

SKRIPSI
ANALISIS SISTEM PENDINGIN
TIPE *GRATE COOLER* NAR 2 DI PABRIK
NAROGONG PT. HOLCIM INDONESIA, TBK.



Oleh:
TEDDY SOPAN
03051381320052

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2018

SKRIPSI
ANALISIS SISTEM PENDINGIN
TIPE *GRATE COOLER* NAR 2 DI PABRIK
NAROGONG PT. HOLCIM INDONESIA, TBK.

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



OLEH:
TEDDY SOPAN
03051381320052

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2018

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS SISTEM PENDINGIN
TIPE *GRATE COOLER* NAR 2 DI PABRIK NAROGONG
PT. HOLCIM INDONESIA, TBK.**

SKRIPSI

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

Oleh:

**TEDDY SOPAN
03051381320052**

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Palembang, Januari 2018
Pembimbing

Irsyadi Yani, ST, M.Eng, PhD
NIP. 197112251997021001

Ir. Irwin Bizzy, M.T.
NIP. 19600528198031002

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**Agenda No. :
Diterima Tanggal :
Paraf :**

SKRIPSI

**NAMA : TEDDY SOPANT
NIM : 03051381320052
JURUSAN : TEKNIK MESIN
BIDANG STUDI : KONVERSI ENERGI
JUDUL SKRIPSI : ANALISIS SISTEM PENDINGIN TIPE *GRATE*
COOLER NAR 2 DI PABRIK NAROGONG
PT. HOLCIM INDONESIA, TBK.
DIBUAT TANGGAL : JULI 2017
SELESAI TANGGAL : DESEMBER 2017**

Palembang, Januari 2018
Diperiksa dan disetujui oleh

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin,

Dosen Pembimbing

**Irsyadi Yani, ST, M.Eng, Ph.D
NIP. 197112251997021001**

**Ir. Irwin Bizzy, M.T.
NIP. 19600528198031002**

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “Analisis Sistem Pendingin Tipe *Grate Cooler* NAR 2 Di Pabrik Narogong PT. Holcim Indonesia, Tbk.” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 28 Desember 2017.

Palembang, Januari 2018

Tim Penguji Karya tulis ilmiah berupa Skripsi

Ketua:

1. Ir. Firmansyah Burlian, M.T ()
NIP. 195612271988111001

Anggota:

1. Ir. Hj. Marwani, M.T. ()
NIP. 196503221991022001

2. Dr. Dewi Puspitasari, S.T., M.T ()
NIP. 197001151994122001

3. Astuti, S.T., M.T ()
NIP. 197210081998022001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dosen Pembimbing

Irsyadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D
NIP. 197112251997021001

Ir. Irwin Bizzy, M.T
NIP. 19600528198031002

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

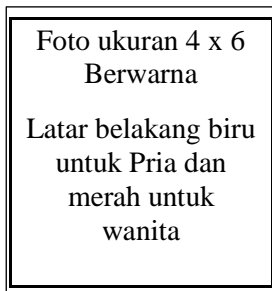
Nama : Teddy Sopan

NIM : 03051381320052

Judul : Analisis Sistem Pendingin Tipe *Grate Cooler* NAR 2 Di Pabrik
Narogong PT. Holcim Indonesia, Tbk.

Menyatakan bahwa 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.



Palembang, Januari 2018

Materai Rp.6000

[Teddy Sopan]

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Teddy Sopan

NIM : 03051381320052

Judul : Analisis Sistem Pendingin Tipe *Grate Cooler* NAR 2 Di Pabrik
Narogong PT. Holcim Indonesia, Tbk

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.

Palembang, Januari 2018

Penulis,

Teddy Sopan
NIM. 03051381320052

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum, Wr. Wb.

Puji dan syukur Penulis panjatkan kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini guna memenuhi persyaratan tugas akhir (TA) di Universitas Sriwijaya Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin.

Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan program sarjana jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Skripsi merupakan salah satu cara penulis untuk mengaplikasikan teori yang telah didapatkan selama dibangku perkuliahan ke penelitian tugas akhir (TA). Skripsi ini berjudul “ANALISIS SISTEM PENDINGIN TIPE *GRATE COOLER* NAR 2 DI PABRIK NAROGONG PT. HOLCIM INDONESIA, TBK.”

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada pihak-pihak terkait, antara lain :

1. Tuhan Yang Maha Esa, karena rahmat, anugerah ilmu, kesempatan dan kesehatan dari-Nya, sehingga dapat diselesaikannya skripsi ini.
2. Orang tua dan keluarga penulis yang selalu mendukung baik dalam hal materiil maupun doa.
3. Bapak Irsyadi Yani, S.T., M.Eng, Ph.D, selaku ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Amir Arifin, S.T., M.Eng, Ph.D, selaku seketariat Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Ir. Irwin Bizzy, M.T. selaku dosen pembimbing skripsi yang telah membantu menyelesaikan skripsi ini.
6. Ibu Ir. Marwani, M.T. selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan saran bagi penulis.

7. Seluruh staf dosen dan administrasi Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
8. Segenap karyawan Pabrik Narogong PT. Holcim Indonesia, Tbk. atas bimbingan dan kerjasamanya selama melakukan penelitian di sana.
9. Terkhusus Putri Saihurina S.IP.
10. Semua teman Angkatan 2013 Teknik Mesin, para kakak tingkat 2010, 2011, 2012, adik tingkat, dan tim *Radical*.
11. Pihak terkait lainnya yang membantu selesainya skripsi ini.

Penulis juga menyadari baik isi maupun penyajian proposal ini masih jauh dari kesempurnaan dan ada kekurangan dalam penulisannya. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat diharapkan demi perbaikan skripsi ini dimasa yang akan datang terutama bagi penulis sendiri. Semoga penulisan skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan semua pihak yang berkepentingan.

Akhir kata saya ucapkan, wassalamu'alaikum wr. Wb.

Palembang, Januari 2018

Penulis,

Teddy Sopan
NIM. 0305138132005

RINGKASAN

ANALISIS SISTEM PENDINGIN TIPE *GRATE COOLER* NAR 2 DI PABRIK NAROGONG PT. HOLCIM INDONESIA, TBK.

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, Desember 2017

Teddy Sopan; Ir. Irwin Bizzy, M.T.

ANALYSIS OF COOLING SYSTEM TYPE GRATE COOLER NAR 2 IN NAROGONG FACTORY PT. HOLCIM INDONESIA, TBK.

xxvii + 64 halaman, 15 tabel, 10 gambar, 13 lampiran

RINGKASAN

PT. Holcim Indonesia, Tbk. merupakan perusahaan produsen semen di Indonesia yang salah satu pabriknya adalah Narogong 2 di Bogor, Jawa barat. Perusahaan tersebut menggunakan *grate cooler* sebagai pendingin klinker. Mengingat proses pendinginan klinker sangatlah penting karena menentukan baik atau tidaknya kualitas semen yang dihasilkan. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis dengan membandingkan kondisi desain pabrik dengan kondisi sekarang yang bertujuan untuk mengetahui kinerja efektifitas dan efisiensi pemakaian dikarenakan saat ini terjadi kenaikan temperatur klinker keluar *cooler*. Berdasarkan hasil analisis, kenaikan efisiensi sistem termal *cooler* dari 77,86% desain pabrik menjadi 81,56% saat ini dan *waste heat recovery* naik dari 65,64% desain pabrik, saat ini menjadi 81,56%. Kenaikan disebabkan karena penutupan saluran udara keluar *cooler* menuju *vertical rawmill*. Gas panas hasil pendinginan klinker dioptimalkan untuk pembakaran di *kiln* dan *preheater*. Selain itu, disebabkan juga karena produk akhir klinker dibutuhkan temperatur tinggi agar meningkatkan *drying capacity* sehingga *cooler fan* bekerja tidak 100% serta menghemat *power* listrik *fan cooler*. Sebagaimana yang disampaikan oleh para teknisi dilapangan.

Kata Kunci: *Grate Cooler*, Efisiensi, *Clinker Cooling*, *Waste Heat Recovery*

SUMMARY

*ANALYSIS OF COOLING SYSTEM TYPE GRATE COOLER NAR 2 IN
NAROGONG FACTORY PT. HOLCIM INDONESIA, TBK*
Scientific Paper in the form of Skripsi, December 2017

Teddy Sopan; Ir. Irwin Bizzy, M.T.

*ANALISIS SISTEM PENDINGIN TIPE GRATE COOLER NAR 2 DI PABRIK
NAROGONG PT. HOLCIM INDONESIA, TBK*

xxvii + 64 pages, 15 tables, 10 pictures, 13 attachments

SUMMARY

PT. Holcim Indonesia Tbk. is a cement manufacturer company in Indonesia which one of these factories is Narogong 2 in Bogor, West Java., The company uses the grate cooler as a clinker cooler. In this case, the clinker cooling process is very important because it determines whether the quality of the cement which produced is good or not. Therefore, it is necessary to analyze by comparing the conditions of factory design with the present condition which aims to determine the effectiveness perform and efficiency of its used due to the increasing of temperature clinker out the cooler. Based on the analyzed, there was increasing in the efficiency of the thermal cooler system from 77.86% of factory design to 81.56% and efficiency of heat recovery also increased was 65.64% of design factory, currently 81.56%. The increasing is due to the closing of the air outlet cooler to vertical rawmill at this time. The hot gas produced by cooling clinker was optimized for burning in the kiln and preheater. In addition, due to the clinker end product required high temperatures to increase the drying capacity so that the cooler fan does not work 100% as well as saving electric power fan cooler. As stated by the technicians in the field

Keywords: *Grate Cooler, Efficiency, Clinker Cooler, Waste Heat Recovery.*

Daftar Isi

	Halaman
Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	iii
Halaman Agenda	v
Halaman Persetujuan	vii
Halaman Pernyataan Integritas	ix
Halaman Pernyataan Persetujuan Publikasi	xi
Kata Pengantar	xiii
Ringkasan	xv
<i>Summary</i>	xvii
Daftar Isi	xix
Daftar Gambar	xxiii
Daftar Tabel	xxv
Daftar Lampiran	xxvii
BAB 1 PENDAHULUAN 1	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 <i>Grate Cooler</i>	5
2.1 Proses Pembuatan Klinker	6
2.3 Jenis-jenis <i>Clinker Cooler</i>	8
2.3.1 <i>Grate Cooler</i>	8
2.3.1.1 <i>Reciprocating Grate Cooler</i>	8
2.3.1.2 <i>Air Beam Cooler</i>	8
2.3.1.3 <i>Cross Bar Cooler</i>	9
2.3.2 <i>Planetary Cooler</i>	9
2.3.3 <i>Rotary Cooler</i>	9

2.3.4 <i>Shaft Cooler</i>	10
2.3.5 <i>Gravity Cooler</i>	10
2.4 <i>Komponen Grate Cooler</i>	10
2.4.1 <i>Casing</i>	11
2.4.2 <i>Cooling Grate</i>	11
2.4.3 <i>Hydraulic Drive</i>	11
2.4.4 <i>Carrying Axle</i>	12
2.4.5 <i>Hammer Breaker</i>	12
2.4.6 <i>Hopper</i>	12
2.4.7 <i>Drag Chain Coneveyor</i>	12
2.4.8 <i>Water Spray</i>	12
2.5 <i>Keseimbangan Massa dan Energi Serta Efisiensi di Grate Cooler</i>	13
2.5.1 <i>Keseimbangan Massa di Grate Cooler</i>	13
2.5.2 <i>Keseimbangan Energi di Grate Cooler</i>	14
2.5.3 <i>Efisiensi di Grate Cooler</i>	17
2.5.4 <i>Waste Heat Recovery Cooler</i>	18
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 <i>Metode Penelitian</i>	19
3.2 <i>Studi Pustaka dan Survei Lapangan</i>	20
3.3 <i>Pengambilan Data</i>	20
3.4. <i>Tabel Pengambilan Data</i>	20
3.5 <i>Pengolahan dan Analisis Data</i>	25
3.6 <i>Spesifikasi Grate Cooler NAR 2</i>	25
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 <i>Pengolahan dan Analisis Data Grate Cooler NAR 2</i>	27
4.1.1 <i>Pengolahan dan Analisis Data Teoritis Grate Cooler NAR 2</i>	27
4.1.1.1 <i>Analisis Data Teoritis Menggunakan Hukum</i> <i>Keseimbangan Massa</i>	27
4.1.1.2 <i>Analisis Data Teoritis Menggunakan Hukum</i> <i>Keseimbangan Energi</i>	28
4.1.2 <i>Pengolahan dan Analisis Data Aktual Grate Cooler NAR 2</i>	30
4.1.2.1 <i>Analisis Data Aktual Menggunakan Hukum</i> <i>Keseimbangan Massa</i>	30

4.1.2.2 Analisis Data Aktual Menggunakan Hukum Keseimbangan Energi	40
4.2. Hasil Penelitian	42
4.2.1 Hasil Penelitian Data Teoritis dan Aktual <i>Grate Coole</i> NAR2	42
4.2.1.1 Keseimbangan Massa Teoritis dan Aktual <i>Grate Cooler</i> NAR 2	42
4.2.1.2 Keseimbangan Energi Teoritis dan Aktual <i>Grate Cooler</i> NAR 2	44
4.2.1.3 Efisiensi Teoritis dan Aktual <i>Grate Cooler</i> NAR 2	46
4.2.1.4 <i>Waste Heat Recovery</i> Teoritis dan Aktual <i>Grate Cooler</i> NAR 2	48
4.3. Pembahasan	49
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	55

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Skema Umum <i>Grate Cooler</i>	6
Gambar 2.2 Skema Umum Proses Pembuatan klinker	7
Gambar 2.3 Kestimbangan Massa di <i>Grate Cooler</i>	13
Gambar 2.4 Kestimbangan Energi di <i>Grate Cooler</i>	14
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	19
Gambar 4.1 Skematik Kestimbangan Massa di <i>Grate Cooler</i>	42
Gambar 4.2 Skematik Kestimbangan Energi di <i>Grate Cooler</i>	44
Gambar 4.3 Perbandingan Efisiensi Termal Teoritis dan Aktual <i>Cooler</i>	50
Gambar 4.4 Perbandingan <i>Heat Loss</i> Termal Teoritis dan Aktual <i>Cooler</i>	50
Gambar 4.5 Perbandingan <i>Waste Heat Recovery</i> Teoritis dan Aktual <i>Cooler</i>	50

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Data Teoritis Udara <i>Fan Grate Cooler</i> NAR 2	20
Tabel 3.2 Data Teoritis Udara Keluar <i>Grate Cooler</i> NAR 2	21
Tabel 3.3 Data Aktual Udara Masuk <i>Kiln</i> NAR 2	21
Tabel 3.4 Data Aktual Udara <i>Fan Grate Cooler</i> NAR 2	21
Tabel 3.5 Data Teoritis Komposisi Batubara NAR 2	22
Tabel 3.6 Data Aktual Komposisi Batubara NAR 2	22
Tabel 3.7 Data Aktual Komposisi Batubara Kering <i>Kiln Feed</i> NAR 2	22
Tabel 3.8 Data Aktual Komposisi Batubara Kering Masuk <i>Preheater</i> NAR 2	23
Tabel 3.9 Data Teoritis Kebutuhan Batubara NAR 2	23
Tabel 3.10 Data Aktual Kebutuhan Batubara NAR 2	24
Tabel 3.11 Data Teoritis Lain-lain	24
Tabel 3.11 Data Aktual Lain-lain	24
Tabel 4.1 Perhitungan Keseimbangan Massa Teoritis di <i>Grate Cooler</i> NAR 2	43
Tabel 4.2 Perhitungan Keseimbangan Massa Aktual di <i>Grate Cooler</i> NAR 2	44
Tabel 4.3 Perhitungan Keseimbangan Energi Teoritis di <i>Grate Cooler</i> NAR 2	45
Tabel 4.4 Perhitungan Keseimbangan Energi Aktual di <i>Grate Cooler</i> NAR 2	46

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A.1 Gambar Spesifikasi <i>Grate Cooler</i> NAR 2	55
Lampiran A.2 Mencari Data Teoritis ρ dan h Udara pada Temperatur Tertentu Berdasarkan Tabel A-17	56
Lampiran A.3 Mencari Data Teoritis ρ dan h Udara pada Temperatur Tertentu Berdasarkan Tabel A-17	57
Lampiran A.4 Gambar <i>Preheater</i> NAR 2	58
Lampiran A.5 Gambar <i>Rotary Kiln</i> NAR 2	58
Lampiran A.6 Gambar <i>Grate Cooler</i> Kompartemen 1-4 NAR 2	59
Lampiran A.7 Gambar <i>Grate Cooler</i> Kompartemen 5-9 NAR 2	59
Lampiran A.8 Gambar <i>Grate Cooler</i> dan EP NAR 2	60
Lampiran A.9 Gambar Desain <i>Grate Cooler</i> NAR 2	61
Lampiran A.10 Tabel Sifat-sifat Udara (A-17) Termodinamika	62
Lampiran A.11 Tabel Sifat-sifat Udara (A-17) Termodinamika (lanjutan)	63

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. Holcim Indonesia, Tbk. merupakan salah satu perusahaan produsen semen di Indonesia yang berdiri pada 15 Juni 1971 di Bogor, Jawa Barat (dahulu bernama PT. Semen Cibinong). Hingga saat ini perusahaan tersebut telah memiliki empat pabrik yang tersebar diberbagai daerah, yaitu di Bogor (NAR1 & NAR2) Jawa Barat, Cilacap Jawa Tengah, Tuban Jawa timur, dan Lokhnga Aceh.

Proses produksi semen, alat/mesin yang memiliki peranan cukup penting adalah *grate cooler*. *Grate cooler* adalah salah satu jenis *clinker cooler* yang digunakan di pabrik semen sebagai pendingin klinker (bahan utama pembuatan semen).

Mengingat, proses pendinginan klinker di dalam *grate cooler* merupakan salah satu proses yang cukup penting dalam poduksi semen. Maka kinerja alat tersebut haruslah optimal, dikarenakan proses ini menentukan baik atau tidaknya kualitas semen yang dihasilkan sehingga klinker yang diproduksi sesuai dengan yang diharapkan (Anwar, 2001).

Berdasarkan hal tersebut akan dilakukan penelitian dengan metode analisis untuk mengetahui kinerja dari *grate cooler* sebagai upaya untuk meningkatkan efektifitas dan efisiensi pemakaiannya. Untuk itu, penulis memberikan judul **ANALISIS SISTEM PENDINGIN TIPE *GRATE COOLER* NAR 2 DI PABRIK NAROGONG PT. HOLCIM INDONESIA, TBK.**

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas maka didapat beberapa rumusan masalah yaitu:

1. Dalam proses pembakaran klinker sebagai bahan utama pembuatan semen dibutuhkan sistem pendingin dengan fluida kerja udara.
2. Untuk mendapatkan kualitas klinker yang diharapkan, diperlukan analisis sistem pendingin yang digunakan saat ini dengan yang direncanakan di awal pabrik didirikan. Dikarenakan terjadi kenaikan temperatur klinker keluar *cooler* yang dihasilkan melebihi temperatur perencanaan (teoritis).

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan-batasan masalah dalam Analisis Pemanfaatan Sistem Pendingin Tipe *grate cooler* NAR 2 Di Pabrik Narogong PT. Holcim Indonesia, Tbk adalah :

1. Kapasitas pendinginan atau *grate cooler* 7800 ton/jam.
2. Kondisi lingkungan sistem *grate cooler* diasumsikan pada temperatur yang sama. Fluida kerja yang dipakai adalah udara lingkungan disekitar *grate cooler*.
3. *Grate cooler* diasumsikan beroperasi secara kontinyu, *steady* dan tidak ada kebocoran yang diakibatkan udara pendingin, reaksi konveksi dan radiasi.
4. Proses pembakaran batubara di *kiln* dan *preheater* diasumsikan terjadi pembakaran sempurna.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis efisiensi aktual dan teoritis unjuk kerja *grate cooler* NAR 2 Pabrik Narogong PT. Holcim Indonesia, Tbk.
2. Membandingkan unjuk kerja *grate cooler* secara aktual dan teoritis.
3. Menganalisis pemanfaatan udara panas yang dihasilkan klinker untuk memanaskan *kiln* dan *preheater* (*waste heat recovery*).

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Sebagai bahan evaluasi kinerja *grate cooler* ketika sedang dalam proses perawatan (*maintenance*).
2. Sebagai bahan evaluasi kinerja *grate cooler* agar proses pendinginan klinker tetap berjalan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Acuna, O., Martin-Villalba, C. & Urquia, A. *Virtual-lab of a Cement Clinker Cooler For Operator Training*. *Virtual*, 2012. 331-336.
- Ahamed, J. U., Madloul, N. A., Saidur, R., Shahinuddin, M. I., Kamyar, A. & Masjuki, H. H. 2012. *Assesment of Energy and Exergy Efficiencies of A Grate Clinker Cooling System Through The Optimization of Its Operational Paramater*. *Energy*, 46, 664-674.
- Ahmad, R., Khan, T. A. & Agarwal, V. 2013. *Mass and Energy Balance in Grate Cooler of Cement Plant*. *International journal of Scientific Engineering and Technology (IJSET)*, 2, 631-637.
- Anwar, K. 2001. Analisis Perpindahan Panas Pada *Grate Cooler* Industri Semen. *MEKTEK*.
- Bergman, T. L., Lavine, A. S., Incropera, F. P. & Dewitt, D. P. 2002. *Fudamentals of Heat and Mass Transfer Seventh Edition*, United Sates of America, John Wiley & sons, Inc.
- Cengel, Y. A. & Boles, M. A. 1994. *Thermodynamcs : An Engineering Approach*, United States of America, McGraw-Hill Companies, Inc.
- Deolalkar, S. P. 2009. *Handbook for Designing Cement Plant*, B. S. Publication.
- Duda, W. H. 1975. *Cement Data Book*, Wiesbaden dan Berlin, Bauverlag GmbH
- Gasser, U. & Brassel, D. 1999. *Process Technology II - Kiln System, Holderbank Management & Consulting*.
- Holderbank .2000. *Cement Seminar Process Technology*.
- Labahn, O. 1983. *Cement Engineer' Handbook*, Wisbaden and Berlin, Bauverlag GmbH.
- Madloul, N. A., Saidur, R. & Rahim, N. A. 2012. *Energetic and Exergetic Efficiencies of a Grate Cooler in an Iraqi Cement industry*. *International Congress on Informatics, Environtment, Energy and Applications*, 38.

- Nithyanantha, S. B. & Rahul, H. 2015. *Thermal Enery Audit of Kiln System in a Cement Plant. International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)*, 5, 73-79.
- Nivethidha, S. & Sivakumar, D. B. 2014. *Waste Heat Recovery in Cemen Plant. International Journal of Engineering Research and Technology (IJERT)*, 3, 814-818.
- Philip A Alsop, P., Hung Chen, P., Chin-Fatt, A. L., Andrew J Jackura, P., Mccabe, M. I. & Herman H Tseng, P. 2001. *Cement Plant Operations Handbook For Dry Process Plants*, Portsmouth, United Kingdom, David Hargreaves, International Cemen Review.
- Radwan, A. M. 2012. *Different Possible Ways for Saving Energy in the Cement Production Pelagia Research Library*, 3, 1162-1174.
- Sathiamoorthy, M. & Biglari, D. M. 2016. *A Case Studi : The Waste Heat Recovery and Utilization for Power Generation in a Cement Plant (Phase-1). International Journal of Advanced Research in IT and Engineering (IJARIE)*, 5, 1-26.
- Setiyana, B. 2007. *Analisis Unjuk Kerja Grate Clinker Cooler Pada Proses Produksi Semen*. 9, 19-26.
- Subaraj, P. & Kannapiran, B. 2010. *Artificial Neural Network Approach for Fault Detection in Pneumatic Valve in Cooler Water Spray System. International Journal of Computer Applications*, 9, 44-52.
- Varma, B. T. D. P. & Sirisha, K. P. 2008. *Study of Processing and Machinery in Cement Industry. International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT)*, 3, 385-393.