

Analisis Incinerator Sebagai Pembangkit Listrik

Incinerator Analysis for Power Plants

Rivandi Muhammad S¹, Ekki Kurniawan², Porman Pangaribuan³

^{1,2} Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

³ Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
Jalan Telekomunikasi, Dayeuh Kolot Bandung 40257 Indonesia

¹takerusantana@gmail.com, ²ekkiKurniawan2012@gmail.com,

³porman@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Pada tugas akhir ini akan di analisis sebuah incinerator untuk pembangkit listrik. Energi panas dari incinerator akan dimanfaatkan dan di konversi menjadi energi listrik untuk *charging* baterai aki 6v 4,5Ah. Alat ini menggunakan prinsip efek Seebeck di mana perbedaan suhu pada lempengan *thermoelectric* akan diubah menjadi tegangan searah yang biasanya disebut *thermoelectric generator*. *Thermoelectric generator* yang digunakan pada tugas akhir ini adalah TEC1-12706 yang disusun secara seri sebanyak 7 keping untuk menghasilkan beda potensial dari selisih suhu yang muncul dari kedua sisi kepingan *thermoelectric generator*. 7 keping *thermoelectric generator* yang disusun secara seri pada *incinerator mini* menghasilkan tegangan maksimal sebesar 18,10 volt pada kondisi tanpa beban pada selisih suhu 157 °C. Hasil pengujian dan analisis pada pengisian baterai aki 6v 4,5Ah menunjukkan bahwa proses *charging* dimulai pada selisih suhu 130 °C dimana didapatkan tegangan 6,5 Vdc dan arus 265 mA.

Kata Kunci : *Incinerator, Efek Seebeck, Charging akumulator, Thermoelectric generator.*

Abstract

In this final project will be analyzed an incinerator for power plant. The heat energy from the incinerator will be used and converted into electrical energy for battery charging 6v 4,5Ah battery. This tool uses the principle of effect on the thermoelectric plate layer which will be converted into a unidirectional voltage commonly called thermoelectric generator. The thermoelectric generator used in this final project is TEC1-12706 arranged in 7 chips to produce a potential difference from the temperature difference that emerges from both sides of the thermoelectric generator. 7 pieces of thermoelectric generator arranged at the mini incinerator level produce a maximum voltage of 18.10 volts under conditions at 157 °C. The test results and analysis on battery charging 6v 4,5Ah indicate the charging process at a temperature difference of 130 °C where the voltage obtained 6,5 Vdc and current 265 mA.

Keywords: *Incinerator, Seebeck Effect, Charging accumulator, thermoelectric generator.*

1. Pendahuluan

Dalam kehidupan sehari – hari, listrik merupakan komponen penting yang dibutuhkan masyarakat Indonesia saat ini. Listrik sangat diperlukan hingga saat ini karena hampir seluruh teknologi menggunakan listrik sebagai catu daya. Namun, PT PLN hanya bisa memfasilitasi listrik untuk 504 desa di Indonesia hingga tahun 2019 berdasarkan Menteri ESDM. Jumlah tersebut hanya mencapai sekitar 20% desa dari jumlah desa yang belum teraliri oleh listrik di Indonesia yang mencapai 2519 desa. Dari 504 desa, konsumsi listrik di Indonesia mencapai 956 KWh per kapita. Konsumsi listrik tersebut baru mencapai 23,9% dari konsumsi listrik negara maju yang mencapai 4000 KWh per kapita. Permasalahan ini terjadi karena kurangnya pembangkit listrik di Indonesia untuk memenuhi kebutuhan masyarakat. Pemerintah mulai memikirkan pembangkit listrik tenaga sampah. Selain bisa menambah pasokan listrik di Indonesia, pembangkit listrik tersebut bisa mengurangi sampah di Indonesia yang mencapai 654 juta perhari.

Incinerator merupakan alat pembakar sampah dengan menghasilkan suhu mencapai 800° hingga 1200° C sehingga dapat memusnahkan hampir seluruh jenis sampah. Selain pembakaran yang terbilang sempurna, beberapa incinerator telah lulus uji emisi sehingga terbilang ramah lingkungan. Maka dari itu, incinerator merupakan salah satu kandidat pembangkit listrik utama ataupun alternatif karena menghasilkan suhu yang tinggi yang dapat dimanfaatkan untuk menjadi energi listrik dengan proses thermal. Dalam survei, incinerator mampu membakar sampah antara 1200 hingga 1800 liter sampah dengan waktu 30 menit hingga 1 jam, sehingga jika dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik, incinerator pun mengurangi permasalahan sampah yang ada di Indonesia terutama di kota – kota padat penduduk.

Maka dari itu diperlukan analisis kelayakan incinerator sebagai pembangkit listrik untuk pemanfaatan alat pembakar sampah tersebut menjadi sumber pembangkit listrik alternatif. Sehingga bisa menambah pasokan listrik di Indonesia.

2. Dasar Teori

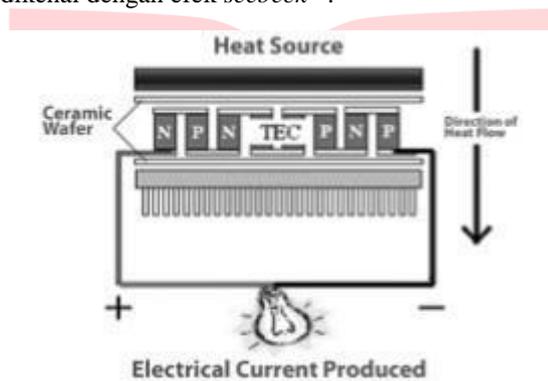
2.1. Incinerator⁽¹⁾

Incinerator adalah tungku pembakaran untuk mengolah limbah padat, yang mengkonversi materi padat (sampah) menjadi materi gas, dan abu, (*bottom ash* dan *fly ash*). Insinerasi merupakan proses pengolahan limbah padat dengan cara pembakaran pada temperatur lebih dari 800° C untuk mereduksi sampah mudah terbakar (*combustible*) yang sudah tidak dapat didaur ulang lagi, membunuh bakteri, virus, dan kimia toksik. Incinerator adalah alat yang digunakan untuk proses pembakaran sampah. Alat ini berfungsi untuk merubah bentuk sampah menjadi lebih kecil dan praktis serta menghasilkan sisa pembakaran yang steril sehingga dapat dibuang langsung ke tanah. Energi panas hasil pembakaran dalam incinerator dapat digunakan sebagai energi alternatif bagi proses lain seperti pemanasan atau pengeringan. Untuk merancang alat pembakar sampah diperlukan beberapa pertimbangan untuk diperhatikan, yaitu jumlah udara pembakaran, sisa hasil pembakaran dan desain incinerator. Alat pembakaran sampah terdapat dua jenis berdasarkan metode pembakaran yang berlangsung pada alat tersebut, yaitu alat pembakar sampah tipe kontinyu dan tipe *batch*. Pada alat pembakar sampah tipe kontinyu, sampah dimasukkan

secara terus-menerus dengan debit tetap, sedangkan pada alat pembakaran sampah tipe *batch*, sampah dimasukkan sampai mencapai batas maksimum kemudian dibakar bersamaan.

2.2. Pembangkit *Thermo-electric* ^[2]

Untuk membangkitkan listrik DC dari incinerator, maka akan digunakan suatu pembangkit yaitu pembangkit termoelektrik. Pembangkit termoelektrik atau biasa disingkat TEG adalah suatu pembangkit listrik yang didasarkan pada efek *seebeck*, yang pertamakali ditemukan pada tahun 1821 oleh Thomas Johann Seebeck ^[3]. Efek tersebut ditemukan ketika tembaga dan besi terhubung dalam sebuah rangkaian. Diantara kedua logam tersebut diletakan jarum kompas. Ketika sisi logam tersebut dipanaskan, jarum kompas bergerak. Hal itu terjadi karena aliran listrik yang terjadi pada logam menimbulkan medan magnet. Medan magnet inilah yang menggerakkan kompas tersebut sehingga fenomena itu dikenal dengan efek *seebeck*^[3].



Gambar 2.1 Struktur Pembangkit Daya Termoelektrik

2.3. *Thermocouple* ^[3]

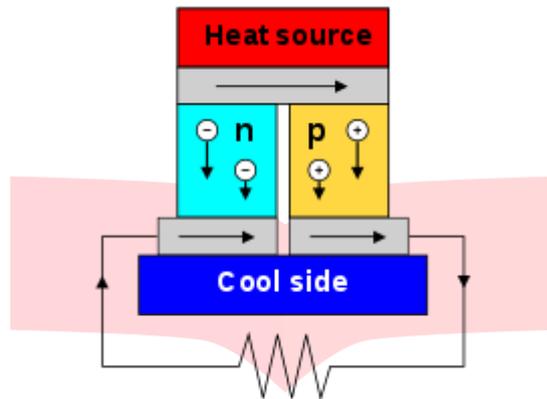
Untuk mengukur suhu di incinerator dibutuhkan suatu sensor suhu yang memiliki kekuatan dalam suhu yang tinggi maupun rendah dan kriteria tersebut dimiliki oleh termokopel. Termokopel (*Thermocouple*) adalah jenis sensor suhu yang digunakan untuk mendeteksi atau mengukur suhu melalui dua jenis logam konduktor berbeda yang digabung pada ujungnya sehingga menimbulkan efek *seebeck*. Efek *seebeck* pada termokopel ini ditemukan oleh seorang fisikawan Estonia bernama *Thomas Johann Seebeck* pada tahun 1821, dimana sebuah logam konduktor yang diberi perbedaan panas secara gradient akan menghasilkan tegangan listrik. Perbedaan tegangan listrik diantara dua persimpangan (*junction*) ini dinamakan dengan efek *seebeck*. Prinsip kerja termokopel cukup mudah dan sederhana. Pada dasarnya termokopel hanya terdiri dari dua kawat logam konduktor yang berbeda jenis dan digabungkan ujungnya. Satu jenis logam konduktor yang terdapat pada termokopel akan berfungsi sebagai referensi dengan suhu konstan (tetap) sedangkan yang satunya lagi sebagai logam konduktor yang mendeteksi suhu panas.

2.4. Efek Seebeck

Dari pembangkit termoelektrik ataupun termokopel, terdapat suatu perbedaan diantara dua persimpangan yang biasa disebut efek *seebeck*. Pada tahun 1821, efek Seebeck dicetuskan oleh Thomas johann Seebeck. Penelitiannya menemukan bahwa perbedaan suhu pada dua logam berbeda yang saling terhubung akan menyebabkan medan magnet[7].

Efek Seebeck berbunyi perbedaan suhu di antara dua titik pada bahan konduktor atau semikonduktor akan menghasilkan beda potensial di antara kedua titik tersebut. Beda potensial efek Seebeck hanya dapat diukur saat bahan yang digunakan adalah bahan konduktor atau semikonduktor yang berbeda[2]. Semikonduktor tersebut adalah tipe-p dan tipe-n. Tipe-p adalah semikonduktor yang dibuat dengan penambahan bahan Gallium (Ga), phosphorus (P) dan Boron (Br). Tipe-p

tersebut diasumsikan muatan listriknya adalah positif karena elektronnya lebih sedikit. Saat mendapat tegangan, elektron tersebut mengisi sisi hole kemudian hole tersebut secara terus menerus bergerak menurun. Tipe selanjutnya adalah tipe-n. Semikonduktor ini dibuat dengan menambahkan material phosphorus (P), Arsen (As), antimony (Sb), yang memiliki 5 lapisan luar electron dalam intrinsic semikonduktor. Semikonduktor ini disebut dengan tipe N (negatif) karena arus listriknya diasumsikan negatif. Aliran listrik dari tipe P dan N tersebut mengalir ke sisi dingin dari generator dan mengalirkannya ke voltmeter atau beban melalui kutub positif dan negatif.



Gambar 2.4. Ilustrasi Efek Seebeck[7]

2.5. Boost and Buck Converter XL6009

Pengisian suatu baterai atau akumulator dari termoelektrik generator dibutuhkan suatu regulator yang memiliki rentang masukan yang lebar dan bisa menstabilkan suatu tegangan karena output dari termoelektrik generator tidak stabil. Dengan begitu regulator XL6009 bisa dimanfaatkan agar keluaran dari termoelektrik generator stabil.

Regulator XL6009 adalah rentang masukan yang lebar, mode aktif, konverter DC / DC yang mampu menghasilkan tegangan keluaran positif atau negatif. Hal ini dapat dikonfigurasi baik sebagai *boost*, *flyback*, atau converter pembalik. XL6009 dibangun MOSFET kanal N-channel dan osilator frekuensi tetap, arsitektur mode arus yang menghasilkan operasi yang stabil melalui berbagai macam suplai dan keluaran tegangan. Regulator XL6009 adalah desain khusus aplikasi peralatan elektronik portabel.



Gambar 2.5 Regulator XL6009

2.6. Akumulator^[8]

Untuk menyimpan daya yang di hasilkan oleh pembangkit termoelektrik dibutuhkan sebuah akumulator. Akumulator adalah sebuah alat yang dapat menerima, menyimpan dan mengeluarkan energi listrik melalui proses kimia [8].

Akumulator adalah sebuah sumber arus listrik searah yang dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Akumulator termasuk elemen elektrokimia yang dapat mempengaruhi zat pereaksinya, sehingga disebut elemen sekunder. Akumulator pertama kali ditemukan oleh ahli fisika Perancis yang bernama Gaston Plante pada tahun 1859 [9].



Gambar 2.6 Akumulator

2.7. Regresi Linear

Dari hubungan tegangan dan selisih suhu hasil pengujian dibutuhkan perhitungan regresi linear untuk mengetahui hubungan antara suhu dan tegangan. Pendekatan dengan menggunakan metode regresi linear dipilih untuk melihat hubungan tegangan *open – circuit* dan selisih suhu secara matematis. Dengan mengasumsikan X adalah tegangan *open – circuit* dan Y adalah selisih suhu, maka secara matematis dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini.

$$Y = a + bX \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

- Y = Variabel Response atau Variabel Akibat (Dependent)
- X = Variabel Predictor atau Variabel Faktor Penyebab (Independent)
- a = Konstanta
- b = Koefisien regresi (kemiringan); besaran Response yang ditimbulkan oleh Predictor.

Nilai-nilai a dan b dapat dihitung dengan menggunakan Rumus dibawah ini :

$$a = \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{n\sum X^2 - (\sum X)^2} \dots\dots\dots(2.2)$$

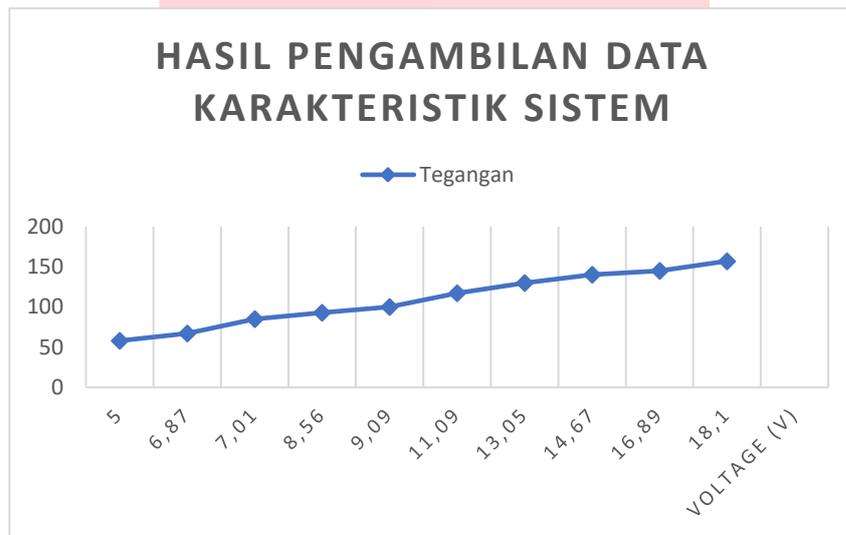
$$b = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{n\sum X^2 - (\sum X)^2} \dots\dots\dots(2.3)$$

3.1 Hasil Percobaan dan Analisis

3.1.1 Pengambilan Data Karakteristik Termoelektrik

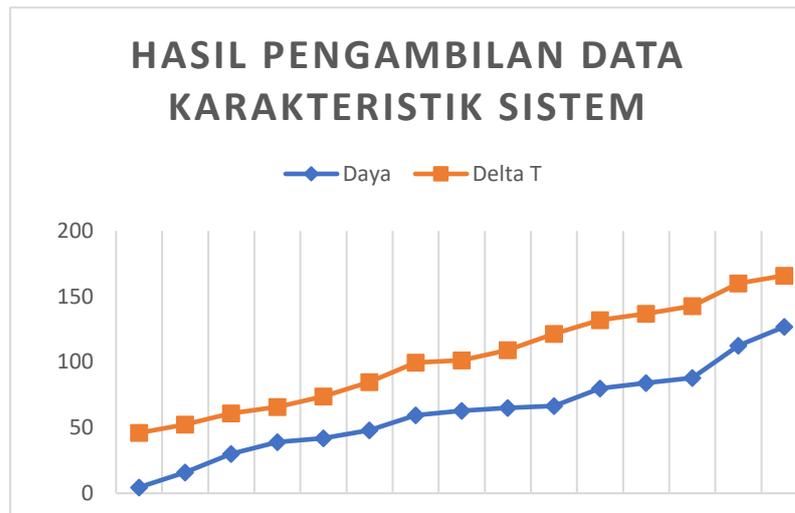
Pengambilan data dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari peltier yang digunakan. Adapun karakteristik yang diukur adalah suhu, tegangan, arus, dan daya.

Suhu pada kedua sisi diukur menggunakan termokopel dengan modul max6675, untuk mengukur tegangan output termoelektrik diambil data tegangan saat *Open – Circuit* (tanpa beban). Tegangan diukur dengan Multimeter dan voltmeter/ampermeter. Tegangan didapat dari hasil pembakaran sampah kering sekitar 1 – 2 kg.



Gambar 4.1 Kurva hubungan suhu dan tegangan open circuit

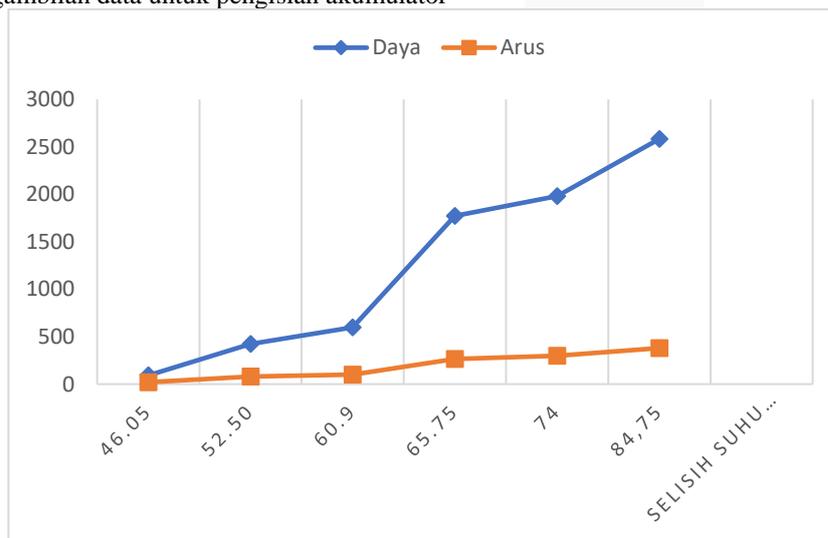
Setelah didapatkan karakteristik termoelektrik tanpa beban, kemudian akan dicari karakteristik saat mencatu beban. Pada pengujian kali ini beban resistor sebesar 50 Ω akan digunakan.



Gambar 4.3 Kurva hubungan perbedaan suhu dan daya termoelektrik

3.1.2 Pengujian Charging dari Termoelektrik

Pengambilan data dilakukan untuk mengetahui karakteristik sistem yang dibuat dan kelayakan incinerator mini sebagai pembangkit listrik menggunakan peltier dengan bantuan heatsink untuk penyerapan dan pengeluaran udara yang terlalu panas. Karakteristik yang diambil datanya antara lain perubahan suhu dan daya Output pada saat *charging* ke akumulator 6V 4.5 Ah dengan bantuan *boost and buck* XL6009 untuk mengstabilkan tegangan dan arus. Berikut adalah hasil pengambilan data untuk pengisian akumulator



Gambar 4.4 Kurva hubungan perbedaan suhu, arus dan daya termoelektrik

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa pada perbedaan suhu 65,75 °C indikator *charging* menyala, yang artinya proses pengisian aki berjalan pada arus 265 mA.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dari beberapa kali percobaan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Incinerator mini dapat menghasilkan panas maksimal hingga 300 °C pada saat pembakaran.
2. Termoelektrik yang digunakan untuk mengkonversi panas dari incinerator yaitu TEC 1-12706 yang mampu menghasilkan tegangan tanpa beban sebesar 18,10 Volt pada selisih suhu 157 °C.
3. Incinerator dengan generator TEC 1-12706 dapat menghasilkan tegangan *open circuit* sebesar 18,10 Volt dan dengan bantuan regulator XL6009 yang berfungsi untuk menstabilkan tegangan dari generator yang dapat mengisi baterai akumulator 6v 4,5Ah dengan arus 380 mA dan tegangan 6,8v meski proses pengisian penuh pada akumulator membutuhkan waktu selama 11 – 12 jam. Namun, apabila langsung dibebankan pada suatu rangkaian, generator ini memiliki efisiensi yang kecil sehingga bisa dikategorikan tidak layak. Namun, secara keseluruhan incinerator ini layak dijadikan sebagai pembangkit listrik apabila generator yang digunakan lebih baik dan lebih efisien karena suhu yang dihasilkan saat pembakaran bisa mencapai 300 °C.

Daftar Pustaka

- [1] Budiman, Arif. 2001. "Modifikasi Desain dan Uji Unjuk Kerja Alat Pembakar Sampah Tipe Batch".
- [2] Lon E. Bell, Cooling, "Heating, Generating Power, and Recovering Waste Heat with Thermoelectric Systems", Science, ISSN 0036-8075, 2008.
- [3] Criteria for Temperature Sensor Selection of T/C and RTD Sensor Types, "The Basics of Temperature Measurement Using Thermocouples".Acromag Incorporated.
- [4] Syahru, Diky. 2012. " Analisis Pengaruh Pembebanan Pada Generator " . Jbptppolban. Politeknik Bandung.
- [5] Andrea Montecucco, et al, "The effect of temperature mismatch on thermoelectric generators electrically connected in series and parallel", Elsevier, Applied energy, Vol. 123, 15 Juni 2014, halaman 47-54
- [6] D.M. Rowe, "Thermoelectrics Handbook: Macro to Nano", Boca Raton, FL: CRC Press, 2006.
- [7] Hazli Rafis, et al, "Design of Dc – Dc Boost Converter with Thermoelectric Power Source", International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering, Vol.2, Issue 9, September 2013.
- [8] Latif, Melda. " Analisa proses *charging* akumulator pada prototipe turbin angin sumbu horizontal di pantai purus padang". ISSN 2302-2949.