

PENJADWALAN CEMENT MILL BERBASIS MINIMASI FAKTOR KLINKER DALAM PROSES PEMBILASAN DAN IMPOR KLINKER

Nilda Tri Putri, Indah Kurnia Ramadhani

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang

Email: indahkramadhani@gmail.com (korespondensi)

Abstract

PT Semen Padang is one of the cement companies in Indonesia. Cement production influenced by the number of demand, raw materials and the number of available machine. The number of demand increases with a corporate capacity which keep the company had to set an optimal production schedule. Scheduling production should be followed by the availability of raw materials (clinker). The number of clinker required influenced by the number of demands and clinker elapsed to the flushing process. Flushing process happen if the transition products produced from Non OPC to a product OPC, for one flushing process causes clinker consumption 7% more that the existing capacity decreases. Deficient in capacity covered by importing clinker which causes high cost production. So, it necessary to make cement mill schedule by minimize flushing process, so clinker that will be used become optimized.

Steps that will be done in this study began with the survey system, identify problems, and data collection. Data collected are machine cement mill and kiln capacity, demands, and flushing process. Then designed a formulation model that is minimize clinker factor and the number of clinker imports needed, so that obtained scheduling machine cement mill to produce OPC and Non OPC.

Results obtained by reducing the number of flushing process because the cement mill designed to producing one type of product per day, so the flushing process could happen if there is transition cement production Non OPC on the day- i to cement OPC on the day $i+1$. Cement OPC produced by Indarung II, III, and V. Indarung IV only produced cement Non OPC, so the flushing process happened in Indarung II, III, and V.

Key Words : Capacity, Cement mill, Clinker, Flushing, Import, Production, Scheduling

Abstrak

PT Semen Padang adalah salah satu perusahaan semen di Indonesia. Produksi semen dipengaruhi oleh jumlah permintaan, bahan baku dan jumlah mesin yang tersedia. Jumlah permintaan meningkat sehingga perusahaan harus menjaga kapasitas produksi dengan mengatur jadwal produksi perusahaan lebih optimal. Penjadwalan produksi harus diikuti dengan ketersediaan bahan baku (klinker). Jumlah klinker dibutuhkan dipengaruhi oleh jumlah permintaan dan klinker berlalu untuk proses pembilasan. Proses pembilasan terjadi jika produk transisi yang dihasilkan dari Non OPC ke OPC produk, untuk satu flushing proses menyebabkan konsumsi klinker 7% lebih sehingga kapasitas yang ada berkurang. Kekurangan kapasitas ditutupi dengan mengimpor klinker yang menyebabkan biaya produksi tinggi. Jadi, perlu untuk membuat jadwal penggilingan semen dengan meminimalkan proses pembilasan, sehingga klinker yang akan digunakan menjadi optimal.

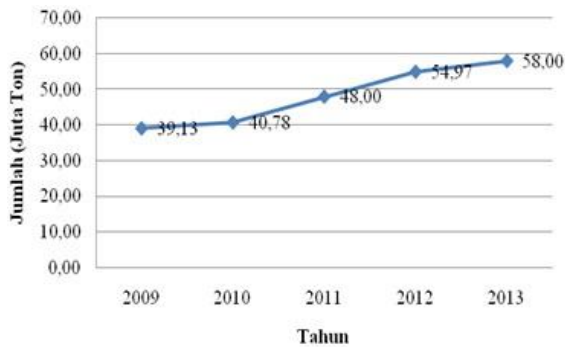
Langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian ini dimulai dengan sistem survei, mengidentifikasi masalah, dan pengumpulan data. Data yang dikumpulkan adalah mesin pabrik semen dan kapasitas kiln, tuntutan, dan proses pembilasan. Kemudian dirancang model formulasi yang meminimalkan faktor klinker dan jumlah impor klinker diperlukan, sehingga diperoleh penjadwalan mesin pabrik semen untuk menghasilkan OPC dan Non OPC.

Hasil yang diperoleh dengan mengurangi jumlah proses pembilasan karena pabrik semen yang dirancang untuk memproduksi satu jenis produk per hari, sehingga proses pembilasan bisa terjadi jika ada produksi transisi semen Non OPC pada hari- i semen OPC pada hari $i + 1$. OPC semen yang diproduksi oleh Indarung II, III, dan V. Indarung IV hanya diproduksi semen Non OPC, sehingga proses pembilasan terjadi di Indarung II, III, dan V.

Kata kunci: Kapasitas, Penggilingan semen, klinker, Flushing, Impor, Produksi, Penjadwalan

1. PENDAHULUAN

Perindustrian di Indonesia mengalami peningkatan seiring dengan berkembangnya teknologi dan meningkatnya kebutuhan pembangunan dalam bidang industri. Salah satunya adalah industri semen. Semen adalah barang jadi berupa serbuk yang merupakan hasil pengolahan klinker semen dengan penambahan *gypsum*, *pozzoland*, dan *lime stone* yang digunakan untuk membuat beton, merekatkan batu, bata, batako, dan bahan bangunan lainnya [5]. Kebutuhan akan semen menyebabkan tingkat konsumsi semen di Indonesia mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Peningkatan konsumsi semen domestik dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Perkembangan Konsumsi Semen Domestik (Asosiasi Semen Indonesia, data diolah, 2013)

Peningkatan konsumsi semen domestik menyebabkan peningkatan kinerja industri semen. Dengan demikian, dapat memberikan nilai tambah per kapita terhadap konsumsi semen sehingga menyebabkan tingginya persaingan dalam bisnis semen nasional [2]. Tingkat konsumsi semen dipengaruhi oleh perkembangan sektor properti, seperti pembangunan gedung, perumahan, dan peningkatan infrastruktur yang direncanakan oleh pemerintah seperti pembuatan jembatan dan konstruksi umum lainnya [10]. Peningkatan infrastruktur memberikan dampak yang besar bagi peningkatan perekonomian dan pembangunan nasional, sehingga meningkatkan jumlah permintaan semen yang mempengaruhi tingkat produksi

perusahaan semen dalam memenuhi permintaan pasar.

PT Semen Padang merupakan salah satu perusahaan semen yang ada di Indonesia. Kegiatan produksi PT Semen Padang mencakup penambangan batu kapur, produksi *rawmix*, produksi klinker, produksi semen, pengantongan dan pendistribusian semen. Semen yang diproduksi yaitu Semen OPC (*Ordinary Portland Cement*) dan Semen Non OPC (*Non Ordinary Portland Cement*). Komposisi semen secara umum terdiri dari klinker, *gypsum*, *pozzoland*, dan *lime stone*. Komposisi semen PT Semen Padang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Semen PT Semen Padang

Komposisi	OPC	Non OPC
<i>Klinker</i>	85%	78%
<i>Gypsum</i>	3%	3%
<i>Pozzoland</i>	6%	12%
<i>Lime Stone</i>	6%	7%

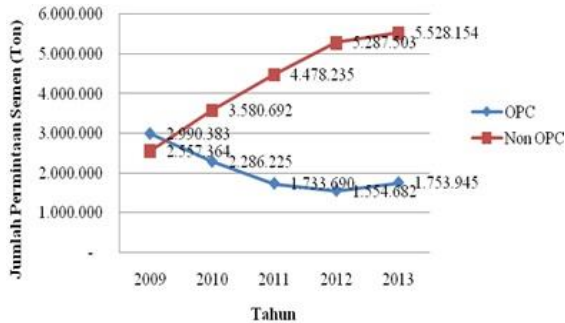
Sumber : PT Semen Padang, 2014

Wilayah pemasaran PT Semen Padang di dalam negeri meliputi Pulau Sumatera dan Jawa, sedangkan di luar negeri meliputi Srilanka, Singapura, dan Mauritius [6]. PT Semen Padang memproduksi Semen OPC untuk memenuhi permintaan pasar yang akan digunakan untuk proyek pemerintah, seperti pembangunan jalan dan jembatan. Semen OPC terdiri dari Semen *Portland* Tipe I, II, III, V.

Semen Non OPC diproduksi untuk memenuhi permintaan masyarakat seperti pembangunan rumah. Semen Non OPC terdiri dari Semen *Portland* Campur, Semen *Portland* Komposit (PCC), Semen *Portland Pozzolan* (PPC). Produksi semen dipengaruhi oleh jumlah permintaan, bahan baku dan jumlah mesin yang tersedia. Data historis permintaan semen OPC dan non OPC dapat dilihat pada Gambar 2.

Kapasitas bahan baku dan mesin yang tersedia harus diseimbangkan dengan kapasitas yang dibutuhkan untuk memenuhi permintaan pasar. Kapasitas *kiln* untuk memproduksi klinker dapat

dilihat pada Tabel 2, klinker dan bahan baku lainnya kemudian diolah pada mesin *cement mill*. Kapasitas *cement mill* dapat dilihat pada Tabel 3.



Gambar 2. Data Historis Permintaan Semen OPC dan Non OPC (Bagian Produksi PT Semen Padang, 2014)

Tabel 2. Kapasitas *Kiln* untuk Memproduksi Klinker

Sumber	Kapasitas Harian (ton)
Indarung II	2.000
Indarung III	2.000
Indarung IV	5.000
Indarung V	8.100

Sumber : Bagian Produksi PT Semen Padang, 2014

Tabel 3. Kapasitas *Cement Mill*

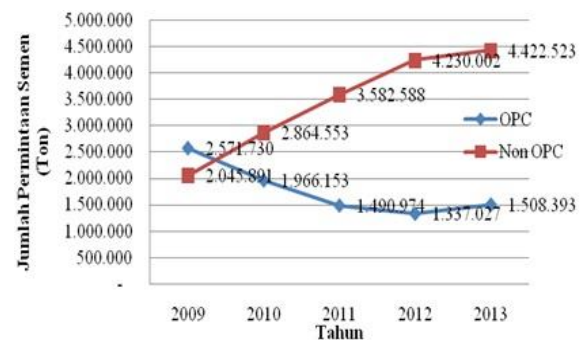
Sumber	Kapasitas Harian (ton)
Indarung II	2.400
Indarung III	2.700
Indarung IV-1	3.100
Indarung IV-2	3.000
Indarung V-1	4.600
Indarung V-2	4.600

Sumber : Bagian Produksi PT Semen Padang, 2014

Berdasarkan Gambar 2, Tabel 2 dan Tabel 3 dapat dilihat bahwa jumlah permintaan semen Non OPC yang meningkat dengan kapasitas perusahaan yang tetap membuat perusahaan harus mengatur jadwal produksi secara optimal. Penambahan kapasitas dapat dilakukan dengan mengimpor klinker yang berdampak kepada kenaikan biaya klinker. Tabel 1 menjelaskan komposisi

klinker yang dipakai untuk memproduksi Semen OPC lebih banyak 7% dibandingkan dengan Semen Non OPC, yaitu 85% untuk semen OPC dan 78% untuk semen non OPC. PT Semen Padang memaksimalkan produksi Semen Non OPC karena mempunyai komposisi klinker yang lebih rendah dan jumlah permintaan semen Non OPC yang lebih tinggi, dengan perbandingan target produksi 25% untuk Semen OPC dan 75% untuk Semen Non OPC. Kebutuhan klinker yang harus dipenuhi oleh PT Semen Padang untuk memenuhi permintaan pasar pada Tahun 2009 - 2013 dapat dilihat pada Gambar 3.

Berdasarkan wawancara dengan Bapak Fajar Aristyanto selaku Kepala Biro PTP PT Semen Padang 2014, penjadwalan tetap mesin *cement mill* untuk mengolah bahan baku menjadi Semen OPC dan Non OPC belum ada. Berdasarkan proses produksi aktual saat ini, produksi dilakukan dengan melihat mesin *cement mill* yang *idle*, sehingga terjadinya kemungkinan untuk melakukan *setup* yang berulang. Proses peralihan mesin untuk memproduksi Non OPC ke OPC membutuhkan proses pembilasan dengan klinker 100% untuk menaikkan persentase klinker dari 78% menjadi 85% di mesin *cement mill*, produk peralihan dengan klinker 85% yang seharusnya merupakan kandungan semen OPC dihitung sebagai Non OPC. Sehingga untuk satu kali proses pembilasan mesin untuk produk Non OPC ke OPC mengalami kerugian klinker sebanyak 7%.



Gambar 3. Kebutuhan Klinker yang Harus Dipenuhi Oleh PT Semen Padang untuk Memenuhi Permintaan Pasar pada Tahun 2009 - 2013 (Bagian Produksi PT Semen Padang, 2014)

Jumlah pembilasan mesin *cement mill* berpengaruh terhadap kapasitas klinker, jika jumlah pembilasan semakin banyak maka kapasitas klinker yang dibutuhkan akan semakin meningkat. Sedangkan klinker Indarung II, III, IV, dan V mempunyai kapasitas yang tetap, sehingga saat klinker tidak cukup untuk memproduksi semen maka akan dilakukan impor klinker. Impor klinker akan menyebabkan bertambahnya biaya klinker yang dikeluarkan yaitu sebanyak \$5/ton klinker. Oleh karena itu perlu ditetapkan penjadwalan mesin *cement mill* untuk memproduksi semen OPC dan Non OPC dengan pertimbangan meminimasi jumlah proses pembilasan agar faktor klinker yang dibutuhkan untuk proses pembilasan dan jumlah klinker yang diimpor dapat diminimasi.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan penjadwalan mesin *cement mill* dalam memproduksi semen OPC dan Non OPC dengan meminimasi proses pembilasan, serta menentukan jumlah klinker yang harus diimpor. Ruang lingkup dalam penelitian ini meliputi penjadwalan *cement mill* yang dilakukan dengan asumsi mesin *cement mill* dan mesin kiln beroperasi secara normal dengan kapasitas tetap setiap harinya, tanpa mempertimbangkan waktu kerusakan dan *maintenance* mesin. Kajian sistem meliputi proses di mesin kiln, klinker yang dihasilkan, dan proses di mesin *cement mill* tanpa memperhitungkan kapasitas silo semen.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Program Linier

Program linier didefinisikan sebagai sebuah metode matematik yang digunakan untuk mencapai solusi optimum dari sebuah fungsi tujuan linier melalui pengalokasian sumber daya yang terbatas yang dibatasi oleh fungsi kendala linier diantara tipe penggunaan yang bersaing. Beberapa istilah dalam program linier, yaitu [3] :

1. Fungsi tujuan, yaitu rumusan fungsi yang menjadi sasaran untuk mencapai pemecahan optimum (maksimasi atau minimasi).

2. Fungsi kendala, yaitu rumusan dari sediaan sumber daya yang menjadi pembatas dalam proses optimisasi.
3. Variabel keputusan, yaitu peubah yang akan dicari nilainya melalui proses optimisasi, maksimasi, atau minimasi.
4. Pemecahan optimum, terdiri dari program maksimasi (berupa kontribusi, keluaran, dan penjualan) dan minimasi (berupa biaya).

2.2. Penjadwalan

Penjadwalan merupakan kegiatan pengalokasian sumber daya untuk mencapai suatu tujuan, baik itu pemilihan sumber daya, pengorganisasian, penentuan waktu kerja, untuk melaksanakan aktivitas yang diperlukan untuk mencapai keluaran yang diinginkan, memenuhi waktu dan kendala yang ada [4].

2.3. Pemodelan Sistem

[1] mendefinisikan pemodelan sistem sebagai proses dari melakukan konseptual sistem. Pada pemodelan sistem akan diaplikasikan konsep serta pemikiran sistem pada *real life problematic situation*. Hal ini harus relevan untuk dilakukan analisis dari masalah tersebut.

Langkah – langkah dalam pemodelan sistem adalah :

1. Ringkasan Situasi
2. Deskripsi Sistem Relevan
3. Model Sistem
4. *Influence Diagram*
5. Pemodelan Matematis
6. Verifikasi dan Validasi Model

3. METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan yang dilakukan pada penelitian adalah :

3.1. Studi Pendahuluan

Studi pendahuluan merupakan langkah awal dalam melakukan penelitian. Studi pendahuluan pada penelitian ini terdiri dari survei sistem ke PT Semen Padang dan studi literatur. Berikut hasil survei sistem dan studi literatur yang dilakukan.

3.1.1. Survei Sistem

Survei sistem dilakukan dengan cara wawancara dengan Bapak Titut Eryanto, selaku Kepala Bidang Klinker Produksi Indarung V PT Semen Padang, (2015), dan Ibu Ratnawati, selaku Kepala Bidang Pengendalian dan Pelaporan Produksi PT Semen Padang, (2015), mengenai kondisi produksi semen OPC dan non OPC, kapasitas, target produksi, serta data historis penjualan semen OPC dan non OPC PT Semen Padang.

3.1.2. Studi Literatur

Tahapan selanjutnya adalah melakukan studi literatur, yaitu mencari, mengumpulkan, dan memahami jurnal atau buku yang berhubungan dengan kajian pada penelitian ini. Materi yang berhubungan diantaranya adalah penjadwalan produksi dan pemodelan sistem. Studi literatur membantu dalam pemecahan masalah yang terdapat pada penelitian ini.

3.2. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dilakukan untuk mengetahui permasalahan yang terjadi di PT Semen Padang. Berdasarkan hasil wawancara yang telah dilakukan, terdapat permasalahan yaitu kapasitas klinker (bahan baku semen) yang terbatas sehingga PT Semen Padang harus mengalokasikan pemakaian klinker secara optimal untuk memproduksi dua jenis semen, yaitu Semen OPC dan Semen Non OPC. Penjadwalan tetap mesin *cement mill* untuk mengolah bahan baku menjadi Semen OPC dan Non OPC belum ada. Berdasarkan proses produksi aktual saat ini, produksi dilakukan dengan melihat mesin *cement mill* yang *idle*, sehingga ada kemungkinan untuk melakukan *setup* yang berulang. Untuk satu kali proses pembilasan mesin untuk produk Non OPC ke OPC, PT Semen Padang mengalami kerugian klinker sebanyak 7%. Jumlah pembilasan yang meningkat dengan kapasitas klinker yang tetap menyebabkan jumlah klinker yang harus diimpor dan biaya klinker yang dikeluarkan oleh PT Semen Padang akan

semakin besar. Berdasarkan permasalahan tersebut, perlu dilakukan penjadwalan mesin *cement mill* untuk memproduksi semen OPC dan Non OPC dengan meminimasi jumlah pembilasan agar faktor klinker yang terpakai untuk melakukan proses pembilasan dan jumlah impor klinker dapat diminimasi.

3.3. Perumusan Masalah

Perumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana melakukan penjadwalan *cement mill* untuk memproduksi semen OPC dan semen Non OPC dengan meminimasi jumlah pembilasan sehingga faktor klinker yang terpakai untuk proses pembilasan dan jumlah impor klinker dapat diminimasi.

3.4. Formulasi Model Penjadwalan Produksi

Formulasi model untuk meminimasi jumlah pembilasan mesin *cement mill* terdiri dari beberapa tahap, yaitu :

1. Menentukan karakteristik sistem
Menentukan karakteristik sistem yaitu penggambaran sistem produksi aktual PT Semen Padang saat ini, sistem aktual digunakan untuk menggambarkan keadaan perusahaan yang nantinya akan diambil keputusan terhadap permasalahan yang terjadi di perusahaan.
2. Pengumpulan Data
Data yang dikumpulkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.
 - a. Data historis permintaan terhadap Semen OPC dan Semen Non OPC PT Semen Padang.
 - b. Data produksi aktual semen OPC dan Non OPC PT Semen Padang.
 - c. Data kapasitas kiln untuk menghasilkan klinker dan data kapasitas mesin *cement mill* Indarung II, III, IV, dan V.
 - d. Data waktu dan proses *setup* semen OPC ke Non OPC dan sebaliknya.
Data ini diperoleh dari bagian produksi dan pemasaran PT Semen Padang.
3. Formulasi Model untuk Meminimasi Faktor Klinker untuk Melakukan Proses Pembilasan dan Jumlah Impor Klinker.

Penyusunan model mencakup penetapan fungsi tujuan, penentuan parameter dan variabel keputusan serta batasan yang terdapat untuk meminimasi jumlah klinker yang dipakai dalam proses pembilasan dan jumlah klinker impor. Berdasarkan model yang dirancang didapatkan minimasi proses pembilasan, penjadwalan *cement mill* untuk melakukan proses produksi semen OPC dan Non OPC, dan jumlah klinker impor.

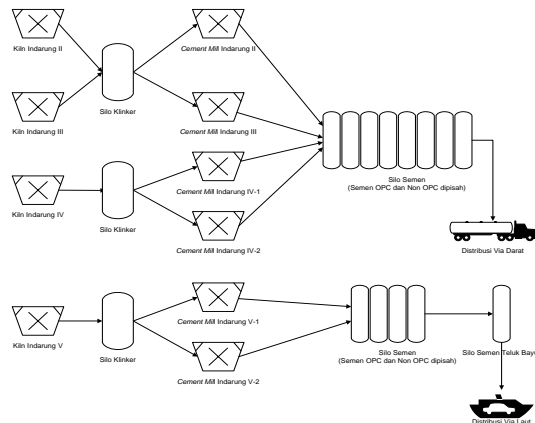
3.5. Penutup

Penutup terdiri dari kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan saran untuk penelitian yang akan dilakukan selanjutnya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik Sistem

Penelitian ini menguraikan permasalahan yang terjadi pada bagian produksi PT Semen Padang yang berhubungan dengan proses pembilasan mesin *cement mill*, kapasitas klinker, dan penjadwalan produksi semen untuk mesin *cement mill*.



Gambar 4. Aliran Proses Produksi Semen dari Mesin Kiln, Mesin *Cement mill*, Silo Semen, Hingga Pendistribusian Semen PT Semen Padang

Klinker diproduksi oleh mesin kiln kemudian digiling pada mesin *cement mill* dengan menambahkan *gypsum*,

pozzoland, dan *lime stone* untuk menghasilkan semen. Jumlah klinker yang diproduksi dipengaruhi oleh kapasitas mesin kiln dan ketersediaan silo untuk menampung klinker yang sudah jadi.

PT Semen Padang melakukan perencanaan produksi setiap tahunnya dengan mengambil kebijakan untuk tetap mengoperasikan mesin *cement mill* walaupun jumlah klinker yang diproduksi tidak mencukupi kebutuhan. Kekurangan klinker ini diatasi dengan melakukan impor agar *demand* yang ada dapat terpenuhi.

Aliran proses produksi semen dari mesin kiln, mesin *cement mill*, silo semen, hingga pendistribusian semen PT Semen Padang dapat dilihat pada Gambar 4.

4.2. Penjadwalan *Cement mill* Aktual

PT Semen Padang saat ini mempunyai enam buah mesin *cement mill*, yaitu Indarung II, III (Z2, Z3), Indarung IV (Z4.1, Z4.2), dan Indarung V (Z5.1, Z5.2). Kapasitas produksi harian mesin *cement mill*

Penjadwalan *cement mill* aktual untuk menggiling semen OPC, PPC, dan PCC saat ini terbagi atas :

Z2, Z3 : 25% menggiling OPC dan 75% menggiling PPC

Z4.1, Z4.2, Z5.1, Z5.2 : 25% menggiling OPC dan 75% menggiling PCC

Peralihan (*setup*) mesin *cement mill* dalam menggiling semen OPC menjadi Non OPC dan sebaliknya, dari semen Non OPC menjadi semen OPC adalah sebagai berikut :

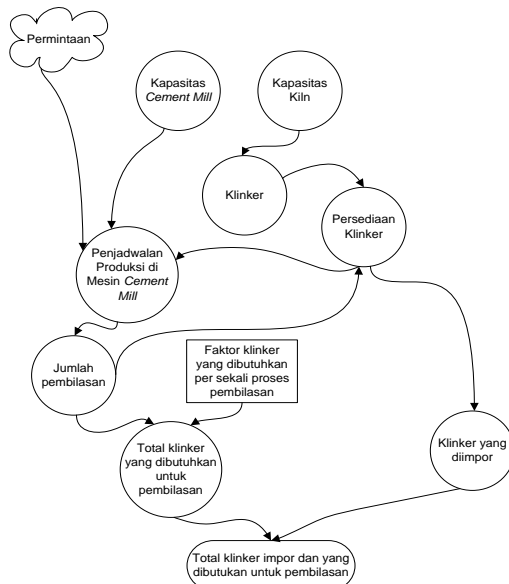
1. OPC menjadi Non OPC, penurunan faktor klinker dari 85% menjadi 78% dan tidak memerlukan proses pembilasan (lebih kurang lima menit).
2. Non OPC menjadi OPC, peningkatan faktor klinker dari 78% menjadi 85% dengan dilakukannya proses pembilasan, yaitu mengatur mesin *cement mill* sesuai komposisi OPC, dengan menambahkan faktor klinker murni 100%. Setiap satu kali proses pembilasan mengalami kerugian klinker sebanyak 7% karena semen Non OPC yang diproduksi mengandung faktor klinker sebanyak 85%. Proses

pembilasan memerlukan waktu lebih kurang dua jam.

Penjadwalan *cement mill* aktual saat ini tergantung kepada mesin *cement mill* yang menganggur yang menyebabkan tidak teraturnya peralihan (*setup*) semen yang akan digiling oleh *cement mill*. Hal ini berdampak kepada kerugian klinker pada saat proses pembilasan mesin *cement mill* untuk menggiling Non OPC menjadi OPC. Semakin tinggi frekuensi pembilasan yang terjadi, maka akan semakin besar jumlah klinker yang dibutuhkan untuk memenuhi target produksi sehingga terjadi kenaikan faktor klinker pada produksi. Sementara itu klinker mempunyai kapasitas yang terbatas dan harus dilakukan impor untuk memenuhi target produksi.

4.3. Influence Diagram

Berdasarkan karakteristik sistem diatas, dapat dilihat keterkaitan antar elemen dalam sistem produksi PT Semen Padang. Keterkaitan tersebut digambarkan dalam *influence diagram* yang menampilkan hubungan antara *output*, *input*, dan komponen dalam sistem produksi PT Semen Padang.



Gambar 5. *Influence Diagram* untuk Menentukan Kebutuhan Klinker dan Penjadwalan Mesin *Cement Mill* PT Semen Padang

Influence diagram untuk menentukan kebutuhan klinker dan penjadwalan mesin *cement mill* PT Semen Padang dapat dilihat pada Gambar 5.

4.4. Formulasi Model

Formulasi model dibuat untuk menggambarkan karakteristik sistem dalam menentukan jadwal mesin *cement mill* untuk memproduksi semen dan meminimasi proses pembilasan mesin *cement mill* yang mengacu kepada pengembangan model program linier. Tujuan utama penentuan jadwal produksi mesin *cement mill* adalah untuk mengurangi jumlah proses pembilasan mesin *cement mill* dalam memproduksi semen OPC dan semen Non OPC. Jumlah pembilasan akan berpengaruh kepada pemakaian faktor klinker dan jumlah impor klinker. Satu kali proses pembilasan terhitung sebagai kerugian pemakaian klinker sebanyak 7% dari kapasitas klinker yang tersedia. Berdasarkan hal ini dapat ditentukan penjadwalan mesin *cement mill* untuk memproduksi OPC dan Non OPC, dengan beberapa asumsi yang digunakan yaitu:

1. Penjadwalan *cement mill* untuk memproduksi OPC dan Non OPC dilakukan setiap hari selama satu tahun (365 hari)
2. Setiap mesin *cement mill* memproduksi satu produk (OPC atau Non OPC) dalam satu hari.
3. Mesin kiln dan *cement mill* selalu dalam keadaan normal, tidak terjadi gangguan atau kerusakan.

Setelah ditentukan beberapa asumsi yang digunakan dalam pemodelan, maka dirumuskan parameter, variabel keputusan, fungsi tujuan, dan kendala (batasan yang digunakan dalam model) yang dijelaskan sebagai berikut.

- i = indeks untuk menyatakan hari
- j = indeks untuk menyatakan produk (j_1 dan j_2)
- k = indeks untuk menyatakan mesin *cement mill*
- l = indeks untuk menyatakan kiln
- m = indeks untuk menyatakan klinker
- n = indeks untuk menyatakan silo klinker

Parameter :

1. pembilasan (j_2, j_1)
Klinker yang terpakai untuk pembilasan dari produk j_2 ke produk j_1 (ton per hari).
2. demand (i, j)
Jumlah permintaan produk j pada hari ke- i (ton per hari)
3. kapasitasc (i, k)
Kapasitas produksi mesin *cement mill* k pada hari ke- i (ton per hari)
4. kapasitasl (i, l)
Kapasitas produksi mesin kiln l pada hari ke- i (ton per hari)
5. kapasitasn (n)
Kapasitas silo klinker (ton)
6. P (m)
Banyak klinker yang diimpor (ton)
7. Q (i, m)
Banyak klinker yang diproduksi pada hari ke- i (ton per hari)
8. inv (i, m)
Persediaan klinker pada hari ke- i (ton)
9. S (i, k, m)
Jumlah klinker yang masuk ke mesin *cement mill* k pada hari ke- i (ton per hari)
10. I : Banyaknya hari kerja (365 hari)
11. J : Jenis produk (j_1 dan j_2)
12. K : Banyaknya mesin *cement mill* yang tersedia (6 mesin)
13. L : Banyaknya mesin kiln (4 mesin)
14. N : Banyaknya silo klinker (4 silo)
15. Z : Banyak klinker yang dibutuhkan
16. bin (i, j_2, j_1, k)

$$\begin{cases} 1 ; \text{Jika produk } j_2 \text{ diproduksi sebelum} \\ \text{produk } j_1 \text{ pada hari ke-}i \text{ mesin ke-}k \\ \text{(ada pembilasan)} \\ 0 ; \text{selainnya} \end{cases}$$
17. Y (i, j, k)

$$\begin{cases} 1 ; \text{Jika produk } j \text{ diproduksi pada hari} \\ \text{ke-}i \text{ mesin ke-}k \\ 0 ; \text{selainnya} \end{cases}$$

Variabel Keputusan :

$X(i, j, k)$ = Jumlah produk j yang diproduksi mesin k pada hari ke- i (ton per hari)

Fungsi Tujuan :

Minimasi Z =

$$\sum_i^I \sum_j^J \sum_k^K \text{pembilasan}(j_2, j_1) \cdot \text{bin}(i, j_2, j_1, k) + P(m) \quad (1)$$

Kendala Tingkat Produksi (Klinker) :

1. Jumlah klinker m yang diproduksi pada hari ke- i tidak boleh melebihi kapasitas mesin kiln per harinya.

$$Q(i, m) \leq \text{kapasitasl}(i, l) \quad \forall i, \forall l \quad (2)$$

Kendala Tingkat Produksi (Produk) :

1. Jika produk j diproduksi pada hari ke- i mesin k maka jumlah produk yang diproduksi tersebut tidak boleh melebihi kapasitas mesin *cement mill* per harinya.

$$X(i, j, k) \leq \text{kapasitasc}(i, k) \cdot Y(i, j, k) \quad \forall i, \forall j, \forall k \quad (3)$$

2. Jika mesin *cement mill* k memproduksi produk j_1 pada hari $i-1$ dan produk j_2 pada hari ke- i , maka nilai bin (i, j_2, j_1, k) adalah 0, jika mesin *cement mill* k memproduksi produk j_2 pada hari $i-1$ dan produk j_1 pada hari ke- i , maka nilai bin (i, j_2, j_1, k) adalah 1. Jumlah produk yang diproduksi tidak boleh melebihi kapasitas mesin *cement mill* per harinya.

$$X(i, j, k) \leq \text{kapasitasc}(i, k) \cdot \text{bin}(i, j_2, j_1, k) \quad \forall i, \forall j, \forall k \quad (4)$$

3. Jika produk j diproduksi pada hari ke- i mesin k maka jumlah produk yang diproduksi tidak boleh melebihi *demand*.

$$X(i, j, k) \leq \text{demand}(i, j) \quad \forall i, \forall j, \forall k \quad (5)$$

4. Jika produk j diproduksi pada hari ke- i mesin k , maka jumlah faktor klinker di dalam produk yang diproduksi tidak boleh melebihi jumlah persediaan klinker. Untuk produk j_1 , faktor klinker sebanyak 0,85 dan untuk produk j_2 , faktor klinker sebanyak 0,78.

$$\begin{aligned} S(i, k, m) &\leq \text{inv}(i, m) \\ \sum_i^I \sum_k^K X(i, j_1, k) \cdot 0,85 + \sum_i^I \sum_k^K X(i, j_2, k) \cdot 0,78 \\ &\leq \text{inv}(i, m) \quad \forall i, \forall k \end{aligned} \quad (6)$$

5. Kendala untuk memastikan bahwa setiap mesin *cement mill* memproduksi satu produk (OPC atau Non OPC) dalam satu hari.

$$\sum_j^J Y(i, j, k) = 1 \quad \forall i, \forall k \quad (7)$$

Kendala Persediaan Klinker :

1. Jumlah persediaan klinker di hari ke- i sama dengan jumlah persediaan di hari ke- $i-1$ ditambah dengan klinker yang

diproduksi pada hari ke-i dikurangi dengan klinker yang masuk ke mesin *cement mill* untuk memproduksi produk.

$$inv(i,m) = inv(i-1, m) + Q(i,m) - S(i,k,m) \quad \forall i, \forall k \quad (8)$$

2. Jumlah persediaan klinker tidak boleh melebihi kapasitas silo klinker.

$$inv(i,m) \leq kapasitas(n) \quad (9)$$

3. Jika jumlah klinker tidak mampu memenuhi *demand* maka dilakukan impor sebanyak jumlah faktor klinker di dalam *demand* dikurangi dengan faktor klinker di dalam jumlah produksi.

$$P(m) = \left(\sum_i^I demand(i, j1) \cdot 0,85 + \sum_i^I demand(i, j2) \cdot 0,78 \right) - \left(\sum_i^I \sum_k^K X(i, j1, k) \cdot 0,85 + \sum_i^I \sum_k^K X(i, j2, k) \cdot 0,78 \right) \quad (10)$$

Kendala Variabel Biner :

1. $Y(i,j,k)$ adalah bilangan biner

$$Y(i,j,k) \in \{0,1\} \quad \forall i, \forall j, \forall k \quad (11)$$

2. $bin(i,j1,j2,k)$ adalah bilangan biner

$$bin(i,j2,j1,k) \in \{0,1\} \quad \forall i, \forall j, \forall k \quad (12)$$

4.5. Penyelesaian Model

Penyelesaian model dilakukan dengan menggunakan *software* Lingo 15.0. *Output software* Lingo 15.0 yang dihasilkan berupa minimasi proses

pembilasan, jumlah impor klinker, dan penjadwalan mesin *cement mill*. Penjadwalan *cement mill* untuk memproduksi semen OPC dan Non OPC dapat dilihat pada **Lampiran 1**.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat pada penelitian ini adalah :

1. Penjadwalan mesin *cement mill* per bulan untuk memproduksi semen OPC dan non OPC dapat dilihat pada Tabel 4. Proses pembilasan terjadi di Indarung II, III, V-1, dan V-2, jumlah proses pembilasan untuk Indarung II dan III adalah sebanyak satu kali, Indarung V-1 adalah sebanyak 49 kali, serta Indarung V-2 adalah sebanyak 47 kali.
2. Jumlah klinker yang diimpor adalah sebesar 385.929 ton.

5.2. Saran

Saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah :

1. Penjadwalan *cement mill* untuk penelitian selanjutnya dilakukan dengan mempertimbangkan waktu kerusakan dan *maintenance* mesin.
2. Sistem yang dikaji meliputi proses di semua mesin dan produksi semen mempertimbangkan keadaan silo semen.

Tabel 4. Penjadwalan Mesin *Cement Mill* per Bulan

Pabrik	Bulan											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Indarung II	Non OPC	Non OPC	Non OPC	Non OPC	Non OPC	Non OPC	OPC dan Non OPC	OPC	OPC	OPC	OPC	OPC
Indarung III	Non OPC	Non OPC	Non OPC	Non OPC	Non OPC	Non OPC	OPC dan Non OPC	OPC	OPC	OPC	OPC	OPC
Indarung IV - 1	Non OPC	Non OPC	Non OPC	Non OPC	Non OPC	Non OPC	Non OPC	Non OPC	Non OPC	Non OPC	Non OPC	Non OPC
Indarung IV - 2	Non OPC	Non OPC	Non OPC	Non OPC	Non OPC	Non OPC	Non OPC	Non OPC	Non OPC	Non OPC	Non OPC	Non OPC
Indarung V - 1	OPC dan Non OPC	OPC dan Non OPC	OPC dan Non OPC	OPC dan Non OPC	OPC dan Non OPC	OPC dan Non OPC	OPC dan Non OPC	OPC dan Non OPC	Non OPC	Non OPC	Non OPC	Non OPC
Indarung V - 2	OPC dan Non OPC	OPC dan Non OPC	OPC dan Non OPC	OPC dan Non OPC	OPC dan Non OPC	OPC dan Non OPC	OPC dan Non OPC	OPC dan Non OPC	Non OPC	Non OPC	Non OPC	Non OPC

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Daellenbach, Hans G. (1995). *System and Decision Making : A Management Sciene Approach*. England : John Wiley andSons Ltd.
- [2] Departemen Perindustrian Indonesia. (2010). *Laporan Perkembangan Komoditi Industri Terpilih Triwulan IV*.
- [3] Haming, Murdifin., Nurnajamuddin, Mahfud. (2014). *Manajemen Produksi Modern (Operasi Manufaktur dan Jasa)*. (Edisi 3). Jakarta : Bumi Aksara.
- [4] Hartini, Sri. (2011). *Teknik Mencapai Produksi Optimal*. Bandung : Lubuk Agung.
- [5] *Peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia No. 16 / M – IND / PER / 3 / 2014 Tentang Ketentuan Teknis Semen Cilnker dan Semen*. (2014).
- [6] PT Semen Padang. (2013). *Annual Report PT Semen Padang*.
- [7] Sarker, Ruhul A. (2008). *Optimization Modelling : A Practical Introduction*. USA: CRCPress.
- [8] Simatupang, Togar M. (1995). *Pemodelan Sistem*. Klaten : Kanida.
- [9] Slamet, Riyadi. (2011). *Penjadwalan Mesin Kemasan Identik Paralel pada Industri Yoghurt Menggunakan Pemrograman Linear Integer*. (Tugas Akhir). Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- [10] www.asi.or.id. Asosiasi Semen Indonesia (2013) : *Perkembangan Industri Semen di Indonesia Tahun 2012-2016*. Diakses pada 29 Oktober 2014 jam 11.01 WIB.

LAMPIRAN 1

PENJADWALAN CEMENT MILL UNTUK SEMEN OPC DAN NON OPC

Tabel 1.1. Penjadwalan *Cement Mill* untuk Semen OPC Dan Non OPC Bulan ke-1

Jenis semen	Mesin Cement Mill	Produksi Hari ke-(ton)															Kapasitas Mesin Cement Mill (ton/hari)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
OPC	Indarung II																2400
Non OPC		2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	
OPC	Indarung III																2700
Non OPC		2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	
OPC	Indarung IV-1																3100
Non OPC		3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	
OPC	Indarung IV-2																3000
Non OPC		3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	
OPC	Indarung V-1																4600
Non OPC		4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	
OPC	Indarung V-2																4600
Non OPC		4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	
Jumlah Produksi		20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400

Tabel 1.2. Penjadwalan *Cement Mill* untuk Semen OPC Dan Non OPC Bulan ke-1

Jenis semen	Mesin Cement Mill	Produksi Hari ke-(ton)																Kapasitas Mesin Cement Mill (ton/hari)
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
OPC	Indarung II																2400	
Non OPC		2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400		
OPC	Indarung III																2700	
Non OPC		2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700		
OPC	Indarung IV-1																3100	
Non OPC		3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100		
OPC	Indarung IV-2																3000	
Non OPC		3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000		
OPC	Indarung V-1																4600	
Non OPC		4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600		
OPC	Indarung V-2																4600	
Non OPC		4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600		
Jumlah Produksi		20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	

Tabel 2.1. Penjadwalan *Cement Mill* untuk Semen OPC Dan Non OPC Bulan ke-2

Jenis semen	Mesin Cement Mill	Produksi Hari ke-(ton)															Kapasitas Mesin Cement Mill (ton/hari)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
OPC	Indarung II																2400
Non OPC		2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	
OPC	Indarung III																2700
Non OPC		2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	
OPC	Indarung IV-1																3100
Non OPC		3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	
OPC	Indarung IV-2																3000
Non OPC		3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	
OPC	Indarung V-1																4600
Non OPC		4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	
OPC	Indarung V-2																4600
Non OPC		4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	
Jumlah Produksi		20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400

Tabel 2.2. Penjadwalan *Cement Mill* untuk Semen OPC Dan Non OPC Bulan ke-2

Jenis semen	Mesin Cement Mill	Produksi Hari ke-(ton)																Kapasitas Mesin Cement Mill (ton/hari)
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28				
OPC	Indarung II																2400	
Non OPC		2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400		
OPC	Indarung III																2700	
Non OPC		2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700		
OPC	Indarung IV-1																3100	
Non OPC		3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100		
OPC	Indarung IV-2																3000	
Non OPC		3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000		
OPC	Indarung V-1																4600	
Non OPC		4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600		
OPC	Indarung V-2																4600	
Non OPC		4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600		
Jumlah Produksi		20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	

Tabel 3.1. Penjadwalan *Cement Mill* untuk Semen OPC Dan Non OPC Bulan ke-3

Jenis semen	Mesin Cement Mill	Produksi Hari ke-(ton)															Kapasitas Mesin Cement Mill (ton/hari)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
OPC	Indarung II																2400
Non OPC		2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	
OPC	Indarung III																2700
Non OPC		2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	
OPC	Indarung IV-1																3100
Non OPC		3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	
OPC	Indarung IV-2																3000
Non OPC		3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	
OPC	Indarung V-1																4600
Non OPC				4600						4600	4600	4600	4600	4600	4600		
OPC	Indarung V-2																4600
Non OPC		4600	4600		4600	4600	4600	4600	4600						4600	4600	
Jumlah Produksi		20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400

Tabel 3.2. Penjadwalan *Cement Mill* untuk Semen OPC Dan Non OPC Bulan ke-3

Jenis semen	Mesin Cement Mill	Produksi Hari ke-(ton)																			Kapasitas Mesin Cement Mill (ton/hari)
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31				
OPC	Indarung II																			2400	
Non OPC		2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400		
OPC	Indarung III																			2700	
Non OPC		2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700		
OPC	Indarung IV-1																			3100	
Non OPC		3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100		
OPC	Indarung IV-2																			3000	
Non OPC		3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000		
OPC	Indarung V-1																			4600	
Non OPC					4600							4600	4600		4600	4600					
OPC	Indarung V-2																			4600	
Non OPC		4600	4600	4600		4600	4600	4600	4600	4600			4600	4600			4600	4600			
Jumlah Produksi		20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	

Tabel 4.1. Penjadwalan *Cement Mill* untuk Semen OPC Dan Non OPC Bulan ke-4

Jenis semen	Mesin Cement Mill	Produksi Hari ke-(ton)															Kapasitas Mesin Cement Mill (ton/hari)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
OPC	Indarung II																2400
Non OPC		2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	
OPC	Indarung III																2700
Non OPC		2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	
OPC	Indarung IV-1																3100
Non OPC		3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	
OPC	Indarung IV-2																3000
Non OPC		3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	
OPC	Indarung V-1																4600
Non OPC		4600	4600		4600	4600		4600		4600		4600	4600			4600	
OPC	Indarung V-2																4600
Non OPC		4600	4600				4600		4600			4600	4600			4600	
Jumlah Produksi		20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400

Tabel 4.2. Penjadwalan *Cement Mill* untuk Semen OPC Dan Non OPC Bulan ke-4

Jenis semen	Mesin Cement Mill	Produksi Hari ke-(ton)																			Kapasitas Mesin Cement Mill (ton/hari)
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30					
OPC	Indarung II																			2400	
Non OPC		2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400		
OPC	Indarung III																			2700	
Non OPC		2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700		
OPC	Indarung IV-1																			3100	
Non OPC		3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100		
OPC	Indarung IV-2																			3000	
Non OPC		3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000		
OPC	Indarung V-1																			4600	
Non OPC		4600	4600		4600	4600	4600	4600		4600		4600	4600			4600					
OPC	Indarung V-2																			4600	
Non OPC		4600	4600		4600	4600	4600	4600		4600		4600	4600			4600	4600				
Jumlah Produksi		20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	

Tabel 5.1. Penjadwalan *Cement Mill* untuk Semen OPC Dan Non OPC Bulan ke-5

Jenis semen	Mesin Cement Mill	Produksi Hari ke-(ton)														Kapasitas Mesin Cement Mill (ton/hari)		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		15	
OPC	Indarung II																	2400
Non OPC		2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	
OPC	Indarung III																	2700
Non OPC		2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	
OPC	Indarung IV-1																	3100
Non OPC		3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	
OPC	Indarung IV-2																	3000
Non OPC		3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	
OPC	Indarung V-1	4600			4600					4600					4600		4600	4600
Non OPC			4600	4600		4600	4600		4600	4600	4600		4600				4600	
OPC	Indarung V-2		4600	4600		4600	4600			4600	4600	4600		4600			4600	4600
Non OPC		4600			4600				4600				4600		4600	4600		
Jumlah Produksi		20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400

Tabel 5.2. Penjadwalan *Cement Mill* untuk Semen OPC Dan Non OPC Bulan ke-5

Jenis semen	Mesin Cement Mill	Produksi Hari ke-(ton)														Kapasitas Mesin Cement Mill (ton/hari)		
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29		30	31
OPC	Indarung II																	2400
Non OPC		2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	
OPC	Indarung III																	2700
Non OPC		2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	
OPC	Indarung IV-1																	3100
Non OPC		3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	
OPC	Indarung IV-2																	3000
Non OPC		3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	
OPC	Indarung V-1			4600	4600					4600				4600	4600		4600	4600
Non OPC		4600	4600			4600	4600	4600		4600	4600	4600			4600			
OPC	Indarung V-2		4600	4600		4600	4600			4600	4600	4600		4600			4600	4600
Non OPC		4600			4600	4600			4600				4600	4600		4600	4600	
Jumlah Produksi		20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400

Tabel 6.1. Penjadwalan *Cement Mill* untuk Semen OPC Dan Non OPC Bulan ke-6

Jenis semen	Mesin Cement Mill	Produksi Hari ke-(ton)														Kapasitas Mesin Cement Mill (ton/hari)		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		15	
OPC	Indarung II																	2400
Non OPC		2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	
OPC	Indarung III																	2700
Non OPC		2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	
OPC	Indarung IV-1																	3100
Non OPC		3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	
OPC	Indarung IV-2																	3000
Non OPC		3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	
OPC	Indarung V-1	4600				4600	4600			4600					4600		4600	4600
Non OPC			4600	4600	4600		4600	4600		4600				4600				
OPC	Indarung V-2		4600	4600	4600				4600					4600				4600
Non OPC		4600				4600	4600		4600	4600	4600	4600		4600	4600	4600		
Jumlah Produksi		20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400

Tabel 6.2. Penjadwalan *Cement Mill* untuk Semen OPC Dan Non OPC Bulan ke-6

Jenis semen	Mesin Cement Mill	Produksi Hari ke-(ton)														Kapasitas Mesin Cement Mill (ton/hari)		
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29		30	
OPC	Indarung II																	2400
Non OPC		2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	
OPC	Indarung III																	2700
Non OPC		2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	
OPC	Indarung IV-1																	3100
Non OPC		3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	
OPC	Indarung IV-2																	3000
Non OPC		3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	
OPC	Indarung V-1			4600	4600					4600					4600		4600	4600
Non OPC		4600	4600	4600			4600	4600		4600	4600	4600			4600			
OPC	Indarung V-2		4600	4600		4600	4600			4600	4600	4600		4600			4600	4600
Non OPC		4600			4600	4600			4600				4600	4600		4600	4600	
Jumlah Produksi		20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400

Tabel 7.1. Penjadwalan *Cement Mill* untuk Semen OPC Dan Non OPC Bulan ke-7

Jenis semen	Mesin Cement Mill	Produksi Hari ke-(ton)															Kapasitas Mesin Cement Mill (ton/hari)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
OPC	Indarung II																2400
Non OPC		2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	
OPC	Indarung III																2700
Non OPC		2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	
OPC	Indarung IV-1																3100
Non OPC		3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	
OPC	Indarung IV-2																3000
Non OPC		3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	
OPC	Indarung V-1																4600
Non OPC															4600		
OPC	Indarung V-2																4600
Non OPC		4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600		4600	4600	
Jumlah Produksi		20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400

Tabel 7.2. Penjadwalan *Cement Mill* untuk Semen OPC Dan Non OPC Bulan ke-7

Jenis semen	Mesin Cement Mill	Produksi Hari ke-(ton)																Kapasitas Mesin Cement Mill (ton/hari)
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
OPC	Indarung II																	2400
Non OPC		2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	
OPC	Indarung III																	2700
Non OPC		2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	
OPC	Indarung IV-1																	3100
Non OPC		3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	
OPC	Indarung IV-2																	3000
Non OPC		3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	
OPC	Indarung V-1																	4600
Non OPC		4600	4600	4600	4600		4600		4600		4600		4600	4600	4600	4600	4600	
OPC	Indarung V-2																	4600
Non OPC		4600	4600	4600	4600		4600		4600		4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	
Jumlah Produksi		20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400

Tabel 8.1. Penjadwalan *Cement Mill* untuk Semen OPC Dan Non OPC Bulan ke-8

Jenis semen	Mesin Cement Mill	Produksi Hari ke-(ton)															Kapasitas Mesin Cement Mill (ton/hari)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
OPC	Indarung II	2380	2400	2400	2400	2391	2400	2397	2399	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
Non OPC																	
OPC	Indarung III	2700	2683	2686	2700	2700	2694	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700
Non OPC																	
OPC	Indarung IV-1	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100
Non OPC																	
OPC	Indarung IV-2	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
Non OPC																	
OPC	Indarung V-1	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600
Non OPC																	
OPC	Indarung V-2	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600
Non OPC																	
Jumlah Produksi		20380	20383	20386	20388	20391	20394	20397	20399	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400

Tabel 8.2. Penjadwalan *Cement Mill* untuk Semen OPC Dan Non OPC Bulan ke-8

Jenis semen	Mesin Cement Mill	Produksi Hari ke-(ton)																Kapasitas Mesin Cement Mill (ton/hari)
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
OPC	Indarung II	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	
Non OPC																		
OPC	Indarung III	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	
Non OPC																		
OPC	Indarung IV-1	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	
Non OPC																		
OPC	Indarung IV-2	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	
Non OPC																		
OPC	Indarung V-1	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	
Non OPC																		
OPC	Indarung V-2	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	
Non OPC																		
Jumlah Produksi		20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	

Tabel 9.1. Penjadwalan *Cement Mill* untuk Semen OPC Dan Non OPC Bulan ke-9

Jenis semen	Mesin Cement Mill	Produksi Hari ke-(ton)																Kapasitas Mesin Cement Mill (ton/hari)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	1	
OPC	Indarung II	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400		2400
Non OPC																		
OPC	Indarung III	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700		2700
Non OPC																		
OPC	Indarung IV-1	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100		3100
Non OPC																		
OPC	Indarung IV-2	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000		3000
Non OPC																		
OPC	Indarung V-1	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600		4600
Non OPC																		
OPC	Indarung V-2	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600		4600
Non OPC																		
Jumlah Produksi		20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400

Tabel 9.2. Penjadwalan *Cement Mill* untuk Semen OPC Dan Non OPC Bulan ke-9

Jenis semen	Mesin Cement Mill	Produksi Hari ke-(ton)																Kapasitas Mesin Cement Mill (ton/hari)
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
OPC	Indarung II	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400		2400
Non OPC																		
OPC	Indarung III	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700		2700
Non OPC																		
OPC	Indarung IV-1	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100		3100
Non OPC																		
OPC	Indarung IV-2	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000		3000
Non OPC																		
OPC	Indarung V-1	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600		4600
Non OPC																		
OPC	Indarung V-2	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600		4600
Non OPC																		
Jumlah Produksi		20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400

Tabel 10.1. Penjadwalan *Cement Mill* untuk Semen OPC Dan Non OPC Bulan ke-10

Jenis semen	Mesin Cement Mill	Produksi Hari ke-(ton)															Kapasitas Mesin Cement Mill (ton/hari)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
OPC	Indarung II	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400		2400
Non OPC																	
OPC	Indarung III	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700		2700
Non OPC																	
OPC	Indarung IV-1	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100		3100
Non OPC																	
OPC	Indarung IV-2	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000		3000
Non OPC																	
OPC	Indarung V-1	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600		4600
Non OPC																	
OPC	Indarung V-2	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600		4600
Non OPC																	
Jumlah Produksi		20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400

Tabel 10.2. Penjadwalan *Cement Mill* untuk Semen OPC Dan Non OPC Bulan ke-10

Jenis semen	Mesin Cement Mill	Produksi Hari ke-(ton)																Kapasitas Mesin Cement Mill (ton/hari)
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
OPC	Indarung II	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400		2400
Non OPC																		
OPC	Indarung III	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700		2700
Non OPC																		
OPC	Indarung IV-1	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100		3100
Non OPC																		
OPC	Indarung IV-2	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000		3000
Non OPC																		
OPC	Indarung V-1	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600		4600
Non OPC																		
OPC	Indarung V-2	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600		4600
Non OPC																		
Jumlah Produksi		20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400

Tabel 11.1. Penjadwalan *Cement Mill* untuk Semen OPC Dan Non OPC Bulan ke-11

Jenis semen	Mesin Cement Mill	Produksi Hari ke-(ton)															Kapasitas Mesin Cement Mill (ton/hari)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
OPC	Indarung II	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
Non OPC																	
OPC	Indarung III	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700
Non OPC																	
OPC	Indarung IV-1	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100
Non OPC																	
OPC	Indarung IV-2	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
Non OPC																	
OPC	Indarung V-1	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600
Non OPC																	
OPC	Indarung V-2	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600
Non OPC																	
Jumlah Produksi		20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400

Tabel 11.2. Penjadwalan *Cement Mill* untuk Semen OPC Dan Non OPC Bulan ke-11

Jenis semen	Mesin Cement Mill	Produksi Hari ke-(ton)															Kapasitas Mesin Cement Mill (ton/hari)
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
OPC	Indarung II	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
Non OPC																	
OPC	Indarung III	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700
Non OPC																	
OPC	Indarung IV-1	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100
Non OPC																	
OPC	Indarung IV-2	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
Non OPC																	
OPC	Indarung V-1	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600
Non OPC																	
OPC	Indarung V-2	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600
Non OPC																	
Jumlah Produksi		20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400

Tabel 12.1. Penjadwalan *Cement Mill* untuk Semen OPC Dan Non OPC Bulan ke-12

Jenis semen	Mesin Cement Mill	Produksi Hari ke-(ton)															Kapasitas Mesin Cement Mill (ton/hari)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
OPC	Indarung II	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
Non OPC																	
OPC	Indarung III	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700
Non OPC																	
OPC	Indarung IV-1	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100
Non OPC																	
OPC	Indarung IV-2	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
Non OPC																	
OPC	Indarung V-1	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600
Non OPC																	
OPC	Indarung V-2	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600
Non OPC																	
Jumlah Produksi		20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400

Tabel 12.2. Penjadwalan *Cement Mill* untuk Semen OPC Dan Non OPC Bulan ke-12

Jenis semen	Mesin Cement Mill	Produksi Hari ke-(ton)															Kapasitas Mesin Cement Mill (ton/hari)	
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		31
OPC	Indarung II	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
Non OPC																		
OPC	Indarung III	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700
Non OPC																		
OPC	Indarung IV-1	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100
Non OPC																		
OPC	Indarung IV-2	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
Non OPC																		
OPC	Indarung V-1	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600
Non OPC																		
OPC	Indarung V-2	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600
Non OPC																		
Jumlah Produksi		20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400	20400