

**PENGUKURAN OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS  
SEBAGAI INDIKATOR AWAL DALAM MELAKUKAN PENINGKATAN VOLUME PRODUKSI  
(STUDI KASUS PADA INDUSTRI SEMEN DI SUMATERA SELATAN)**

**Edi Furwanto<sup>1)</sup>, Aryanto<sup>1)</sup>, Hasan Basri<sup>2)\*</sup>**

Mahasiswa Program Studi Pasca Sarjana Teknik Mesin Universitas Sriwijaya<sup>1)</sup>

Guru Besar Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya<sup>2)</sup>

Jl. Sriwijaya Negara, Bukit Besar, Palembang, Indonesia

\*Corresponding Author, e-mail: [hasanbas1@yahoo.com](mailto:hasanbas1@yahoo.com)

**ABSTRACT**

*Growth of cement demand over 10% per year at sumbagsel in the second quarter 2013 has had the cement manufacturer to do immediate short term action such as repair the existing equipment. Implementation of preventive and corective maintenance has been done, but the facts were not satisfactory. This study measured Overall Equipment Effectiveness (OEE) to determine how much capacity of cement plant to support its demand. Furthermore the Six Big Losses calculation has been analyzed and the causes of damage has been evaluated to observe the problems that occurred and to take corrective action on the issue. The expected results are OEE will increase to nearly 80%, and the growth of clinker production will be at least 60 thousand – 85 thousand tons per year.*

**Key Words : Overall Equipment Effectivenes, Six Big Losses and growth of clinker production**

**ABSTRAK**

*Pertumbuhan permintaan semen sumbagsel pada semester II di atas 10% per tahun memacu produsen semen untuk segera melakukan langkah-langkah jangka pendek berupa perbaikan peralatan yang ada. Tindakan penerapan pemeliharaan preventif dan korekstif telah dilakukan tetapi secara fakta belum memuaskan. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran Overall Equipment Effectivenes untuk mengetahui seberapa besar kemampuan pabrik dalam mendukung permintaan semen tersebut di atas. Selanjutnya dilakukan analisa perhitungan Six Big Losses dan evaluasi penyebab kerusakan untuk mengamati permasalahan yang terjadi dan melakukan tindakan perbaikan atas permasalahan tersebut. Hasil yang diharapkan OEE meningkat mendekati 80% dengan pertumbuhan volume produksi klinker minimal 60 ribu – 85 ton pertahun.*

**Kata kunci : Overall Equipment Efectivenes, Six Big Losses dan volume produksi**

**PENDAHULUAN**

Industri semen sebagai industri dasar memiliki peranan penting dalam mendukung perkembangan sarana prasarana. Menurut Bank Indonesia pada KER propinsi Sumatera Selatan Twiwulan II 2013, Permintaan semen di wilayah regional Sumatera Selatan yang relatif tinggi dengan pertumbuhan rata-rata 6 - 10% per tahun [2], akan menurunkan *market share* produk semen lokal yang relatif besar hingga 30% pada sekitar satu hingga 2 tahun kemudian. Hal ini memacu berbagai produsen semen untuk melakukan tindakan jangka pendek dengan mengoptimalkan peralatan produksi yang ada.

Peningkatan produksi dengan meningkatkan jam operasi dan produksi harian merupakan langkah peningkatan volume produksi dengan memanfaatkan peralatan yang ada. Proses produksi semen khususnya pada

proses produksi klinker merupakan satu rangkaian proses yang tidak dapat terpisahkan dan saling keterkaitan satu sama lainnya. Proses tersebut adalah satu kesatuan sistem proses yang harus dikendalikan selama proses produksi berlangsung dan harus dijaga pada kestabilan operasi.

Mempertahankan *market share*, maka harus dilakukan peningkatan volume minimal sama dengan permintaannya, oleh sebab itu melakukan tindakan peningkatan hari operasi dan jika memungkinkan secara bersamaan dilakukan peningkatan produksi perjam ataupun harian, dan secara pasti kumulatif anual kedua komponen tersebut akan meningkatkan target volume tahunan melebihi tahun sebelumnya.

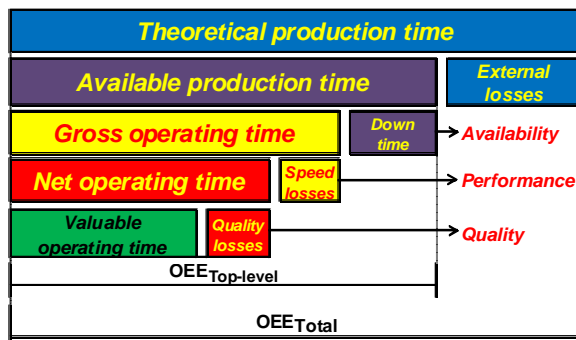
Oleh sebab itu *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) merupakan parameter penting dalam pengukuran produktivitas dan

proses operasi manufaktur [7]. OEE selanjutnya dapat digunakan untuk melakukan perbaikan kinerja peralatan, prosedur operasi dan proses pemeliharaan. Berdasarkan pengalaman dikelompokkan ada *six big losses* yang menyebabkan hilangnya tingkat produksi, dan implementasi sistem OEE yang tepat akan memberi keuntungan finansial pada suatu manufaktur. Keuntungan yang diperoleh [1,9] adalah :

1. Menurunkan biaya akibat *downtime*
2. Menurunkan biaya perbaikan mesin
3. Menurunkan biaya perbaikan kualitas produksi
4. Meningkatkan kemampuan produksi personil
5. Meningkatkan kapabilitas produksi

## METODE PENELITIAN

Tiga faktor utama yang digunakan dalam menentukan besaran OEE merupakan faktor penentu *effectiveness* (efektivitas) peralatan seperti ditunjukkan pada (Gambar 1), meliputi besaran ketersediaan jam operasi (*availability*), kinerja peralatan (*performance*) dan kualitas produk (*quality*) [5].



Gambar 1 : Filosofi OEE

Pada (Gambar 1) tersebut dapat dijelaskan bahwa :

1. *Theoretical production time* adalah waktu sempurna yang tersedia bagi peralatan untuk memproduksi sesuai dengan kapasitas desain tanpa ada gangguan dalam bentuk apapun.
2. *Available production time* merupakan waktu ideal yang tersedia bagi peralatan untuk memproduksi pada kapasitas desain dengan kemungkinan fluktuasinya, dan total *available time* merupakan hasil pengurangan *theoretical production time* karena *external losses* (gangguan luar non teknis) yang berdampak pada peralatan tidak beroperasi sama sekali atau berupa waktu stop terencana untuk perbaikan dan penggantian.
3. *Gross production time* adalah *available production time* yang kehilangan waktu produksi (*down time losses*) akibat permasalahan teknis (*technical losses*)

sehingga peralatan tidak beroperasi (*stop*) yang diakibatkan oleh berhentinya peralatan beroperasi yang tidak terencana berupa kerusakan peralatan (*failure*) dan setting peralatan atau kalibrasi alat. Hal ini sangat berdampak pada *availability* (ketersediaan waktu) peralatan.

4. *Net operating time* merupakan waktu optimal dari peralatan untuk dapat memproduksi pada kapasitas desain tanpa gangguan berarti. Pada kondisi ini faktor dominan penentu besaran tersebut adalah *speed losses* berupa peralatan beroperasi dibawah kapasitas desain yang diakibatkan karena persyaratan desain yang tidak terpenuhi misalnya akibat kualitas bahan baku, temperatur lingkungan berupa curah hujan dan musim, juga dapat diakibatkan oleh kecakapan operator, selain itu *speed losses* juga disebabkan oleh waktu yang hilang dari peralatan untuk pendinginan akibat gangguan, waktu pemanasan peralatan (*start up*), gangguan kecil dan kehilangan waktu lainnya dengan peralatan tetap beroperasi tetapi tidak memproduksi atau memproduksi dibawah kapasitas desain. Besaran produksi pada waktu ini merupakan faktor tunggal penentu kinerja (*performance*) peralatan.
5. *Valuable operating time* adalah besaran waktu operasi peralatan yang mampu menghasilkan produk sesuai dengan kualitas yang distandarkan dalam desain atau oleh kualitas kepentingan pelanggan. Besaran ini sangat menentukan nilai kualitas produk yang diterima karena adanya kualitas produk yang tidak memenuhi standar selama *net operating time*. Khusus untuk industri semen kehilangan produk akibat kualitas produk secara umum tidak pernah terjadi, sebab persentasinya sangat kecil sekali sehingga tidak berpengaruh karena dapat dicampur dengan produk lainnya yang berkualitas baik.

Dari penjelasan pada (Gambar 1) tersebut di atas maka dapat disusun besaran-besaran yang mempengaruhi faktor efektivitas peralatan secara overall adalah sebagai berikut :

### 1. Availability

*Availability* merupakan laju ketersediaan waktu peralatan yang dipengaruhi oleh *gross operating time* terhadap *available production time*, dimana *gross operating time* merupakan besaran *available time* dikurangi dengan *down time losses*, dengan persamaan sebagai berikut [5,8]:

$$Availability = \frac{Gross\ operating\ time}{Available\ production\ time} \quad 1)$$

### 2. Performance

*Performance* merupakan laju kinerja peralatan untuk dapat memproduksi dan merupakan hasil

perbandingan *net operating time* terhadap *gross operating time*, dimana *net operating time* merupakan *gross operating time* dikurangi *speed losses*, dengan persamaan sebagai berikut [5,8]:

$$Performance = \frac{Net\ operating\ time}{Gross\ operating\ time} \quad 2)$$

### 3. Quality

*Quality* merupakan laju kualitas produk hasil perbandingan *valuable operating time* terhadap *net operating time*, dimana *valuable operating time* merupakan *net operating time* dikurangi *quality losses*, dengan persamaan sebagai berikut [5,8]:

$$Performance = \frac{Valuable\ operating\ time}{Net\ operating\ time} \quad 3)$$

Berdasarkan ketiga data laju besaran tersebut di atas maka, *overall equipment effectiveness* (OEE) sebagai laju efektivitas peralatan secara overall merupakan hasil perkalian dari ketiga laju tersebut [5], sehingga OEE diperoleh :

$$OEE = \frac{Valuable\ Operating\ Time}{Available\ Production\ Time} \quad 4)$$

OEE tersebut disebut sebagai  $OEE_{Top-level}$  [5]. Sedangkan OEE total merupakan hasil perkalian  $OEE_{top-level}$  dengan *planning factor*  $P_f$  (faktor rencana) [5], berikut persamaan tersebut adalah sebagai berikut :

$$OEE_{Total} = OEE_{Top-level} \cdot P_f \quad 5)$$

Pada (Gambar 1) dapat terlihat bahwa besaran  $OEE_{Total}$  adalah merupakan perbandingan besaran *availability production time* terhadap *theoretical production time*, dengan persamaan sebagai berikut :

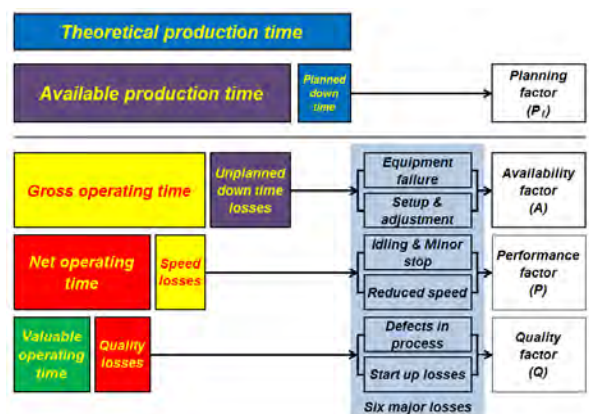
$$Planning\ factor = \frac{Available\ production\ time}{Theoretical\ production\ time} \quad 6)$$

*Planning factor* ini merupakan persentase indikator dari *theoretical total production time planned* atau data nyata pada industri sejenis dan tidak dipengaruhi oleh kondisi apapun yang berkaitan dengan efektivitas. Pengukuran ini merupakan perkembangan yang tidak termasuk dalam utilitas instalasi dan merupakan besaran konstanta yang digunakan dalam kurun waktu tertentu selama tidak ada perubahan desain dan berbagai penyebab luar yang memungkinkan adanya perubahan [5]. Besaran  $OEE_{Total}$  merupakan besaran faktor produksi dari suatu peralatan atau sistem yang diperhitungkan dan berkaitan erat dengan faktor desain, sehingga persamaan 5) di atas dapat ditulis ulang sebagai berikut [5]. :

$$Total\ productivity = OEE_{Top-level} \cdot P_f \quad 7)$$

*Best practice* (hasil terbaik di dunia) besaran OEE menurut *World Class Manufacturing* (WCM) pada penghargaan *Total Productive Maintenance* (TPM) adalah 85% [5,8] dengan rincian khusus untuk industri semen adalah  $OEE_{Top-level}$  minimal 80%, dan  $OEE_{Total}$  sebesar 60% [5], maka dipastikan besaran *total productivity* sebesar 60%, sehingga dapat dipastikan bahwa besaran maksimum gangguan dari luar non teknis (*external losses*) yang diizinkan pada industri semen adalah maksimal sebesar 40%.

Faktor penentu besaran OEE tersebut erat kaitannya dengan *six big Losses* (enam kehilangan besar) atau biasa disebut *six major losses* dan sangat menentukan besaran volume produksi dari suatu pabrik. Berikut hubungan tersebut digambarkan pada Gambar 2 [5]. Dari hubungan pada (Gambar 2) dijelaskan bahwa volume produksi sangat ditentukan oleh OEE dan faktor rencana ( $P_f$ ) sebagai batasan faktor produksi yang ditentukan dari total rencana stop atau total waktu rencana produksi [5].



Gambar 2 : Hubungan waktu produksi & six major losses

*Six big losses* yang ditemukan oleh Nakajima, pada (Gambar 1), dijelaskan sebagai berikut [3,7] :

1. Kegagalan peralatan (*equipment failure*), merupakan kondisi peralatan yang tidak beraktivitas sama sekali. Kondisi ini berdampak pada *breakdown losses* yang berakibat pada hilangnya nilai produksi, sebab kehilangan waktu yang terjadi tidak hanya pada waktu *breakdown* saja tetapi waktu pendinginan peralatan dan *start up* menjadi bagian yang mahal. Akibat dari *breakdown* tersebut akan berdampak sangat luas termasuk kerusakan kualitas, hilangnya energi listrik tanpa produk, kesiapan inventori terganggu dan menurunkan gairah kerja.
2. *Set up and adjustment*, merupakan kondisi penyetelan peralatan yaitu *positioning – calibrating – centering – fine-tuning*. Pada kondisi ini peralatan sama sekali tidak berproduksi.

3. *Idling-Minor Stoppage*, merupakan keadaan peralatan tidak berproduksi yang diakibatkan oleh stop singkat 1 atau 2 menit hingga satu atau dua jam tanpa harus menyetop peralatan secara total dan dibutuhkan waktu lebih singkat untuk mencapai pola operasi yang stabil. Misalnya suplai material yang tidak kontinyu, *switch* bergerak, vibrasi akibat masuknya material dan termasuk perubahan frekuensi listrik.
4. *Reduced speed /production capacity losses*, adalah kehilangan yang dikarenakan perbedaan kondisi desai dan realitas yang ada misalnya perbedaan bahan baku karena naiknya kandungan air. Biasanya disebabkan oleh permasalahan mekanik, cacat produk, atau permasalahan sebelumnya.
5. *Defect in process*, adalah adanya hasil produk yang tidak sesuai dengan standar yang telah ditentukan baik karena persyaratan desain maupun persyaratan pelanggan dan peraturan yang berlaku.
6. *Start up yield losses*, merupakan hilangnya waktu produksi karena peralatan belum siap untuk produksi.

Proses produksi semen menurut *North American Industry Classification System (NAICS) code 32731 (formerly identified as SIC code 3241)* adalah [4,6]:

1. Proses produksi semen dimulai dari tambang batukapur dan tanah liat.
2. Setelah dilakukan penghancuran batu kapur dan tanah liat secara terpisah, dan selanjutnya di giling hingga mencapai kehalusan tertentu sambil diupkan dan material tersebut dikoreksi dengan penambahan pasir silika dan pasir besi.
3. Selanjutnya material halus yang telah kering tersebut dipanaskan pada *preheater* dengan memanfaatkan gas panas dari *rotary kiln* hingga terbentuk proses kalsinasi mendekati 80%, selanjutnya proses kalsinasi berlangsung pada *rotary kiln* dengan temperatur berkisar 1500°C dan *clinker* didinginkan mendadak dengan udara pada *grate cooler*.
4. *Klinker* tersebut sudah dapat dijadikan semen dengan penggilingan hingga kehalusan *blaine* 4000 cm<sup>2</sup>/gr setelah ditambahkan gypsum.

Tujuan utama pemeliharaan adalah untuk melakukan pendekatan dengan menjaga peralatan untuk tetap beroperasi dengan produksi maksimum [4,6].

Penelitian ini dilakukan khususnya pada industri semen di Sumatera Selatan, dengan mengumpulkan data operasi berupa jam operasi dan produktivitas termasuk gangguan-gangguan operasi selama kurun waktu tahun 2012 dan tahun 2013.

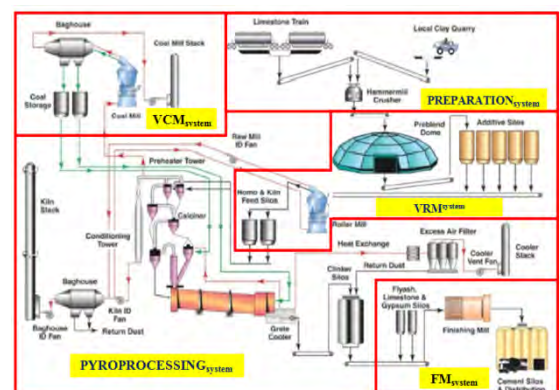
Selanjutnya data yang diperoleh dilakukan analisa untuk mengetahui tingkat ketersediaan waktu operasi (*availabilitas*) dan kinerja (*performance*) peralatan, dan rasio yang diperoleh antara keduanya akan menghasilkan besaran OEE. Selain itu dilakukan pengelompokan atas data gangguan yang mengakibatkan kecilnya nilai OEE atau yang tergabung dalam *six big losses* untuk dilakukan perbaikan seperlunya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada skema produksi semen (Gambar 3) dapat dijelaskan bahwa :

### 1. *Preparation system* (sistem persiapan)

Pada sistem ini berfungsi untuk menyiapkan seluruh bahan baku (*raw material*) berupa batu kapur (*limestone*), tanah liat (*clay*) dan material koreksi berupa pasir besi (*iron sand*), pasir silika (*silica sand*). Batu kapur dan tanah liat diperoleh dari tambang sendiri, selanjutnya di lakukan penghacuran dengan mesin *crusher* untuk memperoleh ukuran maksimal 80 mm. Batu kapur dan tanah liat setelah *dicrushing* terpisah dikumpulkan pada masing-masing *storage* (tempat penyimpanan) dengan metode tertentu sehingga terbentuk pola *kehomogenan*, hal ini dikarenakan variasi sifat kimia bahan tersebut yang sangat *fluktuatif*. Sedangkan pasir besi dan pasir silika diperoleh dari tambang rakyat, bahan tersebut disimpan pada *intermediate storage* (penyimpanan sementara). Fungsi material koreksi ini adalah untuk ditambahkan pada bahan batu kapur dan tanah liat pada proses selanjutnya jika hasil analisa kualitas bahan ada kekurangan pasir silika dan pasir besi.



Gambar 3 : Skema Produksi Semen

### 2. *Vertical raw mill system* atau *VRM SYS*

Sistem ini berfungsi memproduksi bahan mentah yang telah disiapkan pada *preparation system* untuk digiling membentuk

- persyaratan kehalusan tertentu. Batu kapur dan tanah liat setelah ditambahkan bahan koreksi pasir besi dan pasir silika untuk mencapai kualitas tertentu diangkut ke *vertical roller mill* untuk digiling. Pada proses penggilingan ini juga berfungsi sebagai pengeringan kadar air hingga maksimal 1,00% dengan memanfaatkan udara panas dari *preheater*. Produk material halus selanjutnya dipisahkan dari udara panas pada *electrostatic precipitator*, dimana udara dibuang ke lingkungan melalui cerobong (*stack*) sedangkan material produk disimpan pada *continuous flow silo* (CF Silo) untuk proses selanjutnya, produk sisa (*reject*) dari *vertical roller mill* kembali ke sistem untuk digiling kembali bersama material baru.
3. *Pyro processing system* atau *pyro sys*.  
Material halus yang disimpan pada *cf silo* berupa *fine meal*, selanjutnya diangkut dengan menggunakan peralatan *fluxo slide* dan *belt bucket* menuju *preheater* untuk proses pemanasan. Pada *cf silo* khususnya pada sisi bawah silo (*bottom silo*) dengan desain tertentu berfungsi sebagai aerasi material yang akan dikirim ke *preheater*, tujuannya adalah supaya *fine meal* memiliki sifat kimia dan fisika yang benar-benar sama (*homogen*) sebab dapat berdampak pada kestabilan pengendalian operasi. Pada sistem ini produk mengalami beberapa proses meliputi :
- Pada stage 1.  
Pada tempat ini *fine meal* mengalami proses *drying* (pengeringan) pada temperatur operasi berkisar 100 – 400°C dengan memanfaatkan udara panas sisa pembakaran dari *calsiner* dan *rotary kiln*. Proses ini bertujuan untuk melepaskan air kristal pada *fine meal* atau yang biasa disebut dengan proses *dehidrasi*, dimana  $H_2O(l)$  akan bereaksi menjadi  $H_2O(g)$  dan terbuang bersama gas panas. Gas panas akan tetap dimanfaatkan untuk pengeringan pada proses penggilingan di *vertical raw mill* dan *vertical coal mill*. Peralatan *stage 1*, meliputi peralatan *cyclone*, *flap damper*, dan peralatan inputan termasuk *weigher* untuk menimbang *fine meal* sebelum masuk *preheter* dan peralatan transport berupa *fluxo slide* dan pipa aliran udara dan pipa aliran produk.
  - Pada *Stage 2* sampai dengan *stage 4*  
*Fine meal* yang telah terbebas dari air, akan mengalami proses *dekomposisi* (proses penguraian) pada temperatur 400 – 900°C. Pada proses ini terjadi proses penguraian partikel pembentuk kadar air, dengan reaksi proses sebagai berikut :
- a.  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$  menjadi  $Al_2O_3 + 2SiO_2 + 2H_2O$
  - b.  $(Al,Fe)_2O_3 \cdot 3SiO_2 \cdot nH_2O$  menjadi  $Al_2O_3 + Fe_2O_3 + 3SiO_2 + nH_2O$
- Pada *stage* ini peralatan yang digunakan tidak jauh berbeda dengan pada *stage 1*, yaitu berupa *cyclone*, *flap damper*, pipa aliran udara dan pipa aliran produk.
- Pada *Calsiner*  
Pada proses ini material produk mengalami proses kalsinasi yaitu proses *dekomposisi karbonat* pada temperatur 400 – 900°C, dan proses reaksi partikel dalam fasa padat pada temperatur 900 – 1100°C, berikut masing-masing reaksi
- a. Proses *dekomposisi karbonat*
    - $CaCO_3$  menjadi  $CaO + CO_2$
    - $MgCO_3$  menjadi  $MgO + CO_2$
  - b. Proses reaksi partikel dalam fasa padat
    - $4CaO + Al_2O_3 + Fe_2O_3 \cdot 2H_2O$  menjadi  $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$  disebut  $(C_4AF)$  atau *ferite*
    - $CaO + Al_2O_3$  menjadi  $3CaO \cdot Al_2O_3$  disebut  $(C_3A)$  atau *celite*
    - $2CaO + SiO_2$  menjadi  $2CaO \cdot SiO_2$  disebut  $(C_2S)$  atau *belite*
- Proses kalsinasi ini terjadi pada peralatan *calsiner* yaitu *cylone* dengan ukuran besar dan peralatan *flap damper*, pipa aliran gas panas dan pipa aliran produk. Tetapi pada *calciner* ini untuk mencapai temperatur hingga 900°C lebih ditambahkan peralatan pembakaran batubara halus berupa *burner*. Banyaknya batubara yang digunakan pada peralatan ini sekitar 60% dari seluruh total kebutuhan bahan bakar. Pada *Calsiner* total seluruh proses pembentukan klinker (*clinkerisasi*) telah mencapai hingga lebih 80%, sisanya akan terjadi pada proses *sintering* pada *rotary kiln*. Hal ini selain bertujuan dengan memanfaatkan gas panas yang ada juga untuk mendistribusikan bebas panas yang tinggi supaya tidak terkonsentrasi pada *rotary kiln*.
- Pada *rotary kiln*  
Pada *rotary kiln* terjadi proses *sintering* yaitu proses kalsinasi (pembentukan klinker) berupa reaksi partikel dalam fasa cair (berkisar 20 – 30% dari seluruh total proses kalsinasi) pada temperatur 1260 – 1310°C. Berikut reaksi kalsinasi tersebut adalah :
- $CaO + 2CaO \cdot SiO_2$  menjadi  $3CaO \cdot SiO_2$  disebut  $(C_3S)$  atau *alite*. Peralatan yang digunakan pada adalah *shell rotary kiln* termasuk ketiga support, *open gear* sebagai tranmisi daya dari motor, dan peralatan lainnya yang merupakan satu kesatuan fungsi.

- Pada *Grate cooler*  
Seluruh material yang telah mengalami proses pada peralatan tersebut di atas dalam bentuk cair dan mengalir ke *grate cooler* (peralatan pendingin) dengan memanfaatkan aliran udara paksa dari lingkungan secara mendadak (*quenching*) sehingga menghasilkan klinker padat yang rapuh dan mudah digiling. Pada *grate cooler* peralatan yang digunakan berupa beberapa fan dalam skala besar, sistem hidrolik untuk menggerakkan aliran klinker menuju *crusher* dan peralatan transport untuk mengirim produk ke tempat penampungan dan penyimpanan, juga termasuk peralatan *drag chain*.
3. *Vertical coal mill system* atau VCM SYS  
Peralatan pada sistem ini berfungsi untuk menyiapkan bahan bakar batubara dengan persyaratan pembakaran di *rotary kiln* dan *calsiner* sesuai dengan *burner* (alat pembakar batubara) yang digunakan. Proses yang terjadi adalah batubara dengan ukuran maksimal 80 mm dengan kandungan air sekitar 15,00% digiling halus hingga kehalusan tertentu sesuai dengan yang dipersyaratkan pada pembakaran. Bersamaan dengan proses tersebut juga dilakukan pengeringan kandungan air dalam batubara dengan memanfaatkan gas panas dari *preheater* yang di alirkan melalui *ID Fan* hingga kandungan air pada produk maksimal 5,00%. Peralatan pada sistem ini meliputi *dom storage* (tempat penyimpanan batubara), peralatan transport yang meliputi *belt conveyor*, *drag chain*, *bucket elevator*, *coal reclaiming* (peralatan penggaruk batubara), *bin raw coal* (penyimpanan batubara dalam sekala kecil sebelum digiling), peralatan sistem penimbang batubara sebelum digiling, *vertical roller mill* tipe *atox mill*, *bin fine coal* (tempat penyimpanan batubara produk yang telah halus), sistem peralatan anti kebakaran berupa otomatis suplai gas karbon monoksida ( $CO_{(gas)}$ ), *Pfister rotor weight feeder* sebagai penimbang batubara halus pada jumlah tertentu sebelum dibakar, *blower* yang berfungsi sebagai pendorong batubara halus menuju *burner system*, dan sistem perpipaan untuk aliran udara dari *blower* dan aliran produk.
  4. *Finish mil system* atau FM SYS  
Secara umum proses pada sistem ini merupakan proses penggilingan akhir dari proses pembuatan semen, dimana campuran dengan jumlah sekitar 94% sesuai kebutuhan dan *gypsum* berkisar 2 – 6%, dan dapat ditambahkan bahan ketiga berupa batu kapur, abu terbang sisa pembakaran batubara (*fly ash*), *blast furnace slag* dan *pozolan* sesuai

dengan porsi pengendalian kualitas yang dibutuhkan, sehingga dengan penambahan tersebut dapat menurunkan faktor kilner. Peralatan pada sistem ini meliputi peralatan transport baik peralatan transport bahan baku dan bahan ketiga berupa *drag chain*, *belt conveyor* maupun peralatan transport produk semen berupa *fluxo slide*, juga peralatan sistem penimbang bahan, peralatan penggilingan berupa *tube mill* maupun tipe *vertical roller mill*, *separator unit* yang berfungsi sebagai separasi material halus sebagai produk dan *reject*, sistem peralatan penangkap debu (produk) yang berfungsi memisahkan produk dengan udara yang akan dibuang ke lingkungan. Produk semen selanjutnya disimpan pada semen silo dan siap dikantongkan maupun dijual dalam bentuk curah.

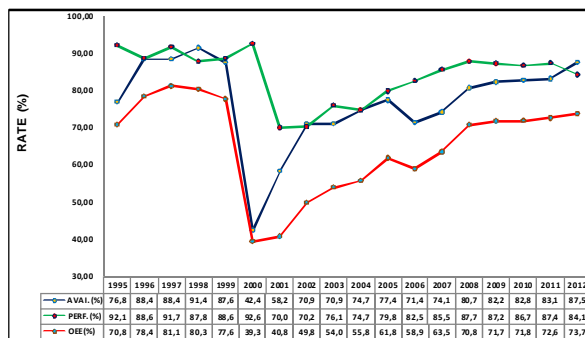
Untuk peralatan pertama hingga ketiga hanya terdiri dari satu proses sistem sehingga jika terjadi gangguan maka seluruh sistem tersebut dapat berhenti total tidak berproduksi. Sedangkan untuk peralatan yang keempat memiliki empat sistem termasuk sistem pengantongan, yaitu meliputi tipe *tube mill* dan *vertical roller mill* berada pada satu tempat daerah utama dan dua sistem tipe *tube mill* yang identik berada pada dua tempat yang berbeda termasuk sistem pengantongannya.

Dari penjelasan di atas, dilakukan pengelompokan kajian berupa penyusunan matrik konsumsi produk seperti ditunjukkan pada Tabel I. Dalam mendukung kapasitas produksi semen minimal 1,25 Juta pertahun (*million per year*) dengan pertumbuhan permintaan rata-rata 6-10% per tahun, atau sekitar 70.000 ton per tahun dengan kapasitas desain masing-masing sistem peralatan pada *finish mill* FM BR I, FM BR II, FM PJ, FM PG, proses PYRO PROC. SYS., penggilingan bahan baku VRM SYS dan penggilingan batubara VCM SYS adalah berturut-turut 75 tph, 125 tph, 50 tph, 50 tph, 179 tph, 360 tph dan 30 tph. Dengan kebutuhan produk *fine meal* dan *fine coal* untuk produksi klinker yang mengacu pada data operasi tahun 2012 adalah masing-masing 175% dan 17,1%. Berikut konsumsi bahan pada masing-masing sistem peralatan adalah seperti ditunjukkan pada Tabel I.

Tabel I. : Matrik konsumsi produk tiap sistem peralatan dalam satu jam produksi

Peralatan	Kapasitas	Bahan
1. FM BR I	60 tph	klinker
2. FM BR II	100 tph	klinker
3. FM PJ	40 tph	klinker
4. FM PG	40 tph	klinker
5. PYRO PROC.	313,5 tph	<i>fine raw mill</i>
6. VCM SYS	30,6 tph	<i>for pyro. P</i>

Dari kondisi peralatan 1 sampai dengan 4 pada Tabel I dengan total konsumsi klinker 240 tph, maka dihasilkan total produksi semen sekitar 300 tph atau dengan utilitas sebesar minimal 70 s.d 90% dengan hari operasi 260 hari pertahun maka produksi total sekitar 1,3104 – 1,6848 ton per tahun, dalam hal ini kemampuan *finish mill* masih mampu menyerap kebutuhan semen hingga selama 3 s.d. 4 tahun jika kondisi permintaan di pasar tidak mengalami perubahan yang berarti. Sedangkan jika dilihat dari kebutuhan bahan baku *limestone* (LS), *clay*, *silica sand* dan *iron sand* dengan masing-masing indeks bahan 0,85 ton, 0,17 ton, 9,56 kg, 22,80 kg. Untuk kebutuhan produksi *fine meal* (yang didasarkan pada produksi semen diatas 1,25 Juta pertahun) adalah diatas 226,16 ton per jam (tpj) LS, 54,22 tpj *clay*, 3,0 tpj *iron silica* dan 7,15 tpj *iron sand*. Dengan kemampuan desain masing-masing *crusher limestone dan clay* adalah 650 tpj LS dan 280 tpj *clay*, masih sangat mungkin untuk ditingkatkan kinerjanya, sebab kapasitas produksi yang digunakan baru sekitar 34,79% dan 19,36%, sehingga unit persiapan bahan baku sangat mendukung untuk dilakukan peningkatan operasi, dengan melakukan peningkatan hari operasi dan pencapaian kapasitas desain.



Gambar 4 : Grafik *availability*, *performance* dan OEE

Dari evaluasi tersebut di atas, maka yang menjadi permasalahan utama (*bottle neck*) pada peningkatan volume semen adalah mesin *pyro processing system* dan peralatan pendukungnya yang meliputi; *preheater system*, *rotary kiln* dan *vertical coal mill system*, hal ini dikarenakan untuk mencapai kapasitas 1,2 Juta ton klinker pertahun dengan kapasitas desain 4.300 ton per hari (tph) maka hari operasi optimal *rotary kiln* minimal 280 hari. Sedangkan kapasitas rata-rata operasi dan hari operasi dalam kurun waktu beberapa tahun terakhir dapat terlihat pada *trend availability, performance* dan OEE seperti pada Gambar 4. Pada gambar 4 tersebut, terlihat selama periode tahun 1999 s.d. 2001 terjadi penurunan OEE, hal ini dikarenakan

proses optimalisasi baru selesai dikerjakan dan terjadi kegagalan serius pada tahun 2001 ketika peralatan (pabrik) akan dioperasikan yang diakibatkan oleh gagalnya sistem pelumasan roller pada *vertical roller coal mill* sehingga peralatan secara total harus stop kembali untuk perbaikan, selanjutnya pabrik secara umum dapat beroperasi lebih baik dan terjadi kenaikan OEE lebih cenderung diakibatkan oleh naiknya tingkat kebutuhan permintaan semen dan terkendalinya peralatan. Pada tahun 2012, OEE yang dicapai 73,72 %, hal ini mengindikasikan bahwa tingkat *performance* dan *availability* peralatan masih dibawah 80%, dan secara umum terjadi peningkatan OEE dari tahun ketahun, hal ini dikarenakan adanya kebutuhan volume yang terus meningkat dan masih rendahnya hari operasi dan produksi yang masih jauh dibawah kapasitas desain. Pada tahun 2012 hari operasi 295 hari dengan total produksi 1,07 Juta ton klinker pertahun. Jika kapasitas desain tercapai maka volume produksi seharusnya 1,27 Juta tons klinker pertahun. Pada kondisi ini terlihat bahwa seluruh peralatan pada sistem *pyro processing* belum beroperasi optimal, dikarenakan adanya *speed losses* yang berdampak pada kondisi *steady state* operasi, yang sangat dipengaruhi oleh banyak faktor mulai dari kondisi kesehatan sistem peralatan, fluktuasi sifat material *feeding*, fluktuasi nilai kalor *fine coal*, kestabilan sumber listrik dan lingkungan saat itu.

Tahun 2013 hingga periode September hari operasi yang telah dicapai dan total volume produksi adalah 201 hari dan 693.877,0 ton klinker atau dengan kapasitas harian 3.445,33 tph atau dengan *availability* dan *performance* adalah 59,76% dan 80,12% dengan OEE sebesar 47,88%, hal ini dikarenakan overhaul yang direncanakan telah berjalan selama 30 hari pada selama periode tersebut dan adanya kegagalan berupa *hot spot* pada *rotary kiln*, sehingga hari tersisa dipergunakan sebagai hari yang harus berproduksi sampai dengan akhir tahun.

Dengan mengacu pada *available operation time* yang sama selama satu tahun sebesar 337 hari, dengan sisa hari operasi sebesar 93 hari dan produksi dengan produksi harian yang sama diperkirakan produksi masih dapat dicapai sebesar 316.970,0 ton klinker maka diperoleh *availability* dan *performance* sebesar 87,06% dan 80,12% dengan OEE adalah 69,76%. terjadi penurunan nilai OEE dari tahun 2012 ke tahun 2013 sebesar 3,96 %.

Jika dilihat *operating time* dan *planning factor* untuk peralatan produksi dalam kurun waktu selama ini seperti terlihat pada Tabel II berikut :

**Tabel II: Operating time & planning factor**

No	EQUIP.SYS.	Gross Operating Time (Real Operating Time)	Net Operating Time (Real Production)	Time Losses			OEE	Design_Cap	
				Technical	External			Pf	Available Production Time
					Technical	Non Technical			
days	tpv	hours	hours	hours	%	%	tpv		
1	Raw Mill	236,16	1.609.635,5	1.105,9	1.181,2	840,4	55,3	92,3	2.911.680,0
2	Clinker	295,00	1.067.882,5	870,4	174,2	616,7	73,7	92,3	1.449.100,0
3	Fine Coal	290,29	179.559,2	103,7	1.001,1	663,6	74,0	92,3	242.640,0

*Planning factor* peralatan sebesar 92,3% merupakan ketersediaan peralatan yang cukup tinggi, sehingga dengan nilai OEE pada ketiga sistem masih sangat mungkin untuk ditingkatkan, sebab peralatan masih beroperasi dibawah kapasitas desain, dengan *gross operating time* masih sangat rendah, hal ini dikarenakan gangguan teknis dari luar yang berpengaruh langsung terhadap proses dan ketersediaan operasi peralatan tersebut. Ketiga sistem peralatan tersebut di atas sebagai satu proses kontinyu yang saling memiliki keterkaitan langsung. Pencapaian OEE diatas 80% akan berdampak naiknya kapasitas produksi klinker tidak seperti kapasitas desain pada Tabel II atau sekitar 1,23 juta ton klinker dan menghasilkan produksi semen sekitar 1,54 juta ton semen pertahun, dan akan mampu menyerap permintaan pasar hingga tahun 2015 dengan *market share* sebesar 60% dan pertumbuhan permintaan semen sekitar 6 s.d. 10% pertahun untuk wilayah Sumbagsel.

*Losses external technical* merupakan efek yang timbul akibat masalah teknis pada sisi peralatan yang terkait, sehingga jika *losses technical* bisa diatasi maka dampak *external* bagi peralatan lainnya juga akan ikut teratasi dan menaikkan *net operating time* dan *gross operating time*, sebab *down time* akan berkurang dan *speed losses* juga akan menurun. Tingginya *time losses technical* dan *external technical* merupakan peluang dalam peningkatan OEE yang berdampak langsung pada volume produksi.

Dari hasil analisa *technical big losses* pada Tabel III diketahui bahwa faktor kerusakan peralatan sebesar 68,57% menjadi prioritas penyebab rendahnya OEE pada peralatan *Pyro Processing*, dan dampak tersebut sangat dimungkinkan akibat *reduced speed losses* pada *Vertical Raw Mill* sebesar 52,99% dan *Vertical Coal Mill* 36,74% dan *equipment failure* pada VRM sebesar 38,52% dan VCM sebesar 31,35% yang merupakan *external technical losses* bagi *pyro processing system* akan berdampak sangat besar terhadap stopnya operasi *pyro processing*. Dampak dari *equipment failure* tersebut berupa *red spot* berulang pada *rotary kiln* yang merupakan bagian dari *pyro processing system (clinker system equipment)*, kondisi tersebut

dikarenakan terjadi stop mendadak dan berulang dalam frekuensi yang sering sehingga terjadi kerusakan pada sistem *refractorynya*.

**Tabel III : Technical six big losses**

Big Losses	% Technical Losses		
	PYRO	VRM	VCM
Equipment Failure	68,57	38,52	31,35
Set Up and Adjustment	0,40	1,26	14,14
Idling & Minor Stop	3,54	7,23	17,77
Reduced Speed	12,57	52,99	36,74
Defect in Process	0,00	0,00	0,00
Start Up in Process	14,92	0,00	0,00

Penyelesaian atas *equipment failure* tersebut yaitu dengan melakukan perbaikan kerusakan pada peralatan utama pada VRM dan VCM yaitu pengendalian fluktuasi bahan baku (*fine meal*) dengan kualitas yang homogen dan suplai yang kontinyu. Hal tersebut akan menurunkan nilai *reduced speed Pyro Processing* yang dapat menaikkan *net operating time* sebesar 68,57% dan 12,57% dari total *losses time* pada sistem *pyro processing* atau sekitar 706,25 jam, atau setara dengan produksi *clinker* sebesar 126.418, ton. Selain itu *time losses non technical* sekitar 70% lebih diakibatkan oleh gagalnya suplai daya dari PLN yang berdampak berhentinya seluruh sistem produksi, frekuensi stop tersebut masing-masing oleh rendahnya frekuensi daya listrik (*under voltage*) sebanyak 12 kali dan suplai daya stop total sebanyak 29 kali baik oleh stop suplai daya listrik yang direncanakan maupun akibat oleh gangguan sistem suplai. Keadaan tersebut juga akan menaikkan potensi kerusakan pada sistem *refractory* pada *rotary kiln* berupa *red spot* (lepasnya batu tahan api atau *refractory* dari dinding *rotary kiln* sehingga *kiln shell* bersentuhan langsung dengan sumber panas dan berpotensi deformasi atau terjadi perubahan *ovality kiln shell*)

Pada sistem produksi yang kontinyu seperti halnya dalam produksi klinker, kerusakan satu peralatan akan berdampak pada sistem operasi lainnya bahkan akan berdampak kerusakan pada peralatan lainnya. Pada Tabel III, *equipment failure* pada *pyro system* sebesar 68,57% lebih banyak diakibatkan oleh *red spot shell rotary kiln* sebesar 41,57%. Sedangkan *reduced speed losses* sebesar 14,92 % seluruhnya diakibatkan oleh *blocking* pada sistem proses aliran produk. Hasil analisa kimia membuktikan bahwa kehomogenan fluktuasi kualitas material yang sangat tinggi, sehingga terjadi ketidakhomogenan material *feeding* yang berdampak pada rumitnya sistem pengendalian operasi dan dapat berakibat terjadi *blocking*. Jika *blocking* berulang maka akan berdampak juga



terjadi *equipment failure* pada *pyro processing system (clinker manufacturing)*. Frekuensi stop berulang inilah yang dapat mengakibatkan berbagai kerusakan terutama pada *rotary kiln*.

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan analisa tersebut di atas maka dapat disimpulkan bahwa *bottle neck* pada efektivitas peningkatan kapasitas semen adalah pada sistem *pyro processing, vertical raw mill system* dan *vertical coal mill system*.

Sedangkan rendahnya OEE sebagian besar diakibatkan oleh *equipment failure losses* pada *pyro processing system* akibat dari tingginya fluktuasi kualitas material *feeding*, frekuensi stop yang tinggi dan kerusakan pada sistem lain yang terkait langsung dan berdampak pada stop beroperasinya sistem tersebut termasuk dampak akibat stop karena *supply daya* dari PLN.

Peluang menaikkan *net operating time* dengan memanfaatkan *technical losses* pada sistem *Pyro Processing* dapat menambahkan volume klinker, dan jika *equipment failure* dapat dikendalikan maka *external technical losses* juga akan tereduksi menjadi *net operating time*.

Pencapaian OEE 80% akan menaikkan kapasitas klinker menjadi sekitar 1,23 juta ton pertahun untuk produksi semen sekitar 1,54 juta ton pertahun masih cukup realistis jika kestabilan operasi dapat dijaga dengan hari operasi diatas 320 hari, sehingga kapasitas desain harian dapat dicapai pada kondisi operasi stabil.

Tinjauan ini merupakan kajian awal dan merupakan rencana jangka pendek yang dapat diterapkan, sedangkan untuk jangka panjang perusahaan harus merencanakan peningkatan kapasitas dengan membangun pabrik lengkap yang baru yang mendekati sumber bahan baku dan pasar sehingga *market share* dapat tetap dipertahankan dengan perubahan dan kenaikan permintaan semen.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. ATS MES Excellence Centres, 2010, "Overall Equipment Effectiveness (OEE) For various industries ", ATS White Paper, ATS International B.V, www.ats-global.com
- [2]. Carlo Scodanibbio, 2010, "World-Class TPM (Total Productive Maintenance) how to calculate Overall Equipment Effectiveness (OEE)", <http://www.scodanibbio.com>
- [3]. Damilare T. Onawoga, and Olanikanmi O. Akinyemi, 2010, "Development of Equipment Maintenance Strategy for Critical

Equipment", The Pacific Journal of Science and Technology, Volume 11. Number 1. May 2010 (Spring), Olabisi Onabanjo University, PMB 5026, Ifo Post Office, Nigeria

- [4]. Francis Wauters and Jean Mathot, 2002, "OEE (Overall Equipment Effectiveness)", ABB Inc., www.abb.com
- [5]. Hani Shafeek, 2012, "Maintenance Practices in Cement Industry", Asian Transactions on Engineering (ATE ISSN: 2221-4267) Volume 01 Issue 06, King Abdulaziz University
- [6]. Harsha G. Hegde, N. S. Mahesh, Kishan Doss, 2009, Overall Equipment Effectiveness Improvement by TPM and 5S Techniques in a CNC Machine Shop, SASTECH, Volume 8, Issue 2, September 2009, M.S. Ramaiah School of Advanced Studies, Bangalore
- [7]. Rahmad, Pratikno, Slamet Wahyudi, 2012, "Penerapan Overall Equipment Effectiveness (OEE) Dalam Implementasi Total Productive Maintenance (TPM) (Studi Kasus di Pabrik Gula PT. "Y")", Jurnal Rekayasa Mesin Vol.3, No.3. Tahun 2012 :431-437, Universitas Brawijaya.
- [8]. Sirmas Munthe, Denny W. Utama, Idayani Pane, 2009, "Implementasi Manajemen dan Teknik Pemeliharaan pada PT Garuda Mas Perkasa", Semai Teknologi Volume 3, Nomor 1, Juni 2013, ISSN : 1907 – 3259, Universitas Sumatera Utara

# CALL FOR PAPERS

BATAS WAKTU  
PENERIMAAN ABSTRAK:  
SENIN 14 OKTOBER 2013

KONFIRMASI ABSTRAK  
YANG DITERIMA  
SENIN 21 OKTOBER 2013

BATAS WAKTU PENERIMAAN  
MAKALAH LENGKAP:  
SENIN 4 NOPEMBER 2013

BATAS AKHIR PEMBAYARAN  
REGISTRASI TAHAP I:  
JUM'AT 8 NOPEMBER 2013

BATAS AKHIR PEMBAYARAN  
REGISTRASI TAHAP II:  
JUM'AT 15 NOPEMBER 2013

WAKTU PELAKSANAAN  
SEMINAR NASIONAL AVOER V:  
KAMIS 28 NOPEMBER 2013

TEMPAT PELAKSANAAN:

RUANG SEMINAR GEDUNG I &  
GRAHA BUKIT ASAM  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
KAMPUS PALEMBANG

JL. SRIJAYA NEGARA BUKIT  
BESAR PALEMBANG – 30139  
SUMATERA SELATAN



Panitia Seminar Nasional  
AVoER (*Added Value of Energy Resources*) V 2013  
Fakultas Teknik  
Universitas Sriwijaya

**Contact Person:**

Dr. Budhi Kuswan Susilo, S.T., M.T. (0813-67717091)  
Ir. Rudyanto Thoyib, M.Sc. (0812-7826541)  
Ir. Marwani, M.T. (081367393081)

Email : [seminar.avoer.2013@gmail.com](mailto:seminar.avoer.2013@gmail.com)  
Website : <https://www.avoer.ft.unsri.ac.id>

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

## SEMINAR NASIONAL AVOER V 2013

*ADDED VALUE OF  
ENERGY RESOURCES*



## LATAR BELAKANG

Indonesia memiliki potensi sumberdaya energi yang cukup signifikan. Potensi sumberdaya minyak bumi adalah sebesar 86,9 miliar barel, dimana cadangan terbukti minyak bumi Indonesia sebesar 5,8 miliar barel dengan tingkat produksi sekitar 300 juta barel per tahun. Potensi sumberdaya gas alam sebesar 384,7 TCF dengan produksi sebesar 1,455 juta BOEPD pada tahun 2012. Potensi sumberdaya batubara sebesar 22,4 miliar ton dengan cadangan terbukti batubara sekitar 5 miliar ton dengan tingkat produksi mencapai sekitar 360 juta ton sebagai target di tahun 2013. Potensi sumberdaya panas bumi sekitar 29 gigawatt dengan produksi yang menghasilkan listrik sekitar 1.341 Megawatt.

Lalu apakah dengan potensi sumberdaya tersebut Indonesia telah mampu memenuhi kebutuhan energinya? Seminar Nasional AVOER V Tahun 2013 ini menjadi ajang untuk sharing dan diskusi berdasarkan penelitian terakhir untuk memberikan nilai tambah bagi pengelolaan sumberdaya energi di Indonesia.

### TEMA:

Pengembangan dan Optimalisasi Teknologi serta Manajemen Energi Berwawasan Lingkungan

### SUB TEMA:

- Kebijakan, Perencanaan dan Audit Energi
- Manajemen dan Ekonomi Energi
- Teknologi Energi
- Energi Berwawasan Lingkungan

## SEMINAR NASIONAL AVoER (Added Value of Energy Resources) V Tahun 2013

### Keynote Speakers:

Prof. Ir. Rinaldy Dalimi, MSc. PhD (Universitas Indonesia)

Dr. Ir. Andang Bachtiar, M.Sc. (Exploration Think Tank Indonesia)

Kirimkan Abstrak Anda Segera (Maksimal 300 Kata, lengkapi dengan paling banyak 5 kata kunci)

Biaya Pembayaran untuk Registrasi Seminar Nasional AVOER V Tahun 2013

Partisipan	Registrasi Pemakalah (dalam IDR)		Registrasi Non Pemakalah (dalam IDR)
	Batas Tahap I 8 Nopember 2013	Batas Tahap II 15 Nopember 2013	
Dosen/peneliti	400.000	500.000	200.000
Industri/Birokrat/Umum	500.000	600.000	200.000
Mahasiswa			
- S3 dan S2	250.000	300.000	100.000
- S1	150.000	200.000	100.000

Biaya registrasi pemakalah diperhitungkan untuk 1 (satu) judul makalah untuk 1 (satu) orang. Jika lebih dari 1 (satu) judul makalah, maka dikenakan biaya tambahan sebesar IDR 100.000 dari biaya registrasi.

### Pembayaran pada:

**BANK BNI KANTOR LAYANAN UNSRI  
PALEMBANG**

### Atas nama:

**PANITIA AVOER V 2013 FT UNSRI**

No Rekening: 0307868899