

---

## SUBMISSION 85

# Analisis Kinerja Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Uap Skala Laboratorium yang Memanfaatkan Kalor Hasil Pembakaran Proses Pirolisis

D.L Zariatina, Iqbal Ramadhian P, dan Rifki Khairul Azzaam  
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

**ABSTRAK.** Pada proses pirolisis, terdapat kalor hasil pembakaran yang terbuang percuma atau energi panas terbuang dan dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sebuah prototipe pembangkit listrik tenaga uap skala laboratorium yang memanfaatkan energi panas dari proses pirolisis. Setelah itu akan dilakukan analisis kinerja PLTUSL, dengan cara mengukur daya listrik yang dihasilkan. Cara kerja dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap Listrik Skala Laboratorium ini adalah pemanfaatan energi kalor yang terbuang, energi kalor ini berasal dari pembakaran sampah di incenerator atau tungku pembakar sampah, dengan menggunakan sampah ( serbuk kayu ) 2.42 kg. Sampah tersebut dimasukkan ke dalam tungku pembakar ( incenerator ). Sampah dibakar dan menghasilkan energi panas untuk mendidihkan air di dalam ketel uap. Perubahan kecepatan uap menimbulkan gaya yang mendorong dan kemudian memutar turbin. Turbin yang terhubung ke generator inilah yang selanjutnya akan memutar generator untuk menghasilkan listrik 9 volt dan 14.4 watt.

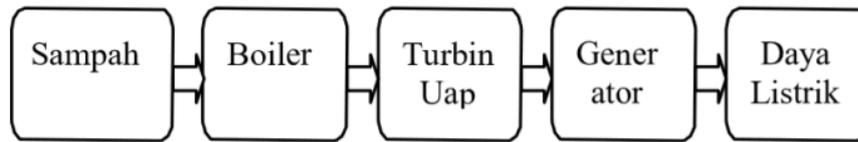
**Kata Kunci :** *Proses Pirolisis, PLTU, Incenerator.*

## 1. PENDAHULUAN

Saat ini permintaan listrik di Indonesia terus bertambah, maka dari itu harus dibarengi dengan naiknya pertumbuhan generator di Indonesia. Dengan jumlah penduduk kurang lebih 250 juta jiwa, Indonesia masih hanya mengandalkan pasokan listrik sebesar 35,33 GW. Sangat timpang jika dibandingkan dengan Malaysia yang berpenduduk sekitar 29 juta jiwa namun pasokan listriknya sebesar 28,4 GW. Pasokan listrik Singapura masih jauh memimpin lebih tinggi rasionya dengan jumlah penduduk kurang lebih 5,3 juta jiwa dan pasokan listrik 10,49 GW. [1] Persoalan sampah di perkotaan tak kunjung selesai. Tingginya kepadatan penduduk membuat konsumsi masyarakat pun tinggi. Di sisi lain, lahan untuk menampung sisa konsumsi atau sampel terbatas. Persoalan semakin bertambah. Sampah konsumsi warga perkotaan itu ternyata banyak yang tidak mudah terurai, terutama plastik. Semakin menumpuknya sampah plastik menimbulkan pencemaran serius.

Karena kebutuhan energi listrik yang besar dan pasokan energi fosil yang menurun, maka dibutuhkan energi penghasil listrik selain dari energi fosil yaitu energi Uap Panas. Uap panas tersebut membutuhkan kalor yang sangat tinggi temperaturnya. Pada penelitian kali ini akan dibuat Pembangkit Listrik Tenaga Uap Skala Laboratorium (PLTUSL). Energi kalor berasal dari hasil pembakaran incenerator pada proses pirolisis. Penelitian sebelumnya yang sudah ada adalah Pengelolaan dan Pemanfaatan Sampah Menggunakan Teknologi Incenerator, dengan incinerator dibagian bawah dan boiler dibagian atas. [2] Penelitian ini memanfaatkan energi kalor dari pembakaran di Incenerator untuk pemanasan air menjadi uap panas. Penelitian sebelumnya berikutnya adalah Teknologi Pemanfaatan Batubara Untuk Menghasilkan Batubara Cair, Pembangkit Tenaga Listrik, Gas Metana Dan Briket Batubara [4]. Berdasarkan rancangan dan pembuatan dari Yudea, maka tujuan penelitian ini adalah melakukan analisis kinerja PLTUSL ini dengan cara mengambil data tegangan, arus, dan temperatur setiap 5 menit pada channel kalor. Lalu dilakukan perhitungan dengan data yang didapatkan untuk mendapat hasil keluaran daya listrik PLTUSL

Sesuai dengan pembangkitnya, PLTU adalah suatu pembangkit tenaga listrik yang menggunakan energi bahan bakar seperti minyak residu, batubara, cangkang kelapa sawit, gas alam atau sampah untuk memanaskan uap secara berulang-ulang. PLTU terdapat banyak sekali peralatan, mulai dari, ketel uap, turbin uap, generator, trafo, dan masih banyak lagi dengan jenis yang berbeda-beda. Bahan bakar untuk pemanasan ketel uap ada yang menggunakan sampah dengan pembakaran di Incenerator atau tungku pembakar sampah.



Gambar 1. Siklus Kerja PLTU Memakai Incenerator [3]

Konstruksi meliputi ketel uap, turbin uap, kondensor dan pompa sirkulasi (*feed water pump*). Uap dihasilkan oleh bagian ketel pada suhu dan tekanan yang tinggi. Uap ini kemudian dipanaskan kembali di pemanas lanjut sehingga temperatur uap naik sampai melebihi temperatur jenuhnya (saturasi). Uap yang super panas ini memasuki turbin dan menghasilkan daya listrik. [3]

Analisis kinerja ini adalah menghitung hasil output dari PLTUSL yang dibuat. Dari PLTUSL yang dibuat kinerja yang dihasilkan apakah maksimal atau tidak dan sesuai target atau tidak. Akan dilakukan beberapa kali pengujian untuk mengetahui kinerja dari PLTUSL menggunakan rumus sebagai berikut :

$$P = V \times I$$

Dimana :

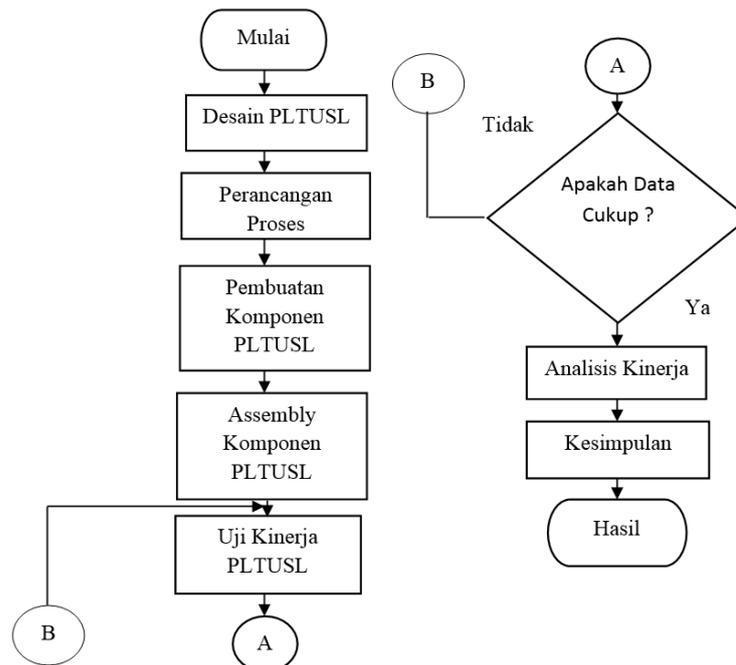
P = Daya listrik dengan satuan *watt* (W)

V = Tegangan listrik dengan satuan *Volt* (V)

I = Arus listrik dengan satuan *Ampere* (A)

## 2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini dibuat sesuai dengan isi fase proses manufaktur pembuatan komponen dan perakitan dan hasil dari analisis kinerja benda kerja. Proses manufaktur pembuatan komponen dan perakitan serta analisis kinerja mempunyai alur kerja yang dapat dijelaskan melalui Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

## 3. UJI EKSPERIMENTAL

Dalam pengujian ekperimental Pembangkit Listrik Tenaga Uap Skala Laboratorium ( PLTUSL ) akan diukur temperatur yang terjadi, hasil minyak dari proses pirolisis yang dihasilkan, arus listrik dan tegangan listrik yang didapatkan. Pengujian ini menggunakan alat ukur temperatur tembak, multimeter, timbangan digital. Berikut ini adalah uji eksperimental yang dilakukan :

- a. Mengukur berat sampah yang dibutuhkan dan Memasukkan Sampah.



a.



b.

Gambar 3. a. Pengukuran Berat Sampah Serbuk Kayu, b. Pengukuran Berat Sampah Plastik

Pengukuran berat sampah ini dimaksudkan untuk mengetahui berapa berat sampah yang dibutuhkan untuk menghasilkan daya listrik dan minyak pirolisisnya. Berat total sampah kayu yang sudah diukur adalah 2,42 kg, berat total sampah plastik yang diukur adalah 0,96 kg. sampah plastik dimasukkan secara bertahap lewat *hopper* sebagai bahan bakar untuk pembakaran di incenerator lalu sampah plastik dimasukkan ke dalam *inlet* pembakaran plastik.



a.



b.

Gambar 4. a. *Hopper* Sampah Serbuk Kayu, b. *Inlet* Sampah Plastik

b. Mengukur Temperatur Pada *Channel*



Gambar 5. Alat Ukur Temperatur

Mengukur temperatur dimaksudkan untuk mengetahui temperatur pada tunnel dan bisa mengetahui air pada instalasi PLTUSL sudah menjadi uap air apa belum. Pengukuran dilakukan setiap 5 menit sekali.

c. Mengukur Hasil Keluaran Listrik



Gambar 6. *Multitester*

Untuk mengukur hasil keluaran listrik digunakan alat *multitester*. Pengukuran ini dilakukan ketika suhu di tunnel sudah minimal  $80^{\circ}\text{C}$  agar air yang didalam instalasi PLTUSL menjadi uap air dan bisa menggerakkan generator. Besaran yang diukur adalah tegangan dan arus listrik yang dihasilkan.

d. Mengukur hasil minyak pirolisis



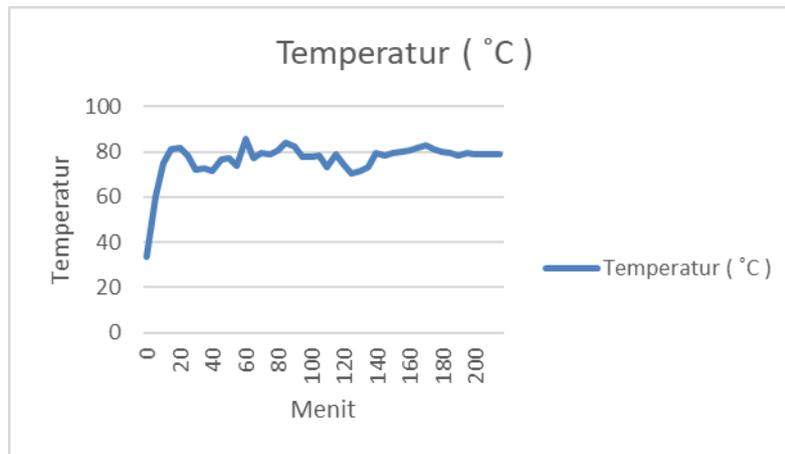
Gambar 7. Hasil Minyak Pirolisis

Hasil minyak pirolisis adalah hasil dari pembakaran sampah plastik yang sudah dimasukkan sebelumnya, minyak hasil proses pirolisis keluar ketika suhu hasil pembakaran di incenerator mencapai  $500^{\circ}\text{C}$ . Plastik yang menguap ketika dibakar akan dikondensasikan lalu jadilah minyak pirolisisnya.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

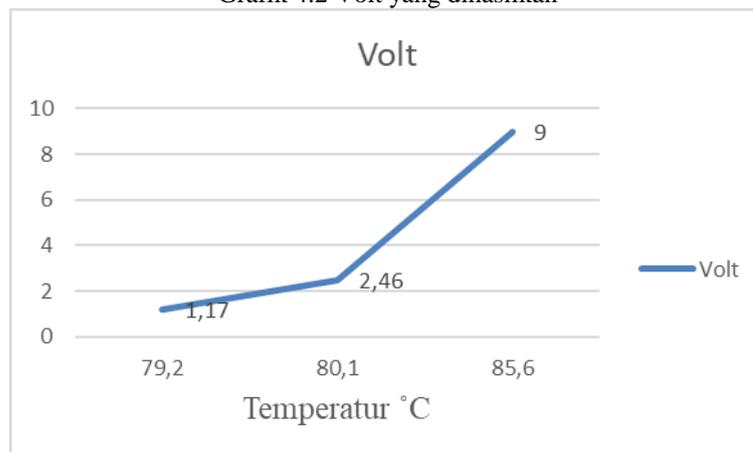
Di dalam hasil dan pembahasan akan dibahas hasil dari pengambilan data yang sudah dibahas sebelumnya, lalu akan ditampilkan hasil dan grafik dari data yang sudah didapatkan. Hasil-hasilnya adalah sebagai berikut :

Grafik 4.2 Temperatur dan Waktu



Dari data dan grafik yang didapatkan terlihat naik dan turun temperatur setiap 5 menit. Hal tersebut terjadi karena proses pembakaran di incenerator kurang maksimal, kurangnya suplai oksigen ke tungku pembakaran menjadi proses pembakaran menjadi tidak maksimal. Karena itu temperatur di *Channel* untuk proses pemanasan di PLTUSL menjadi tidak stabil.

Grafik 4.2 Volt yang dihasilkan



Dari grafik diatas didapatkan *volt* yang dihasilkan ada pada temperatur 79,2°C, 80,1°C, 85,6°C. Temperatur tersebut adalah temperatur pada *channel* kalor. Jadi temperatur air yang terdapat didalam instalasi bisa sampai temperatur melebihi dari 100°C. *Volt* yang dihasilkan berdasarkan grafik diatas semakin tinggi temperatur dari *channel* kalor semakin tinggi *volt* yang dihasilkan. Dari *volt* yang dihasilkan terdapat data arus yang didapatkan yaitu 0,23 A, 0,49 A, dan 1,8 A. Dari data tegangan dan arus yang dihasilkan didapatkan daya listrik yang dihasilkan dari perhitungan Berikut ini :

$$P = V \times I$$

Dimana :

P : Daya listrik ( w )

V : Tegangan Listrik ( V )

I : Arus Listrik ( A )

Berdasarkan rumus diatas maka perhitungan untuk mendapatkan daya listrik adalah sebagai berikut :

- $P = V \times I$

$$P = 1,17 \times 0,23 = 0,27 \text{ watt}$$

- $P = V \times I$   
 $P = 2,46 \times 0,49 = 1,21 \text{ watt}$
- $P = V \times I$   
 $P = 9 \times 1,8 = 14,4 \text{ watt}$

Tabel 4.1 Hasil Output PLTUSL

Temperatur ( °C )	Tegangan ( V )	Arus ( A )	Daya ( w )
79,1	1,17	0,23	0,27
80,1	2,46	0,49	1,21
85,6	9	1,8	14,4

## 5. KESIMPULAN

Dari berdasarkan pengujian dan data-data yang didapatkan analisis kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Uap ( PLTUSL ) dapat diberikan kesimpulan sebagai berikut :

1. Volt yang dihasilkan dari PLTUSL ini adalah pada temperatur 79,1°C, 80,1°C, dan 85,6°C. Hasil voltnya adalah sebagai berikut :
  - 1,17 V
  - 2,46 V
  - 9 V
2. Temperatur pada channel kalor PLTUSL setiap 5 menitnya naik turun dikarenakan kurangnya suplai oksigen di dalam incenerator membuat proses pembakaran menjadi kurang maksimal.
3. Daya listrik yang dihasilkan didapatkan dari data tegangan dan arus lalu diperhitungkan dengan rumus  $P = V \times I$  didapatkan hasil daya listrik PLTUSL sebagai berikut :
  - 0,27 watt
  - 1,21 watt
  - 14,4 watt

## DAFTAR PUSTAKA

1. <http://bem.ft.ugm.ac.id/2017/02/09/krisis-dan-kebutuhan-listrik-indonesia/>
2. Salmawanty Tansa, Bambang Panji Asmara, Ade Irawaty Tolago, Yasin Mohamad (2015). Rancang Bangun Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa).
3. Budiman Arif.2001.Modifikasi Desain dan Uji Unjuk Kerja Alat Pembakar Sampah (Incinerator) Tipe Batch.Skripsi. Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB.
4. Sodikin Mandala Putra (2011). Teknologi Pemanfaatan Batubara Untuk Menghasilkan Batubara Cair, Pembangkit Tenaga Listrik, Gas Metana Dan Briket Batubara.