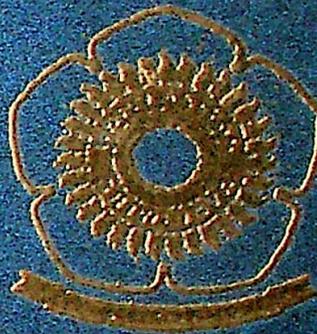


SKRIPSI
ANALISIS EKSERGI PADA SISTEM PRODUKSI *CLINKER*
PT. SEMEN BATURAJA (PERSERO)

**Dibuat sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan
Gelar Sarjana Teknik Pada Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**



OLEH
SABAR HAFOSAN SIRAGA
NIM. 03101005030

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2014

S
666.907

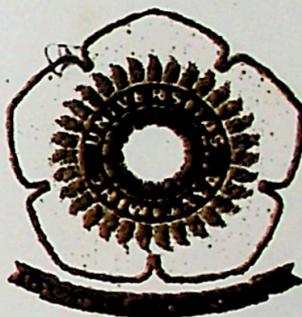
Sin
a
2014

R: 26919/27480



SKRIPSI
ANALISIS EKSERGI PADA SISTEM PRODUKSI CLINKER
PT. SEMEN BATURAJA (PERSERO)

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan
Gelar Sarjana Teknik Pada Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**



OLEH
SABAR HAPOSAN SINAGA
NIM. 03101005050

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2014

SKRIPSI
ANALISIS EKSERGI PADA SISTEM PRODUKSI *CLINKER*
PT. SEMEN BATURAJA (PERSERO)

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan
Gelar Sarjana Teknik Pada Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**



OLEH
SABAR HAPOSAN SINAGA
NIM. 03101005050

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2014

SKRIPSI
ANALISIS EKSERGI PADA SISTEM PRODUKSI *CLINKER*
PT. SEMEN BATURAJA (PERSERO)

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan
Gelar Sarjana Teknik Pada Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**



OLEH
SABAR HAPOSAN SINAGA
NIM. 03101005050

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2014

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS EKSERGI PADA SISTEM PRODUKSI *CLINKER*
PT. SEMEN BATURAJA (PERSERO)**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan
Gelar Sarjana Teknik Pada Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

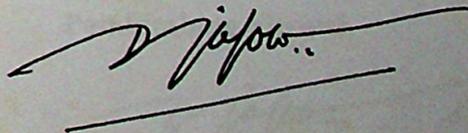
Oleh:

SABAR HAPOSAN SINAGA
03101005050

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin**

Oomarul Hadi, S.T, M.T
NIP. 19690213 199503 1 001

Inderalaya, 05 November 2014
**Diperiksa dan disetujui oleh :
Pembimbing Skripsi,**



Ir. Dyos Santoso, MT
NIP. 19601223 199102 1 001

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

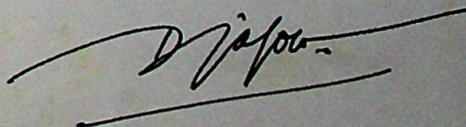
Nama : SABAR HAPOSAN SINAGA
NIM : 03101005050
Jurusan : TEKNIK MESIN
Judul Skripsi : ANALISIS EKSERGI PADA SISTEM PRODUKSI *CLINKER*
PT. SEMEN BATURAJA (PERSERO)
Dibuat Tanggal : Februari 2014
Selesai Tanggal : Oktober 2014

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Qomarul Hadi, S.T, M.T
NIP. 19690213 199503 1 001

Inderalaya, 05 November 2014
Diperiksa dan disetujui oleh :
Pembimbing Skripsi,



Ir. Dyos Santoso, MT
NIP. 19601223 199102 1 001

HALAMAN PERSETUJUAN

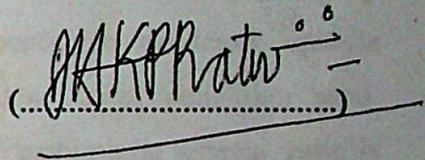
Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “Analisis Eksergi Pada Sistem Produksi *Clinker* PT. Semen Baturaja (PERSERO)” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya pada tanggal 31 Oktober 2014.

Indralaya, 04 November 2014

Tim Penguji Karya tulis ilmiah berupa Skripsi

Ketua :

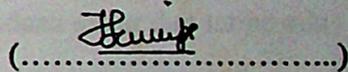
Dr. Ir. Diah Kusuma Pratiwi, MT
NIP. 19630719 199003 2 001



(.....)

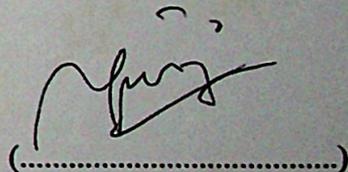
Anggota :

1. Dr. Dewi Puspitasari, ST. MT
NIP. 19700115 199412 2 001



(.....)

2. Ir. Hj. Marwani, MT
NIP. 19650322 199102 2 001



(.....)

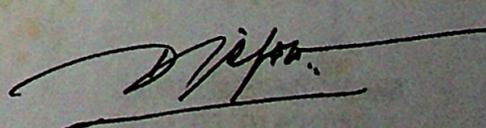
Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Mesin
Universitas Sriwijaya



Oomarul Hadi, ST, MT
NIP. 19690213 199503 1 001

Pembimbing Skripsi



Ir. Dyos Santoso, MT
NIP. 19601223 199102 1 001

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Sabar Haposan Sinaga

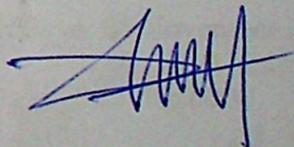
NIM : 03101005050

Judul : Analisis Eksergi Pada Sistem Produksi *Clinker* PT. Semen Baturaja
(PERSERO)

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (Corresponding author)

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Inderalaya, 05 November 2014



Sabar Haposan Sinaga
NIM. 03101005050

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Sabar Haposan Sinaga

NIM : 03101005050

Judul : Analisis Eksergi Pada Sistem Produksi *Clinker* PT. Semen Baturaja
(PERSERO)

Menyatakan bahwa Laporan Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Inderalaya, 05 November 2014



Sabar Haposan Sinaga

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan yang Maha Esa yang telah melimpahkan segala berkat dan anugerah-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Skripsi ini merupakan salah satu syarat bagi mahasiswa untuk menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu hingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini, adapun pihak tersebut :

1. PT. Semen Baturaja (Persero), Baturaja, Sumatera Selatan.
2. Bapak Ir. Dyos Santoso M.T.. selaku Dosen Pembimbing yang dengan sabar membimbing, mengarahkan, dan memotivasi penulis dari awal hingga selesainya skripsi ini.
3. Bapak Qomarul Hadi, S.T, MT. , Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Ir. Dyos Santoso M.T. , Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
5. Ibu Astuti S.T, M.T selaku Pembimbing Akademik.
6. Staf Pengajar di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
7. Staf Administrasi di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
8. Keluarga besar, Ayah (P. Sinaga), Ibu (E. Silalahi) selaku orang tua yang terus membimbing serta saudara yang tetap mendukung.
9. Keluarga besar Himpunan Mahasiswa Mesin (HMM) Universitas Sriwijaya terutama Teknik Mesin Angkatan 2010.
10. Seluruh keluarga besar civitas akademika Universitas Sriwijaya.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih banyak pengembangan yang perlu dilakukan, pasti banyak terdapat banyak kekurangan, oleh karena itu

kritik dan saran serta masukan yang bersifat membangun sangat diharapkan guna membantu dalam perbaikan untuk penulisan selanjutnya.

Akhirnya penulis mengharapkan semoga skripsi dengan judul “*Analisis Eksergi Pada Sistem Produksi Clinker PT. Semen Baturaja (Persero)*” dapat berguna dan memberikan manfaat bagi kita semua untuk kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi serta memberikan kontribusi bagi yang akan mengkaji sistem produksi clinker dengan menggunakan metode analisis eksergi (kombinasi antara hukum pertama termodinamika dan hukum kedua termodinamika) khususnya sistem produksi clinker di masa yang akan datang.

Palembang, Oktober 2014

Penulis

RINGKASAN

ANALISIS EKSERGI PADA SISTEM PRODUKSI CLINKER PT. SEMEN BATURAJA (PERSERO)

Karya tulis ilmiah berupa skripsi, 29 Oktober 2014

Sabar Haposan Sinaga, dibimbing oleh Ir. Dyos Santoso, MT

EXERGY ANALYSIS OF CLINKER PRODUCTION SYSTEM IN PT. SEMEN BATURAJA (PERSERO)

viii + 45 Halaman, 6 tabel, 25 gambar.

RINGKASAN

Analisis eksergi diterapkan pada data realistis dari suatu operasi *preheater*, *calciner*, *rotary kiln*, dan *grate cooler* pada penelitian ini sehingga kita dapat menentukan besarnya kuantitas dan kualitas dari kualitas kerja (eksergi) secara akurat, menentukan besarnya masing-masing iriversibilitas suatu komponen/subsistem, serta dapat mengetahui dengan tepat pada komponen/subsistem mana yang paling tidak efisien pada sistem produksi *clinker* tersebut. Pada sistem produksi *clinker* analisis eksergi yang digunakan adalah eksergi fisik dan kimia. Sistem produksi *clinker* yang ditinjau pada pabrik semen tersebut adalah pabrik semen portland. Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, besarnya iriversibilitas yang terjadi pada *preheater* sebesar 8195,878 kJ/s, *calciner* sebesar 110217,049 kJ/s, *rotary kiln* sebesar 7005 kJ/s, dan *grate cooler* sebesar 18005,734 kJ/s. Dari hasil perhitungan dapat diketahui dikomponen/subsistem mana yang mengalami iriversibilitas yang paling besar yaitu pada komponen *calciner*. Akan tetapi berdasarkan efisiensi eksergi kerja untuk setiap komponen/subsistem maka komponen yang paling tidak efisien adalah *grate cooler* yaitu sebesar 25,583 %.

Kata Kunci : analisis eksergi, eksergi fisik, eksergi kimia, iriversibilitas, efisiensi.

SUMMARY

EXERGY ANALYSIS OF CLINKER PRODUCTION SYSTEM IN PT. SEMEN BATURAJA (PERSERO)

Scientific Paper in the form of Skripsi, 29 Oktober 2014

Sabar Haposan Sinaga : supervised by Ir. Dyos Santoso, MT

ANALISIS EKSERGI PADA SISTEM PRODUKSI CLINKER PT. SEMEN BATURAJA (PERSERO)

viii + 45 pages, 6 table, 25 Pictures

Exergy analysis applied to data from an operating reality preheater, calciner, rotary kiln and grate cooler in this study so that we can determine the magnitude of the quantity and quality of work quality (exergy) accurately, determine the amount of each irreversibility a component / subsystem, and be able to know exactly the components / subsystems which are the most inefficient in the clinker production system. In the analysis of clinker production system used is physical exergy and chemical exergy. Clinker production systems were reviewed at the cement factory is portland cement plant. Based on the results of the calculations have been performed, the magnitude of which occurs in the preheater irreversibility of 8195.878 kJ/s, calciner at 110,217.049 kJ/s, rotary kiln at 7005 kJ/s, and the grate cooler at 18005.734 kJ/s. From the calculation results can be seen in component/ subsystems which are experiencing the greatest irreversibility in the calciner components. However, based on the work exergy efficiency for each component/ subsystem, the most inefficient component is grate cooler that is equal to 25.583%.

Keywords: exergy analysis, physical exergy, chemical exergy, irreversibility efficiency.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN AGENDA.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
RINGKASAN.....	ix
SUMMARY.....	x
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
NOTASI.....	xvii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	xix
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Manfaat.....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Aplikasi Metoda Analisis Eksergi.....	6
2.2 Pengertian dan Konsep dasar Eksergi.....	10
2.2.1 Konsep Eksergi.....	10
2.2.2 Eksergi dan Energi.....	11
2.2.3 Sistem Lingkungan dan Keadaan Mati.....	12

2.2.4 Komponen-Komponen Eksergi.....	13
2.3 Neraca Eksergi.....	14
2.3.1 Neraca Eksergi Sistem Tertutup.....	14
2.3.2 Neraca Eksergi Volume Atur.....	15
2.4 Eksergi yang Menyertai Perpindahan Kalor.....	15
2.5 Eksergi yang Menyertai Kerja	16
2.6 Eksergi Fisik.....	17
2.7 Eksergi Kimia.....	17
2.7.1 Eksergi Kimia Standar.....	17
2.7.2 Eksergi Kimia pada Bahan Bakar Padat.....	17
2.8 Pemusnahan Eksergi dan Kerugian Eksergi.....	18
2.9 Diagram Grassman.....	19
BAB 3 SISTEM PRODUKSI <i>CLINKER</i> PT. SEMEN BATURAJA (PERSERO).....	20
3.1 Sejarah Semen.....	20
3.2 Deskripsi Sistem Produksi <i>Clinker</i>	20
3.3 Data Operasi Sistem Produksi Clinker PT. Semen Baturaja (PERSERO).....	29
BAB 4 METODOLOGI.....	
4.1 Sistem Produksi Clinker Yang Dianalisis.....	30
4.2 Sumber Data.....	30
4.3 Asumsi Umum	31
4.4 Analisis dan Pengolahan Data.....	31
BAB 5 ANALISIS DANPEMBAHASAN.....	32
5.1 Analisis Data.....	33
5.1.1 Analisis Eksergi.....	33
5.2 Pembahasan.....	40

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN.....	
6.1 Kesimpulan.....	44
6.2 Saran.....	44

DAFTAR PUSTAKA.....	xx
LAMPIRAN.....	xxii

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Contoh diagram alir proses produksi di industri.....	6
2.2 Contoh diagram grassman untuk sistem pembangkit.....	19
3.1 Penambangan Batu Kapur dan Biji Besi.....	21
3.2 Proses Penghancuran Material.....	22
3.3 <i>Raw Material Grinding</i>	23
3.4 <i>Raw Meal</i>	24
3.5 <i>Clinkerization</i>	24
3.6 <i>Preheater</i>	25
3.7 <i>Rotary Kiln</i>	26
3.8 <i>Grate Cooler</i>	27
3.9 <i>Cement/Finish Grinding</i>	28
3.10 <i>Packing and Dispatch</i>	28
4.1 Sistem Produksi Clinker Yang Dianalisis.....	30
4.2 Diagram Alir Perhitungan.....	31
5.1 <i>Control Region Exergy in Clinker Production System of Baturaja Cement Plant</i>	32
5.2 <i>Control Region Exergy in Preheater</i>	34
5.3 <i>Diagram Grassman Preheater</i>	35
5.4 <i>Control Region Exergy in Calciner</i>	35
5.5 <i>Diagram Grassman Calciner</i>	36
5.6 <i>Control Region Exergy in Rotary Kiln</i>	37
5.7 <i>Diagram Grassman Rotary Kiln</i>	38
5.8 <i>Control Region Exergy in Grate Cooler</i>	38
5.9 <i>Diagram Grassman Grate Cooler</i>	40
5.10 Grafik Irreversibilitas dan Effisiensi Tiap Subsistem.....	41
5.11 <i>Diagram Grassman Sistem Produksi Clinker PT. Semen Baturaja</i>	

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
3.1 Data Operasi Sistem Produksi Clinker PT. Semen Baturaja (Persero).....	29
5.1 Kondisi Eksergi Pada <i>Preheater</i>	34
5.2 Kondisi Eksergi Pada <i>Calciner</i>	36
5.3 Kondisi Eksergi Pada <i>Rotary Kiln</i>	37
5.4 Kondisi Eksergi Pada <i>Grate Cooler</i>	39
5.5 Kondisi Eksergi, Irreversibilitas, dan Efisiensi Tiap Subsistem.....	40

DAFTAR NOTASI

Simbol Umum

E, e	Energi, energi spesifik
E_k, e_k	Energi kinetik, spesifik energi kinetik
E_p, e_p	Energi potensial, spesifik energi potensial
H, h	Entalpi, entalpi spesifik
H_{ph}	Entalpi fisik, spesifik entalpi fisik
h_{ph}	
h_T	Entalpi spesifik keseluruhan
ΔH_o	Entalpi dari reaksi
I, i	Ireversibilitas
I^P	Ireversibilitas akibat kerugian tekanan
I^T	Ireversibilitas akibat kelebihan perpindahan panas dengan selisih temperatur
I^ρ	Ireversibilitas akibat perpindahan panas terhadap lingkungan
m	Massa
\dot{m}	Laju aliran massa
P	Tekanan
S, s	Entropi, spesifik entropi
T	Temperatur
U, u	Energi dalam, spesifik energi dalam
V, v	Volume, spesifik volume
C_p	Kapasitas kalor

Greek symbol

E, ε	Exergi, spesifik eksergi
E^r, ε^r	Eksergi relatif, spesifik eksergi relatif
E_k, ε_k	Eksergi kinetik, spesifik eksergi kinetik
E_p, ε_p	Eksergi potensial, spesifik eksergi potensial

E_O, ε_O	Eksergi kimia, spesifik eksergi kimia
E_{ph}, ε_{ph}	Eksergi fisik, spesifik eksergi fisik
E^{AP}, ε^{AP}	Komponen tekanan dari eksergi dan spesifik eksergi
E^{AT}, ε^{AT}	Komponen kalor dari eksergi dan spesifik eksergi
E^O, ε^O	Eksergi kalor, spesifik eksergi kalor, dalam sisitem terbuka
η	Efisiensi
η_s	Efisiensi isentropic

Singkatan

FR	Farine/raw material
SG	Stack Gas
SA	Stack Air
A	Air
C	Clinker
1	Preheater
2	Calciner
3	Rotary Kiln
4	Grate Cooler
$n-1$	Outlet From Preheter
$n-2$	Outlet From Calciner
$n-3$	Outlet From Rotary Kiln
$n-4$	Outlet From Grate Cooler
$n+1$	Inlet From Preheter
$n+2$	Inlet From Calciner
$n+3$	Inlet From Rotary Kiln
$n+4$	Inlet From Grate Cooler

Motto dan Persembahan

- Ucaplah syukur senantiasa atas segala sesuatu dalam nama Tuhan kita Yesus

Kristus kepada Allah dan Bapa kita. (Ef 5:20)

- Make your conception without to injure someone.

- Kepada kita masing-masing telah dianugerahkan kasih karunia menurut

ukuran pemberian Kristus.

Kupersembahkan Karya Tulis ini kepada :

- Yesus Kristus
- Kedua Orang Tuaku
- Keluarga Besarku
- Dosen Pembimbing Skripsiku
- Kekasihku Octaviani Sitohang
- Teman-teman yang selalu mendukungku
- Almamaterku

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi merupakan hal terpenting dalam kehidupan kita sehari-hari. Segala sesuatunya di dunia ini pasti membutuhkan energi. Kehidupan manusia yang semakin kompleks, mau tidak mau akan diikuti oleh kebutuhan energi yang semakin meningkat. Salah satu bentuk energi yang paling dibutuhkan manusia saat ini adalah energi listrik, manusia membutuhkan energi listrik untuk rumah tangga, industri, transportasi, dan lainnya. Dewasa ini semakin banyak terjadi pemborosan energi, contohnya di Indonesia, melimpahnya sumber daya alam yang dapat dijadikan sumber energi membuat banyak orang lengah dan tidak memperhatikan penghematan dan pemberdayaan energi secara baik.

Industri Semen merupakan subsektor padat energi dari sektor industri. Oleh karena itu perlu dilakukan suatu kajian terhadap kebutuhan energi dari industri tersebut pada tahun 2020 supaya dapat dijadikan dasar bagi Pemerintah dalam mengambil kebijakan yang dianggap perlu. Setelah dilakukan perhitungan, untuk industri semen dengan tingkat pertumbuhan konsumsi per kapita sebesar 3,4% per tahun maka dibutuhkan tambahan kapasitas pabrik semen sebesar 10.000.000 ton pada awal tahun 2015 sehingga total kebutuhan energi untuk industri semen Indonesia pada tahun 2020 adalah 2.831.647,28 BOE [1].

Pada sistem instalasi pabrik semen, penggunaan energi yang terbesar terletak pada sistem putaran *kiln*. *Kiln* merupakan sebuah alat pembakar produk *rawmix* menjadi *clinker* di pabrik semen, karena peranannya yang sangat besar sebagai komponen utama penghasil produk semen. Penggunaan energi pada unit ini meliputi energi untuk proses pembakaran. Adapun bahan bakar yang digunakan adalah bersumber dari batubara. Batubara merupakan salah satu energi



yang digunakan untuk proses pembakaran yang banyak dipakai di beberapa pembangkit listrik maupun pabrik-pabrik di Indonesia saat ini.

Engin Tahsin (2002) dalam penelitiannya mengungkapkan secara teoritis bahwa untuk memproduksi satu ton *clinker* diperlukan minimal 1.8 GJ panas. Kenyataannya di lapangan, dari penelitian di beberapa pabrik semen dengan proses pabrik semen tipe kering (*dry process*), diperlukan rata-rata konsumsi energi sebesar 3.5 GJ untuk menghasilkan satu ton *clinker* dengan efisiensi sistem kiln sebesar 50% dan efisiensi rotary kiln 96%. Sebuah pabrik semen di Turki dengan kapasitas produksi 600 ton *clinker* perhari memerlukan konsumsi energi sebesar 3.6 GJ untuk menghasilkan satu ton *clinker*.

Pada dasarnya penggunaan energi tersebut erat kaitannya dengan efisiensi. Dengan efisiensi yang baik kita dapat menghasilkan energi dengan optimal. Sehingga kita dapat menggunakan energi dalam jumlah sedikit tetapi hasil yang didapat sangat maksimal. Prinsip dasar dari efisiensi energi adalah menggunakan jumlah energi yang sedikit tetapi tujuan atau hasil yang didapat sangat maksimal. Dalam upaya efisiensi energi ini, kajian kimia dan fisika terutama pada hukum Termodinamika yang membahas masalah energi telah memberikan konsep ilmiah yang berguna dalam upaya efisiensi energi secara tepat guna dan optimal. Namun sayang terkadang para pembuat kebijakan energi di negeri ini sering melupakan tentang fenomena tersebut. Dengan meningkatnya kebutuhan akan energi dan semakin berkurangnya sumber energi yang tersedia [2], maka perlu dilakukannya peningkatan kualitas agar energi yang tersedia benar-benar maksimal dimanfaatkan. Hal ini dapat diidentifikasi dengan menerapkan analisis eksergi dari sistem produksi *clinker* tersebut.

Efisiensi adalah salah satu istilah yang paling sering dipakai dalam termodinamika, dan ia mengindikasikan seberapa baik suatu konversi energi atau proses terjadi. Efisiensi juga adalah salah satu istilah yang paling sering disalahgunakan dalam termodinamika, dan sering menjadi sumber kesalahpahaman. Hal ini dikarenakan efisiensi sering digunakan tanpa pendefinisian terlebih dahulu [3]. Efisiensi secara tradisional telah didefinisikan terutama berdasarkan hukum pertama (yakni energi). Pada dasawarsa belakangan

ini, analisis eksergi telah semakin diterima secara luas sebagai alat yang bermanfaat dalam desain, penilaian, optimisasi dan peningkatan sistem-sistem energi [4]. Penentuan efisiensi hukum pertama termodinamika untuk sistem keseluruhan dan/atau komponen-komponen individual yang membentuk sistem merupakan bagian utama analisis hukum pertama termodinamika. Analisis yang komprehensif suatu sistem termodinamika agar diperoleh gambaran kerja sistem secara keseluruhan.

Untuk membantu peningkatan efisiensi instalasi pabrik semen, karakteristik dan performansi termodinamika instalasi tersebut biasanya diteliti. Instalasi pabrik semen biasanya diuji dengan analisis energi tetapi, sebagaimana diungkapkan sebelumnya, pemahaman yang lebih baik dapat dicapai bila diambil tinjauan termodinamika yang lebih lengkap yang menggunakan hukum kedua termodinamika dengan menggunakan metode analisis eksergi. Metode analisis eksergi merupakan metode analisis sistem termal yang mengkombinasikan antara hukum pertama dan kedua termodinamika. Dengan menggunakan metode ini akan didapatkan gambaran yang sesungguhnya tentang besarnya kerugian dari suatu sistem, penyebabnya dan lokasinya, sehingga dapat melakukan peningkatan sistem secara keseluruhan ataupun hanya pada komponen-komponennya. Walaupun analisis eksergi secara umum dapat diterapkan pada sistem energi atau sistem lainnya, nampak bahwa analisis eksergi akan menjadi alat yang lebih berguna daripada analisis energi khususnya untuk siklus-siklus tenaga karena fakta bahwa analisis eksergi dapat membantu menentukan besar kerugian yang sesungguhnya, penyebabnya dan lokasinya, sehingga dapat membantu peningkatan sistem secara keseluruhan ataupun komponen-komponennya. Sebagai tambahan, efek dari berbagai keadaan lingkungan biasanya juga disajikan pada analisis ini.

Untuk itu pada kesempatan ini penulis melakukan kajian mengenai performansi pada sistem produksi *clinker* PT. SEMEN BATURAJA (PERSERO) dengan menggunakan metode analisis eksergi.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam upaya untuk meningkatkan efisiensi sistem produksi *clinker*, maka perlu diketahui lokasi dan besarnya kerugian yang terjadi, serta penyebab terjadinya kerugian sistem tersebut pada tiap komponen/subsistem. Untuk mengetahui masalah tersebut, maka perlu dilakukan analisis eksergi pada sistem produksi *clinker*. Analisis eksergi diterapkan baik pada fisik, maupun komposisi kimia tiap unsur material dan bahan bakar. Jadi dalam hal ini perlu diidentifikasi beberapa komponen/subsistem antara lain *preheater*, *calciner* putaran kiln, dan *grate cooler* yang perlu dikaji performansinya secara keseluruhan dan tiap-tiap komponen untuk mengetahui irreversibilitas dan efisiensinya.

1.3 Batasan Masalah

1. Pembahasan diarahkan kepada analisis termodinamika untuk mengetahui performansi dengan menggunakan analisis eksergi pada sistem produksi *clinker* dari setiap komponen/ subsistem dan sistem secara keseluruhan.
2. Temperatur dan tekanan lingkungan sekitar pabrik menjadi referensi terhadap perhitungan eksergi.
3. Perlu dilakukan batasan komponen yang akan dianalisis sehingga bisa menjadi satu sistem produksi, dalam hal ini meliputi : *preheater*, *calciner*, putaran kiln, dan *grate cooler*, walaupun sistem produksi *clinker* di PT. Semen Baturaja (PERSERO) terintegrasi dengan penambangan (*raw material preparation*), *grinding* dan *packing and dispatch*.

1.4 Tujuan

Tujuan utama penulisan ini adalah mengevaluasi irreversibilitas dari tiap komponen tersebut serta mengidentifikasi eksergi mana yang bisa ditingkatkan dan dimanfaatkan melalui identifikasi irreversibilitas komponen. Dengan

demikian dapat menyusun langkah-langkah yang diperlukan dalam usaha peningkatan performansi sistem.

1.5 Manfaat

Dengan adanya evaluasi irreversibilitas dari tiap komponen serta identifikasi eksergi yang bisa ditingkatkan dan dimanfaatkan melalui irreversibilitas yg dihasilkan tiap komponen, maka penulisan ini diharapkan dapat memberikan kontribusi kepada perusahaan dalam menerapkan kajian performansi sistem produksi *clinker* dengan menggunakan metoda analisis eksergi pada umumnya dan khususnya dapat mengoptimalkan performansi tiap-tiap komponen/subsistem itu sendiri.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mulyono, David Kurnia. 2009. *Analisis tingkat intensitas energi sektor industri pada sub _ sektor industri semen dan industri tekstil*. Jakarta : Universitas Indonesia
- [2] Dincer Ibrahim., Rosen A. Marc., *Thermal Energy Storage System and Applications*. Canada : A John Wiley and Sons Ltd
- [3] Çengel, Y.A., Boles, M.A., 2006. *Thermodynamics: an engineering approach*, 5th ed., Dubuque, Iowa: McGraw-Hill.
- [4] Ganapathy, T., Alagumurthy, N., Gakkhar, R.P., dan Murugesan, K. 2009. *Exergy analysis of operating lignite Fired Thermal Power Plant*. Department of Mechanical and Industrial Engineering, Indian Institute of Technology, Roorke, India.
- [5] Boateng, Akwasi A. 2008. *Rotary Kiln Transport Phenomena and Transport Processes*. Elsevier Inc. All rights reserved.
- [6] Najafzadeh, Kian. *Exergy Analysis, An Effective Approach For Selection Of Sustainable Technology And Optimization Of Available System – Three Case Studies In Iran Cement Industry*. Iran : SABA.
- [7] Kolip, Ahmet. 2010. *Energy and exergy analyses of a serial flow four cyclone Stages precalciner type cement plant*. Turki : The University of Sakarya.
- [8] M. Farag, Laila. 2012. *Energy and Exergy Analyses of Egyptian Cement Kiln Plant With Complete Kiln Gas Diversion through by Pass*. Turki : Cermics Dept. National Research Centre.
- [9] Koroneos, C., Roumbas, G., Moussiopoulus, N. 2005. *Exergy Analysis Of Cement Production*. Yunani : Laboratory of Heat Transfer and Environmental Engineering, Aristotle University of Thessaloniki.
- [10] A. Alsop, Philip. 1998. *The Cement Plant Operation Handbook*. Houston : Tradeship Publications Ltd.

- [11] Basri, Hasan., Santoso, Dyos. 2010. *Analisis Eksergi pada Siklus Turbin Gas Sederhana 14 MW Instalasi Pembangkit Tenaga Keramasan*. Palembang : Jurnal Teknik Mesin Indonesia.
- [12] Moran, M. J., 1982. *Availability Analysis : A Giude to Efficien Energy Use*. New Jersey : Pantice-Hall Inc.
- [13] Sciubba, E. dan Wall, G., *A Brief Commented History of Exergy From the beginnings to 2004*, International Journal of thermodynamics, 2007, Vol. 10 (No. 1), pp. 1-26.
- [14] Dincer, Ibrahim., Çengel, Y.A., 2001. *Energy, entropy and exergy concepts and their roles in thermal engineering*. Entropy 2001, 3, 116-149.
- [15] Kotas, T. J., 1985. *The exergy method of thermal plant analysis*. London: Butterworths.
- [16] Dincer, Ibrahim., Rosen, Marc. A., 2007. *Exergy, Energy Environment and Sustainable Development*. U.K: Elsevier Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP.
- [17] Putra, Ryandi. 2013. Proses Pembuatan Semen. [diakses pada 25 Maret 2014 dari <http://variasi-file.blogspot.com/2013/06/proses-pembuatan-semen.html>]