PERFORMA KERJA KONVERTER TERMOELEKTRIK PADA PEMANFAATAN PANAS BUANG INCINERATOR MINI PEMBAKARAN SAMPAH ¹⁾

Ambo Intang 2)

Abstract: The requirement for electricity energy from countries in the world was increasing day after day. The source of the conventional power that consisted of the fossil fuel like petroleum and limited coal, his consumption tended to increase in fact by the limited amount, so as to be needed by efforts to increase the use of the source of energy that was renewed. The waste was the source of potential energy where the handling of the most effective waste at this time was by means of the burning with incinerator mini. Results of the burning of this waste produced hot energy that in this article was converted to electricity energy with used thermoelectric converter. This matter was enabled after studying the re-utilisation technique of the hot waste and being chosen by the heat medium of exchange take the form of recuperator metal radiation as the connector between hot discarded and thermoelectric converter. By this means was obtained by results 165 Kw/m² density the power and electricity that were produced 2000 Kw/months in 18 m² the area of the module of the thermoelectric power generator and the process capacity of the waste 80 ton/day.

Key Words: Waste Heat, Heat exchanger, Thermoelectric Converter, Thermoelectric Power Generator

PENDAHULUAN

Kebutuhan akan energi listrik dari negara-negara di dunia sedang meningkat dari hari ke hari. Sumber tenaga konvensional yang terdiri atas bahan bakar fosil seperti minyak bumi dan batubara konsumsinya cenderung meningkat padahal jumlahnya terbatas, sehingga diperlukan usaha meningkatkan penggunaan sumber energi terbarui.Sampah adalah salah satu bahan baku energi yang akan terus ada selama peradaban manusia berlangsung. Tentu saja sampah yang dimaksud disini adalah sampah yang dikelola dengan menggunakan suatu alat tertentu. Penanganan sampah yang paling efektif saat ini adalah dengan cara pembakaran dengan incinerator mini (Yasin MK, 2005). Alat ini bisa bekerja dengan efektif sehingga sampah berkurang volumenya secara drastis dan abu hasil pembakaran bisa dimanfaatkan untuk berbagai keperluan. Sementara panas yang dihasilkan dari proses pembakaran selama ini belum dimanfaatkan, sehingga panas hasil pembakaran tersebut berdampak sebagai limbah panas pada lingkungan sekitarnya atau tidak termanfaatkan.

Limbah panas adalah panas yang dihasilkan oleh proses pembakaran bahan bakar atau reaksi kimia, yang kemudian "dibuang" ke lingkungan dan tidak digunakan ulang untuk tujuan ekonomis dan bermanfaat. Fakta yang penting adalah bukan masalah jumlah panasnya, namun lebih kepada "nilai" nya (UNEP,2009). Mekanisme untuk memanfaatkan kembali panas yang tidak digunakan tergantung pada suhu gas panas yang terbuang dan ekonominya. Sejumlah besar gas buang panas dihasilkan dari boiler, kilang, oven dan tungku. Jika panas terbuang dapat dimanfaatkan kembali maka sejumlah bahan bakar primer dapat dihemat. Energi yang hilang dalam limbah gas tidak seluruhnya dapat dimanfaatkan kembali, tetapi

¹⁾ Performa Kerja Konverter Termoelektrik Pada Pemanfaatan Panas Buang Incinerator Mini Pembakaran Sampah

²⁾ Dosen Fakultas Teknik Universitas Taman siswa Palembang

banyak panas yang dapat dimanfaatkan dan dalam tulisan ini akan disampaikan salah satu bentuk pemanfaatan panas buang dari incinerator tesebut di atas.

Bila melakukan pemanfaatan kembali limbah panas, kualitas limbah panas harus dipertimbangkan terlebih dahulu (UNEP,2009). Tergantung pada jenis proses, limbah panas dapat dibuang pada berbagai suhu mulai dari air dingin hingga limbah gas bersuhu tinggi dalam tungku industri atau kilang. Biasanya, suhu yang lebih tinggi setara dengan lebih tingginya kualitas pemanfaatan panas dan biaya efektivitas yang lebih besar pula.

Dalam berbagai studi pemanfaatan kembali limbah panas, yang terpenting adalah bahwa terdapat banyak penggunaan bagi panas yang termanfaatkan kembali. Contoh-contoh khusus dari penggunaan ini adalah pemanasan awal udara pembakaran, pemanasan ruangan, atau pemanasan awal air umpan boiler atau air proses. Dengan pemanfaatan kembali panas yang bersuhu tinggi, dapat digunakan sistim bertingkat, supaya jumlah panas yang dimanfaatkan kembali lebih maksimal. Satu contoh dari teknik pemanfaatan kembali limbah panas ini adalah di mana tingkat suhu yang tinggi digunakan untuk pemanasan awal udara dan tingkatan suhu rendah digunakan untuk pemanasan air umpan proses pembangkitan steam.

ini

asil

igai

atau

ang

akar

ng"

ntuk

ang

nya,

09).

bali

ada

nya.

dari

anas

naka

mat. idak

tapi

Pemanfaatan limbah panas seperti hal tersebut di atas sudah banyak ditemui,dalam hal ini berdasarkan reduksi panas akibat dari pemanfaatan tersebut maka panas hasil pembakaran sampah bisa digunakan untuk membangkitkan energi listrik dengan cara menambahkan unit konverter energi pembangkit yang akan menghasilkan listrik. Untuk itu maka dalam penulisan ini akan direncanakan unit konverter termoelektrik

sebagai pembangkit daya termoelektrik yaitu dengan melihat performa dan termasuk peralatan pendukungnya. Peralatan pendukung di sini dimaksudkan untuk mendapatkan panas yang dibutuhkan dalam pembangkitan energi listrik pada modul termoelektrik dan dapat memberikan pemanasan awal udara pembakaran untuk meningkatkan efisiensi pembakaran.

Dalam upaya memanfaatkan panas buang dengan konverter termoelektrik di sini, perlu untuk melihat performa pembangkit daya termoelektrik tersebut. Pada penulisan ini hanya ditekankan pada aspek teknis pada pembangkit daya termoelektrik, sehingga tambahan peralatan pendukung hanya digambarkan secara umum.

Diharapkan dengan penulisan ini akan memberikan suatu alternatif cara pemanfaatan panas buang pembakaran pada incinerator mini, sehingga bukan hanya abunya yang termanfaatkan seperti selama ini dan secara teknis dapat diketahui performa modul pembangkit daya termoelektrik pada sistem ini.

METODOLOGI Pemilihan Tempat Pemasangan Termoelektrik Generator

Dengan melihat konstruksi dari incinerator serta potensi panas buangnya maka termoelektrik generator direncanakan dipasang pada saluran vertikal dari ruang pembakaran tingkat kedua ke saluran sebelum cerobong cyclon. Pada posisi ini panasnya (400°C) sudah mengalami penurunan tetapi masih bisa dimanfaatkan untuk pemanasan pada sisi panas dari modul pembangkit daya termoelektrik, yang berarti bahwa panas buang tersebut dimanfaatkan sebagai sumber panas pada sisi panas modul pembangkit daya termoelektrik.

Panas (200°C) yang sampai pada sisi dingin modul dipertahankan oleh udara masuk yang melewati saluran tempat di mana sisi dingin dari konverter dan udara tersebut menyerap panas kemudian panasnya diteruskan untuk pemanasan udara masuk ruang bakar utama yang berarti membuat beda temperatur kedua sisi konverter termoelektrik dapat dicapai (200°C) sehingga bisa membangkitkan energi listrik.

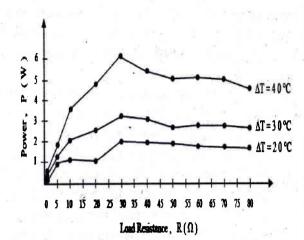
Pemilihan Teknik Pemanfaatan Panas Buang

Karena udara yang masuk ruang bakar setelah melewati sisi dingin dari modul pembangkit daya termoelektrik akan meningkat suhunya sebelum masuk ruang bakar tingkat kedua dan ruang pembakaran utama, maka sistem pemanfaatan panas disini dipilih recuperator radiasi logam, dengan incinerator sampah yang mempunyai ukuran relatif lebih kecil (lebih rendah dari 80 ton/hari) dan beroperasi kontinyu 24 jam.

Parameter Input Output

Dengan melakukan analisis performa pada pembangkit daya termoelektrik, karakteristik – karakteristik operasi untuk memperoleh daya maksimum dari sistem telah ditentukan berdasarkan literatur 3.

Sistem daya output dihitung dengan mengukur besar tegangan dan kuat arus yang sesuai dengan perbedaan temperatur dari pembangkit daya termoelektrik. Hubungan sistem bebandaya diperoleh berdasarkan kuat arus, tegangan dan besar daya dengan berdasarkan pada besar hambatan dari perbedaan temperatur yang tetap. Hubungan beban-daya ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Hubungan Sistem
Beban-Power

- Density tenaga modul termoelektrik 1 kirakira 0,01 – 0,5 W/cm²
- Efisiensi pembangkit tenaga dari modul generator bertenaga termoelektrik kira-kira 10 %
- Modul generator pembangkit termoelektrik mempunyai luas area 18 m²

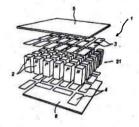
HASIL DAN PEMBAHASAN

Bahasan di sini berhubungan dengan konverter termoelektrik pada alat penukar kalor (Yoshida,S.,Aoki,1999) dengan fluida kerja udara atau yang lebih dikenal dengan recuperator radiasi logam, yang mana membangkitkan listrik dengan memanfaatkan perbedaan temperatur antara permukaan panas dan sebuah permukaan dingin dengan bidang konduksi panas pada alat penukar kalor. Konverter termoelektrik pada alat penukar kalor untuk pembangkit energi listrik di sini memanfaatkan panas buang dari limbah incinerator.

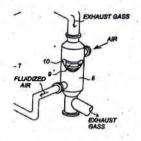
Jika terdapat perbedaan temperatur antar konduktor atau antar semikonduktor yang berbeda jenis, sebuah gaya eketromotif dibangkitkan antara sisi panas dan sisi dingin. Fenomena ini dikenal sebagai seebeck effect. Selanjutnya efek ini dapat dikonversi ke dalam energi listrik dengan menggunakan konverter termoelektrik elemen yang mempunyai sifat seperti itu.

Sketsa Komponen Pembangkit Daya pada

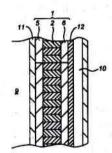
Incinerator.



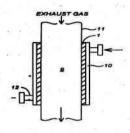
Gambar 2. Modul Pembangkit Daya Termoelektrik



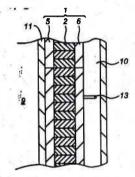
Gambar 3. Konverter Termoelektrik pada alat penukar kalor



Pandangan yang melintasi alat penukar kalor dengan konverter termoelektrik



Gambar 5. Dinding konduksi panas alat penukar kalor untuk konverter termoelektrik



Gambar 6. Dinding konduksi panas dengan sirip alat penukar kalor untuk konverter termoelektrik

Untuk menyediakan suatu konverter termoelektrik untuk alat penukar kalor yang dapat membangkitkan tenaga yang ekonomis pada incinerator umum atau pada tungku pemanas tanpa menggunakan suatu peranti pendinginan yang khusus mendinginkan gas buang agar bisa dicapai temperatur kerja dari konverter.

Konverter termoelektrik untuk alat penukar kalor yang meliputi modul pembangkit daya termoelektrik di mana insulator-insulator disediakan untuk kedua ujung permukaan elemen-elemen termoelektrik, di mana pada modul pembangkit daya termoelektrik disediakan pada suatu

dinding penghantar panas dari alat penukar kalor sedemikian rupa yang salah satu insulator-insulator itu dihadapkan ke arah suatu fluida yang panas dari alat penukar kalor dan insulator yang lain dihadapkan ke arah suatu fluida yang dingin dari alat penukar kalor.

Di dalam pembahasan ini, karena modul pembangkit daya termoelektrik disediakan kepada lantai penghantar panas dari alat penukar kalor, salah satu dari insulatorinsulator diposisikan pada suatu sisi dingin didinginkan oleh suatu penyaluran langsung fluida yang dingin melalui alat penukar kalor. Oleh karena itu, adalah mudah untuk memelihara suatu beda temperatur yang besar di atas 200°C, sekalipun temperatur fluida tidak terlalu besar. Lebih dari itu, karena tidak perlu suatu peranti-peranti menggunakan pendinginan yang khusus, pembangkit daya termoelektrik dapat dilaksanakan secara ekonomis.

Gambar 2 memperlihatkan pandangan perspektif dari modul pembangkit daya termoelektrik (1) yang digunakan. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2, modul pembangkit daya termoelektrik 1 mempunyai konstruksi berikut ini. Keanekaragaman elemen termoelektrik (2) yang dibuat dari semikonduktor tipe P dan tipe N dikombinasikan untuk membentuk modul elemen termoelektrik (21). Piringan logam (3) dan (4) disusun pada kedua ujung permukaan modul elemen termoelektrik (21) dalam perilaku bahwa elemen termoelektrik yang dibuat dari semikonduktor tipe P dan semikonduktor tipe N dihubungkan dalam keadaan seri seperti dalam Gambar 20. (yoshida, 1999)

Kemudian insulatror (penyekat) (5) dan (6) disediakan pada ujung permukaan modul elemen termoelektrik 2 berturut-turut melalui

piringan logam (3) dan (4) density tenaga modul termoelektrik 1 kira-kira 0,01 - 0,5 W/cm² bersesuaian dengan perbedaan temperatur antara insulator (5) dan (6) (yoshida, 1999)

Dalam Gambar 3, angka 7 adalah incinerator. Di sini, suatu incinerator tipe unggun terfluidakan untuk pembakaran limbah diperlihatkan. Angka 8 adalah alat penukar kalor untuk gas yang keluar dari incinerator. Dalam alat penukar kalor (8), alat penukar kalor di antara gas keluaran dan udara dipertunjukkan dan udara yang dipanaskan awal disuplai ke incinerator lewat peralatan kembali sebagai suatu udara terfluidisasi (yoshida, 1999)

Gambar 4 adalah gambar penampang yang menunjukkan suatu bentuk alat penukar kalor (8). Dalam Gambar 4 jalur gas keluaran disusun pada pusat alat penukar kalor (8) dan jalur udara (10) disusun pada permukaan terluar dari dinding konduksinpanas (11) alat penukar kalor lewat modul pembangkit daya termoelektrik (1).

Gambar 5 adalah gambar penampang yang lebih besar untuk dinding konduksi panas (11). Dalam Gambar 5, modul generator bertenaga termoelektrik disediakan pada suatu permukaan terluar dari dinding konduksi panas (11) yang mana dibuat jalur gas keluaran (9). Hal tersebut dapat dikatakan insulator 5 dari modul pembangkit daya termoelektrik (1) yang diletakkan pada sisi panas dibawa kedalam kontak dengan dinding konduksi panas (11), dan insulator (6) dari modul pembankit tenaga termoelektrik yang diletakkan secara lansung diekspor ke jalur udara (10). Jika modul pembangkit daya termoelektrik (1) disediakan seperti yang ditunjukkan gambar 5, adalah mungkin untuk mencegah erosi dari modul pembangkit daya termoelektrik (1) yang tenaga 0,01 bedaan lan (6)

adalah or tipe limbah enukar nerator. enukar udara naskan eralatan idisasi

mpang enukar eluaran (8) dan nukaan 11) alat it daya

mpang si panas nerator la suatu si panas ran (9). 5 dari 1) yang edalam as (11), tenaga ansung modul diakan adalah modul

) yang

mengarah kepada gas keluaran dan mencegah adesi limbah dalam gas keluaran ke modul pembangkit daya termoelektrik (1).

Dalam kasus fluida dingin alat penukar kalor (8) adalah udara, insulator (6) dari modul pembangkit daya termoelektrik (1) yang diletakkan pada sisi yang dingin dapat secara langsung dibawa ke dalam kontak dengan fluida dingin seperti yang disebutkan di atas, dan itu mungkin untuk memperbaiki efisiensi pendinginan. Bagaimanapun dalam kasus fluida dingin alat penukar kalor (8) adalah liquid seperti alir atau gas erosif, perlu untuk menyususn dinding partisi (12) pada permukaan keluar insulator (6) yang diletakkan pada bagian sisi yang dingin untuk melidungi modul pembanakit daya termoelektrik (1).

Dalam uraian seperti yang disebutkan datas, dinding konduksi panas (11) dan dinding partisi boleh dibuat dari logam seperti baja. Dalam konveter termoelektrik untuk alat penukar kalor berdasarkan penemuan di atas, insulator (5) modul pembangkit daya termoelektrik (1) yang diletakkan pada sisi bagian dingin dipanaskan oleh gas keluaran yang mempunyai temperatur yang tinggi yang mana fluida panas alat penukar kalor (8), dan msulator (6) yang diletakkan pada sisi bagian dagin didinginkan oleh udara yang mempunyai emperatur yang lebih rendah yang merupakan fluida dingin dari alat penukar kalor (8). Dalam Lesus ini, mudah untuk memperoleh perbedaan emperatur melebihi 200°C tanpa menggunakan alat pendingin khusus.

Perbedaan temperatur dalam modul pembangkit daya termoelektrik (1) berperan sebagai pembangkit daya kontinyu dengan modul modul pembangkit daya termoelektrik 11. yang mana sejumlah tenaga perlu untuk biower dan lain-lain dan juga dalam incinerator mbah seperti yang dilukiskan dibawah ini. Jika

sirip pendingin (13) lihat gambar 24 disusun pada sisi dingin dari modul pembangkit daya termoelektrik (1), mungkin untuk memperbaiki efisiensi alat penukar kalor antara insulator (6) yang diletakkan pada sisi dingin dan fluida dingin dan adalah mungkin untuk mempertahankan perbedaan temperatur yang besar.

Secara teoritis, sifat pemanasan udara alat penukar kalor (ä) berkurang perlahan jika model generator bertenaga termoelektrik (1) disediakan. Bagaimanapun dalam kasus incinerator sampah, sampah itu sendiri mempunyai sifat membakar sendiri dan sejumlah besar panas buang dibangkitkan oleh pembakaran sampah. Dalam penambahan, jika efisiensi pembangkit tenaga dari modul generator bertenaga termoelektrik (1) kira-kira 10 %, rasio energi yang diturunkan sebagai tenaga adalah rendah. Oleh karena itu jika model generator pembangkit termoelektrik (1) disediakan, trouble nyata tidak terjadi.

Penemuan yang ada dapat diaplikasikan ke berbagai jenis alat penukar kalor, tetapi dapat juga diaplikasikan pada alat penukar kalor yang khusus digunakan untuk merecovery panas buang dari incinerator. Diantara mereka, penemuan sekarang ini dapat diaplikasikan untuk suatu incinerator limbah yang mempunyai ukuran relatif lebih kecil (lebih rendah dari 80 ton/hari). Alasannya adalah sebagai berikut: jika tenaga listrik PLN digantikan oleh daya listrik yang dibangkitkan dari pembangkit daya termoelektrik disediakan ke incinerator yang mempunyai ukuran lebih kecil, efisiensi blower rendah dan biasanya performance jelek. Bagaimanapun pembangkit daya termoelektrik tidak dipengaruhi oleh ukuran incinerator, dan hal tersebut mungkin untuk memperoleh power output relatif terhadap luas kontak antara modul pembangkit daya termoelektrik dan dinding konduksi panas incinerator. Bagaimanapun jika variasi temperatur diaplikasikan kepada modul pembangkit daya termoelektrik, tidak takut dengan kerusakan. Oleh karena itu, pembangkit daya termoelektrik lebih baik digunakan untuk incinerator limbah yang mempunyai ukuran lebih kecil.

Modul pembangkit daya termoelektrik mempunyai luas area 18 m² disediakan untuk dinding konduksi panas dari alat penukar kalor untuk gas keluaran dari incinerator tipe unggun terfluidakan (efisiensi proses limbah = 80 ton/ hari) disediakan dalam bagian pemrosesan limbah. Selama operasi dari incinerator tipe unggun terfluidakan sisa panas dari model generator tenaga termoelektrik dipertahankan pada 400°C dan sisi bagian dingin modul dipertahankan 200°C. Sebagai hasil, density 165 kw/m² dan listrik yang daya/tenaga 2000 kw/bulan. Tenaga listrik dihasilkan yang diperoleh dapat digunakan secara efektif untuk pendorong peralatan incinerator dari tipe unggun terfluidakan yang salah satunya adalah menggantikan tenaga listrik dari PLN untuk memutar motor listrik penggerak blower. Lebih dari itu, jika modul generator tenaga termoelektrik disediakan, operasi incinerator tipe unggun terfluidakan tidak dipengaruhi tetapi energi listrik PLN masih diperlukan untuk start awal blower.

Komponen Pembangkit Daya Termoelektrik pada Pemanfaat Panas Buang Incinerator

Dari uraian di atas dapat dilihat bahwa komponen utama dari pembangkit daya termoelektrik pada pemanfaatan panas buang incinerator adalah sebagai berikut:

- 1. Konverter termoelektrik untuk alat penukar kalor menerima panas buang dari gas keluaran dari incinerator, yang terdiri dari:
 - a. Modul pembangkit daya termoelektrik mengandung pluralitas elemen termoelektrik yang dihubungkan untuk membentuk permukaan ujung sisi panas (pertama) dan dingin (kedua).
 - b. Insulator pertama yang mempunyai sisi bagian depan dipasang dipermukaan ujung kedua dari elemen termoelektrik.
 - c. Insulator kedua yang mempunyai sisi bagian depan dipasang ke permukaan ujung kedua elemen termoelektrik.

Insulator yang pertama mempunyai sisi rear, dipasang ke dinding konduksi panas, sebutlah dinding konduksi panas yang berhadapan dengan jalur udara panas dan gas keluaran (by produk) dari incinerator untuk membentuk sisi panas alat penukar kalor.

Insulator kedua yang mempunyai sisi rear yang berhadapan dengan jalur fluida dingin untuk membentuk sisi dingin dari alat penukar kalor dan mengembalikannya melalui jalur fluida dingin untuk mengizinkan udara terfluidakan dipanaskan dari penukar panas dalam alat penukar kalor untuk dikembalikan ke incinerator.

- Konverter termoelektrik berdasarkan (1), selanjutnya mengandung:
 Dinding partisi dalam sisi dingin alat penukar kalor antara insulator kedua dangan jalur fluida dingin untuk melindungi insulator kedua dari fluida korosif.
- 3. Konvertor termoelektrik berdasarkan (1), selanjutnya mengandung sekurangkurangnya satu fisi pendingin yang dicapai ke sisi rear dari insulator kedua.

KESIMPULAN

ar

as

ri:

ik

en

ık

as

Si

an

k.

si

an

si

s,

g

n

or

аг

si da at /a lk un or

),

ar ur or

ai

Seperti yang diuraikan di muka pada konverter termoelektrik pada alat penukar kalor dapat diperoleh keuntungan sebagai berikut:

- 1. Performa pembangkit tenaga termoelektrik secara teknis adalah mungkin untuk memberikan unjuk kerja dengan menggunakan gas keluaran dari incinerator.
- 2. Tidak perlu menggunakan peralatan pendinginan khusus pada sisi dingin dari modul pembangkit tenaga termoelektrik tetapi pendinginan dilakukan dengan menggunakan fluida pendingin alat penukar balor (recuperator konduksi logam).
- Pembangkit daya termoelektrik adalah mangkin untuk digunakan dalam incinerator yang mempunyai ukuran yang relatif kecil dalam variasi temperatur yang besar.
- Tidak ada bagian yang berpindah sehingga getaran/vibrasi dan kebisingan tidak terjadi.
- 5. Perawatan tidak perlu sepanjang waktu.

DAFTAR RUJUKAN

_____, 2009. Pemanfaataan Kembali Limbah Panas. UNEP

- Ahiska, R, 2006. Microcontroller Based Thermoelectric Generator Aplication. GU.Jurnal of Science, 19(2): 135-141.
- Takagi, T., Matsubara, K., 1984. Thermoelectric Converter Element. U.S. Patent: 4,443,650.
- Yasin, M.K., 2005. Pengelolaan Sampah dengan Pembakaran. Bandung.
- Yoshida, S., Aoki, 1999. Thermoelectric Converter for Heat-Exchanger. U.S. Patent: 5,959,240.