan daya (Watt) dapat di buat persamaan sebagai berikut:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t$$

$$Q = 0.84 \cdot 4180 \cdot (130 - 30)$$

$$Q = 0.84 \cdot 4180 \cdot 100$$

$$Q = 351120 \text{ Joule (Propana)}$$

Jadi diperlukan 351120 *Joule* untuk dapat membakar boiler dengan hasil yang maksimal.

$$Q \text{ (Joule)} = P \text{ (Watt)} S \text{ (Sekon)}$$

$$P = \frac{Q}{S}$$

Dari persamaan diatas maka dapat diketahui bahwa $Q = 351,120$ joule dan karena pembakaran boiler dilakukan selama 40 menit untuk bisa mendapatkan 5 bar maka $S = 40 \times 60 = 2400$ sekon. Maka daya dapat dihitung:

$$P = \frac{351120}{2400}$$

$$P = 146.3 \text{ watt} = P_{in}$$

4.3. Pengujian Daya, Kecepatan dan Energi

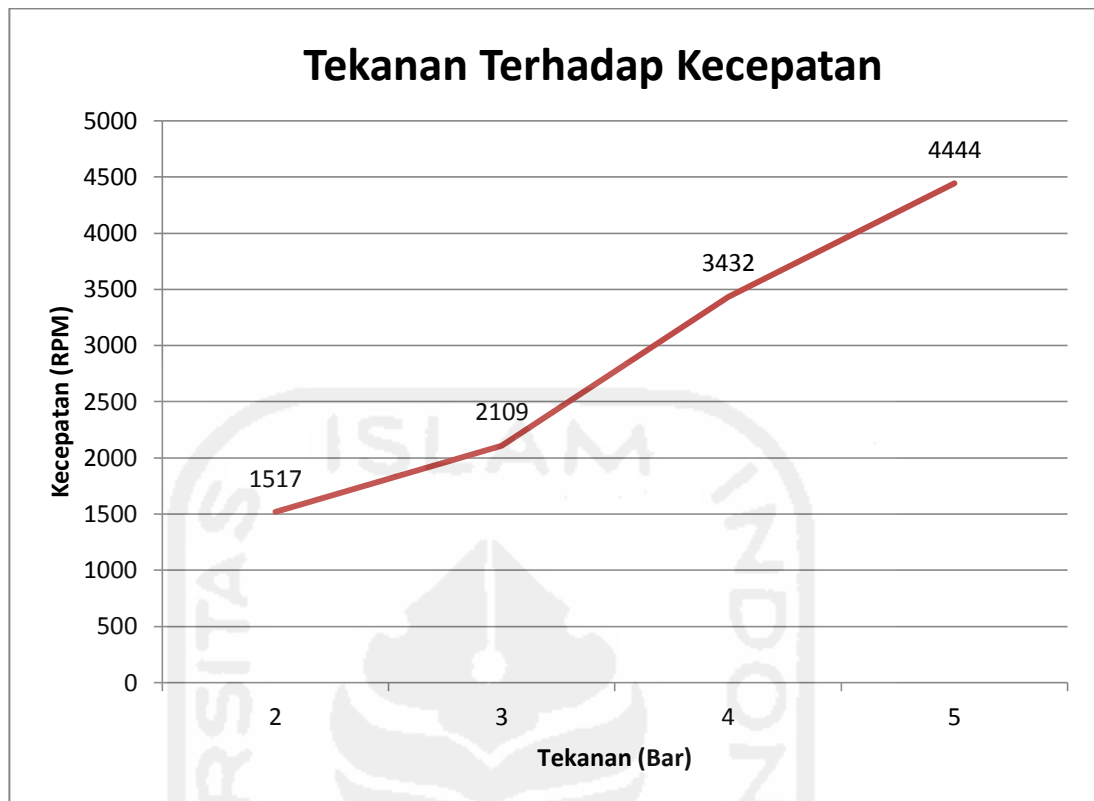
Pengujian daya, kecepatan dan energi dilakukan pada dua tahap yaitu pengujian tanpa beban dan pengujian dengan beban. Hasil yang dicari dari kedua pengujian adalah, RPM, Arus (I), Tegangan (V) dan Daya (P). Dari pengujian ini ada juga yang diukur yaitu tekanan (p) dan suhu (T).

4.3.1. Pengujian Tanpa Beban

Pengujian ini dilakukan ketika turbin dalam keadaan tidak terkopel dengan generator supaya untuk mengetahui kecepatan putar dari turbin De Laval. Kecepatan putar akan diukur pada saat tekanan boiler mencapai 5 bar hingga mencapai 2 bar untuk mendapatkan putaran maksimal dari turbin. Satuan putaran akan diukur dengan RPM dan nilai parameternya yang diambil adalah RPM terhadap Bar atau tekanan. Berikut variasi data hasil pengukuran kecepatan putar dari turbin De Laval sebelum dikopel oleh generator yang ditunjukkan oleh table 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.1 Kecepatan putar turbin De Laval tanpa generator

| No | Tekanan (Bar) | Kecepatan (RPM) |
|-----------|---------------|-----------------|
| 1 | 5 | 4444 |
| 2 | 4 | 3432 |
| 3 | 3 | 2109 |
| 4 | 2 | 1517 |
| Rata-Rata | | 2875 |



Gambar 4.3 Grafik kecepatan putar turbin De Laval tanpa beban

Berdasarkan grafik gambar 4.1 dapat diketahui ketika tekanan pada boiler mencapai 5 bar dan ditembakkan langsung melalui nosel pada turbin maka kecepatan putar maksimum bisa mencapai 4444 RPM ketika dibaca pada takometer tetapi disertai menurunnya tekanan maka kecepatan putar akan ikut menurun dan melambat. Hal ini menunjukkan bahwa kecepatan putar turbin De Laval sangat tergantung pada tekanan yang di salurkan dalam boiler maka karena itu semakin besar energi yang di panaskan pada boiler maka semakin tinggi tekanan yang bisa dihasilkan dan ketika disalurkan pada turbin maka kecepatan putar akan sangat tinggi.

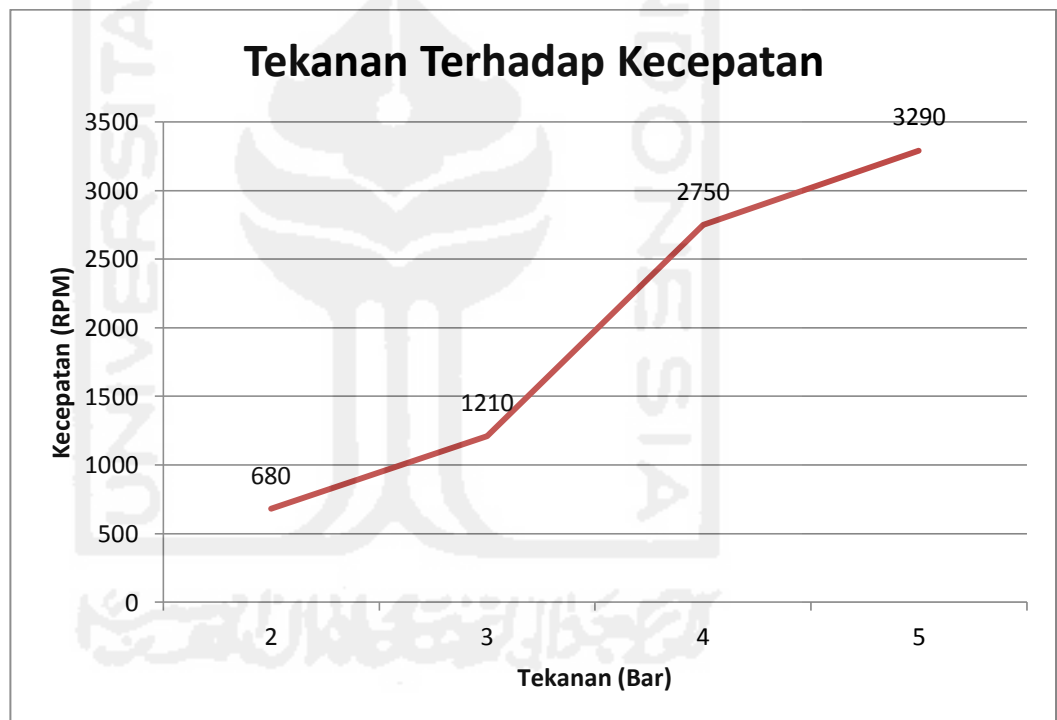
4.3.2. Pengujian Dengan Beban

Pengujian dengan beban dibagi menjadi dua pengujian, yang pertama yaitu pengujian ketika turbin terkopel dengan generator dan kedua ketika turbin terkopel dengan generator dan beban resistor 10 ohm yang di paralel.

4.3.2.1. Pengujian Terkoppel Dengan Generator

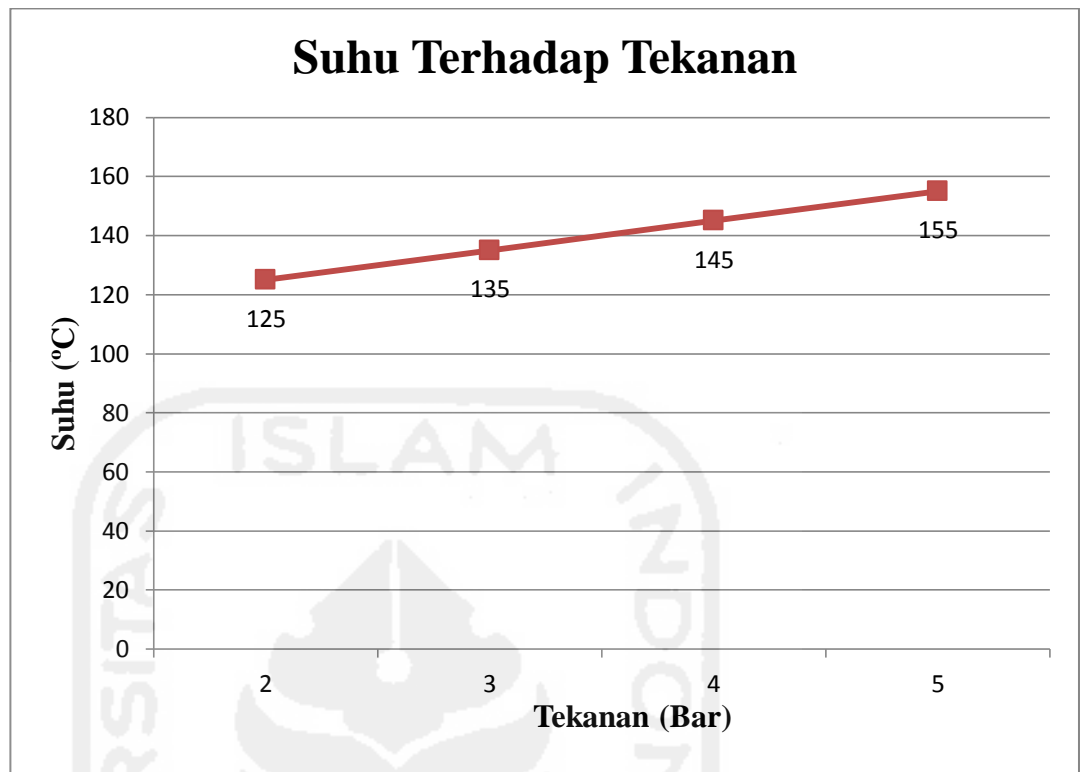
Tabel 4.2 Data pengukuran dengan generator

| Tekanan (Bar) | Kecepatan (RPM) | Tegangan (Volt) | Suhu (°C) |
|------------------|--------------------|--------------------|-----------|
| 2 | 680 | 0.55 | 125 |
| 3 | 1210 | 1.3 | 135 |
| 4 | 2750 | 1.8 | 145 |
| 5 | 3290 | 2.3 | 155 |



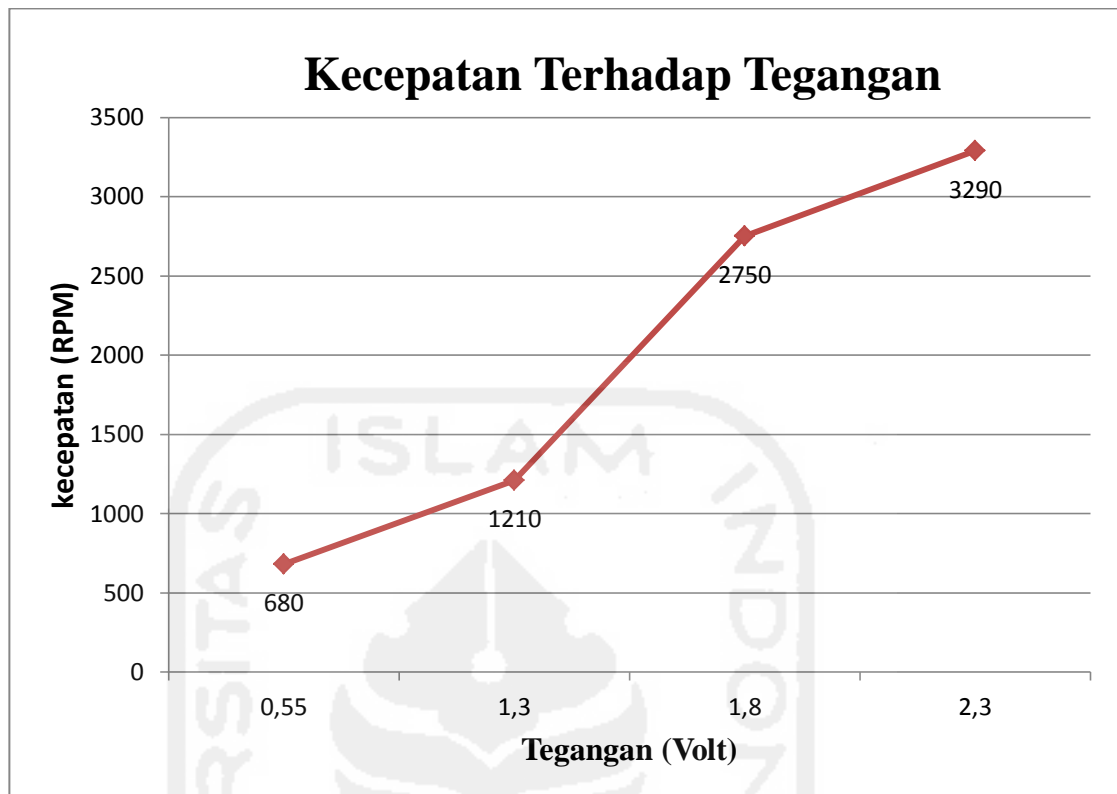
Gambar 4.4 Grafik kecepatan putar turbin De Laval dengan generator

Gambar 4.2 dan gambar 4.1 sangat berbeda karena sudah adanya beban generator, maka mudah diketahui bahwa kecepatan akan berbeda dengan tanpa adanya beban generator. Bisa dilihat dengan tekanan yang sama maka bisa mendapatkan kecepatan yang berbeda karena adanya beban yang menghambat kecepatan putar turbin.



Gambar 4.5 Grafik tekanan boiler terhadap suhu boiler

Diperlukan waktu sekitar 15 menit untuk bisa memanaskan boiler sehingga 100 °C, sesudah itu diperlukan waktu tambahan 25 menit untuk mencapai tekanan maksimum. Jadi diperlukan waktu 40 menit total untuk bisa mendapatkan tekanan maksimum dengan pemanasan yang konstan. Bisa dilihat pada gambar 4.3 bahwa pada tekanan 2 bar maka suhu boiler berada pada 125 °C, kenaikan suhu pada setiap bar adalah 10 °C dan suhu maksimum adalah 155 °C dengan tekanan maksimum 5 bar.



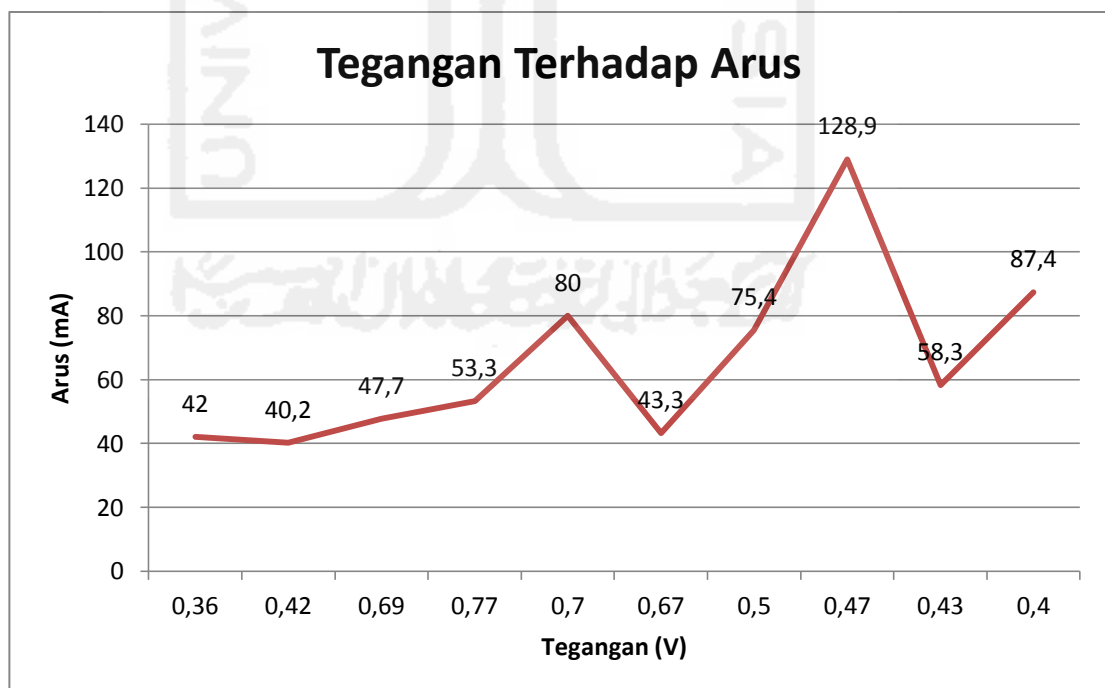
Gambar 4.6 Grafik kecepatan turbin dengan keluaran tegangan pada generator

Berdasarkan variasi nilai kecepatan putar dan tegangan yang bisa dilihat pada gambar 4.4 menunjukkan bahwa semakin besar kecepatan putar turbin De Laval maka semakin besar tegangan yang dihasilkan dari generator. Begitu pula sebaliknya, apabila kecepatan putar lambat atau mengalami penurunan maka tegangan keluaran dari generator akan mengalami penurunan.

4.3.2.2. Pengujian Terkoppel Dengan Generator dan Beban Resistor

Tabel 4.3 Data pengukuran dengan beban Resistor

| Tekanan (Bar) | Tegangan (Volt) | Arus (mA) | Daya (mW) | Resistor (Ohm) | Suhu (°C) |
|---------------|-----------------|-----------|-----------|----------------|-----------|
| 5 | 0.36 | 42 | 15.12 | 0.1 | 155 |
| 5 | 0.42 | 40.2 | 16.88 | 0.2 | 155 |
| 5 | 0.69 | 47.7 | 32.91 | 0.3 | 155 |
| 5 | 0.77 | 53.3 | 41.04 | 0.4 | 155 |
| 5 | 0.7 | 80 | 56 | 0.5 | 155 |
| 5 | 0.67 | 43.3 | 29.01 | 0.6 | 155 |
| 5 | 0.5 | 75.4 | 37.7 | 0.7 | 155 |
| 5 | 0.47 | 128.9 | 60.58 | 0.8 | 155 |
| 5 | 0.43 | 58.3 | 25.06 | 0.9 | 155 |
| 5 | 0.4 | 87.4 | 34.96 | 1 | 155 |



Gambar 4.7 Grafik tegangan terhadap arus ketika diberi beban

Berdasarkan gambar 4.6 dapat diketahui bahwa ketika turbin hanya terkopel dengan generator tanpa diberi beban resistor paralel maka tegangan akan besar dan arus akan mengecil karena tidak ada tahanan. Sebaliknya, ketika beban diberi beban resistor dan dikopel dengan turbin maka arus cenderung membesar dan tegangan justru mengecil. Hal tersebut sesuai dengan hukum Ohm yang mengatakan bahwa ketika arus (I) yang dialiri melalui sebuah penghantar atau konduktor maka akan berbanding lurus dengan tegangan atau beda potensial (V) dan akan berbanding terbalik dengan hambatannya (R). Dengan kata lain semakin banyak jumlah resistor yang terpasang dalam rangkaian maka nilai resistansi akan semakin mendekati nol dan arus justru akan naik dan tegangan akan menurun..

4.4. Perhitungan Efisiensi Pembangkit Listrik

Dari table 4.5 diketahui daya maksimal adalah 60.58mW. Berdasarkan persamaan 3.1 maka nilai energi keluaran dan masukan atau P_{in} dan P_{out} dapat dihitung nilai efisiensinya sebagai berikut:

$$\eta = \frac{60.58mW}{146.3 W} \times 100\%$$

$$\eta = 0.041\%$$

Jadi efisiensi pembangkit listrik uap menggunakan turbin impuls adalah $\eta = 0.041\%$.

4.5. Pembahasan

Berdasarkan hasil perhitungan nilai efisiensi dari pembangkit listrik diketahui sebesar 0.041%. Nilai efisiensi ini justru sangat jauh dari keinginan. Faktor penyebab kecilnya nilai efisiensi dapat disebabkan oleh beberapa faktor antara lain:

- a. Faktor bahan bakar yang digunakan sangat mempengaruhi proses pembangkit listrik dalam menghasilkan listrik yang lebih efisien, yaitu melalui proses pembakaran yang kurang sempurna maka akan terjadi

rugi-rugi atau nilai kalor yang dihasilkan sangat kecil maka tidak bisa efisien.

- b. Faktor boiler: bahan boiler yang kurang bagus seperti bahan yang dapat menghambat pemanasan yang kurang efektif, terutama ketika mendidihkan air hingga 100°C akan memerlukan energi yang banyak dan boros sehingga mengurangi nilai efisiensi.
- c. Faktor perancangan turbin: perancangan turbin yang kurang baik dapat mengurangi sistem kerja mekanikal turbin seperti contohnya ketika turbin dikopel dengan generator melalui pulley, hal ini sangat tidak efektif karena ada perantara. Hal yang benar adalah mengkoppel turbin dan generator dengan rotor langsung sehingga tidak ada perantara dan dapat mengurangi rugi-rugi mekanis pada kinerja turbin.

Dengan adanya faktor-faktor penyebab rendahnya efisiensi pembangkit listrik pada penelitian ini, maka besarnya energi yang masuk dalam pembangkit akan lebih kecil ketika keluar karena energi tersebut sebagian besar akan berubah menjadi rugi-rugi, yaitu rugi-rugi mekanis maupun listrik. Dengan rendahnya nilai efisiensi masih ada sisi keunggulan dari pembangkit tersebut yaitu berhasil menghasilkan listrik walaupun tidak sesuai harapan dengan kata lain dari seluruh proses yang dilalui tujuan utama dapat tercapai yaitu bagaimana merancang sebuah pembangkit listrik tenaga uap menggunakan turbin impuls dan telah terbukti bahwa pembangkit listrik tersebut dapat menghasilkan listrik dalam skala kecil, dan perlu diterapkan lagi dalam skala besar untuk bisa mendapatkan efisiensi yang lebih tinggi.