

PEMODELAN GENERATOR YANG EFEKTIF YANG DIPASANGKAN DENGAN IMPACT WRENCH SEBAGAI USAHA UNTUK MENINGKATKAN DAYA PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SAMPAH

Hubertus Ngaderman* dan Ego Srivajawaty Sinaga

Jurusan Fisika, Universitas Cenderawasih Jayapura Jl. Kampwolker perumnas 3, Jayapura 99351, Indonesia

*e-mail: ngadermanh@gmail.com

ABSTRAK

Sampah bisa dimanfaatkan menjadi sumber energi alternatif karena sampah adalah suatu bagian dari biomassa. Riset ini akan terfokus pada model numerik Pembangkit Listrik Tenaga Sampah. Peneliti menggantikan turbin dengan impact dengan spesifikasi tekanan tertentu, impact memutar generator. Penerobosan terbaru yang dilakukan peneliti yaitu menggantikan turbin dengan impact. Tujuan penelitian ini untuk mendapatkan tegangan rms dari suatu generator, dimana generator tersebut adalah generator yang mampu menyuplai tegangan rms 12V Upaya ini dilakukan untuk mengkonversikan energi sampah menjadi energi listrik. Metode di dalam penelitian ini adalah model numerik dan software yang digunakan visual basic application (VBA). Besar energi yang masuk dari boiler ke dalam impact telah dihitung dan nilainya adalah di dalam range dimana impact dapat menampung. Jika suhu 276 °C, 12 V, maka rotor akan berputar dengan kecepatan 497 rpm. Untuk massa air 300 gr, suhu 82°C maka kecepatan sinkronous rotor 124 rpm, tegangan rms 3 V. Jika suhu 230 °C, 12 V, maka rotor akan berputar dengan kecepatan 497 rpm. Untuk mencapai tegangan rms 12 V maka rotor pada generator harus berputar pada kecepatan sinkronous 497 rpm.

Kata kunci: Sampah; Suhu; Tegangan rms; Rotor; Kecepatan sinkronous

ABSTRACT

[Modeling Generator Which Effectively Be Paired on Impact Wrench As An Effort To Increasing Power in Waste Power Plant] Waste can be used as an alternative energy source because waste is a part of biomass. This research will focus on the numerical model of the waste power plant. Researcher replace the turbine with an impact with a certain pressure specification, the impact rotates the generator. The latest breakthrough made by researchers is replacing turbines with impact. The purpose of this study is to obtain an rms Voltage from a generator, where the generator is a generator capable of supplying a 12V rms voltage. This effort was made to convert waste energy into electrical energy. The method in this research is numerical model and software used is visual basic application (VBA). The amount of energy that enters from the boiler into the impact has been calculated and the value is within the range where the impact can accommodate, if the temperature is 276 °C, 12 V, then the rotor will rotate at a speed of 497 rpm. For a mass of 300 gr of water, a temperature of 82 °C, the rotor synchronous speed is 124 rpm, the rms voltage is 3 V. If the temperature is 230 °C, 12 V, the rotor will rotate at a speed of 497 rpm. To achieve an rms voltage of 12 V, the rotor on the generator must rotate at a synchronous speed of 497 rpm.

Keywords: Waste; Temperature rms; Rotor; Synchronous speed

PENDAHULUAN

Sampah terdiri atas sampah organik dan anorganik (Nur et al, 2014). Banyak keuntungan yang didapatkan dari pengembangan pembangunan Pembangkit Listrik Biomassa sebagai sumber penghasil energi listrik yang berkepanjangan dan terus menerus dalam memenuhi kebutuhan manusia. Peluang untuk menghasilkan energi listrik di berbagai daerah karena bahan utamanya mudah didapatkan dan dapat juga membuat lapangan pekerjaan bagi masyarakat setempat sebagai wujud wacana pemerintah untuk memberikan lapangan pekerjaan dan mengurangi pengangguran (Isarani, 2015). Sama seperti halnya dengan biomassa maka sampah juga bisa dimanfaatkan menjadi sumber energi alternatif

karena sampah adalah suatu bagian dari biomassa. Sampah merupakan masalah klasik yang tak pernah habis untuk dibahas. Memanfaatkan sampah sebagai energi listrik telah dilakukan Korea Selatan dengan kapasitas 50 megawatt di Incheon. PLTSa itu mampu menyuplai kebutuhan energi listrik lebih dari 180 ribu rumah tangga serta mengurangi impor minyak hingga 500 ribu barel per tahun (Biyani et al, 2015). National Urban Development Strategy (NUDS). menunjukkan rata-rata buangan sampah per penduduk kota adalah 0,5 kg/hari, dengan mengalikan data jumlah penduduk kota maka dapat diketahui perkiraan potensi sampah kota. Secara umum sampah kota terdiri dari 75% sampah organik dan sisanya

sampah anorganik (Didik *et al*, 2011). Salah satu masalah utama perkotaan adalah tata kelola sampah yang masih membutuhkan perhatian besar, khususnya pengelolaan sampah plastik yang sulit terurai. Jakarta dengan penduduk lebih dari 9 juta jiwa, jumlah sampah plastik yang ditimbun dapat mencapai 400 ton. Untuk mengatasi jumlah sampah plastik tersebut diperlukan usaha menguranginya (Monice *et al*, 2016).

Perpindahan kalor dari incinerator ke boiler akan membentuk uap air panas bertekanan tinggi (Soelaiman, 2000). Limbah pertanian dan hutan merupakan sampah organik yang dikategorikan sebagai biomassa (Wahyudi, 2006). Impact memutar generator, di dalam generator tersendiri terdapat magnet permanen (Hari *et al*, 2012). Informasi nilai kalor sampah yang masuk ke dalam PLTSa 2500 kkal/kg dengan kadar air 30% (Monice, 2013). Penggunaan air sebagai fluida karena alasan ekonomis yaitu murah dan mudah didapat (Eflita *et al*, 2017, Muhammad *et al*, 2015). Impact memutar generator, di dalam generator tersendiri terdapat magnet permanen (Wahyudi *et al*, 2015, Jefri *et al*, 2017). Kapasitas turbin dan generator (Monice *et al*, 2016). Impact memutar generator, di dalam generator tersendiri terdapat magnet permanen (Jefri *et al*, 2017). Daerah yang masih mengalami kekurangan daya listrik seperti Papua masih menggunakan bahan bakar minyak (Salmawaty *et al*, 2017). PLTSa merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan sampah sebagai bahan bakar (Nur, 2017). Konduksi berubah menjadi konveksi dimana terjadi perpindahan zat perantara (Arwizet, 2017). Penggunaan air sebagai fluida karena alasan ekonomis yaitu murah dan mudah didapat (Eflita, 2017). Penelitian penulis berada disini yaitu memodelkan suhu dimana berkaitan dengan efisiensi pembangkit listrik tenaga sampah dengan menggunakan impact wrench sebagai pengganti turbin (Ngaderman H, Sinaga S, 2020)

Riset ini akan terfokus pada model numerik PLTSa dengan menggunakan visual basic application. Parameter input dan variabel terhitung yang berperan untuk mendapatkan output akhir yaitu tegangan listrik rms. Peneliti menggantikan turbin dengan impact dengan spesifikasi tekanan 6.10^5 N/m^2 , kecepatan maksimum 7000 rpm, torka maksimum 500 Nm dan energy maksimal 366.519 joule. Impact memutar generator, di dalam generator tersendiri terdapat magnet permanen (Wahyudi *et al*, 2015). Suatu penerobosan terbaru peneliti menggantikan turbin dengan impact. Besar energi yang masuk dari boiler ke dalam impact tersebut telah dihitung dan nilainya adalah di dalam *range* tersebut (Ngaderman H, 2020).

Tujuan penelitian ini untuk mendapatkan tegangan rms dari suatu generator, dimana generator tersebut adalah generator yang mampu menyuplai tegangan rms 12 V. Upaya ini dilakukan untuk mengkonversikan energi sampah menjadi energi listrik. Alasan penelitian ini menggunakan generator tegangan rms 12 V dikarenakan di dalam skala rumahan maka suplai listrik yang dibutuhkan juga tidak terlalu besar. Generator yang menjadi topik utama di dalam penelitian ini adalah generator sinkron dan generator magnet permanen. Perbedaan diantara kedua generator ini hanyalah pada rotor. Tujuan akhir dari penelitian ini adalah mendapatkan tegangan rms. Penelitian ini diharapkan bermanfaat sebagai acuan dalam pengembangan ilmu pengetahuan pada bidang Fisika di dalam upaya meningkatkan performansi konversi energi gerak (pembakaran sampah yang masuk ke turbin) menjadi listrik. Manfaat utama dari hasil penelitian ini adalah pemodelan PLTSa tipe insinerasi yang menjadi acuan untuk pengembangan PLTSa skala pabrikaan. Harapanselanjutnya adalah pembuatan prototype PLTSa tipe incinerator.

METODE

Metode di dalam penelitian ini adalah model numerik dengan menggunakan komputer sebagai alat bantu hitung (komputasi) untuk menyelesaikan perhitungan dan software yang digunakan adalah *Visual Basic Application* (VBA). Terdapat dua parameter input yang berperan yaitu parameter yang bernilai konstan seperti kalor jenis air (4200 J/kgK), massa jenis air (1000 kg/m^3), suhu awal 0°C , tekanan maksimum yang mampu dimiliki boiler ($8,34 \times 10^5 \text{ N/m}^2$) dan torka (500 Nm). Parameter input yang bernilai tidak konstan dan bisa diinput berdasarkan tujuan penelitian ini adalah massa air sampel 1 (0,25 kg), massa air sampel 2 (0,3 kg), massa air sampel 1 (0,25 kg), massa air sampel 3 (0,4 kg), volume akhir air sampel 4 ($0,5 \times 10^{-4} \text{ m}^3$), suhu akhir air bervariasi mulai dari 80°C sampai dengan 150°C , jumlah kutub atau jumlah kumparan (12), jumlah lilitan per kumparan (63), besar fluks magnet $2,17.10^{-4} \text{ Wb}$. Variabel terhitungnya adalah meliputi volume, perubahan suhu dan kerja, kecepatan sinkronous, frekuensi dan output akhir yang menjadi inti dari penelitian ini yaitu tegangan listrik rms. Hubungan antara kecepatan sudut (ω) dan torka impact dengan kerja, energi atau daya adalah

$$W = \tau \times \omega \quad (1)$$

Perubahan volume pada saat pemanasan dari incinerator akan dikaji di dalam perhitungan untuk mendapatkan suhu yang dicari, suhu tersebut adalah suhu yang ditetapkan untuk mencapai kerja 40.000 joule. Diandaikan bahwa air dengan massa

awalnya 250 gr dan volume awalnya adalah $5.10^{-5}m^3$ akan mengembang sampai dengan memenuhi ruang dengan volume akhirnya $5.10^{-2}m^3$. Dengan memasukkan massa air (sampel 1) $2,5.10^{-1}kg$, kalor jenis air $4200J/kgK$ maka kerja ekspansi luar didapatkan $4,15.10^4J$ lihat persamaan 2

$$W = P(V_2 - V_1) \tag{2}$$

Suhu mula-mula $0^{\circ}C$ akan meningkat sampai dengan suhu yang dicari. Dengan memasukkan massa air (sampel 1), kalor jenis air, kerja ekspansi luar maka didapatkan variable suhu.

Simbol ω digantikan dengan N_s dan Φ adalah flux tiap kutub di dalam satuan Wb . P adalah jumlah kutub, N_s adalah kecepatan sinkronous (rpm) dan f adalah frekuensi induksi di dalam satuan Hz . Asumsikan lilitan terkonsentrasi, anggaphlah satu konduktor ditempatkan di dalam satu slot . Menurut hukum induksi elektromagnet Faraday

$$e_{ave} = \frac{d\phi}{dt} \tag{3}$$

maka nilai rata-rata induksi emf e_{ave} per konduktor di dalam satu revolusi dari sebuah konduktor

$$e_{ave} \text{ per konduktor} = \frac{\Phi P N_s}{60} \tag{4}$$

Sehingga didapatkan pers tegangan emf

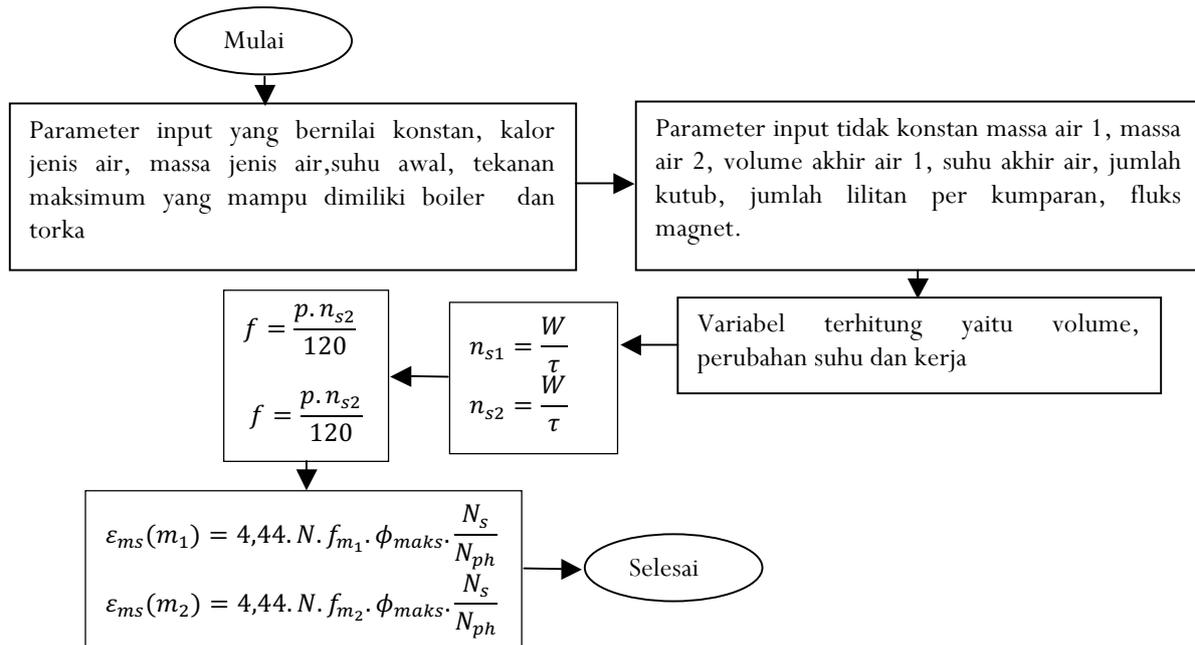
$$E_{ph} = 4,44 \phi f T_{ph} \tag{5}$$

Formulasi yang lebih spesifik adalah diturunkan dari pers (5). Pers itu menjadi lebih familiar untuk menghitung tegangan rms dimana parameter masukkan dapat diambil dari data sheet generator yang dibeli. Selain dibeli juga dapat dimodifikasi sesuai dengan tujuan peneliti di dalam rangka untuk memperbesar tegangan rms-nya. Adapun generator yang dipakai untuk pemodelan ini adalah generator magnet permanendengan spesifikasi sebagai berikut: (1) Jumlah lilitan per kumparan 63 buah. (2) Fluks magnet $2,17.10^{-4}Wb$. (3) Jumlah kumparan 12 (4) Jumlah fase 3 buah. Sebagai contoh tegangan rms untuk massa sampel 1, ditulis

$$\epsilon_{ms}(m_1) = 4,44. N. f_{m_1}. \phi_{maks}. \frac{N_s}{N_{ph}} \tag{6}$$

Tegangan rms untuk massa sampel 2, ditulis

$$\epsilon_{ms}(m_2) = 4,44. N. f_{m_2}. \phi_{maks}. \frac{N_s}{N_{ph}} \tag{7}$$

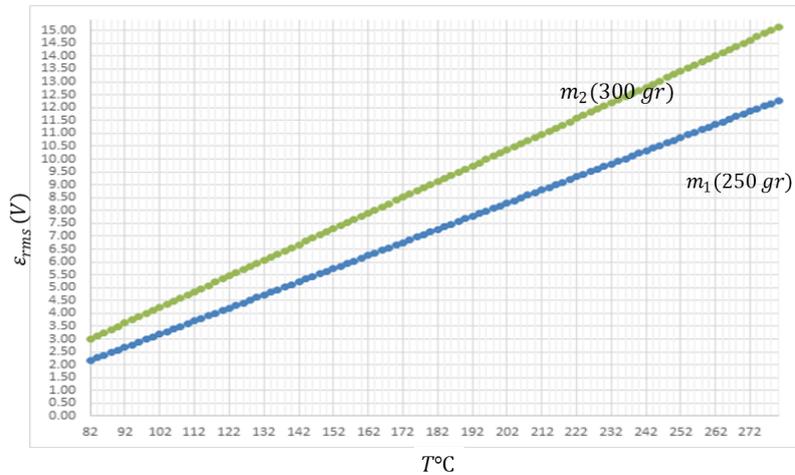


Gambar 1. Diagram alir generator AC untuk mendapatkan tegangan RMS

HASIL DAN PEMBAHASAN

Peneliti membuat model numerik di dalam bentuk program yang dicetak pada software *visual*

basic application (VBA) dan didapatkan hasil sebagai berikut.

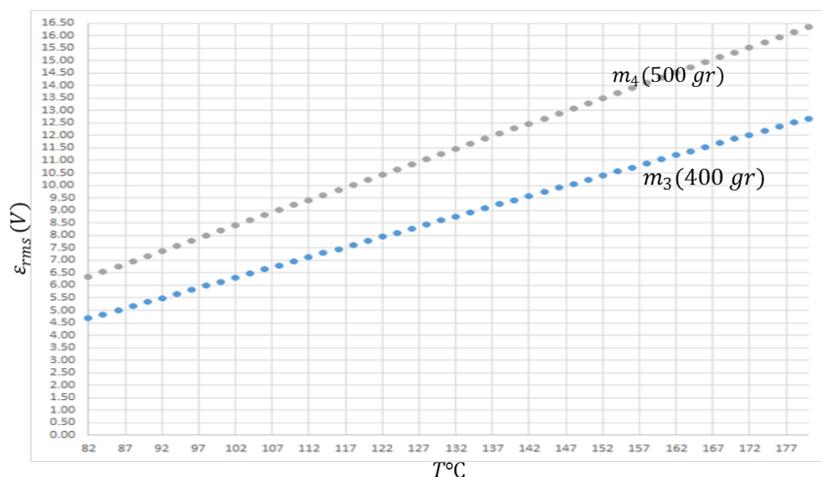


Gambar 2. Grafik tegangan rms vs suhu untuk massa air yang ditampung di dalam boiler dengan massa masing-masing $m_1(250gr)$ dan $m_2(300gr)$.

Pada Gambar 2 terlihat bahwa pada suhu 82°C tegangan rms akan bernilai 2,17 V untuk air yang ditampung di dalam boiler dengan massa $m_1(250gr)$. Di dalam rangka mencapai tegangan rms 12 V maka suhu yang dibutuhkan adalah 276°C dan suhu tersebut meningkat sampai dengan jumlah yang tak terbatas. Dalam pemodelan ini peneliti hanya membatasi nilai sampai dengan 180°C dikarenakan sampah yang digunakan sebagai sumber pembakaran tidak banyak andaikan suhunya 300 derajat maka sampah yang digunakan akan banyak dan dengan demikian menjadi tidak efektif. Air dengan massa $m_1(250gr)$ akan memberikan tegangan yang dibutuhkan pada suhu 276°C. Terlihat juga bahwa pada suhu 82°C tegangan rms bernilai 3 V, air yang

ditampung di dalam boiler dengan massa $m_2(300gr)$ tegangan rms 12 V maka suhu yang dibutuhkan adalah 230°C dan suhu tersebut meningkat sampai dengan jumlah yang tak terbatas.

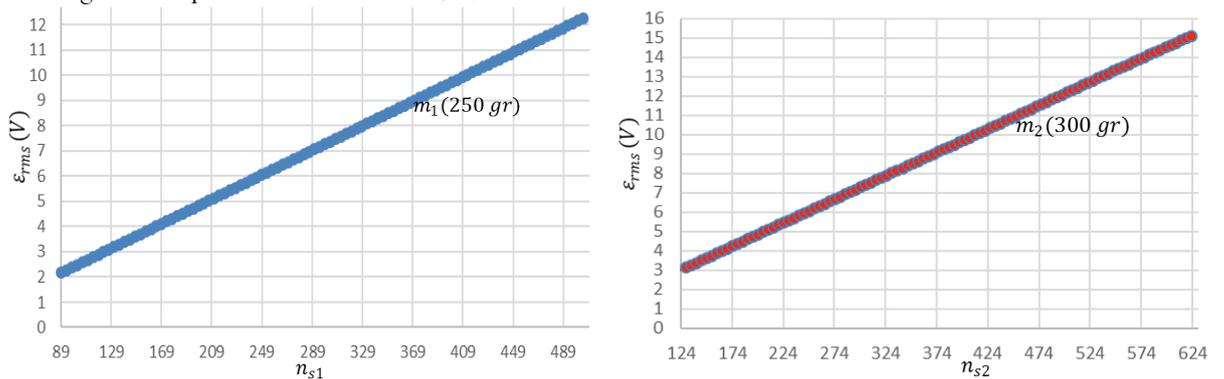
Pada Gambar 3 terlihat bahwa pada suhu 82°C tegangan rms akan bernilai 4,68 V untuk air yang ditampung di dalam boiler dengan massa $m_3(400gr)$. Di dalam rangka mencapai tegangan rms 12 V maka suhu yang dibutuhkan adalah 172°C dan suhu tersebut akan terus meningkat. Terlihat juga bahwa pada suhu 82°C tegangan rms bernilai 6,36 V air yang ditampung di dalam boiler dengan massa $m_4(500gr)$. Di dalam rangka mencapai tegangan rms 12 V maka suhu yang dibutuhkan adalah 138°C dan suhu tersebut terus meningkat.



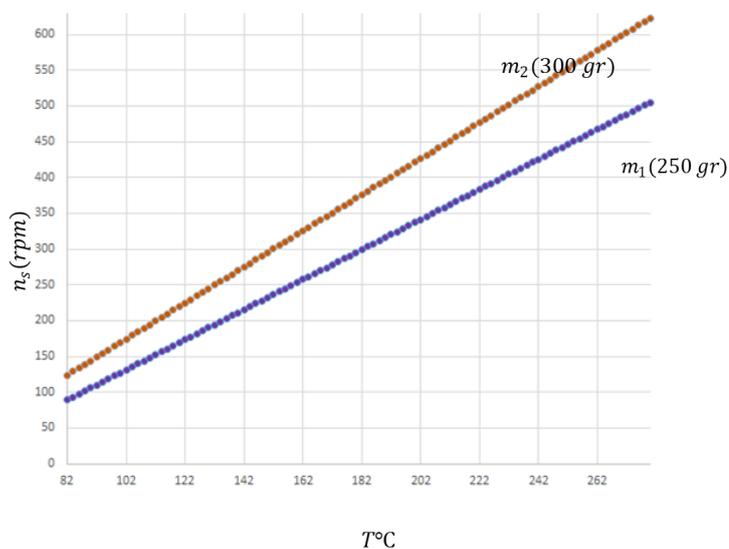
Gambar 3. Grafik tegangan rms vs suhu untuk massa air yang ditampung di dalam boiler dengan massa masing-masing $m_3(400gr)$ dan $m_4(500gr)$.

Massa air m_1 yang ditampung di dalam boiler dimana massa air tersebut adalah 250gr , pada saat dipanaskan sampai dengan suhu 82°C maka rotor pada generator akan berputar dengan kecepatan sinkronous 89rpm , tegangan rms yang dihasilkan adalah $2,17\text{V}$. Jika dipanaskan sampai dengan suhu 276°C dimana tegangan rms itu adalah 12V maka rotor pada generator akan berputar dengan kecepatan sinkronous 497rpm . Untuk massa air m_2 yang ditampung di dalam boiler dimana massa air tersebut adalah 300gr , pada saat dipanaskan sampai dengan suhu 82°C maka rotor pada generator akan berputar dengan kecepatan sinkronous 124rpm ,

tegangan rms yang dihasilkan adalah 3V . Jika dipanaskan sampai dengan suhu 230°C dimana tegangan rms itu adalah 12V maka rotor pada generator akan berputar dengan kecepatan sinkronous 497rpm . Untuk mencapai tegangan rms 12V maka rotor pada generator harus berputar pada kecepatan sinkronous 497rpm . Berdasarkan uraian diatas maka diperoleh grafik hubungan tegangan rms (volt) vs kecepatan sinkronous (rpm) pada Gambar 4 dan untuk grafik kecepatan sinkronous (rpm) vs suhu dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 4. Grafik tegangan rms (volt) vs kecepatan sinkronous (rpm) untuk massa air yang ditampung di dalam boiler dengan massa masing-masing $m_1(250\text{gr})$ dan $m_2(300\text{gr})$.



Gambar 5. Grafik kecepatan sinkronous (rpm) vs suhu untuk massa air yang ditampung di dalam boiler dengan massa masing-masing $m_1(250\text{gr})$ dan $m_2(300\text{gr})$.

KESIMPULAN

Air dengan massa 250gr memerlukan suhu sebesar 276°C untuk memberikan tegangan yang dibutuhkan sedangkan air dengan massa 300gr , suhunya adalah 230°C , selisih suhu sebesar 46°C . Air dengan massa 400gr memerlukan suhu sebesar 172°C untuk memberikan tegangan yang dibutuhkan sedangkan air dengan massa 500gr , suhunya adalah 138°C , selisih suhu sebesar 34°C . Untuk massa air

250gr , suhu 82°C maka kecepatan sinkronous rotor 89rpm , tegangan rms $2,17\text{V}$. Jika suhu 276°C , 12V , maka rotor akan berputar dengan kecepatan 497rpm . Untuk massa air 300gr , suhu 82°C maka kecepatan sinkronous rotor 124rpm , tegangan rms 3V . Jika suhu 230°C , 12V , maka rotor akan berputar dengan kecepatan 497rpm . Untuk mencapai tegangan rms 12V maka rotor pada generator harus berputar pada kecepatan sinkronous 497rpm .

SARAN

Diperlukan generator magnet permanen dengan spesifikasi sebagai berikut: (1) Jumlah lilitan per kumparan 63 buah. (2) Fluks magnet $2,17 \cdot 10^{-4} \text{Wb}$. (3) Jumlah kumparan 12. (4) Jumlah fase 3 buah, untuk menjawab penelitian ini karena sifat penelitian ini hanyalah model numerik. Untuk pengembangan ontologi penelitian baik berupa epistemologi dan eksperimen pikiran maka model numerik dapat direkayasa dengan melibatkan beberapa parameter input dan variabel yang berkorespondensi. Untuk mendapatkan tegangan listrik rms 12V dengan kecepatan sinkronous N_s yang rendah maka parameter dan variabel input dapat direkayasa. Parameter input ini meliputi (massa, volume dan suhu) air, jumlah kutub P , jumlah lilitan dan fluks magnet Φ . Variabel input meliputi kecepatan sinkronous dan f frekuensi induksi. Variabel output adalah tegangan listrik rms.

DAFTAR PUSTAKA

- Arwizet, 2017. *Mesin Destilasi Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak Menggunakan Kondensor Bertingkat Dan Pendingin Kompresi Uap*. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.
- Biyan, Sarwoko, Ekki, 2015. *Realisasi Pembangkit Listrik Mini Tenaga Sampah*. Jurusan Teknik Elektro – Fakultas Teknik Elektro – Universitas Telkom
- Didik, Gunawan, 2011. *Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Dengan teknologi dry anaerobic conversion*. Universitas Islam Sultan Agung Semarang
- Eflita Y, Revki R, 2017. *Analisa Efisiensi Isentropik dan Exergy Destruction Pada Turbin Uap Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap*. Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Isarani, Ismail, Kho, 2015. *Analisis Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Uap Biomassa Menggunakan Limbah Kayu*. Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak
- Haliday, 1986. *Fisika Jilid Satu*. Airlangga
- Halliday, 1986. *Fisika Jilid Dua*. Airlangga
- Hari, Ropiudin, Budi, 2012. *Generator Magnet Permanen Sebagai Pembangkit Listrik Putaran Rendah*. Teknik Elektro Unsoed.
- Jefri, Adam, 2017. *Pembangkit Listrik Tenaga Air Sungai Dengan Kombinasi Turbin Savonius dan Heliks*
- Leo, Mahdi, Syahrizal, 2016. *Perancangan Prototype Generator Magnet Permanen 1 Fasa Jenis Fluks Aksial pada Putaran Rendah*. Jurnal Online Teknik Elektro
- Monice, Syafii, 2013. *Operasi Ekonomis Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) dan (PLTG) Dalam Melayani Beban Puncak Kelistrikan Sumbang*. Teknik Elektro Universitas Andalas.
- Monice, Perinov, 2016. *Analisis Potensi Sampah Sebagai Bahan Bakar Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) Di Pekanbaru*. Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning. SainETIn (Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri), Vol. 1 No. 1, Desember 2016, pp. 9 – 16
- Muhammad, Hary, Agung, 2015. *Deteriorasi Kinerja Ketel Uap Takuma N1300 SA Terhadap Waktu Operasional pada Sistem Pengolahan Kelapa Sawit Dengan Kapasitas 90 Ton TBS/Jam*. Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains dan Teknologi AKPRIND Yogyakarta
- Nur A T, Rina M, 2017. *Desain Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) Menggunakan Teknologi Pembakaran Yang Fisibel Studi Kasus TPST Bantargebang*
- Rendra P, Suryadimal, Jovial M, 2012. *Perancangan Sistem Pembangkit Tenaga Uap Mini Dengan Bahan Bakar Sampah*. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Bung Hatta, Padang
- Safrizal, 2014. *Distribusi Generasi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Kota (PLTSa) Tipe Incinerator Solusi Listrik Alternatif Kota Medan*. Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Nahdlatul Ulama (UNISNU) Jepara
- Salmawaty T, Bambang, Ade, 2017, Yasin, 2017. *Rancang Bangun Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa)*. Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Negeri Gorontalo
- Soelaiman, 2000. *Analisa Prestasi Kerja Turbin Uap Pada Beban Yang Bervariasi*. Jurusan Mesin, Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Ngaderman H, Srivajawaty, 2020. *Pemodelan Suhu Dan Efisiensi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Dengan Menggunakan Impact Wrench Sebagai Pengganti Turbin*. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1491/1/012015/pdf>
- Nugroho S, 2016. *Desain Generator Magnet Permanen rpm Rendah Dengan Memanfaatkan Motor Kipas*. Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

- Nur A T, Rina M, 2017. *Desain Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLT_{Sa}) Menggunakan Teknologi Pembakaran Yang Fisibel Studi Kasus TPST Bantargebang*
- Uray I F, 2016. *Studi Potensi Limbah Kota Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLT_{Sa}) Kota Singkawang*. Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak.
- Vitri P, Toni, 2013. *Analisis Kapasitas Produksi Uap Terhadap Stabilitas Putaran Mesin Turbin*. Widy_a Teknik_a Vol.21 No.1; Maret 2013
- Wahyudi, 2006. *Penelitian Nilai Kalor Biomassa Perbandingan Antara Hasil Pengujian Dengan Hasil Perhitungan*. Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Wahyudi, 2015. *Perancangan Mini Generator Turbin Angin 200 W Untuk Energi Angin Kecepatan Rendah*. Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
- Yunus Y, Sihana, Subekti L, 2012. *Modifikasi Alternator Mobil Menjadi Generator 3 Fasa 220 V 600 rpm*. STTN BATAN Teknofisika Nuklir dan Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.