

RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SAMPAH (PLTSa) DI LINGKUNGAN STT MIGAS BALIKPAPAN

Nurjanah^{1*}, A.M.Miftahul Huda¹, Riza Hadi Saputra¹, Ain Sahara¹, Hasanudin¹

¹Program Studi Teknik Instrumentasi Elektronika Migas, STT-Migas Balikpapan
Transad KM.08 No.76 RT.08 Kel.Karang Joang Balikpapan

e-mail: surga.bunyu@gmail.ac.id*

ABSTRACT

The Environment and Forestry Metrics stated that data on waste piles in Indonesia in 2020 reached 67.8 tons, 45% of which was poorly managed plastic waste. The large amount of waste produced causes Indonesia to become the second waste producer in the world. The level of waste management that is still minimal is the main thing that causes Indonesia to become a "polluting" country in the world. Waste Power Plant is a waste management solution to reduce the amount of waste and become an alternative energy for generating electricity in the community. The purpose of this research is to provide an alternative by creating a waste power plant as a producer of renewable electrical energy. This research begins with collecting materials and continues with the design of components such as furnaces, boilers, steam turbines, DC generators which are integrated into one, and waste as fuel. The components that have been worked are then tested with plastic waste and wood waste are collected and then put into the furnace, then the waste is burned to boil water in the boiler. Changes in the speed or relative velocity of this steam cause a force turns the turbine. The turbine that is connected to this generator will then rotate the generator to produce electricity. Based on the results of testing the solid waste power plant, the maximum voltage value is 13.76 V.

Keywords: waste power plant, garbage, furnace, boiler, steam turbine, generator.

ABSTRAK

Meteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (LHK) menyebutkan data timbunan sampah di Indonesia tahun 2020 mencapai 67,8 ton, 45% diantaranya merupakan sampah plastik tidak terkelola dengan baik. Besarnya jumlah sampah yang dihasilkan menyebabkan Indonesia menjadi penghasil sampah kedua di dunia. Tingkat pengelolaan sampah (waste management) yang masih minim adalah hal utama yang menjadi penyebab Indonesia menjadi Negara "pengotor" di dunia. Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) merupakan solusi pengelolaan sampah untuk mengurangi jumlah sampah dan menjadi energi alternatif untuk pembangkit listrik di masyarakat. Tujuan penelitian ini memberikan alternatif dengan menciptakan pembangkit listrik tenaga sampah sebagai penghasil energi listrik terbarukan. Penelitian ini diawali dengan mengumpulkan bahan serta dilanjutkan dengan perancangan komponen seperti, furnace, boiler, turbin uap, generator DC yang diintergrasikan menjadi satu, dan sampah sebagai bahan bakar. Komponen yang telah dikerjakan selanjutnya diuji dengan sampah plastik dan sampah kayu dikumpulkan lalu dimasukkan kedalam tungku pembakaran (furnace) kemudian sampah tersebut dibakar guna mendidihkan air didalam boiler. Perubahan kecepatan atau kecepatan relatif uap ini menimbulkan gaya

untuk memutar turbin. Turbin yang terhubung ke generator inilah yang selanjutnya akan memutar generator untuk menghasilkan listrik. Berdasarkan hasil pengujian pembangkit listrik tenaga sampah secara langsung diperoleh nilai tegangan maksimal 13,76V.

Kata Kunci : PLTSa, sampah, furnace, boiler, turbin uap, generator.

PENDAHULUAN

Melansir dari artikel DetikNews, Meteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (LHK) menyebutkan data timbunan sampah di Indonesia tahun 2020 mencapai 67,8 ton, 45% diantaranya merupakan sampah plastik tidak terkelola dengan baik. Besarnya jumlah sampah yang dihasilkan menyebabkan Indonesia menjadi penghasil sampah kedua di dunia.

Tingkat pengelolaan sampah (*waste management*) yang masih minim adalah hal utama yang menjadi penyebab Indonesia menjadi Negara “pengotor” di dunia. Jika tidak dilakukan penanganan serius, jumlah sampah plastik di lingkungan bisa mencapai 12 miliar ton pada 2050. Jumlah yang sangat tinggi dan bisa membawa dampak lebih besar bagi lingkungan. Belum lagi taksiran *World Economic Forum* menyebutkan 32% sampah plastik tersebut akan merusak ekosistem dataran dan lautan.

STT MIGAS Balikpapan sendiri merupakan penghasil sampah plastik dalam kehidupan sehari-hari. Sampah-sampah tersebut bisa dimanfaatkan menjadi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa). Adanya PLTSa ini diharapkan mampu mengurangi jumlah volume sampah kering yang dihasilkan oleh kampus disetiap harinya.

Pemanfaatan sampah sebagai energi listrik telah dilakukan Korea Selatan, dimana pembangkit tersebut diklaim menjadi yang terbesar di dunia dengan kapasitas 50 megawatt di Incheon. PLTSa itu mampu menyuplai kebutuhan energi listrik lebih dari 180 ribu rumah tangga, serta mengurangi impor minyak Korea Selatan hingga 500 ribu barel pertahun.

Seiring dengan perkembangan teknologi yang pesat hal ini juga perlu berbanding lurus antara kebutuhan akan energi yang besar pula. Cepat atau lambat minyak bumi sebagai penghasil sumber energi saat ini akan habis, maka dari itu disamping menghemat penggunaan energi yang tidak dapat diperbaharui, perlu alternatif energi baru dalam menciptakan pembangkit listrik energi terbarukan.

PLTSa merupakan solusi untuk mengurangi sampah dan menjadi energi alternatif untuk pembangkit listrik di masyarakat. Besarnya manfaat PLTSa ini yang mendorong penulis untuk merancang Pembangkit Listrik Tenaga Sampah.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dari bulan Februari – Juni 2020. Penelitian ini diawali dengan melakukan studi literatur, merancang alat, membuat alat, dan pengujian alat. Komponen-komponen yang digunakan dalam PLTSa sebagai berikut:

a. Tungku Pembakaran (*Furnace*)

Tungku pembakaran (*furnace*) seperti gambar 1 merupakan suatu wadah tempat berlangsungnya proses pemabakaran sampah pada sistem kerja alat pembangkit listrik ini. Pembakaran pada furnace tersebut menghasilkan temperatur dimana temperatur yang dihasilkan sangat tergantung jenis dan jumlah sumber kandungan bahan bakar sampah yang dibakar, semakin sempurna pembakaran pada tungku semakin tinggi pula temperatur pembakaran yang dihasilkan.



Gambar 1. Furnace

b. Boiler

Boiler pada gambar 2 merupakan alat bejana tertutup yang digunakan untuk sebagai wadah pemanas air untuk menghasilkan uap. Uap panas yang dihasilkan berasal dari proses

pembakaran secara *continue* didalam ruang pembakaran yang dihubungkan secara langsung dengan boiler.



Gambar 2. Boiler

Adapun spesifikasi *boiler* yang perlu diketahui sebelum melakukan uji coba PLTSa terdapat pada tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Boiler Tipe Vertical Water Tube Boiler

Parameter	Nilai	Satuan
Ketebalan Plat Besi Boiler	2	Mm
Tinggi Boiler	60	Cm
Diameter Boiler	50	Cm
Volume Boiler	104.625	Cm ³
Temperatur Operasi	450	°C
Tekanan operasi	4,137	Bar

c. Turbin Uap (*Steam Turbin*)

Turbin uap pada gambar 3 merupakan suatu penggerak mula yang mengubah energi potensial uap menjadi kinetik dan selanjutnya diubah energi mekanis dalam bentuk putaran poros turbin. Poros turbin langsung atau dengan bantuan elemen lain Tergantung dari jenis mekanisme

yang digerakan. Turbin uap dapat digunakan pada berbagai bidang industri, seperti untuk pembangkit listrik.



Gambar 3. Turbin Uap

Turbin yang digunakan penelitian ini adalah *Turbocharger* bekas yang merupakan kompresor *sentrifugal* yang mendapat daya dari turbin yang sumber tenaganya berasal dari asap gas buang kendaraan. *Turbocharger* dimodifikasi menjadi turbin uap pada pembangkit listrik tenaga sampah sesuai konsep kebutuhan peneliti.

d. Generator

Generator listrik pada gambar 4 merupakan sebuah alat yang memproduksi energi listrik dari sumber energi mekanik, biasanya dengan menggunakan induksi elektromagnetik. Generator dibedakan menjadi dua, yaitu generator arus searah (DC) dan generator arus bolak-balik (AC). Generator mendorong muatan listrik untuk bergerak melalui sebuah sirkuit listrik eksternal, tetapi generator listrik tidak menciptakan listrik yang sudah ada didalam kabel lilitannya.

Generator yang digunakan pada alat pembangkit listrik tenaga sampah adalah generator DC 12/24V dengan 3.500 rpm/min dan arus 1A.



Gambar 4. Generator DC

e. Baterai

Baterai atau akkumulator adalah sebuah sel listrik dimana didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang reversible dengan efisiensinya tinggi, pada saat pengisian energi listrik diubah menjadi kimia dan saat pengeluaran/discharge energi kimia diubah menjadi energi listrik. Baterai juga berfungsi sebagai penyimpan dan suplai arus listrik.

e. Penghilang Asap (*Incinerator*)

Insinerator pada gambar 5 adalah sebuah alat yang menggunakan sistem insinerasi. Metode yang digunakan dalam sistem ini adalah menghancurkan sampah padat (solid) dengan membakar. Bahan-bahan bakar yang digunakan adalah sampah padatan berupa sampah plastik dan sampah kayu yang telah melewati proses pemililahan. Proses insinerator ini dilakukan dengan membakar sampah pada temperatur tinggi didalam ruang pembakaran *furnace*, sehingga sampah padat tersebut berubah bentuk menjadi abu. Prinsip kerja secara umum dari filtrasi asap ini adalah proses penggabungan asap pada air (H_2O) dilakukan dengan cara air disemprotkan dengan menggunakan nozzle spray sehingga bercampur dengan asap. Sehingga asap yang akan keluar ke lingkungan tidak membahayakan bagi masyarakat.(Hermansyah, 2017)



Gambar 5. Baterai



Gambar 5. Penghilang Asap (*Incinerator*)

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

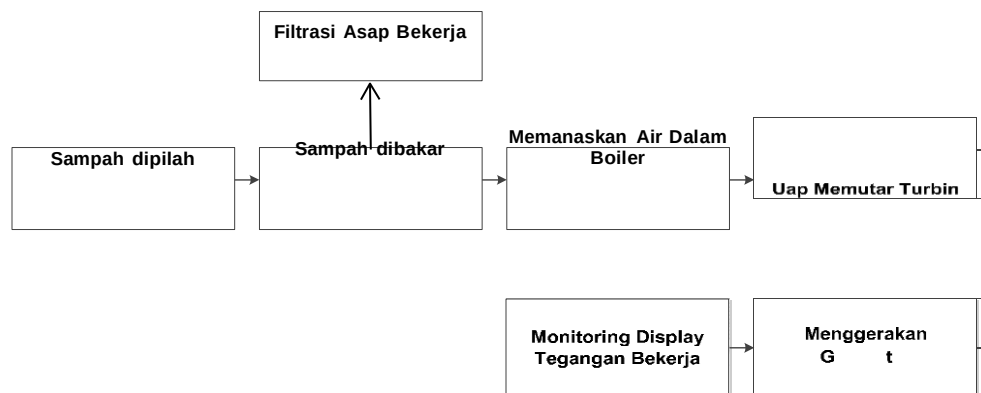
Pada penelitian ini telah dirancang dan direalisasikan Pembangkit Listrik Tenaga sampah (PLTSa) seperti gambar 6. Perancangan sampai dengan terealisasinya satu buah alat PLTSa mengacu pada kajian literatur berupa buku, artikel, serta jurnal yang mendukung dalam proses perancangan alat dan dihimpun dalam beberapa uji coba alat PLTSa secara langsung dilapangan guna mendapatkan hasil yang konprehensif berupa *rotation per minute (rpm)* pada *Impeler Turbin Uap*, tekanan uap, tegangan listrik yang sumber energinya berasal dari sampah organik berupa potongan kayu dan sampah anorganik berupa sampah plastik. Pada proses pengelolaan bahan bakar sampah, sampah plastik dicacah menjadi bagian-bagian kecil dan sampah kayu dipotong agar bisa masuk secara mudah dalam tungku pembakaran, sebelum dibakar sampah dikeringkan diatas terik matahari selama 12 jam untuk mengurangi kadar air yang terkandung dalam sampah.



Gambar 6. Pembangkit Listrik Tenaga Sampah

a. Mekanisme Kerja PLTSa

Gambar dibawah ini merupakan mekanisme Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa):



Gambar 7. Mekanisme Kerja PLTSa

Langkah awal yang dilakukan untuk pengujian alat PLTSa yaitu memilah sampah organik (kayu) dan anorganik (plastik). Lalu dikeringkan dibawah panas terik matahari langsung selama 12 jam. Kemudian sampah ditimbang dengan massa masing-masing 10 kg. Selanjutnya dilakukan pembakaran pada ruang pembakaran *furnace*, metode pembakaran yang dilakukan adalah *preeheating*. *Preeheating* merupakan pemanasan awal pada boiler dalam mencapai tekanan 0,1 Psi dengan jenis sampah yang berbeda pula. Pemabakaran yang dilakukan dengan tidak dicampur atau secara terpisah guna mengukur evektivitas pemabakaran sampah antara plastik dan kayu. Setelah melewati fase *preeheating* hingga memberikan indikasi terhadap pressure gauge 0,1 Psi. Indikasi 0,1 Psi terhadap pressure gauge menandakan perubahan tekanan pressure di dalam boiler. Jika tekanan pressure pada boiler sudah mencapai pada acuan konsep 60 Psi maka perlu diambil langkah selanjutnya yaitu pengeluaran tekanan uap melalui pipa yang dikontrol secara manual oleh ball valve dimana pembukaan valve dibuka secara perlahan. Keluaran pressure bertekanan tinggi akan membentur impeller turbin uap sehigga menimbulkan putaran. Putaran tersebut akan memutar secara otomatis generator DC yang terhubung langsung dengan turbin yang dikoneksikan oleh belt. Putaran generator akan mengeluarkan tegangan listrik. Keluaran tegangan generator akan dimonitor langsung oleh display tegangan.

b. Efektifitas Massa dan Waktu Pembakaran Sampah

Efektifitas massa pembakaran sampah mengacu pada tekanan untuk mencapai tekanan uap 40 Psi dan 60 Psi. Adapun efektifitas pembakaran sampah kayu dan plastik ditinjau dari massa dan waktu pembakaran dapat dilihat dari tabel 2.

Tabel 2. Efektifitas Masa dan Waktu Pembakaran Sampah

No	Tekanan (Psi)	Jenis sampah	Massa (kg)	Waktu (jam)
1	40	Kayu	18	2,117
		Plastik	8	2,683
2	60	Kayu	24	2,330
		Plastik	13	3,200

Berdasarkan tabel di atas, untuk mencapai tekanan yang sama, maka sampah kayu memiliki efektifitas yang lebih besar dibandingkan dengan sampah plastik. Sampah kayu bisa membakar dengan jumlah massa sangat banyak dengan waktu yang lebih singkat dibandingkan dengan sampah plastik. Hal ini dikarenakan sampah kayu memiliki kadar air yang lebih sedikit dibandingkan dengan sampah plastik sehingga mempercepat proses pembakaran.

c. *Rotation Per Minute (RPM) Pada Impeler Turbin Uap*

Pada alat PLTSa ini dilakukan pengamatan dan perhitungan putaran *impeler* turbin uap. Putaran pada *impeler* dipengaruhi oleh tekanan pressure uap dari keluaran pemanasan boiler yang keluaranya dikontrol secara manual oleh *ball valve*. Berdasarkan hasil pengamatan *Rotation Per Minute (RPM)* dengan menggunakan alat digital *tachometer* terakumulasi nilai putaran turbin uap yang dapat dilihat dari tabel 3.

Tabel 3. *Rotation Per Minute (RPM)* Pada *Impeler* Turbin Uap

No	Tekanan (Psi)	Jenis sampah	Putaran (rpm)
1	40	Kayu	1.764
		Plastik	1.576
2	60	Kayu	6.942
		Plastik	4.562

Data di atas menunjukan tekanan mempengaruhi jumlah putaran. Semakin tinggi tekanan pressure yang dihasilkan semakin cepat pula putaran *impeller* pada turbin. Putaran yang lebih besar adalah jenis sampah kayu. Hal ini dikarenakan untuk mencapai tekanan yang sama,

sampah kayu memiliki massa yang besar dibandingkan dengan sampah plastik. Massa yang besar ini menyebabkan besarnya energi untuk menggerakkan impeller pada turbin.

d. Pengukuran Tegangan Generator

Pengukuran tegangan generator merupakan aspek yang perlu diperhatikan dalam melakukan pengujian alat pembangkit listrik tenaga sampah, keluaran generator dipengaruhi langsung oleh massa sampah yang dibakar dan jumlah tekanan uap panas yang dihasilkan boiler untuk memutar *impeller* turbin uap yang terkoneksi dengan generator melalui belt. Data keluaran tegangan pada generator pada tabel 4 dilakukan dengan menggunakan monitoring display tegangan.

Berdasarkan monitoring display tegangan diperoleh semakin tinggi tekanan uap maka semakin tinggi pula tegangan yang dihasilkan oleh generator. Hal ini dikarenakan perbedaan kekuatan pada setiap level tekanan uap. Tingginya tekanan uap yang dihasilkan akan membuat *impeler* turbin uap berputar lebih cepat dan semakin cepat pula putaran generator sehingga tegangan yang dihasilkan semakin besar. Perbedaan tegangan generator yang dihasilkan oleh dua jenis bahan bakar sampah kayu dan plastik diasumsikan dipengaruhi oleh bukaan *valve* secara manual yang tidak bersamaan dalam memutar sudut *ball valve* 90°.

Tabel 4. Tegangan Generator

No	Tekanan (Psi)	Jenis sampah	Tegangan rata-rata (V)
1	40	Kayu	9,93
		Plastik	7,73
2	60	Kayu	13,76
		Plastik	7,87

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis alat Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa), maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- Mekanisme kerja dari PLTSa adalah sampah dibakar untuk menghasilkan panas, panas tersebut mengubah air menjadi uap pada *boiler*. Selanjutnya, uap air bertekanan tinggi akan menggerakkan turbin untuk generator berputar menghasilkan listrik.
- Berdasarkan hasil pengujian pembakaran sampah dengan PLTSa dapat disimpulkan jenis

sampah yang efektif dari segi waktu adalah sampah potongan kayu dibanding sampah plastik kering. Untuk mencapai tekanan 40 Psi sampah kayu lebih cepat 0,566 jam dibandingkan plastik dan untuk mencapai tekanan 60 Psi sampah kayu lebih cepat 0,870 jam dibandingkan plastik.

- c. Hasil pengujian PLTSa tekanan mempengaruhi jumlah putaran. Semakin tinggi tekanan pressure yang dihasilkan semakin cepat pula putaran impeller pada turbin. Pada sampah kayu dengan tekanan 40 Psi putaran impeller 1.764 rpm, sedangkan tekanan 60 Psi putaran impeller 6942 rpm. Pada sampah plastik dengan tekanan 40 Psi putaran impeller 1.576 rpm, sedangkan tekanan 60 Psi putaran impeller 4.562 rpm.
- d. Tegangan terbesar generator diperoleh pada tekanan uap 60 Psi dengan tegangan 13,76 V dengan sumber bahan bakar kayu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada seluruh tim Teknik Instrumentasi Elektronika Migas atas kerjasamanya dan kampus STT Migas Balikpapan yang telah memfasilitasi terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- (Akhir & Mukti, n.d.) Akhir, L. P., & Mukti, D. P. (n.d.). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Organik Bagian Pembangkit di Politeknik Negeri Batam.
- Aqsha, B., Suraatmadja, M. S., & Kurniawan, E. 2015. Realisasi Pembangkit Listrik Mini Tenaga Sampah. *EProceedings of Engineering*, 2 (2).
- Az Zahra, Tiara A. 2020. Menteri LHK: Timbunan Sampah di Indonesia Tahun 2020 Capai 67,8 juta ton. 9 Juni 2020.
- Fadhila, A. 2018. Analisis Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Berbasis Tipe Incenerator (Studi Kasus: TPA Kota Bukittinggi). Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
- Hermansyah, H. 2017. Rancang Bangun Insinerator Dua Tahap (Solusi Mengatasi Polusi Udara pada Pembakaran Sampah). Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Jurnal, R. T. 2017. Perancangan Boiler dengan Memanfaatkan Sampah Kering untuk Bahan Bakar Pltu Mini 3 Kw Stt-pln. *Jurnal Power Plant*, 5(1), 1–10.
- Khairun, M. 2017. Analisis Kekuatan Mekanik Sistem Konstruksi Motor Dc- Generator Dc”.

- Monice, P. 2016. Analisis Potensi Sampah Sebagai Bahan Baku Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) di Pekanbaru SainETIn, 1(1), 9–16.
- Purwanta, W., & Suryanto, F. 2018. Perancangan ID Fan dan Cerobong pada Unit Pembangkit Listrik Tenaga Sampah. Jurnal Teknologi Lingkungan, 19(2), 173–182.