

**PENENTUAN *KEY PERFORMANCE INDICATOR* DAN
TOLERANSINYA UNTUK OPERASI PLANT#11
PT.INDOCEMENT TUNGGAL PRAKARSA, TBK.**

Laporan Penelitian

Oleh

Fransiscus Rian Pratikto, ST. MT.

Santi Erawaty, ST., MT.

**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN PADA MASYARAKAT
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**

2011

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan yang Maha Pengasih untuk setiap berkat dan penyertaan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul **“Penentuan *Key Performance Indicator* dan Toleransinya untuk Operasi Plant#11 PT.Indocement Tunggal Prakarsa, Tbk.”** ini.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu penyelesaian penelitian ini: pihak manajemen PT. Indocement Tunggal Prakarsa, Tbk., khususnya Plant 11 Citeureup, rekan-rekan di AndrewTani & Co., rekan-rekan di Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat (LPPM) Universitas Katolik Parahyangan, dan para kolega di Jurusan Teknik Industri Universitas Katolik Parahyangan.

Penulis berharap penelitian ini dapat berguna dan dapat memberikan masukan, baik bagi PT. Indocement Tunggal Prakarsa sendiri maupun bagi pihak-pihak lain yang berkepentingan.

Bandung, 21 Februari 2011

ABSTRAK

PENENTUAN *KEY PERFORMANCE INDICATOR* DAN TOLERANSINYA UNTUK OPERASI PLANT#11 PT.INDOCEMENT TUNGGAL PRAKARSA, TBK.

Kontrol dan evaluasi merupakan fungsi yang penting dalam manajemen untuk memastikan rencana kerja organisasi bisa berjalan dengan baik sehingga tujuan akhir organisasi bisa tercapai. Untuk bisa melakukan fungsi kontrol dan evaluasi dengan baik dibutuhkan sistem manajemen kinerja yang baik. Sistem manajemen kinerja yang baik harus bisa menggambarkan proses bisnis yang terjadi dalam organisasi secara keseluruhan. Sistem manajemen kinerja memuat ukuran-ukuran (KPI – key performance indicator) yang merepresentasikan kinerja dari seluruh bagian organisasi dan keterkaitan yang ada antar bagian-bagian tersebut.

Saat ini Plant#11 ITP sudah memiliki sistem manajemen kinerja yang berisi "list of KPIs" di mana penentuan target dan toleransi selama ini dilakukan tanpa melihat keterkaitan antar KPI. Ada kebutuhan di ITP untuk melakukan alignment terhadap indikator-indikator kinerja yang ada di Plant#11 ITP sehingga monitoring terhadap proses produksi semen dapat dilakukan dengan baik

Penelitian ini bertujuan membangun model operasi Plant#11 ITP berdasarkan metodologi System Dynamics, menentukan key performance indicator (KPI) Plant#11 ITP berdasarkan model System Dynamics, dan menentukan toleransi untuk KPI operasi Plant#11 ITP.

Berdasarkan model system dynamics yang dibangun diusulkan sebanyak 28 KPI yang terdiri dari 6 KPI layer 1, 19 KPI layer 2, dan 3 KPI layer 3, beserta dengan nilai toleransinya masing-masing.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	ii
ABSTRAK.....	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR LAMPIRAN	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL	viii
Bab I Pendahuluan.....	1
I.1 Latar Belakang Masalah	1
I.2 Perumusan Masalah.....	2
I.3 Tujuan Penelitian.....	2
I.4 Pembatasan dan Asumsi Penelitian	3
I.5 Manfaat Penelitian.....	3
I.6 Metode Penelitian.....	3
Bab II Tinjauan Pustaka.....	6
II.1 Fungsi Evaluasi dan Kontrol dalam Manajemen.....	6
II.2 Sistem Manajemen Kinerja	7
II.3 System Dynamics	8
II.4 Elastisitas	13
Bab III Pengembangan Model	14
III.1 Sekilas tentang Perusahaan.....	14
III.2 Model Konseptual.....	19
III.3 Penentuan Indikator dan Pengembangan Model Dinamika	22
III.4 Validasi Model Dinamika.....	22
Bab IV Analisis dan Usulan Sistem Pengukuran Kinerja	24
IV.1 Analisis Model Konseptual & Model Dinamika	24
IV.2 Analisis Elastisitas Indikator	25
IV.3 KPI Kinerja Plant#11 ITP Usulan	29
Bab V Kesimpulan dan Saran	31

V.1	Kesimpulan.....	31
V.2	Saran	32
	Daftar Pustaka.....	33
	Lampiran A. Flow Diagram.....	34
	Lampiran B. Formulasi Flow Diagram.....	35

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Flow Diagram.....	Error! Bookmark not defined.
Lampiran B. Formulasi Flow Diagram.....	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Metode Penelitian	4
Gambar 2 Ilustrasi penentuan toleransi untuk komponen lainnya	28
Gambar 3 Usulan KPI dan toleransinya untuk Plant#11 ITP	29
Gambar 4 Usulan KPI yang diperluas untuk Plant#11 ITP beserta toleransinya ..	30

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Perbandingan kinerja actual sistem dan model	23
Tabel 2 Hasil analisis sensitivitas	26
Tabel 3 Hasil clustering nilai sensitivitas dan penentuan toleransi	28

Bab I Pendahuluan

I.1 Latar Belakang Masalah

Kontrol dan evaluasi merupakan fungsi yang penting dalam manajemen untuk memastikan rencana kerja organisasi bisa berjalan dengan baik sehingga tujuan akhir organisasi bisa tercapai. Untuk bisa melakukan fungsi kontrol dan evaluasi dengan baik dibutuhkan sistem manajemen kinerja yang baik. Sistem manajemen kinerja yang baik harus bisa menggambarkan proses bisnis yang terjadi dalam organisasi secara keseluruhan. Sistem manajemen kinerja memuat ukuran-ukuran (KPI – key performance indicator) yang merepresentasikan kinerja dari seluruh bagian organisasi dan keterkaitan yang ada antar bagian-bagian tersebut.

Banyak perusahaan yang telah memiliki sistem manajemen kinerja namun hanya berisi "*list of KPIs*" dan mengabaikan keterkaitan antar indikator. Dalam satu dekade terakhir berkembang sistem manajemen kinerja seperti Balanced Scorecard (BSC) yang berusaha mengakomodasi adanya keterkaitan antar indikator. Dalam BSC, keterkaitan antar indikator hanya dinyatakan secara kualitatif. Jika hubungan keterkaitan ini bisa dinyatakan secara kuantitatif, maka model pengukuran kinerja bisa digunakan untuk tujuan yang lebih definitif dan spesifik, misalnya upaya perbaikan yang lebih spesifik, ataupun untuk memprediksi perilaku sistem di masa depan.

Objek dalam penelitian ini adalah Plant#11 PT.Indocement Tunggul Prakarsa, Tbk (ITP). ITP memiliki 11 plant dan Plant#11 adalah plant yang paling kompleks, sehingga model untuk Plant#11 bisa diterapkan untuk plant yang lain. Saat ini sudah ada suatu sistem manajemen kinerja yang berisi "*list of KPIs*" dan penentuan target dan toleransi selama ini dilakukan tanpa melihat keterkaitan antar KPI. Ada kebutuhan di ITP untuk melakukan alignment terhadap indikator-indikator kinerja yang ada di Plant#11 ITP sehingga monitoring terhadap proses produksi semen dapat dilakukan dengan baik (Gallestey dkk., 2004). Kecenderungan lain yang muncul di industri semen adalah semakin besarnya perhatian ke arah industri yang berkelanjutan (*sustainable cement industry*)

(World Business Council for Sustainable Development, 2002). Ini ditandai dengan semakin pentingnya indikator-indikator kinerja yang mengarah ke industri semen yang efisien di mana ukuran-ukuran konservasi energi (Asia Pacific Energy Research Center, 2000) dan efisiensi penggunaan bahan baku dan fuel (World Business Council for Sustainable Development, 2005) menjadi penting. Selain itu adalah meningkatnya perhatian terhadap industri semen yang ramah lingkungan sehingga indikator-indikator emisi (European Commission, 2001) dan safety (World Business Council for Sustainable Development, 2005) menjadi penting sehingga perlu dilihat dalam kaitannya dengan produksi.

Metodologi System Dynamics merupakan metodologi yang sesuai digunakan untuk memodelkan kasus yang dibahas dalam penelitian ini. System Dynamics didesain untuk menangani masalah yang bersifat *counterintuitive* (karena kompleksitasnya), non-linier, dan dinamis. Dalam penelitian ini akan dibuat model bisnis berbasis metodologi yang menggambarkan operasi Plant#11 dan kemudian akan diturunkan KPI dari model tersebut termasuk toleransi untuk setiap KPI.

I.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian permasalahan di atas, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Apa saja *key performance indicator* (KPI) Plant#11 ITP berdasarkan model simulasi System Dynamics?
2. Berapa toleransi untuk setiap KPI Plant #11 ITP?

I.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan:

1. Membangun model operasi Plant#11 ITP berdasarkan metodologi System Dynamics.
2. Menentukan *key performance indicator* (KPI) Plant#11 ITP berdasarkan model System Dynamics.
3. Menentukan toleransi untuk KPI operasi Plant#11 ITP.

I.4 Pembatasan dan Asumsi Penelitian

Lingkup penelitian ini dibatasi pada proses di Raw Mill, Kiln, dan Finish Mill pada Plant#11 ITP.

Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. *Raw material* dan *additive* selalu tersedia dengan tingkat kualitas yang ditentukan oleh pihak di luar Plant#11.
2. *Fuel* dan pasokan listrik selalu tersedia dengan tingkat daya sesuai yang dibutuhkan Plant#11, dan Plant#11 bisa mengatur penggunaan dalam batas-batas daya yang tersedia.
3. Data biaya yang digunakan dalam analisis tidak mencerminkan biaya sebenarnya karena alasan kerahasiaan perusahaan.

I.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan bermanfaat dalam dua hal:

1. Manfaat keilmuan

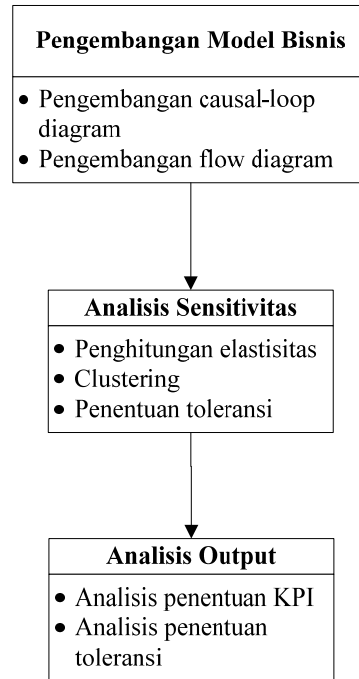
Penelitian ini ingin memberi kontribusi dengan menawarkan suatu model pengukuran performansi yang berdasarkan indikator yang diturunkan dari proses bisnis perusahaan dengan pendekatan System Dynamics.

2. Manfaat praktis

Untuk keperluan praktis, terutama bagi perusahaan yang menjadi objek penelitian, hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar dalam melakukan pengukuran dan pengelolaan kinerja dan menjaga alignment antara berbagai ukuran kinerja dalam perusahaan.

I.6 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan mengikuti urutan proses seperti yang terlihat dalam Gambar 1.



Gambar 1 Metode Penelitian

Penjelasan setiap langkah metode penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pengembangan Model Bisnis

Pengembangan model bisnis yang dilakukan dimulai dengan melakukan pengembangan causal-loop diagram. Causal-loop diagram ini dikembangkan dengan memperhatikan berbagai aspek yang terlibat dalam operasi di Plant#11 ITP. Setelah causal-loop diagram terbentuk, dikembangkanlah flow diagram. Flow diagram ini berguna untuk menunjukkan aliran fisik dan informasi dalam operasi di Plant#11.

2. Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas untuk model System Dynamics yang dikembangkan ini dilakukan untuk setiap variabel yang menjadi pokok kajian penelitian (variable of interest). Analisis sensitivitas yang dilakukan dimulai dari menentukan elastisitas untuk setiap variable of interest. Kemudian dilakukanlah clustering berdasarkan nilai elastisitas untuk setiap variable of

interest yang diperoleh. Setelah dilakukan clustering, dilakukan penentuan toleransi untuk setiap variable of interest.

3. Analisis Output

Analisis output dilakukan untuk menentukan KPI (key performance indicator) dari operasi di Plant#11 ITP. Selain itu juga dilakukan analisis dari penentuan toleransi yang telah dilakukan di tahapan sebelumnya.

Bab II Tinjauan Pustaka

Dalam bab ini akan dibahas dan diuraikan topik-topik mengenai fungsi evaluasi dan kontrol dalam manajemen, sistem manajemen kinerja, System Dynamics, dan konsep elastisitas, sebagai konsep yang mendasari penelitian ini.

II.1 Fungsi Evaluasi dan Kontrol dalam Manajemen

Proses evaluasi dan kontrol dalam manajemen perlu ditetapkan dan diterapkan sehingga organisasi dapat memantau kinerja yang ada dan dapat mengambil tindakan koreksi jika diperlukan. Dalam pelaksanaannya, proses evaluasi dan control ini perlu suatu pemantauan yang berkesinambungan. Suatu organisasi yang tidak memantau aktivitasnya akan mendapati bahwa organisasi itu menghadapi ancaman untuk keberlangsungan hidupnya.

Terdapat lima elemen dalam sistem kontrol manajemen, yaitu:

1. Merencanakan hal yang diinginkan.
2. Menentukan standar performansi.
3. Memonitor performansi aktual.
4. Memonitor pencapaian aktual terhadap target yang direncanakan.
5. Melakukan perbaikan dan tindakan koreksi.

Proses mengevaluasi suatu proses manajemen adalah sebagai berikut:

1. Evaluasi yang dilakukan penting untuk seluruh jenis dan ukuran organisasi. Evaluasi strategi seharusnya mengawali pertanyaan manajerial mengenai harapan dan asumsi yang seharusnya memicu peninjauan tujuan dan nilai. Evaluasi juga seharusnya memberikan stimulasi kreativitas dalam menghasilkan alternatif dan membuat formulasi criteria evaluasi.
2. Evaluasi merupakan suatu proses yang berkesinambungan dan bukan merupakan suatu yang bersifat periodik. Evaluasi memungkinkan dilakukannya perbandingan kemajuan yang dicapai untuk mencapai pemantauan yang lebih efektif.

3. Manajer dan pegawai dalam suatu perusahaan harus secara berkesinambungan sadar akan kemajuan yang dibuatnya itu terhadap tujuan perusahaan. Jika critical success factors perusahaan berubah, anggota organisasi harus terlibat dalam menentukan tindakan korektif yang tepat.

II.2 Sistem Manajemen Kinerja

Sistem manajemen kinerja merupakan suatu sistem manajemen formal yang dilakukan untuk memberikan evaluasi kualitas dari individu dalam suatu organisasi. Penilaian kinerja ini biasanya disiapkan oleh atasan langsung dari pegawai tersebut. Prosedurnya secara umum biasanya atasan langsung dari pegawai mengisi suatu lembar penilaian standar yang mengevaluasi individu tersebut dalam sejumlah ukuran penilaian kemudian mendiskusikan hasil evaluasi tersebut kepada pegawai yang bersangkutan.

Sejarah mengenai sistem manajemen kinerja telah dimulai ratusan tahun yang lalu. Komisi pelayanan masyarakat di Amerika menggunakan merit rating system pada tahun 1887. Selanjutnya Lord & Taylor memperkenalkan sistem penilaian kinerja pada tahun 1914. Banyak perusahaan terpengaruh oleh manajemen science Frederick Taylor pada awal abad 20 dan membuat penilaian kinerja. Sebelum Perang Dunia II, sangat sedikit organisasi yang melakukan penilaian kinerja secara formal. Hanya sedikit perusahaan dan militer yang menggunakan prosedur penilaian kinerja secara rutin.

Pada tahun 1950 gagasan Peter Drucker mengenai management by objective (MBO) dan buku yang ditulis oleh Douglas McGregor, yaitu "The Human Side of Enterprise" yang memperkenalkan mengenai Teori X dan Teori Y, mendapatkan banyak perhatian. Sejumlah perusahaan berubah dari hanya penilaian berdasarkan penilaian kepribadian menjadi pengembangan prosedur penilaian kinerja yang berkonsentrasi dalam penetapan tujuan. Dengan demikian hal ini menjadikan penilaian kinerja sebagai suatu tanggung jawab bersama antara pegawai dan manajer. Karena pengaruh Drucker dan McGregor inilah, prosedur penilaian kinerja berubah menjadi sistem penilaian kinerja formal.

Tujuan penilaian kinerja adalah (Grote, 2002):

1. Memberikan umpan balik kepada pegawai mengenai kinerja mereka.
2. Menentukan pegawai yang layak mendapatkan promosi.
3. Memberikan fasilitasi untuk keputusan pemberhentian pegawai atau perampingan.
4. Mendorong untuk peningkatan performansi.
5. Memotivasi kinerja yang unggul.
6. Menetapkan dan mengukur tujuan yang hendak dicapai.
7. Memberikan konseling bagi pegawai dengan performansi rendah.
8. Menentukan perubahan imbalan.
9. Mendorong dilakukannya pembinaan dan pembimbingan.
10. Mendukung perencanaan sumber daya manusia dan perencanaan berkelanjutan.
11. Menentukan pelatihan individual dan kebutuhan akan pengembangan.
12. Memastikan bahwa keputusan mempekerjakan pegawai baru telah dilakukan.
13. Memberikan ketahanan hukum bagi keputusan yang berkaitan dengan kepegawaian.
14. Meningkatkan performansi organisasi secara keseluruhan.

Tahapan dalam sistem manajemen kinerja meliputi (Grote, 2002):

1. Perencanaan Kinerja.
2. Pelaksanaan Kinerja.
3. Penilaian Kinerja.
4. Peninjauan Ulang Kinerja.

II.3 System Dynamics

Berdasarkan Jay W. Forrester (*Industrial Dynamics*, 1961), System Dynamics merupakan suatu pendekatan yang dapat membantu dalam permasalahan di tingkat manajemen puncak. Dikatakan bahwa solusi untuk permasalahan-permasalahan kecil menghasilkan imbalan-imbalan yang kecil pula. Lebih lanjut disinggung bahwa sangat sering permasalahan-permasalahan yang penting merupakan hal-hal yang sedikit lebih sulit untuk ditangani daripada

permasalahan-permasalahan yang tidak penting. Banyak orang telah menentukan suatu tujuan awal yang terlalu rendah. Tindakan ini haruslah menjadi satu rancangan perusahaan. Harapan yang ditetapkan seharusnya adalah untuk peningkatan yang besar. Tindakan bahwa tujuannya adalah untuk menjelaskan perilaku, hal yang cukup umum di dalam lingkungan akademis, tidak cukup. Tujuannya seharusnya adalah untuk menemukan kebijakan manajemen dan struktur organisasi yang akan mengarahkan ke sukses yang lebih besar.

Tahapan-tahapan dalam Metodologi System Dynamics (Sterman, 2000):

1. Penentuan (perumusan) Masalah.

Dalam tahap ini hal yang dilakukan adalah menentukan permasalahan yang ada dalam sistem yang diamati. Dalam tahap ini, perlu diperhatikan variabel dan konsep kunci yang dipertimbangkan. Selain itu juga perlu diperhatikan lama jumlah periode ke depan yang akan diperhitungkan dan akar permasalahan terletak dalam periode ke belakang. Dalam tahap ini juga diperhitungkan mengenai perilaku historis variabel dan konsep kunci dan kemungkinan perilakunya di masa yang akan datang.

2. Formulasi Hipotesis Dinamis.

Dalam tahap ini perlu dilakukan pembuatan hipotesis awal yang dibuat berdasarkan teori perilaku permasalahan yang ditemukan di tahap 1. Formulasi hipotesis dinamis yang dibangun harus dapat menjelaskan kondisi dinamis dalam sistem sebagai konsekuensi dari struktur umpan balik yang muncul dari dalam sistem. Untuk formulasinya diperlukan peta struktur hubungan berdasarkan hipotesis awal, variabel kunci, model referensi, dan data-data lain, seperti: diagram batas model, diagram subsistem, diagram causal loop, peta stock and flow, diagram struktur kebijakan, dan lain-lain.

3. Formulasi Model Simulasi.

Dalam melakukan formulasi model simulasi, perlu ditetapkan spesifikasi struktur dan aturan pengambilan keputusan. Selain itu juga perlu dilakukan estimasi parameter yang digunakan, hubungan-hubungan perilaku, dan kondisi awal system. Untuk itu perlu dilakukan pengujian untuk memastikan konsistensi tujuan dan batasan permasalahan.

4. Pengujian

Tahap pengujian yang dilakukan dapat ditempuh dengan sejumlah cara, misalnya: membandingkan dengan model referensi untuk mengetahui model yang dibuat cukup menghasilkan perilaku permasalahan yang diperlukan untuk tujuan yang telah ditetapkan. Pengujian lain yang dapat dilakukan misalnya: dengan pengujian kekokohan (*robustness*) model terhadap kondisi ekstrim. Hal ini dilakukan untuk menguji perilaku model masih tetap realistis atau tidak pada waktu dihadapkan dengan kondisi ekstrim. Pengujian lain yang dapat ditempuh adalah uji sensitivitas. Uji sensitivitas bertujuan untuk mengetahui perilaku model ketika berhadapan dengan ketidakpastian dalam hal parameter, kondisi awal, dan batasan model.

5. Perancangan dan Evaluasi Kebijakan.

Dalam perancangan dan evaluasi kebijakan hal yang perlu dilakukan adalah membuat spesifikasi skenario yang mungkin terjadi, merancang kebijakan (keputusan, strategi, dan struktur baru) yang dapat diterapkan, melakukan analisis “what if” untuk mengetahui pengaruh dari kebijakan yang diambil, melakukan analisis sensitivitas untuk mengetahui kekokohan kebijakan yang direkomendasikan jika dihadapkan kepada skenario yang berbeda dan ketidakpastian yang terjadi, dan mengevaluasi interaksi kebijakan-kebijakan yang diambil.

Dalam sistem dinamis digunakan sejumlah alat bantu untuk menggambarkan struktur sistem. Dua diagram yang utama dalam sistem dinamis adalah diagram *causal loop* (*causal loop diagram*) dan peta *stock and flow*. Berikut ini adalah penjelasan untuk kedua diagram tersebut.

Diagram *causal loop* (CLD) merupakan suatu alat bantu yang penting untuk merepresentasikan umpan balik mengenai struktur sistem. Causal diagram terdiri dari variabel-variabel yang dihubungkan dengan anak panah untuk menunjukkan pengaruh antara satu variabel terhadap variabel lain. Umpan balik yang penting juga diidentifikasi dalam diagram. CLD tidak membedakan antara *stock* dan *flow*.

Stock merupakan akumulasi sumber daya dalam sistem. Flow merupakan tingkat perubahan yang mempengaruhi akumulasi sumber daya.

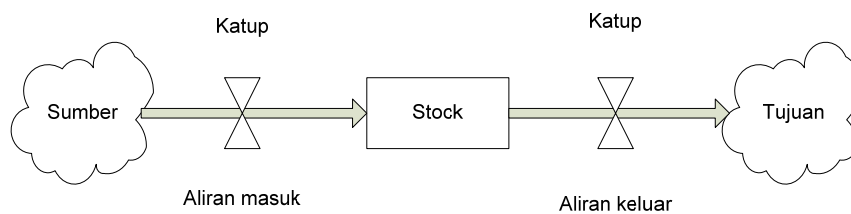
Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam membuat CLD (Sterman, 2000):

1. Setiap link yang ada dalam diagram harus merepresentasikan suatu hubungan penyebab di antara variabel. Dalam hal ini, korelasi antara variabel tidak disertakan. Korelasi antara variabel mencerminkan perilaku masa lalu dalam sistem. Dengan demikian, korelasi tidak mewakili struktur sistem.
2. Pelabelan polaritas link harus dilakukan di setiap link yang ada dalam CLD. Variabel-variabel saling berkaitan oleh karena causal link yang ditunjukkan dengan anak panah. Penanda loop menunjukkan suatu loop merupakan umpan balik yang bersifat positif (memperkuat) atau negatif (menyeimbangkan). Penanda loop berputar dengan arah yang sama dengan loop yang ditandainya. Penanda loop yang positif ditandai oleh huruf "R" atau tanda "+", sedangkan penanda loop yang negative ditandai oleh huruf "B" atau "-". Positif link berarti jika suatu penyebab bertambah, maka efeknya juga akan bertambah jika variabel lain yang menjadi penyebab juga bertambah, atau jika suatu penyebab berkurang, maka efeknya juga akan berkurang jika variabel lain yang menjadi penyebab juga berkurang. Sebaliknya untuk negatif link berarti jika suatu penyebab bertambah, maka efeknya akan berkurang jika variabel lain yang menjadi penyebab juga bertambah, atau jika suatu penyebab berkurang, maka efeknya akan bertambah jika variabel lain yang menjadi penyebab juga berkurang. Polaritas link menggambarkan struktur sistem. Polaritas link tidak menggambarkan perilaku variabel. Maksudnya adalah polaritas link hanya menggambarkan hal yang akan terjadi jika perubahan berlangsung. Jadi, polaritas link tidak menggambarkan hal yang sebenarnya terjadi. Polaritas link tidak bisa bersifat ambigu (positif dan negatif sekaligus). Jadi satu link hanya memiliki satu penanda, baik itu positif atau negatif. Jika ditemukan kesulitan dalam memberikan penanda polaritas link, biasanya terdapat lebih dari satu penghubung antara kedua variabel.

Validasi CLD merupakan suatu hal yang harus dilakukan. Validasi merupakan proses untuk menentukan suatu model merupakan representasi yang akurat dari

suatu sistem, untuk tujuan studi tertentu. Terdapat berbagai metode validasi yang dapat digunakan. Sebagai contoh: face validation merupakan suatu proses validasi dengan cara menanyakan individu yang memiliki pengetahuan mengenai sistem yang diamati untuk mengetahui model dan atau perilakunya masuk akal atau tidak. Cara validasi yang lain adalah dengan menggunakan metode Delphi. Metode Delphi merupakan proses validasi yang ditempuh jika proses dalam sistem melibatkan beberapa permasalahan stakeholder dan atau pakar. CLD sangat berguna untuk merepresentasikan hubungan ketergantungan antara variabel dan proses pemberian umpan balik. CLD biasanya digunakan dalam tahap awal memodelkan suatu permasalahan sistem untuk menangkap gambaran yang dimiliki oleh kelompok klien ataupun pemodel itu sendiri. CLD juga biasanya digunakan untuk menyampaikan hasil dari usaha pemodelan yang sudah selesai.

Hanya saja, selain kelebihan-kelebihannya CLD juga memiliki sejumlah keterbatasan. Satu keterbatasan yang paling penting adalah ketidakmampuan CLD untuk menangkap mengenai struktur stock dan flow dalam system, padahal stock dan flow bersama dengan umpan balik, merupakan dua konsep penting dalam teori sistem dinamis. Penggambaran untuk stock dan flow adalah sebagai berikut: stock direpresentasikan dengan bidang persegi empat. Aliran masuk (inflow) digambarkan dengan pipa (anak panah) menunjuk ke dalam stock, sedangkan aliran keluar (outflow) digambarkan dengan pipa (anak panah) yang keluar dari stock. Katup (valve) mengatur pergerakan flow. Gambar awan menggambarkan sumber dan tujuan flow. Diagram notasi stock dan flow dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram Notasi Stock dan Flow

Stock dan flow ini digambarkan dalam bentuk flow diagram. Flow diagram merepresentasikan CLD dalam bentuk variabel dan formulasi matematika.

Hubungan antara CLD dan flow diagram tidak harus merupakan korespondensi satu ke satu. Flow diagram umumnya memiliki lebih banyak rincian (lebih banyak variabel dan parameter) daripada CLD.

Flow diagram merepresentasikan sistem dalam tiga jenis variabel, yaitu:

1. Level: jumlah yang berubah seiring dengan waktu, menggambarkan stock
2. Rate: suatu aliran (flow) yang berkontribusi untuk perubahan per satuan waktu, menggambarkan flow.
3. Auxiliary: variabel yang umumnya menyatakan suatu konstanta atau masukan dari luar sistem. Auxiliary dapat dihilangkan dalam model, sehingga model bisa hanya terdiri dari level (stock) dan rate (flow).

II.4 Elastisitas

Konsep elastisitas digunakan untuk menentukan besarnya pengaruh suatu variabel terhadap variabel yang lain. Jenis elastisitas yang digunakan adalah arc elasticity. Elastisitas ini banyak digunakan dalam konsep permintaan dalam Ekonomi.

Perhitungan arc elasticity untuk suatu kurva permintaan adalah sebagai berikut (Allen, 1933): jika $P_1(x_1, p_1)$ dan $P_2(x_2, p_2)$ adalah 2 titik dalam kurva permintaan, dan misalkan $p_1 > p_2$ sehingga $x_1 < x_2$, maka arc elasticity untuk segmen $P_1P_2 = -\lambda \frac{x_2 - x_1}{p_1 - p_2}$. Ukuran elastisitas haruslah independen terhadap satuan pengukuran, sehingga kemudian persamaan tersebut menjadi

$$\text{Arc elasticity} = \frac{\text{Percent change in quantity}}{\text{Percent change in price}}$$

Ukuran elastisitas ini akan digunakan dalam menentukan apakah suatu indicator merupakan indicator yang penting atau kunci.

Bab III Pengembangan Model

III.1 Sekilas tentang Perusahaan

PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk. (ITP) adalah salah satu produsen semen berkualitas dan khusus terbesar di Indonesia. ITP didirikan pada tahun 1985 dan sudah melakukan integrasi operasi semennya dengan total kapasitas produksi tahunannya dirancang untuk memproduksi 17,1 juta ton semen. ITP sekarang ini mengoperasikan dua belas plant, sembilan di antaranya berlokasi di Citeureup, Bogor, Jawa Barat (dengan kapasitas produksi semen tahunan sebesar 11,9 ton); dua berada di Palimanan, Cirebon, Jawa Barat (dengan kapasitas produksi semen tahunan sebesar 2,6 ton); dan satu berada di Tarjun, Kotabaru, Kalimantan Selatan dengan kapasitas produksi semen tahunan sebesar 2,6 ton).

Penjelasan untuk setiap produk adalah sebagai berikut:

a. Portland Composite Cement (PCC).

PCC dirancang untuk digunakan dalam konstruksi secara umum, seperti untuk membangun rumah, bangunan bertingkat tinggi, jembatan, jalan-jalan yang terbuat dari beton, beton yang belum dikeraskan. PCC memiliki kekuatan yang sesuai dengan Portland Cement Type I.

b. Ordinary Portland Cement (OPC).

OPC juga dikenal sebagai semen abu-abu, terdiri dari tiga jenis standar semen. ITP memproduksi OPC Type I, II dan V. OPC Type I sesuai untuk berbagai variasi penggunaan, seperti konstruksi rumah, bangunan bertingkat tinggi, jembatan, dan jalan-jalan. OPC Type II dan Type V memberikan tambahan perlindungan terhadap sulfat yang terdapat dalam air dan tanah.

c. Oil Well Cement (OWC)

OWC merupakan tipe semen khusus yang digunakan untuk pengeboran minyak dan gas bumi, baik di darat ataupun di lepas pantai. OWC dicampur menjadi berbentuk bubuk dan kemudian dimasukkan ke antara pipa pengeboran dan bagian luar sumur minyak sehingga dapat mengeraskan dan mengikat pipa ke dalam bagian luar sumur minyak.

d. White Cement

White Cement digunakan untuk dekorasi interior dan eksterior. ITP merupakan produsen White Cement satu-satunya di Indonesia dan memiliki cukup kapasitas produksi untuk memenuhi total permintaan white cement lokal.

e. White Mortar TR30

White Mortar TR30 sangat sesuai untuk pelapisan (acian) dan pemasangan ubin (nat). White Mortar TR30 terdiri dari White Cement "Tiga Roda", kapur (kalsium karbonat) dan bahan-bahan tambahan khusus lainnya. Keuntungan menggunakan White Mortar TR30 adalah diperolehnya pelapisan yang lebih halus, mengurangi retak dan terkelupasnya permukaan karena karakteristik plastisnya yang memiliki daya rekat yang kuat, mudah dan cepat digunakan, ekonomis karena pelapisan dengan lapisan yang lebih tipis, juga dapat digunakan untuk permukaan beton dengan menambahkan lem putih.

f. Ready-Mix Concrete (diproduksi oleh anak perusahaan ITP)

Ready-Mix Concrete diproduksi dengan mencampur OPC dengan bahan tambahan yang tepat (pasir dan kerikil) dan air dan kemudian dikirimkan ke lokasi konsumen dengan truk semen untuk dituangkan. Sebagai produk bernilai tambah, Ready-Mix Concrete memberikan margin yang lebih tinggi dibandingkan produk semen lainnya. Sejumlah besar Ready-Mix Concrete ITP dijual di daerah Jakarta secara luas tempat konstruksi industry umumnya ditemui.

g. Aggregates (diproduksi oleh anak perusahaan ITP)

Aggregates yang baru dikembangkan (batu andesit atau batu yang dihancurkan) di Rumpin dan Purwakarta, Jawa Barat dengan jumlah persediaan sejumlah 130 juta ton andesit, melalui anak perusahaan ITP akan memperkuat posisi ITP sebagai penyedia bahan-bahan bangunan.

Pada tahun 2001, HeidelbergCement Group, yang berpusat di Jerman dan merupakan pemimpin produsen semen dunia dengan operasi di 50 negara, mengambil alih saham terbesar ITP. Sejak itu, ITP berfokus untuk memperoleh kembali kemampuan finansialnya, yang hilang selama krisis finansial Asia. Untuk

mendapatkan tujuan tersebut dan dengan dukungan dari HeidelbergCement Group, ITP kembali berfokus pada aktivitas-aktivitas dalam bisnis intinya, yaitu memproduksi semen, Ready-Mix Concrete, dan Aggregates. Dari tahun 2006 sampai sekarang, ITP berhasil memperoleh kekuatan finansialnya.

Pada tahun 2007, ITP menyelesaikan pembenahan utama di Plant 8 di Citeureup, sehingga meningkatkan kapasitas produksi tahunannya sebanyak 600.000 ton semen. Hal ini membuat ITP dapat meningkatkan volum penjualannya secara signifikan di tahun 2008 sebagai respon dari meningkatnya permintaan pasar.

Sebagai bagian dari program tanggung jawab sosial perusahaan, ITP berhasil membangun lebih dari 170 hektar penanaman pohon *jatropha curcas* di luar tambang di tanah kapur. ITP juga yang membuat prakarsa dalam pembuatan proyek pengolahan sampah padat berskala kecil untuk masyarakat di sekitar plant di Citeureup dan Cirebon. Sampah yang telah diproses digunakan sebagai bahan bakar biomassa (digunakan untuk menghasilkan panas dalam produksi semen) dan juga sebagai kompos.

Saham ITP terdaftar di Bursa Efek Indonesia dengan nilai kapitalisasi pasar sebesar 16.934 miliar pada akhir tahun 2008. ITP mempekerjakan 6.179 orang per tanggal 31 Desember 2008.

Visi ITP adalah menjadi pemimpin pasar lokal untuk semen yang berkualitas dan agregatnya. Misi ITP adalah berada dalam bisnis yang menyediakan tempat penampungan, semen dan bahan konstruksi yang berkaitan, dan jasa yang berkaitan dengan kualitas dan harga yang bersaing, sehingga mempromosikan pembangunan yang berkelanjutan. Slogan ITP adalah “Better Shelter for a Better Life”.

Pemegang saham per 30 Juni 2009 adalah Birchwood Omnia Limited, Inggris dengan jumlah saham sebesar 1.877.480.863 (persentase kepemilikan 51%), PT. Mekar Perkasa dengan jumlah saham sebesar 479.735.234 (persentase kepemilikan 13,03%), dan lain-lain dengan jumlah saham sebesar 479.735.234 (persentase kepemilikan 35,97%). Jumlah total saham yang dikeluarkan adalah sebesar 3.681.231.699 lembar saham.

Berkaitan dengan produksinya, pada tahun 2008 ITP memproduksi sekitar 12,8 juta ton clinker dibandingkan dengan 12,7 juta ton di tahun 2007. ITP memproduksi sekitar 12,5 juta ton semen, yang lebih tinggi daripada produksi tahun 2007 sebanyak 11,3 juta ton. Tingkat utilisasi dari kapasitas yang terpasang selama tahun 2008 adalah 81,6%, meningkat dari 81,1% di tahun 2007. Tingkat utilisasi kapasitas untuk setiap plant adalah sebagai berikut: 78,1% untuk Plant Citeureup, 84,5% untuk Plant Cirebon, dan 94,1% untuk Plant Tarjun. Dalam Tabel 3 dan 4 dirinci volum produksi untuk semen dan clinker pada plant-plant tersebut.

Tabel 3 Produksi Clinker (dalam Ton)

Plant	2008	2007	Variansi	
			Jumlah	%
Citeureup	8.458.106	8.348.195	109.911	1,3%
Cirebon	2.056.171	2.113.323	-57.152	-2,7%
Tarjun	2.258.481	2.232.642	25.839	1,2%
Total	12.772.758	12.694.160	78.598	0,6%

Tabel 4 Produksi Semen (dalam Ton)

Plant	2008	2007	Variansi	
			Jumlah	%
Citeureup	8.235.402	7.279.702	955.700	13,1%
Cirebon	2.570.859	2.471.462	99.397	4,0%
Tarjun	1.738.175	1.548.093	190.082	12,3%
Total	12.544.436	11.299.257	1.245.179	11,0%

Fasilitas Produksi yang dimiliki oleh ITP adalah sebagai berikut: Plant di Citeureup, Bogor, Jawa Barat yang berluas 200 hektar, 45 kilometer di sebelah Selatan Jakarta, dioperasikan sembilan plant, dengan total kapasitas produksi semen sekitar 11,9 juta ton per tahun. ITP juga mengoperasikan dua plant dengan kapasitas semen sekitar 2,6 juta ton per tahun pada lokasi seluas 37 hektar di Cirebon, Palimanan, Jawa Barat, 150 kilometer sebelah Timur Jakarta, dan plant dengan kapasitas sekitar 2,6 juta ton per tahun di Tarjun, Kalimantan Selatan. Seluruh plant menggunakan precalciner rotary kilns, dan pada umumnya memproduksi OPC Type I, kecuali Plant V yang memproduksi white cement dan oil well cement.

Adapun penjelasan mengenai masing-masing proses adalah sebagai berikut:

1. Penambangan (Quarrying).

Bahan mentah yang digunakan dalam produksi semen adalah batu kapur, pasir silika, tanah liat, pasir besi, dan gypsum. Batu kapur, tanah liat, dan pasir silika ditambang dengan cara pengeboran dan peledakan, kemudian dibawa ke lokasi penghancuran yang terletak berdekatan dengan daerah tambang. Batu kapur yang sudah dihancurkan, tanah liat, dan pasir silika kemudian dikirimkan dengan sistem konveyor atau dengan truk.

Dalam wet-process system, bahan mentah ditambang dalam keadaan basah dan dimasukkan ke kiln dalam bentuk bubur, yang membutuhkan penggunaan panas dalam tingkat yang relatif tinggi. Dalam dry-process system, bahan mentah ditambang dalam keadaan kering dan dimasukkan ke kiln dalam bentuk bubuk. Oleh karena ini, dry-process kilns digunakan dalam produsen semen modern. ITP menggunakan dry-process kilns, karena menghabiskan lebih sedikit panas dan lebih efisien dibandingkan wet-process kilns.

2. Pengeringan dan Penghancuran Kasar (Drying and Raw Grinding)

Bahan mentah dikeringkan menggunakan panas yang berlebih dari kiln. Tingkat kelembaban akan dikurangi secara drastis. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan pengendalian kualitas dan penanganan produk. Bahan mentah kemudian dicampur dan dimasukkan ke raw grinding mills untuk memproduksi "raw meal". Selama proses penghancuran, sampe diuji setiap setengah jam menggunakan X-ray analyzers untuk memastikan kualitas raw meal yang konsisten. Campuran raw meal kemudian dikirimkan ke storage silos.

3. Pembakaran dalam Kiln dan Pendinginan (Kiln Burning and Cooling).

Campuran raw meal dikirimkan dengan pneumatic conveyors ke kiln's suspension pre-heaters. Di pre-heaters, campuran raw mill akan dipanaskan untuk mencapai derajat kalsinasi (oksidasi dari kalsium karbonat) yang tinggi raw meal memasuki rotary kiln. Di rotary kiln, raw meal yang sudah dipanaskan akan dikalsinasi secara penuh dan sampai mencapai suhu 1.450 C dalam bentuk clinker.

Clinker panas dari rotary kiln kemudian dimasukkan ke dalam pendingin dan dinginkan oleh udara segar dari kipas angin berkapasitas besar. Udara yang dihembuskan melalui lapisan clinker dipanaskan dan kemudian digunakan sebagai sehingga udara pembakaran di dalam kiln. Clinker yang telah didinginkan kemudian dikirimkan ke clinker silos

4. Penghancuran Akhir (Finish Grinding).

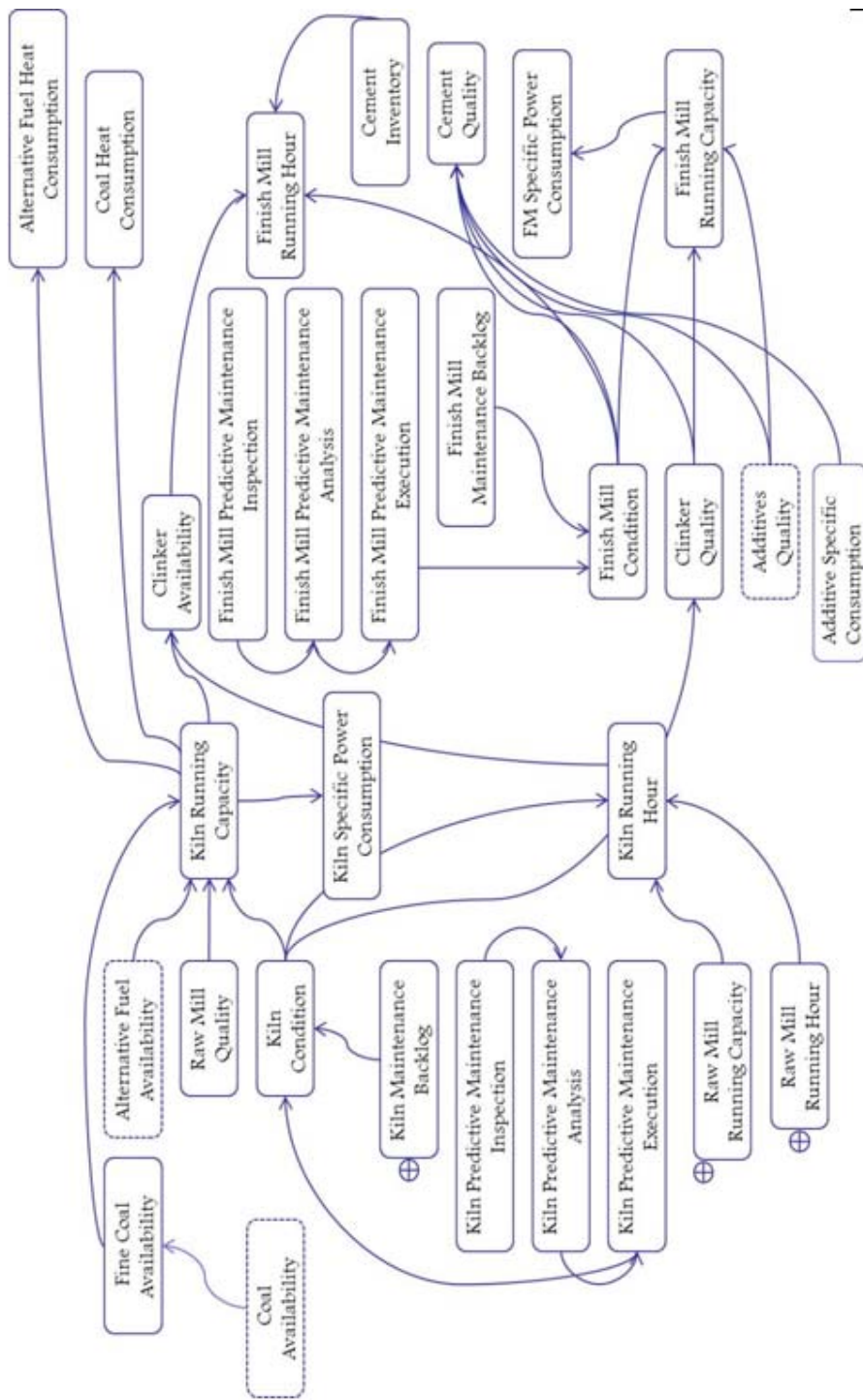
Dari clinker silos, clinker yang telah didinginkan kemudian dicampur dengan gypsum dan dimasukkan ke dalam grinding mill untuk memproduksi semen. Semen yang telah jadi kemudian dipompa ke dalam cement silos.

5. Pengepakan (Packing).

Semen diangkut dari storage silos ke packing plant untuk dimasukkan ke dalam kantong (bagging) dan juga dikemas dalam jumlah besar/curah (bulk). Bagging dilakukan dengan menggunakan rotary packing dan dalam line berkecepatan tinggi. Kantong yang telah berisi semen kemudian secara otomatis ditimbang, disegel, dan dimasukkan ke dalam truk dengan menggunakan konveyor. Total kapasitas seluruh packing machines di ITP adalah 5.000 ton per jam. Semen curah dimuat ke dalam tanki truk khusus untuk pengiriman ke tempat penyimpanan konsumen pada suatu lokasi konstruksi atau dikirimkan ke fasilitas pelabuhan ITP.

III.2 Model Konseptual

Model konseptual dibangun berdasarkan diskusi dan interview dengan pihak manajemen Plant 11 ITP. Model konseptual dinyatakan dalam bentuk causal-loop diagram, di mana variabel-variabel di dalamnya merupakan indicator-indikator yang saat ini digunakan untuk mengelola jalannya Plant 11 ITP. Pembuatan model konseptual dimulai dengan menentukan variable of interest, yang merupakan variabel yang menjadi perhatian utama dari problem owner, dalam hal ini pihak manajemen Plant 11 ITP. Variabel-variabel tersebut adalah Kiln Running Hour, Kiln Running Capacity, Finish Mill Running Hour, Finish Mill Running Capacity, Kiln Specific Power Consumption, Finish Mill Specific Power Consumption, Clinker Quality, dan Cement Quality. Kemudian dari variabel-variabel ini diturunkan variabel-variabel lain yang berpengaruh terhadap variable of interest tersebut. Pada akhirnya didapatkan causal loop diagram seperti dalam Gambar 4.



Gambar 4 Causal-loop diagram Plant 11 ITP

III.3 Penentuan Indikator dan Pengembangan Model Dinamika

Pengembangan model dinamika Plant#11 ITP dilakukan sesuai dengan causal-loop diagram yang telah dibuat sebelumnya. Causal-loop diagram tersebut dikonversi menjadi flow diagram, di mana semua variabel yang ada diubah menjadi 3 jenis variabel, yaitu level, rate, dan auxiliary. Flow diagram yang dibuat jauh lebih kompleks dibanding causal-loop diagram karena:

- adanya penambahan variabel atau parameter yang bertujuan membuat fungsional antar variabel menjadi lebih bermakna
- dimasukkannya time lag dalam konteks hubungan antar variabel

Penentuan parameter model dinamika dilakukan berdasarkan kondisi berikut:

- data historis tahun 2006, untuk variabel-variabel yang tersedia data historisnya
- judgment dari subject matter expert, dalam hal ini pihak manajemen Plant#11 ITP, untuk variabel-variabel yang tidak tersedia data historisnya
- model yang dibuat bersifat deterministic di mana nilai parameter model ditentukan berdasarkan nilai rata-rata dari data historis variabel yang terkait.

Bentuk flow diagram dan formula hasil parameterisasi model dinamika Plant#11 ITP dapat dilihat dalam **Lampiran A** dan **Lampiran B**.

III.4 Validasi Model Dinamika

Validasi dilakukan untuk memastikan bahwa model dinamika yang dibuat sudah merepresentasikan kondisi yang sebenarnya, dalam hal ini adalah sesuai dengan kinerja Plant#11 di tahun 2006.

Validasi dilakukan terhadap 4 KPI utama (ultimate) dari operasi Plant#11 ITP, yaitu kiln running hour, kiln running capacity, finish mill running hour, dan finish mill running capacity.

Tabel berikut berisi ringkasan nilai 4 KPI utama Plant#11 ITP untuk kondisi aktual dan yang merupakan output model.

Tabel 1 Perbandingan kinerja actual sistem dan model

KPI	Actual	Model
Kiln running hour (jam)	268	271
Kiln running capacity (ton/jam)	318,6	319,2
Finish mill running hour (jam)	268	271
Finish mill running capacity (ton/jam)	663,2	665,1

Berdasarkan perbandingan nilai aktual dan output model disimpulkan bahwa model sudah cukup valid.

Bab IV Analisis dan Usulan Sistem Pengukuran Kinerja

IV.1 Analisis Model Konseptual & Model Dinamika

Pembuatan model konseptual dilakukan dengan berdasarkan pada proses produksi dan proses bisnis yang ada di Plant#11 ITP. Hubungan kausal antar variabel merepresentasikan urutan proses yang ada.

Pengembangan model konseptual dimulai dari 4 variabel utama (variable of interest) yang menjadi ukuran kinerja secara keseluruhan dari Plant#11 ITP. Keempat variabel tersebut adalah:

- Kiln running hour
- Kiln running capacity
- Finish mill running hour
- Finish mill running capacity

Berdasarkan diskusi dengan problem owner ditambahkan 2 variabel utama, yaitu kiln specific power consumption dan finish mill power consumption. Penambahan 2 variabel ini didasari pemikiran bahwa konsumsi energi dan bahan bakar dalam industri semen bisa mencapai 40% dari biaya total, sehingga penghematan energi dan bahan bakar akan berdampak signifikan bagi daya saing produk semen yang dihasilkan, di samping menjamin keberlangsungan industri.

Secara umum, running capacity dipengaruhi oleh ketersediaan material input dan kondisi mesin produksi, baik kiln maupun finish mill. Dalam model yang dibuat material input dalam bentuk raw meal dan bahan aditif diasumsikan selalu tersedia. Asumsi ini didasari pemikiran bahwa ketersediaan semua material tersebut bukan menjadi tanggung jawab Plant#11 ITP. Hal yang sama berlaku juga untuk pasokan listrik. Sedangkan kondisi mesin dipengaruhi oleh perawatan yang dilakukan. Terdapat 2 jenis perawatan, yaitu preventive dan predictive maintenance. Preventive maintenance diukur berdasarkan realisasinya (atau backlog), sedangkan predictive maintenance dilakukan dalam 3 tahap, yaitu

inspection, analysis, dan execution. Dua jenis perawatan ini berlaku untuk kiln dan finish mill.

Data historis yang tersedia secara lengkap terbatas hanya data produksi. Sedangkan data lain, misalnya emisi dan maintenance, hanya tersedia untuk data output akhirnya saja sedang data komponen-komponen yang mempengaruhinya tidak tersedia. Untuk komponen yang seperti ini dilakukan estimasi berdasarkan judgment yang dibuat bersama-sama oleh problem owner dan peneliti.

Semua nilai variabel diasumsikan deterministik untuk memudahkan analisis, karena jika tidak maka penentuan sensitivitas akan sangat sulit, memerlukan penerapan metode design of experiment yang sangat rumit.

IV.2 Analisis Elastisitas Indikator

Analisis elastisitas dilakukan untuk setiap komponen yang ada dalam model konseptual. Komponen-komponen tersebut dianalisis berdasarkan pengaruhnya terhadap variabel utama yang terkait, sehingga satu komponen bisa dianalisis terhadap lebih dari satu variabel utama.

Tabel 2 berisi hasil perhitungan nilai sensitivitas setiap komponen terhadap variabel utama yang terkait.

Tabel 2 Hasil analisis sensitivitas

No.	Elemen model dinamika	Dianalisis terhadap				Nilai sensitivitas
		K-RC	K-RH	FM-RC	FM-RH	
1	Fine Coal Availability	√				0.754
2	Kiln Efficiency	√				0.906
3	Raw Mill Running Capacity		√			0.482
4	Raw Meal Quality	√				0.193
5	Raw Mill Running Hour		√			0.603
6	Kiln Predictive Maintenance Inspection Realization	√	√			0.480/0.024
7	Kiln Predictive Maintenance Analysis Realization	√	√			0.480/0.024
8	Kiln Predictive Maintenance Execution Realization	√	√			0.454/0.067
9	Kiln Maintenance Backlog	√	√			0.003/0.002
10	Finish Mill Efficiency			√		0.920
11	Clinker Quality			√		0.013
12	Additives Quality			√		0.014
13	Finish Mill Predictive Maintenance Inspection Realization			√	√	0.411/0.052
14	Finish Mill Predictive Maintenance Analysis Realization			√	√	0.395/0.036
15	Finish Mill Predictive Maintenance Execution Realization			√	√	0.408/0.050
16	Finish Mill Maintenance Backlog			√	√	0.003/0.001

Keterangan:

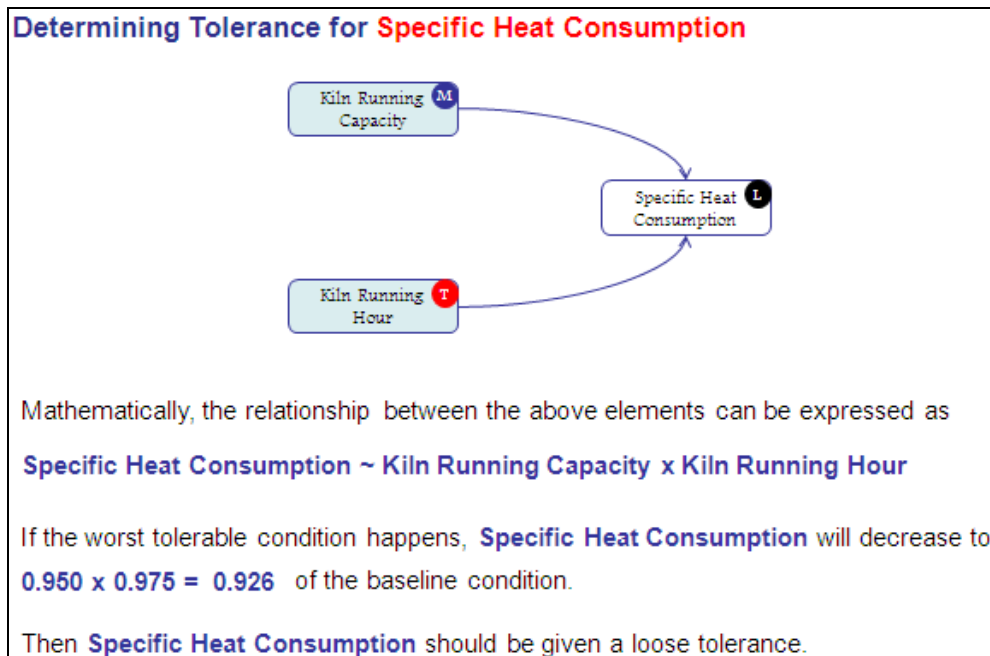
- K-RC : Kiln Running Capacity
- K-RH : Kiln Running Hour
- FM-RC : Finish Mill Running Capacity
- FM-RH : Finish Mill Running Hour

Selanjutnya dilakukan proses clustering terhadap nilai sensitivitas yang diperoleh dengan menggunakan teknik k-means cluster dengan jumlah cluster 3. Ini sesuai dengan 3 kategori nilai toleransi yang digunakan saat ini yaitu 2,5% (ketat), 5% (sedang), dan 10% (longgar). Hasil clustering dapat dilihat di Tabel 3.

Tabel 3 Hasil clustering nilai sensitivitas dan penentuan toleransi

No	Komponen	Nilai sensitivitas	Cluster	Nilai toleransi
1	Fine Coal Availability	0.754	2	5%
2	Kiln Efficiency	0.906	1	2.5%
3	Raw Mill Running Capacity	0.482	2	5%
4	Raw Meal Quality	0.193	3	10%
5	Raw Mill Running Hour	0.603	2	5%
6	Kiln Predictive Maintenance Inspection Realization	0.480/0.024	2/3	5%
7	Kiln Predictive Maintenance Analysis Realization	0.480/0.024	2/3	5%
8	Kiln Predictive Maintenance Execution Realization	0.454/0.067	2/3	5%
9	Kiln Maintenance Backlog	0.003/0.002	3/3	10%
10	Finish Mill Efficiency	0.920	1	2.5%
11	Clinker Quality	0.013	3	10%
12	Additives Quality	0.014	3	10%
13	Finish Mill Predictive Maintenance Inspection Realization	0.411/0.052	2/3	5%
14	Finish Mill Predictive Maintenance Analysis Realization	0.395/0.036	2/3	5%
15	Finish Mill Predictive Maintenance Execution Realization	0.408/0.050	2/3	5%
16	Finish Mill Maintenance Backlog	0.003/0.001	3/3	10%

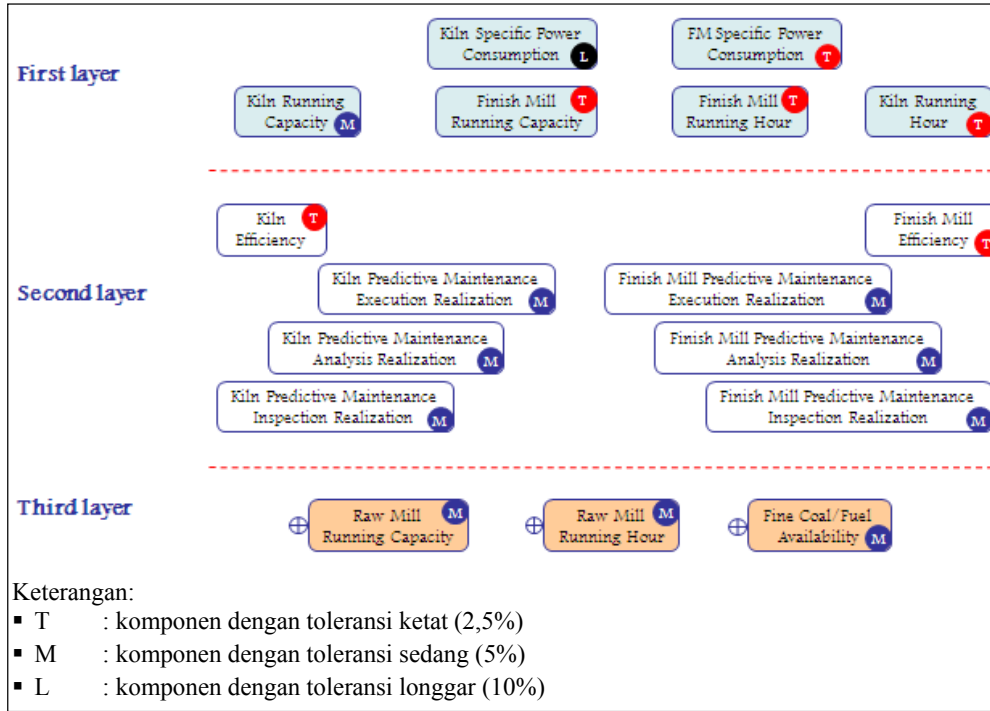
Penentuan toleransi untuk komponen selain dari yang ada dalam Tabel 3 dilakukan dengan ilustrasi yang ada dalam Gambar 2.



Gambar 2 Ilustrasi penentuan toleransi untuk komponen lainnya

IV.3 KPI Kinerja Plant#11 ITP Usulan

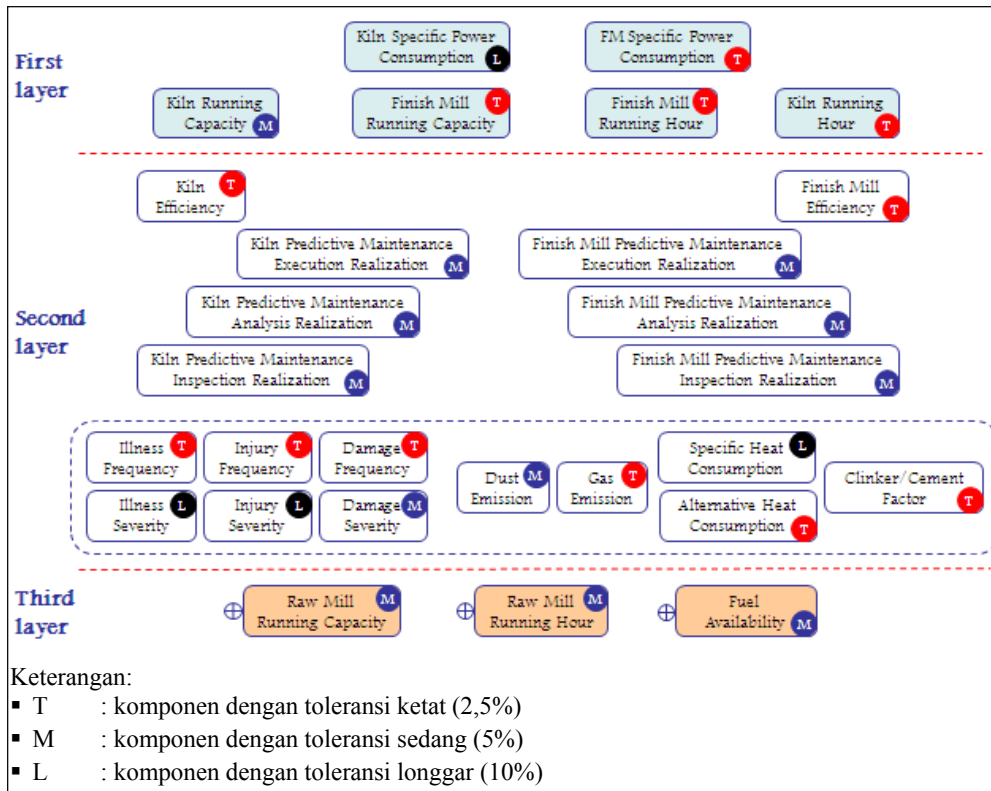
Berdasarkan hasil analisis sensitivitas dibuat usulan KPI untuk Plant#11 ITP beserta toleransinya seperti yang ada dalam Gambar 3.



Gambar 3 Usulan KPI dan toleransinya untuk Plant#11 ITP

KPI yang ada dalam first layer adalah KPI yang setiap saat harus dimonitor oleh General Manager (GM), sedangkan KPI yang ada di second layer akan dilihat ketika ada KPI di first layer yang ada di luar target. Demikian juga KPI yang ada di third layer hanya akan dilihat ketika KPI yang ada di second layer tidak mencapai target, sesuai dengan toleransinya masing-masing.

Jika pihak manajemen ingin memasukkan indikator kinerja yang merepresentasikan kelangsungan industri maka dapat dimasukkan KPI yang terkait HSE (Health, Safety & Environment) dan efisiensi penggunaan energi dan bahan bakar. Usulan KPI yang diperluas ini dapat dilihat di Gambar 4.



Gambar 4 Usulan KPI yang diperluas untuk Plant#11 ITP beserta toleransinya

Bab V Kesimpulan dan Saran

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis terhadap model dinamika Plant#11 ITP dapat disimpulkan bahwa KPI dan toleransi untuk operasi Plant#11 ITP adalah sebagai berikut:

No.	KPI	Toleransi
1	Fine Coal Availability	5%
2	Kiln Efficiency	2.5%
3	Raw Mill Running Capacity	5%
4	Raw Meal Quality	10%
5	Raw Mill Running Hour	5%
6	Kiln Predictive Maintenance Inspection Realization	5%
7	Kiln Predictive Maintenance Analysis Realization	5%
8	Kiln Predictive Maintenance Execution Realization	5%
9	Kiln Maintenance Backlog	10%
10	Finish Mill Efficiency	2.5%
11	Clinker Quality	10%
12	Additives Quality	10%
13	Finish Mill Predictive Maintenance Inspection Realization	5%
14	Finish Mill Predictive Maintenance Analysis Realization	5%
15	Finish Mill Predictive Maintenance Execution Realization	5%
16	Finish Mill Maintenance Backlog	10%
17	Illness frequency	2,5%
18	Illness severity	10%
19	Injury frequency	2,5%
20	Injury severity	10%
21	Damage frequency	2,5%
22	Damage severity	5%
23	Dust emission	5%
25	Gas emission	2,5%
26	Specific heat consumption	10%
27	Alternative heat consumption	2,5%
28	Clinker/cement factor	2,5%

V.2 Saran

Saran untuk penelitian berikutnya adalah:

1. Cakupan sistem dapat diperluas ke plant yang lain dan mencakup juga fungsi-fungsi lain yang ada di luar plant, sehingga dapat dibuat model untuk ITP secara keseluruhan. Model Plant#11 bisa digunakan sebagai dasar untuk membuat model untuk plant yang lain dengan sedikit penyederhanaan, karena Plant#11 adalah plant yang paling kompleks.
2. Analisis sensitivitas dapat dikembangkan untuk model yang bersifat probabilistic dengan menggunakan design of experiment.

Daftar Pustaka

1. _ (2000), Energy Efficiency Indicators: A Study of Energy Efficiency Indicators for Industry in APEC Economies, Asia Pacific Energy Research Center.
2. _ (2001), Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC): Reference Document on Best Available Techniques in the Cement and Lime Manufacturing Industries, *European Commission*.
3. _ (2002), Toward a Sustainable Cement Industry, Summary Report, World Business Council for Sustainable Development.
4. _ (2005), Safety in the Cement Industry: Guidelines for Measuring and Reporting, Cement Sustainability Initiative, World Business Council for Sustainable Development.
5. _ (2005), Guidelines for the Selection and Use of Fuels and Raw Materials in the Cement Manufacturing Process, Cement Sustainability Initiative, World Business Council for Sustainable Development.
6. Gallestey, E., Castagnoli, D., & ColbertMartin, J.C. (2004), *New Levels of Performance for the Cement Industry*, ABB Review.
7. Sterman, J. D. (2000), *Business Dynamics: System Thinking and Modeling for a Complex World*, Irwin McGraw-Hill, USA.

Lampiran A. Flow Diagram

Lampiran B. Formulasi Flow Diagram

- Accumulated Coal Mill Running Hours = 0
- Accumulated Finish Mill Running Hours = 0
- Accumulated Kiln Running Hours = 0
- Accumulated Raw Mill Running Hours = 0
- Additives Quality = AVERAGE ('Fly Ash Quality','Gypsum Quality', 'Limestone Quality for Finish Mill','Trash Quality')
- Aggregate Running Hours = 'Raw Mill Running Hours Rate'+ 'Kiln Running Hours Rate'+ 'Finish Mill Running Hours Rate'
- Alternative Fuel Availability = 0<<Tonne>>
- Alternative Fuel Availability Rate = IF('Fine Coal Production Rate'= 0 <<Tonne/da>>, IF('Alternative Fuel Purchase Availability'=0, (IF('Fine Coal Availability'<1000 <<Tonne>>, 9100<<Tonne>>,0 <<Tonne>>)), 4550 <<Tonne>>),0<<Tonne>>)/1<<da>>/'Alternative Fuel Equivalent'
- Alternative Fuel Consumption Rate = IF('Alternative Fuel Availability'*1<<hr^-1>>>('Clinker Production Rate'*'Specific Heat Needed per Tonne Clinker'-'Fine Coal Consumption Rate'*'HV Fine Coal')/'HV Alternative', IF('Fine Coal Consumption Rate'*'HV Fine Coal'>='Clinker Production Rate'*'Specific Heat Needed per Tonne Clinker', 0<<Tonne/hr>>, ('Clinker Production Rate'*'Specific Heat Needed per Tonne Clinker'-'Fine Coal Consumption Rate'*'HV Fine Coal')/'HV Alternative'), 'Alternative Fuel Availability'*1<<hr^-1>>)
- Alternative Fuel Cost Rate = 'Alternative Fuel Availability Rate'*'Alternative Fuel Unit Cost'
- Alternative Fuel Equivalent = 10
- Alternative Fuel Purchase Availability = 1 // 1 = tidak ada masalah dari supply dept; /// 0 = ada masalah supply ==> masih harus di def..jika ada masalah menyebabkan availability berkurang
- Alternative Fuel Total Cost = 0
- Alternative Fuel Unit Cost = 129
- Auxiliary_1 = RUNAVERAGE('Kiln Running Capacity')

- Availability of Coal Mill Power = 1
- Availability of Finish Mill Power = 1
- Availability of Kiln Power = 1
- Availability of Man for Coal Mill Maintenance = 1
- Availability of Man for Finish Mill Maintenance = 1
- Availability of Man for Kiln Maintenance = 1
- Availability of Man for OPC Packing Facility Maintenance = 1
- Availability of Man for PCC Packing Facility Maintenance = .99
- Availability of Man for Raw Mill Maintenance = 1
- Availability of Material for Coal Mill Maintenance = $.6+.4/(1+\text{EXP}(-6*\text{Quality of Planning of Material for Coal Mill Maintenance}))^{10}$
- Availability of Material for Finish Mill Maintenance = $.6+.4/(1+\text{EXP}(-6*\text{Quality of Planning of Material for Finish Mill Maintenance}))^{10}$
- Availability of Material for Kiln Maintenance = $.6+.4/(1+\text{EXP}(-6*\text{Quality of Planning of Material for Kiln Maintenance}))^{10}$
- Availability of Material for OPC Packing Facility Maintenance = $.6+.4/(1+\text{EXP}(-6*\text{Quality of Planning of Material for OPC Packing Facility Maintenance}))^{10}$
- Availability of Material for PCC Packing Facility Maintenance = $.6+.4/(1+\text{EXP}(-6*\text{Quality of Planning of Material for PCC Packing Facility Maintenance}))^{10}$
- Availability of Material for Raw Mill Maintenance = $.6+.4/(1+\text{EXP}(-6*\text{Quality of Planning of Material for Raw Mill Maintenance}))^{10}$
- Availability of Occupational S&H SoP = .95
- Availability of OPC Packing Power = 1
- Availability of PCC Packing Power = 1
- Availability of Protective Equipment = .99
- Availability of Raw Mill Power = 1
- Availability of Tool and Equipment for Coal Mill Maintenance = 1
- Availability of Tool and Equipment for Finish Mill Maintenance = 1
- Availability of Tool and Equipment for Kiln Maintenance = 1

- Availability of Tool and Equipment for OPC Packing Facility Maintenance = 1
- Availability of Tool and Equipment for PCC Packing Facility Maintenance = .99
- Availability of Tool and Equipment for Raw Mill Maintenance = 1
- Awareness = $1/(1+10*EXP(-5*'Indocement Safety Observation Program'))$
- Backlog Time Delay = 6<<mo>>
- Bag Cost = 0
- Bag Cost Rate = $(\text{'Total Bag Delivery Rate'}/40<<kg>>)*\text{'Bag Unit Cost'}$
- Bag Transportation Arrangement = 1 // transport arrangement ok = 1 ; 0-1 //
- Bag Unit Cost = 2.325
- Bulk Transportation Arrangement = 1 // transport arrangement ok = 1 ; 0-1 //
- C13 = {100000/(30*24), 100000/(30*24), 100000/(30*24), 100000/(30* 24), 100000/(30*24), 100000/(30*24), 100000/(30*24), 100000/(30*24), 100000/(30*24),100000/(30*24), 100000/(30*24), 100000/(30*24)}
- C2 = {350, 350, 450, 350, 350, 350, 450, 450, 350, 350, 450, 450}*1<<Tonne/hr>>
- C5 = {90, 90, 90, 90, 90, 90, 90, 90, 90, 90, 90, 90}
- C8 = {300000/(30*24), 300000/(30*24), 300000/(30*24), 300000/(30* 24), 300000/(30*24), 300000/(30*24), 300000/(30*24), 300000/(30*24), 300000/(30*24), 300000/(30*24), 300000/(30*24), 300000/(30*24)}*1 <<Tonne/hr>>
- Cement Grinding Aid Availability = 0
- Cement Grinding Aid Consumption Rate = $(\text{'OPC Production Rate'+ 'PCC Production Rate'})*\text{'Cement Grinding Aid Proportion'}$
- Cement Grinding Aid Proportion = .001
- Cement Grinding Aid Supply Availability = 1
- Cement Grinding Aid Supply Rate = $\text{'Cement Grinding Aid Supply Availability'}$
- Cement Packing Weight Accuracy = $\text{'Cement Grinding Aid Supply Availability'}$

- Cement Production Rate = $.5+.5/(1+10*EXP(-5*(.5*OPC \text{ Packing Process Stability}+.5*PCC \text{ Packing Process Stability})))$
- Cement Production Volume Accumulation = 0
- Cement Quality = $IF('Cement \text{ Grinding Aid Proportion}'>0, 1.025*(.6+.4/(1+EXP(-6*'Clinker \text{ Quality}'*(.25*'Fly \text{ Ash Quality}'+.25*'Gypsum \text{ Quality}'+.25*'Limestone \text{ Quality for Finish Mill}'+.25*'Trash \text{ Quality}')*'Finish \text{ Mill Machine Process Capability}'*Finish \text{ Mill Machine Process Stability}'*Finish \text{ Mill Man Capability}'))^10), .6+.4/(1+EXP(-6*'Clinker \text{ Quality}'*(.25*'Fly \text{ Ash Quality}'+.25*'Gypsum \text{ Quality}'+.25*'Limestone \text{ Quality for Finish Mill}'+.25*'Trash \text{ Quality}')*'Finish \text{ Mill Machine Process Capability}'*Finish \text{ Mill Machine Process Stability}'*Finish \text{ Mill Man Capability}'))^10)$
- Clay Availability for Production = 150000
- Clay Availability vs Planning = $IF('Clay \text{ Availability for Production}'> 'Raw \text{ Mill Production Plan}'*'Clay \text{ Proportion}'*1<<hr>>, 1,'Clay \text{ Availability for Production}'/('Raw \text{ Mill Production Plan}'*'Clay \text{ Proportion}'*1<<hr>>))$
- Clay Consumption Rate = $IF('Clay \text{ Availability for Production}'> 'Raw \text{ Mill Production Plan}'*'Clay \text{ Proportion}'*1<<hr>>, 1,'Clay \text{ Availability for Production}'/('Raw \text{ Mill Production Plan}'*'Clay \text{ Proportion}'*1<<hr>>))$
- Clay Cost Rate = 'Clay Consumption Rate'*'Clay Unit Cost'
- Clay Proportion = 15.502<<%>>
- Clay Quality = 97.5%
- Clay Supply Rate = $IF('Mining \text{ Clay Availability}'= 0, (IF('Clay \text{ Availability for Production}'< 3000<<Tonne>>,8910<<Tonne>>,0 <<Tonne>>)), 4500 <<Tonne>>)/1<<da>>$
- Clay Unit Cost = 48.87
- Clinker Consumption = 0
- Clinker Consumption Rate for Finish Mill = $IF('Clinker \text{ Silo}'>('PCC \text{ Production Rate}'*'Clinker \text{ Proportion for PCC}'+'OPC \text{ Production Rate}'*'Clinker \text{ Proportion for OPC}')*1<<hr>>,'PCC \text{ Production Rate}'*'Clinker \text{ Proportion for PCC}'+'OPC \text{ Production Rate}'*'Clinker \text{ Proportion for OPC}'),'Clinker \text{ Silo}'*1<<hr^-1>>)$

- Clinker Delivery Rate = $IF('Clinker\ Silo' * 1 \ll hr^{-1} \gg) \ll 'Clinker\ Demand\ Heilderberg\ Policy' * 'Clinker\ Transportation\ Arrangement', 'Clinker\ Demand\ Heilderberg\ Policy' * 'Clinker\ Transportation\ Arrangement', 'Clinker\ Silo' * 1 \ll hr^{-1} \gg)$
- Clinker Delivery Volume = 0
- Clinker Demand Heilderberg Policy = 37.5 $\ll Tonne/hr \gg$
- Clinker Production Rate = 'Kiln Running Capacity' * 'Kiln Running Hours Rate'
- Clinker Production Rate-Mirror = 'Clinker Production Rate'
- Clinker Production Volume Accumulation = 0
- Clinker Proportion for OPC = 86%
- Clinker Proportion for PCC = 80%
- Clinker Quality = $.6 + .4 / (1 + EXP(-6 * 'Raw\ Meal\ Quality' * 'Fine\ Coal\ Quality' * 'Kiln\ Machine\ Process\ Capability' * 'Kiln\ Machine\ Process\ Stability' * 'Kiln\ Man\ Capability'))^{10}$
- Clinker Silo = 10000
- Clinker Silo Capacity Availability = $IF('Clinker\ Silo' < 'Maksimum\ Clinker\ Silo\ Capacity', 1, 0)$
- Clinker to Cement Factor = 'Clinker Consumption' / 'Cement Production Volume Accumulation'
- Clinker Transportation Arrangement = 1 // skala 1-5; 1= transportasi ok //
- Coal Cost Rate = 'Coal Required' * 'Coal Unit Cost'
- Coal Mill Analysis Realization = 1
- Coal Mill Dust Emission per Hour = $.0015 + .0015 / (1 + 50 * EXP(-0.07 * 'Plant\#11\ Hazard\ Level'))$
- Coal Mill Efficiency = $1 / (1 + 1 * EXP(-6 * (.5 * 'Quality\ of\ Coal\ Mill\ Predictive\ Maintenance' + .5 * 'Quality\ of\ Coal\ Mill\ Preventive\ Maintenance' - 1)))$
- Coal Mill Electricity Availability Rate = $IF('Coal\ Mill\ Electricity\ Available?' = TRUE, 'Coal\ Mill\ Power\ Supplied\ from\ Utilities' * 1 \ll kW^{-1} \gg, 0) * 1 \ll KWh/hr \gg$
- Coal Mill Electricity Available? = $TIMECYCLE(STARTTIME, 'Coal\ Mill\ Electricity\ Unavailability\ Mean-Time-Between-Event', 1 \ll hr \gg)$

- Coal Mill Electricity Consumption Rate = IF('Coal Mill Electricity Availability Rate'>'Coal Mill Energy Required', 'Coal Mill Energy Required', 'Coal Mill Electricity Availability Rate')
- Coal Mill Electricity Cost Rate = 'Coal Mill Electricity Consumption Rate'*'Electricity Unit Cost'
- Coal Mill Electricity Total Consumption = 0
- Coal Mill Electricity Total Cost = 0
- Coal Mill Electricity Unavailability Mean-Time-Between-Event = IF('Availability of Coal Mill Power'= 1,1,1/(1-'Availability of Coal Mill Power'))*1<<hr>>
- Coal Mill Energy Required = 'Fine Coal Production Rate'*'Coal Mill Energy Required per Tonne'
- Coal Mill Energy Required per Tonne = 10
- Coal Mill Gas Emission per Hour = (.001+.001/(1+50*EXP(-0.07*'Plant#11 Hazard Level')))*1<<m^3/Tonne>>
- Coal Mill Inspection Realization = 1
- Coal Mill Installed Capacity = 4000<<Tonne/da>>
- Coal Mill Machine Process Capability = 1/(1+.1*EXP(-6*(.5*'Quality of Coal Mill Predictive Maintenance'+.5*'Quality of Coal Mill Preventive Maintenance'-1)))
- Coal Mill Machine Process Stability = 1/(1+.1*EXP(-6*(.5*'Quality of Coal Mill Predictive Maintenance'+.5*'Quality of Coal Mill Preventive Maintenance'-1)))
- Coal Mill Maintenance Backlog = 1-(.6+.4/(1+EXP(-6*'Availability of Man for Coal Mill Maintenance'*'Availability of Material for Coal Mill Maintenance'*'Availability of Tool and Equipment for Coal Mill Maintenance'*'Window-Time Availability'))^10)
- Coal Mill Maintenance Man Capability = 1
- Coal Mill Non-Running Hours due to Production Facility Downtime = 0
- Coal Mill Non-Running Hours due to Unavailable Electricity = 0
- Coal Mill Non-Running Hours due to Unavailable Water = 0

- Coal Mill Non-Running Hours Rate due to Production Facility Downtime = IF('Coal Mill Production Facility Down?'= TRUE,1,0)
- Coal Mill Non-Running Hours Rate due to Unavailable Electricity = IF('Coal Mill Electricity Available?'= FALSE,1,0)
- Coal Mill Non-Running Hours Rate due to Unavailable Water = IF('Water available?'= TRUE,0,1)
- Coal Mill PdM Execution Realization = 'Availability of Man for Coal Mill Maintenance'* 'Availability of Material for Coal Mill Maintenance'*'Availability of Tool and Equipment for Coal Mill Maintenance'*'Window-Time Availability'
- Coal Mill Planned Maintenance = (31.82/(1+1*E^(-1*(.5*'Quality of Coal Mill Preventive Maintenance'+.5*'Quality of Coal Mill Predictive Maintenance'))))^(1/1))*1<<hr/mo>>
- Coal Mill Power Supplied from Utilities = 3500
- Coal Mill Process Improvement Level = DELAYPPLMTR (1+(1/(1+(E^(-.5*(.5*'Number of Project Improvement for Coal Mill Electrical Failure Reduction'*'Quality of Improvement Project for Coal Mill Electrical Failure'+.5*'Number of Project Improvement for Coal Mill Mechanical Failure Reduction'*'Quality of Improvement Project for Coal Mill Mechanical Failure'-3))))),'Improvement Project Time Delay',6<<mo>>,1)
- Coal Mill Production Facility Down? = TIMECYCLE (STARTTIME,'Mean Time Between Coal Mill Production Facility Downtime',1<<hr>>)
- Coal Mill Production Facility Downtime = 'Coal Mill Planned Maintenance' +'Coal Mill Unplanned Maintenance'
- Coal Mill Running Capacity = ('Coal Mill Installed Capacity'*(1-(DELAYMTR('Decreasing Fine Coal Production Rate caused by Quality',1<<mo>>,1,0<<da/mo>>))))*'Kiln Man Capability'*'Coal Mill Efficiency'
- Coal Mill Running Hours Rate = IF('Coal Mill Non-Running Hours Rate due to Production Facility Downtime'= 0,IF('Coal Mill Non-Running Hours Rate due to Unavailable Water'= 0,IF('Coal Mill Non-Running Hours Rate due to Unavailable Electricity'= 0,1,1),0,1),0,1)

- Coal Mill Unplanned Maintenance = $(62.59 - (1 + (18 / (1 + 1 * E^{-6 * ('Coal Mill Process Improvement Level' * (.5 * 'Quality of Coal Mill Preventive Maintenance' + .5 * 'Quality of Coal Mill Predictive Maintenance') - 1))))^{(1/2)})) * 1 <<hr/mo>>$
- Coal Required = 'Fine Coal Production Rate' * 1.1
- Coal Total Cost = 0
- Coal Unit Cost = 129
- Constant 9 = {90000/(30*24), 90000/(30*24), 90000/(30*24), 90000/(30*24), 90000/(30*24), 90000/(30*24), 90000/(30*24), 90000/(30*24), 90000/(30*24), 90000/(30*24)}
- Consumable Cost = 27928
- Damage Frequency = 0
- Damage Frequency Rate = 'Plant#11 Hazard Level' * 'Total Aggregate Running Hours' * 'Unsafe Act Level' * 1 <<yr^-2>>
- Damage Severity Level = 1.059 * 'Plant#11 Hazard Level' * 'Total Aggregate Running Hours' * 'Unsafe Act Level' * 1 <<hr^-1>>
- Decreasing Cement Production Rate caused by Additives Quality = .025 - (.025 / (1 + 10 * EXP(-5 * 'Additives Quality' * 'Clinker Quality')))
- Decreasing Clinker Production Rate caused by Raw Meal Quality = (IF('Raw Meal Quality' > 90%, 2.5%, IF('Raw Meal Quality' > 80%, 5%, IF('Raw Meal Quality' > 70%, 7.5%, 10%))))
- Decreasing Fine Coal Production Rate caused by Quality = (IF('Raw Coal Quality' > 90%, 2.5%, IF('Raw Coal Quality' > 80%, 5%, IF('Raw Coal Quality' > 70%, 7.5%, 10%))))
- Decreasing Raw Mill Capacity caused by Raw Material Quality = IF('Raw Material Availability' > 0 <<Tonne/hr>>, (IF('Raw Material Quality' > 90%, 2.5%, IF('Raw Material Quality' > 80%, 5%, IF('Raw Material Quality' > 70%, 7.5%, 10%))))), 0)
- Depreciation Cost = 69820
- Direct Material Cost = 0
- Direct Material Cost Rate = 'FM Additives Cost Rate' + 'Raw Material Cost Rate'

- Dust Emission = 0
- Dust Emission Rate = ('Raw Mill Running Hours Rate'*'Raw Mill Dust Emission per Hour'+ 'Coal Mill Running Hours Rate'*'Coal Mill Dust Emission per Hour'+ 'Kiln Running Hours Rate'*'Kiln Dust Emission per Hour'+ 'Finish Mill Running Hours Rate'*'FM Dust Emission per Hour')*1<<Tonne/hr>>
- Electricity Cost = 0
- Electricity Cost Rate = 'Coal Mill Electricity Cost Rate'+ 'FM Electricity Cost Rate'+ 'Kiln Electricity Cost Rate'+ 'Packing Electricity Cost Rate'+ 'Raw Mill Electricity Cost Rate'
- Electricity Unit Cost = 1
- Fine Coal Production Rate = 'Coal Mill Running Capacity'*'Coal Mill Running Hours Rate'*'Raw Coal Purchase Availability'
- Fine Coal Availability = 30000
- Fine Coal Availability vs Planning = IF('Fine Coal Availability'+ 'Alternative Fuel Availability' > 'Kiln Production Plan'*'Fine Coal Proportion'*1<<hr>>', 100<<%>>, ('Fine Coal Availability'+ 'Alternative Fuel Availability')/('Kiln Production Plan'*1<<hr>> *'Fine Coal Proportion'))
- Fine Coal Consumption Rate = IF('Fine Coal Availability'*1<<hr^-1>>> ('Clinker Production Rate'*'Specific Heat Needed per Tonne Clinker')/'HV Fine Coal', ('Clinker Production Rate'*'Specific Heat Needed per Tonne Clinker')/'HV Fine Coal', 'Fine Coal Availability'*1<<hr^-1>>)
- Fine Coal Proportion = 12.9167<<%>>
- Fine Coal Quality = .6+.4/(1+EXP(-6*'Raw Coal Quality'*'Coal Mill Machine Process Capability'*'Coal Mill Machine Process Stability'*'Kiln Man Capability'))^10
- Finish Mill Efficiency = .5*'Mill Efficiency'+.5*'Separator Efficiency'
- Finish Mill Electricity Available? = TIMECYCLE(STARTTIME, 'Finish Mill Electricity Unavailability Mean-Time-Between-Event', 1<<hr>>)
- Finish Mill Electricity Unavailability Mean-Time-Between-Event = IF('Availability of Finish Mill Power' = 1, 1, 1/(1-'Availability of Finish Mill Power'))*1<<hr>>

- Finish Mill Hours with Available Input Material = IF('Fly Ash Availability'>0<<Tonne>>,IF('Gypsum Availability'>0<<Tonne>>, IF ('Limestone Availability for Finish Mill'>0<<Tonne>>, IF('Trass Availability'>0<<Tonne>>,1,0),1,0),1,0),1,0)
- Finish Mill Machine Process Capability = $1/(1+1*EXP(-6*(.5*Quality\ of\ FM\ Predictive\ Maintenance'+.5*Quality\ of\ FM\ Preventive\ Maintenance'-1)))$
- Finish Mill Machine Process Stability = $1/(1+1*EXP(-6*(.5*Quality\ of\ FM\ Predictive\ Maintenance'+.5*Quality\ of\ FM\ Preventive\ Maintenance'-1)))$
- Finish Mill Maintenance Backlog = $1-(.6+.4/(1+EXP(-6*Availability\ of\ Man\ for\ Finish\ Mill\ Maintenance'*Availability\ of\ Material\ for\ Finish\ Mill\ Maintenance'*Availability\ of\ Tool\ and\ Equipment\ for\ Finish\ Mill\ Maintenance'*Window-Time\ Availability'))^10)$
- Finish Mill Man Capability = 99%
- Finish Mill Non-Running Days Rate due to Unavailable Input Material = $1-'Finish\ Mill\ Hours\ with\ Available\ Input\ Material'$
- Finish Mill Non-Running Hours due to Unavailable Electricity = 0
- Finish Mill Non-Running Hours due to Unavailable Silo Capacity = 0
- Finish Mill Non-Running Hours due to Unavailable Water = 0
- Finish Mill Non-Running Hours Rate due to Unavailable Electricity = IF('Finish Mill Electricity Available?' = FALSE,1,0)
- Finish Mill Non-Running Hours Rate due to Unavailable Silo Capacity = IF('OPC Silo Capacity Availability' = 0,IF('PCC Silo Capacity Availability' = 0,1,0),0,0)*1<<hr/hr>>
- Finish Mill Non-Running Hours Rate due to Unavailable Water = IF('Water available?' = TRUE,0,1)
- Finish Mill PdM Analysis Realization = 90%
- Finish Mill PdM Execution Realization = 'Availability of Man for Finish Mill Maintenance'*Availability of Material for Finish Mill Maintenance'*Availability of Tool and Equipment for Finish Mill Maintenance'*Window-Time Availability'
- Finish Mill PdM Inspection Realization = 95%
- Finish Mill Power Supplied by Utilities = 20000

- Finish Mill Running Days with Available Material = 0
- Finish Mill Running Hours Rate = IF('Finish Mill Non-Running Days Rate due to Unavailable Input Material' = 0,IF('FM Non-Running Hours Rate due to Production Facility Downtime' = 0,IF('Finish Mill Non-Running Hours Rate due to Unavailable Water' = 0,IF('Finish Mill Non-Running Hours Rate due to Unavailable Silo Capacity' = 0,IF('Finish Mill Non-Running Hours Rate due to Unavailable Electricity' = 0,1,1), 0,1), 0,1),0,1),0,1)
- Fly Ash Availability = 200000
- Fly Ash Availability Rate = IF('Fly Ash Purchase Availability' = 0,(IF('Fly Ash Availability' < 1000 <<Tonne>>, 9100 <<Tonne>>, 0 <<Tonne>>)), 4550 <<Tonne>>)/1 <<da>>
- Fly Ash Consumption Rate = 'Fly Ash Usage Rate for OPC Cement'+ 'Fly Ash Usage Rate for PCC Cement'
- Fly Ash Cost Rate = 'Fly Ash Consumption Rate'* 'Fly Ash Unit Cost'
- Fly Ash Proportion for OPC Cement = 2%
- Fly Ash Proportion for PCC Cement = 3.33%
- Fly Ash Purchase Availability = 0 // 0 = tidak ada masalah dari supply dept; /// 1 = ada masalah supply == > masih harus di def. jika ada masalah menyebabkan availability berkurang seberapa //
- Fly Ash Quality = 98%
- Fly Ash Total Cost = 0
- Fly Ash Unit Cost = 48.87
- Fly Ash Usage Rate for OPC Cement = 'Fly Ash Proportion for OPC Cement'* 'OPC Production Rate'
- Fly Ash Usage Rate for PCC Cement = 'Fly Ash Proportion for PCC Cement'* 'PCC Production Rate'
- FM Additives Cost Rate = 'Fly Ash Cost Rate'+ 'FM Limestone Cost Rate'+ 'Gypsum Cost Rate'+ 'Trass Cost Rate'
- FM Dust Emission per Hour = .001+.001/(1+50*EXP(-0.07*'Plant#11 Hazard Level'))

- FM Electricity Availability Rate = IF('Finish Mill Electricity Available?' = TRUE,'Finish Mill Power Supplied by Utilities'*1<<kW^-1>>,0)*1<<KWh/hr>>
- FM Electricity Consumption Rate = IF('FM Electricity Availability Rate'>'FM Energy Required','FM Energy Required','FM Electricity Availability Rate')
- FM Electricity Cost Rate = 'FM Electricity Consumption Rate'*'Electricity Unit Cost'
- FM Electricity Total Cost = 0
- FM Energy Required = 'FM Total Production Rate'*'FM Power Required per Tonne'
- FM Gas Emission per Hour = (.001+.001/(1+50*EXP(-0.07*'Plant#11 Hazard Level')))*1<<m^3/Tonne>>
- FM Installed Capacity = 375
- FM Limestone Consumption Rate = 'FM Limestone Consumption Rate for OPC Cement'+'FM Limestone Consumption Rate for PCC Cement'
- FM Limestone Consumption Rate for OPC Cement = 'FM Limestone Proportion for OPC Cement'*'OPC Production Rate'
- FM Limestone Consumption Rate for PCC Cement = 'FM Limestone Proportion for PCC Cement'*'PCC Production Rate'
- FM Limestone Cost Rate = 'FM Limestone Consumption Rate'*'FM Limestone Unit Cost'
- FM Limestone Proportion for OPC Cement = 6%
- FM Limestone Proportion for PCC Cement = 6%
- FM Limestone Total Cost = 0
- FM Limestone Unit Cost = 48.87
- FM Non-Running Hours due to Production Facility Downtime = 0
- FM Non-Running Hours Rate due to Production Facility Downtime = IF('FM Production Facility Down?' = TRUE,1,0)
- FM OPC Running Capacity = IF('Cement Grinding Aid Proportion'>0,
- 1.035*IF('FM OPC Running Capacity Policy'<MIN('Maximum FM Installed Capacity Allocated for OPC','Minimum Material for OPC Production'))*'Finish Mill Efficiency'*'Finish Mill Man Capability'*(1-'Decreasing Cement

Production Rate caused by Additives Quality'),'FM OPC Running Capacity Policy', MIN('Maximum FM Installed Capacity Allocated for OPC','Minimum Material for OPC Production')*'Finish Mill Efficiency'*'Finish Mill Man Capability'*(1-'Decreasing Cement Production Rate caused by Additives Quality')),IF('FM OPC Running Capacity Policy'<MIN('Maximum FM Installed Capacity Allocated for OPC','Minimum Material for OPC Production')*'Finish Mill Efficiency'*'Finish Mill Man Capability'*(1-'Decreasing Cement Production Rate caused by Additives Quality'),'FM OPC Running Capacity Policy', MIN('Maximum FM Installed Capacity Allocated for OPC','Minimum Material for OPC Production')*'Finish Mill Efficiency'*'Finish Mill Man Capability'*(1-'Decreasing Cement Production Rate caused by Additives Quality'))

- FM OPC Running Capacity Policy = 195
- FM PCC Running Capacity = IF('Cement Grinding Aid Proportion'>0, 1.025*IF('FM PCC Running Capacity Policy'<MIN('Maximum FM Installed Capacity Allocated for PCC','Minimum Material for PCC Production')*'Finish Mill Efficiency'*'Finish Mill Man Capability'*(1-'Decreasing Cement Production Rate caused by Additives Quality'), 'FM PCC Running Capacity Policy', MIN('Maximum FM Installed Capacity Allocated for PCC','Minimum Material for PCC Production')*'Finish Mill Efficiency'*'Finish Mill Man Capability'*(1-'Decreasing Cement Production Rate caused by Additives Quality')), IF('FM PCC Running Capacity Policy'<MIN('Maximum FM Installed Capacity Allocated for PCC','Minimum Material for PCC Production')*'Finish Mill Efficiency'*'Finish Mill Man Capability'*(1-'Decreasing Cement Production Rate caused by Additives Quality'),'FM PCC Running Capacity Policy', MIN('Maximum FM Installed Capacity Allocated for PCC','Minimum Material for PCC Production')*'Finish Mill Efficiency'*'Finish Mill Man Capability'*(1-'Decreasing Cement Production Rate caused by Additives Quality'))
- FM PCC Running Capacity Policy = 175

- FM Planned Maintenance = $(.185/(1+1 * E^{(-1*(.5*Quality\ of\ FM\ Preventive\ Maintenance'+.5*Quality\ of\ FM\ Predictive\ Maintenance'))})^{(1/1)}) * 1 \ll da/mo \gg$
- FM Power Required per Tonne = $(-0.134 * FM\ Total\ Running\ Capacity * 1 \ll hr/Tonne \gg + 86.06) * 1 \ll KWh/Tonne \gg$
- FM Process Improvement Level = $DELAYPPLMTR(1+(((1+(E^{(-.5*(.5*Number\ of\ Project\ Improvement\ for\ FM\ Electrical\ Failure\ Reduction'*Quality\ of\ Improvement\ Project\ for\ FM\ Electrical\ Failure'+.5*Number\ of\ Project\ Improvement\ for\ FM\ Mechanical\ Failure\ Reduction'*Quality\ of\ Improvement\ Project\ for\ FM\ Mechanical\ Failure'-3))))), 'Improvement\ Project\ Time\ Delay', 6 \ll mo \gg, 1)$
- FM Production Facility Down? = $TIMECYCLE(STARTTIME, 'Mean\ Time\ Between\ FM\ Production\ Facility\ Downtime', 1 \ll hr \gg)$
- FM Production Facility Downtime = 'FM Planned Maintenance'+FM Unplanned Maintenance'
- FM Total Power Consumption = 0
- FM Total Production Rate = 'OPC Production Rate'+PCC Production Rate'
- FM Total Running Capacity = $RUNAVERAGE('FM\ OPC\ Running\ Capacity'+'FM\ PCC\ Running\ Capacity')$
- FM Unplanned Maintenance = $(27.55-(1+(18/(1+1 * E^{(-6*(FM\ Process\ Improvement\ Level*(.5*Quality\ of\ FM\ Preventive\ Maintenance'+.5*Quality\ of\ FM\ Predictive\ Maintenance')-1))))^{(1/2)))) * 1 \ll da/mo \gg$
- Fraction of FM Installed Capacity Allocated for PCC = .45
- Fuel Cost = 0
- Fuel Cost Rate = 'Alternative Fuel Cost Rate'+Coal Cost Rate'
- Gas Emission = 0
- Gas Emission Rate = ('Raw Mill Running Hours Rate'*Raw Mill Gas Emission per Hour'+Coal Mill Running Hours Rate'*Coal Mill Gas Emission per Hour'+Kiln Running Hours Rate'*Kiln Gas Emission per Hour'+Finish Mill Running Hours Rate'*FM Gas Emission per Hour') * 1 <<Tonne/hr>>
- Gypsum Proportion for PCC Cement = 4.04%
- Gypsum Availability = 200000

- Gypsum Availability Rate = IF('Gypsum Purchase Availability' = 0,(IF('Gypsum Availability'<1000<<Tonne>>,9100<<Tonne>>, 0 <<Tonne>>)), 4550<<Tonne>>)/1<<da>>
- Gypsum Consumption Rate = 'Gypsum Consumption Rate for OPC Cement'+ 'Gypsum Consumption Rate for PCC Cement'
- Gypsum Consumption Rate for OPC Cement = 'Gypsum Proportion for OPC Cement'*'OPC Production Rate'
- Gypsum Consumption Rate for PCC Cement = 'Gypsum Proportion for PCC Cement'*'PCC Production Rate'
- Gypsum Cost Rate = 'Gypsum Consumption Rate'*'Gypsum Unit Cost'
- Gypsum Proportion for OPC Cement = 3.5%
- Gypsum Purchase Availability = 0 // 0 = tidak ada masalah dari supply dept; /// 1 = ada masalah supply = => masih harus di def. jika ada masalah menyebabkan availability berkurang seberapa //
- Gypsum Quality = 95%
- Gypsum Total Cost = 0
- Gypsum Unit Cost = 48.87
- Hazard Exposure Hours Rate = 3-'Aggregate Running Hours'
- Hazard Exposure Time = 0
- Hazard Reduction Initiatives Degree of Correction = .000075
- Hazard Reduction Initiatives Impact Time Delay = 4<<mo>>
- Heavy Equipment Machine Availability = 1 // 1 = tidak ada masalah ; /// 0 = ada masalah transportasi = => masih harus di def. jika ada masalah menyebabkan availability berkurang seberapa //
- Hour with Available Raw Fine Coal = IF('Raw Mill Silo'>0<<Tonne>>,1,0)
- Hour with Available Raw Material = IF('Raw Material Availability'>0 <<Tonne/hr>>,1,0)
- HV Alternative = 4000
- HV Fine Coal = 7800
- IDO Availability for Coal Mill = 1
- IDO Consumption Rate = IF('IDO Availability for Coal Mill' = 1,IF('Clinker Production Rate'*'Specific Heat Needed per Tonne Clinker'>'Fine Coal

Consumption Rate*'HV Fine Coal'-'Alternative Fuel Consumption Rate*'HV Alternative', ('Clinker Production Rate*'Specific Heat Needed per Tonne Clinker'-'Fine Coal Consumption Rate*'HV Fine Coal'-'Alternative Fuel Consumption Rate*'HV Alternative)'/Kwh to MCal Conversion', 0<<KWh/hr>>),0<<KWh/hr>>)

- Illness Frequency = 0
- Illness Frequency Rate = $(15+25/(1+2.255*EXP(-.000001*(\text{'Hazard Exposure Time' * Plant\#11 Hazard Level' * Unsafe Act Level' * 1<<yr^{-1}>>-1)))) * 1<<yr^{-1}>>$
- Illness Severity Level = $100+100/(1+100000000000*EXP(-.0000001*(\text{'Hazard Exposure Time' * Plant\#11 Hazard Level' * Unsafe Act Level' * 1<<hr^{-1}>>)))^{1/6}$
- Improvement Project Time Delay = 3
- Indocement Safety Observation Program = .8
- Injury Frequency = 0
- Injury Frequency Rate = $(15+25/(1+2.255*EXP(-.000001*(\text{'Hazard Exposure Time' * Plant\#11 Hazard Level' * Unsafe Act Level' * 1<<yr^{-1}>>-1)))) * 1<<yr^{-1}>>$
- Injury Severity Level = $100+100/(1+100000000000*EXP(-.0000001*(\text{'Hazard Exposure Time' * Plant\#11 Hazard Level' * Unsafe Act Level' * 1<<hr^{-1}>>)))^{1/6}$
- Intensity of Hazard Reduction Initiatives = $.8+.2/(1+8*EXP(-.6*\text{'Number of Hazard Reduction Initiatives' * Quality of Occupational S\&H Record \& Report'}))^{2}$
- Iron Ore Availability = 200000
- Iron Ore Availability vs planning = $IF(\text{'Iron Ore Availability'} > \text{'Raw Mill Production Plan' * Iron Ore Propotion' * 1<<hr>>}, 1, \text{'Iron Ore Availability'}/(\text{'Raw Mill Production Plan' * Iron Ore Propotion' * 1<<hr>>}))$
- Iron Ore Consumption Rate = $IF(\text{'Iron Ore Availability'} > \text{'Heavy Equipment Machine Availability' * Iron Ore Propotion' * Raw Mill Production Rate' * 1<<hr>>}, \text{'Heavy Equipment Machine Availability' * Iron Ore Propotion' * Raw Mill Production Rate'}, \text{'Iron Ore Availability' * 1<<hr^{-1}>>}$

- Iron Ore Cost Rate = 'Iron Ore Consumption Rate'*Iron Ore Unit Cost'
- Iron Ore Propotion = 1.6525%
- Iron Ore Purchase Availability = 0 // 0 = tidak ada masalah dari supply dept;
 /// 1 = ada masalah supply = => masih harus di def..jika ada masalah
 menyebabkan avalilability berkurang seberapa //
- Iron Ore Quality = 92.5%
- Iron Ore Supply Rate = IF('Iron Ore Purchase Availability' = 0, (IF('Iron Ore
 Availability'<1000<<Tonne>>,9100<<Tonne>>, 0<<Tonne>>)), 4550
 <<Tonne>>)/1<<da>>
- Iron Ore Unit Cost = 48.87
- Kiln Dust Emission per Hour = .0035+.0035/(1+50*EXP(-0.07*Plant#11
 Hazard Level'))
- Kiln Efficiency = 1.025/(1+1*EXP(-6*(.5*Quality of Kiln Predictive
 Maintenance'+.5*Quality of Kiln Preventive Maintenance'-1)))
- Kiln Electricity Availability Rate = IF('Kiln Electricity Available?' =
 TRUE,'Kiln Power Supplied by Utilities'*1<<kW^-1>>,0)*1<<KWh/hr>>
- Kiln Electricity Available? = TIMECYCLE(STARTTIME,'Kiln Electricity
 Unavailability Mean-Time-Between-Event',1<<hr>>)
- Kiln Electricity Consumption Rate = IF('Kiln Electricity Availability
 Rate'>'Kiln Energy Required','Kiln Energy Required','Kiln Electricity
 Availability Rate')
- Kiln Electricity Cost Rate = 'Kiln Electricity Consumption Rate'*Electricity
 Unit Cost'
- Kiln Electricity Total Consumption = 0
- Kiln Electricity Total Cost = 0
- Kiln Electricity Unavailability Mean-Time-Between-Event = IF('Availability
 of Kiln Power' = 1,1,1/(1-'Availability of Kiln Power'))*1<<hr>>
- Kiln Energy Required = 'Clinker Production Rate'*Kiln Energy Required per
 Tonne'
- Kiln Energy Required per Tonne = (-20.0*LN('Kiln Running
 Capacity'*1<<hr/Tonne>>)+138.6)*1<<KWh/Tonne>>

- Kiln Gas Emission per Hour = $(.001+.001/(1+50*EXP(-0.07*Plant\#11 Hazard Level')))*1\ll m^3/Tonne\gg$
- Kiln Installed Capacity = 550 $\ll Tonne/hr\gg$
- Kiln Machine Process Capability = $1/(1+.1*EXP(-6*(.5*Quality\ of\ Kiln\ Predictive\ Maintenance'+.5*Quality\ of\ Kiln\ Preventive\ Maintenance'-1)))$
- Kiln Machine Process Stability = $1/(1+.1*EXP(-6*(.5*Quality\ of\ Kiln\ Predictive\ Maintenance'+.5*Quality\ of\ Kiln\ Preventive\ Maintenance'-1)))$
- Kiln Maintenance Backlog = $1-(.6+.4/(1+EXP(-6*Availability\ of\ Man\ for\ Kiln\ Maintenance'*Availability\ of\ Material\ for\ Kiln\ Maintenance'*Availability\ of\ Tool\ and\ Equipment\ for\ Kiln\ Maintenance'*Window-Time\ Availability'))^{10}$
- Kiln Maintenance Man Capability = .95
- Kiln Man Capability = 100%
- Kiln Non-Running Days with Available Input Material = 0
- Kiln Non-Running Hours due to Production Facility Downtime = 0
- Kiln Non-Running Hours due to Unavailable Electricity = 0
- Kiln Non-Running Hours due to Unavailable Silo Capacity = 0
- Kiln Non-Running Hours due to Unavailable Water = 0
- Kiln Non-Running Hours Rate due to Production Facility Downtime = IF('Kiln Production Facility Down?' = TRUE,1,0)
- Kiln Non-Running Hours Rate due to Unavailable Electricity = IF('Kiln Electricity Available?' = FALSE,1,0)
- Kiln Non-Running Hours Rate due to Unavailable Input Material = 1-'Hour with Available Raw Fine Coal'
- Kiln Non-Running Hours Rate due to Unavailable Silo Capacity = 1-'Clinker Silo Capacity Availability'*1 $\ll hr/hr\gg$
- Kiln Non-Running Hours Rate due to Unavailable Water = IF('Water available?' = TRUE,0,1)
- Kiln PdM Analysis Realization = 1
- Kiln PdM Execution Realization = 'Availability of Man for Kiln Maintenance'*'Availability of Material for Kiln Maintenance'*'Availability of Tool and Equipment for Kiln Maintenance'*'Window-Time Availability'

- Kiln PdM Inspection Realization = 1
- Kiln Planned Maintenance = $(120 + (6 / (1 + 1 * E^{(-1 * (.5 * \text{Quality of Kiln Preventive Maintenance} + .5 * \text{Quality of Kiln Predictive Maintenance}))))))^{(1/1)} * 1$ <<hr/mo>>
- Kiln Power Supplied by Utilities = 10000
- Kiln Process Improvement Level = DELAYPPLMTR(1+(1/(1+(E^(-.5*(.5*Number of Project Improvement for Kiln Electrical Failure Reduction'*Quality of Improvement Project for Kiln Electrical Failure'+.5*Number of Project Improvement for Kiln Mechanical Failure Reduction'*Quality of Improvement Project for Kiln Mechanical Failure'-3))))), 'Improvement Project Time Delay', 6 <<mo>>, 1)
- Kiln Production Facility Down? = TIMECYCLE(STARTTIME, 'Mean Time Between Kiln Production Facility Downtime', 1 <<hr>>)
- Kiln Production Facility Downtime = 'Kiln Planned Maintenance' + 'Kiln Unplanned Maintenance'
- Kiln Production Plan = (GRAPH(TIME, STARTTIME, 1 <<mo>>, 'C 8'))
- Kiln Running Capacity = IF('Kiln Running Capacity Policy' < MIN('Kiln Installed Capacity', 'Raw Mill Silo' * 1 <<hr^-1>>)) * 'Kiln Efficiency' * 'Kiln Man Capability' * (1 - 'Decreasing Clinker Production Rate caused by Raw Meal Quality') * 'Fine Coal Availability vs Planning', 'Kiln Running Capacity Policy', MIN('Kiln Installed Capacity', 'Raw Mill Silo' * 1 <<hr^-1>>)) * 'Kiln Efficiency' * 'Kiln Man Capability' * (1 - 'Decreasing Clinker Production Rate caused by Raw Meal Quality') * 'Fine Coal Availability vs Planning')
- Kiln Running Capacity Policy = 325
- Kiln Running Hours Policy = 8640
- Kiln Running Hours Rate = IF('Accumulated Kiln Running Hours' < 'Kiln Running Hours Policy', (1 - 'Kiln Non-Running Hours Rate due to Production Facility Downtime') * (1 - 'Kiln Non-Running Hours Rate due to Unavailable Electricity') * (1 - 'Kiln Non-Running Hours Rate due to Unavailable Input Material') * (1 - 'Kiln Non-Running Hours Rate due to Unavailable Silo Capacity') * (1 - 'Kiln Non-Running Hours Rate due to Unavailable Water'), 0)

- Kiln Specific Heat Consumption = 'Fine Coal Consumption Rate'*HV Fine Coal'+ 'Alternative Fuel Consumption Rate'*HV Alternative'+ 'IDO Consumption Rate'*Kwh to MCal Conversion'
- Kiln Unplanned Maintenance = $(180.14 - (1 + (120.5 / (1 + 1 * E^{(-6 * ('Kiln Process Improvement Level' * (.5 * 'Quality of Kiln Preventive Maintenance' + .5 * 'Quality of Kiln Predictive Maintenance') - 1))))^{(1/2)})) * 1$ <<hr/mo>>
- Kwh to MCal Conversion = 0.86
- Limestone Availability = 3000000
- Limestone Availability for Finish Mill = 200000
- Limestone Availability vs Planning = IF('Limestone Availability' > 'Raw Mill Production Plan' * 'Limestone Proportion for Raw Mill' * 1 <<hr>>, 1, 'Limestone Availability' / ('Raw Mill Production Plan' * 'Limestone Proportion for Raw Mill' * 1 <<hr>>))
- Limestone Consumption Rate = IF('Limestone Availability' > 'Limestone Proportion for Raw Mill' * 'Raw Mill Production Rate' * 1 <<hr>>, 'Limestone Proportion for Raw Mill' * 'Raw Mill Production Rate', 'Limestone Availability' * 1 <<hr^-1>>)
- Limestone Cost Rate = 'Limestone Consumption Rate' * 'Limestone Unit Cost'
- Limestone Proportion for Raw Mill = 81.5842 <<%>>
- Limestone Quality for Finish Mill = 95%
- Limestone Quality for Raw Mill = 97.5%
- Limestone Supply Rate = IF('Mining Limestone Availability' = 0, (IF('Limestone Availability' < 20000 <<Tonne>>, 113400 <<Tonne>>, 0 <<Tonne>>)), 55000 <<Tonne>>) / 1 <<da>>
- Limestone Unit Cost = 48.87
- Maintenance Cost = 45100
- Maksimum Clinker Silo Capacity = 120000
- Maksimum OPC Cement Silo = 54000 <<Tonne>>
- Maksimum PCC Cement Silo = 27000 <<Tonne>>
- Maksimum Raw Mill Silo Capacity = 200000

- Man Capability in Occupational S&H = $1/(1+10*EXP(-5*'Training Adequacy in Occupational S\&H'))$
- Maximum FM Installed Capacity Allocated for OPC = 'FM Installed Capacity'*(1-'Fraction of FM Installed Capacity Allocated for PCC')
- Maximum FM Installed Capacity Allocated for PCC = 'FM Installed Capacity'*'Fraction of FM Installed Capacity Allocated for PCC'
- Maximum OPC Packing Capacity Constrained by Electricity Availability = 'OPC Packing Electricity Availability Rate'/'OPC Packing Energy Required per Tonne'
- Maximum PCC Packing Capacity Constrained by Electricity Availability = 'PCC Packing Electricity Availability Rate'/'PCC Packing Energy Required per Tonne'
- Maximum Raw Mill Capacity Constrained by Electricity Availability = ('Raw Mill Electricity Availability Rate')/'Raw Mill Energy Required per Tonne'
- Mean Time Between Coal Mill Production Facility Downtime = (1/'Coal Mill Production Facility Downtime')*1<<hr>>
- Mean Time Between FM Production Facility Downtime = (1/'FM Production Facility Downtime')*1<<hr>>
- Mean Time Between Kiln Production Facility Downtime = (1/'Kiln Production Facility Downtime')*1<<hr>>
- Mean Time Between OPC Packing Production Facility Downtime = (1/'OPC Packing Production Facility Downtime')*1<<hr>>
- Mean Time Between PCC Packing Production Facility Downtime = (1/'PCC Packing Production Facility Downtime')*1<<hr>>
- Mean Time Between Raw Mill Production Facility Downtime = (1/'Raw Mill Production Facility Downtimes')*1<<hr>>
- Mill Efficiency = $1/(1+.05*EXP(-6*(.5*'Quality of FM Predictive Maintenance'+.5*'Quality of FM Preventive Maintenance'-1)))$
- Minimum Material for OPC Production = IF(MIN('OPC Clinker Availability vs Planning','OPC Fly Ash Availability vs Planning','OPC Gypsum Availability vs Planning','OPC Limestone Availability vs Planning','OPC Trash Availability vs Planning')) = 'OPC Clinker Availability vs

Planning','Gypsum Availability'*10/('Clinker Proportion for OPC'*1<<mo>>)),IF(MIN('OPC Clinker Availability vs Planning','OPC Fly Ash Availability vs Planning','OPC Gypsum Availability vs Planning','OPC Limestone Availability vs Planning','OPC Trash Availability vs Planning') = 'OPC Fly Ash Availability vs Planning','Fly Ash Availability'*10/(1<<mo>>*'Fly Ash Proportion for OPC Cement'),IF(MIN('OPC Clinker Availability vs Planning','OPC Fly Ash Availability vs Planning','OPC Gypsum Availability vs Planning','OPC Limestone Availability vs Planning','OPC Trash Availability vs Planning') = 'OPC Gypsum Availability vs Planning','Gypsum Availability'*10/('Gypsum Proportion for OPC Cement'*1<<mo>>)), IF(MIN('OPC Clinker Availability vs Planning','OPC Fly Ash Availability vs Planning','OPC Gypsum Availability vs Planning','OPC Limestone Availability vs Planning','OPC Trash Availability vs Planning') = 'OPC Limestone Availability vs Planning','Limestone Availability for Finish Mill'*10/('FM Limestone Proportion for OPC Cement'*1<<mo>>),'Trass Availability'*10/('Trass Proportion for OPC Cement'*1<<mo>>))))))

- Minimum Material for PCC Production = IF(MIN('PCC Clinker Availability vs Planning','PCC Fly Ash Availability vs Planning','PCC Gypsum Availability vs Planning','PCC Limestone Availability vs Planning','PCC Trash Availability vs Planning') = 'PCC Clinker Availability vs Planning','Gypsum Availability'*10/('Clinker Proportion for PCC'*1<<mo>>)), IF(MIN('PCC Clinker Availability vs Planning','PCC Fly Ash Availability vs Planning','PCC Gypsum Availability vs Planning','PCC Limestone Availability vs Planning','PCC Trash Availability vs Planning') = 'PCC Fly Ash Availability vs Planning','Fly Ash Availability'*10/(1<<mo>>*'Fly Ash Proportion for PCC Cement'),IF(MIN('PCC Clinker Availability vs Planning','PCC Fly Ash Availability vs Planning','PCC Gypsum Availability vs Planning','PCC Limestone Availability vs Planning','PCC Trash Availability vs Planning') = 'PCC Gypsum Availability vs Planning','Gypsum Availability'*10/('Gypsum Proportion for PCC Cement'*1<<mo>>)),IF(MIN('PCC Clinker Availability vs Planning','PCC Fly

Ash Availability vs Planning','PCC Gypsum Availability vs Planning','PCC Limestone Availability vs Planning','PCC Trash Availability vs Planning') = 'PCC Limestone Availability vs Planning','Limestone Availability for Finish Mill'*10/('FM Limestone Proportion for PCC Cement'*1<<mo>>),'Trass Availability'*10/('Trass Proportion for PCC Cement'*1<<mo>>))))

- Mining Clay Availability = 0 // 0 = tidak ada masalah dari mining dept; /// 1 = ada masalah supply = => masih harus di def..jika ada masalah menyebabkan availability berkurang seberapa //
- Mining Limestone Availability = 0 // 0 = tidak ada masalah dari mining dept; /// 1 = ada masalah supply = => masih harus di def..jika ada masalah menyebabkan availability berkurang seberapa //
- Mining Limestone Availability for Finish Mill = 0 // 0 = tidak ada masalah dari supply dept; /// 1 = ada masalah supply = => masih harus di def..jika ada masalah menyebabkan availability berkurang seberapa //
- Mining Limestone Availability Rate for Finish Mill = IF('Mining Limestone Availability for Finish Mill' = 0,(IF('Limestone Availability for Finish Mill' <1000<<Tonne>>,9100<<Tonne>>,0<<Tonne>>)),4550<<Tonne>>)/1<<da>>
- Number of Hazard Reduction Initiatives = 4
- Number of Project Improvement for Coal Mill Electrical Failure Reduction = 4
- Number of Project Improvement for Coal Mill Mechanical Failure Reduction = 4
- Number of Project Improvement for FM Electrical Failure Reduction = 4
- Number of Project Improvement for FM Mechanical Failure Reduction = 4
- Number of Project Improvement for Kiln Electrical Failure Reduction = 4
- Number of Project Improvement for Kiln Mechanical Failure Reduction = 4
- Number of Project Improvement for OPC Packing Electrical Failure Reduction = 4
- Number of Project Improvement for OPC Packing Mechanical Failure Reduction = 4

- Number of Project Improvement for PCC Packing Electrical Failure Reduction = 4
- Number of Project Improvement for PCC Packing Mechanical Failure Reduction = 4
- Number of Project Improvement for Raw Mill Electrical Failure Reduction = 4
- Number of Project Improvement for Raw Mill Mechanical Failure Reduction = 4
- OPC Bag Delivered = 0
- OPC Bag Delivery Rate = IF(IF(MIN('OPC Bag Packing Running Capacity','OPC Bag Demand')*'Bag Transportation Arrangement'*'OPC Bag Quality'*'OPC Packing Running Hours Rate'<'OPC Silo at P#11'*1<<hr^-1>>,MIN('OPC Bag Packing Running Capacity','OPC Bag Demand')*'Bag Transportation Arrangement'*'OPC Bag Quality'*'OPC Packing Running Hours Rate','OPC Silo at P#11'*1<<hr^-1>>)<'OPCSilo-Constrained Output Rate',IF(MIN('OPC Bag Packing Running Capacity','OPC Bag Demand')*'Bag Transportation Arrangement'*'OPC Bag Quality'*'OPC Packing Running Hours Rate'<'OPC Silo at P#11'*1<<hr^-1>>,MIN('OPC Bag Packing Running Capacity','OPC Bag Demand')*'Bag Transportation Arrangement'*'OPC Bag Quality'*'OPC Packing Running Hours Rate','OPC Silo at P#11'*1<<hr^-1>>),.5*'OPCSilo-Constrained Output Rate')
- OPC Bag Demand = 130000
- OPC Bag Packing Efficiency = 95%
- OPC Bag Packing Installed Capacity = 100
- OPC Bag Packing Running Capacity = MIN('OPC Bag Packing Installed Capacity','Maximum OPC Packing Capacity Constrained by Electricity Availability')*'OPC Bag Packing Efficiency'
- OPC Bag Quality = 1 // 0-1 : Quality ok = 1 //
- OPC Bulk Delivered = 0
- OPC Bulk Delivery Rate = IF(IF(MIN('OPC Bulk Running Capacity','OPC Bulk Demand')*'Bulk Transportation Arrangement'*'OPC Packing Running Hours Rate'<'OPC Silo at P#11'*1<<hr^-1>>,MIN('OPC Bulk Running

Capacity','OPC Bulk Demand')*Bulk Transportation Arrangement'*OPC Packing Running Hours Rate','OPC Silo at P#11'*1<<hr^-1>><.5*'OPCSilo-Constrained Output Rate',IF(MIN('OPC Bulk Running Capacity','OPC Bulk Demand')*Bulk Transportation Arrangement'*OPC Packing Running Hours Rate'<'OPC Silo at P#11'*1<<hr^-1>>,MIN('OPC Bulk Running Capacity','OPC Bulk Demand')*Bulk Transportation Arrangement'*OPC Packing Running Hours Rate','OPC Silo at P#11'*1<<hr^-1>>),.5*'OPCSilo-Constrained Output Rate')

- OPC Bulk Demand = 130000
- OPC Bulk Installed Capacity = 200
- OPC Bulk Loading Efficiency = 95%
- OPC Bulk Running Capacity = MIN('OPC Bulk Installed Capacity','Maximum OPC Packing Capacity Constrained by Electricity Availability')*OPC Bulk Loading Efficiency'
- OPC Clinker Availability vs Planning = IF('Clinker Silo'>'OPC Production Plan'*Clinker Proportion for OPC'*1<<mo>>, 100<<%>>,'Clinker Silo'*100%/('OPC Production Plan'*1<<mo>>*'Clinker Proportion for OPC'))
- OPC Fly Ash Availability vs Planning = IF('Fly Ash Availability'>'OPC Production Plan'*Fly Ash Proportion for OPC Cement'*1<<mo>>,100%,
- 'Fly Ash Availability'*100%/('OPC Production Plan'*1<<mo>>*'Fly Ash Proportion for OPC Cement'))
- OPC Gypsum Availability vs Planning = IF('Gypsum Availability'>'OPC Production Plan'*Gypsum Proportion for OPC Cement'*1<<mo>>, 100<<%>>,'Gypsum Availability'*100%/('OPC Production Plan'*1<<mo>>*'Gypsum Proportion for OPC Cement'))
- OPC Limestone Availability vs Planning = IF('Limestone Availability for Finish Mill'>'OPC Production Plan'*FM Limestone Proportion for OPC Cement'*1<<mo>>,100<<%>>,'Limestone Availability for Finish Mill'*100%/('OPC Production Plan'*1<<mo>>*'FM Limestone Proportion for OPC Cement'))

- OPC Packing Electricity Availability Rate = IF('OPC Packing Electricity Available?' = TRUE,'OPC Packing Power Supplied by Utilities'*1<<kW^1>>,0)*1<<KWh/hr>>
- OPC Packing Electricity Available? = TIMECYCLE (STARTTIME, 'OPC Packing Electricity Unavailability Mean-Time-Between-Event', 1<<hr>>)
- OPC Packing Electricity Consumption Rate = IF('OPC Packing Electricity Availability Rate'>'OPC Packing Energy Required', 'OPC Packing Energy Required','OPC Packing Electricity Availability Rate')
- OPC Packing Electricity Total Consumption = 0
- OPC Packing Electricity Unavailability Mean-Time-Between-Event = IF('Availability of OPC Packing Power' = 1,1,1/(1-'Availability of OPC Packing Power'))*1<<hr>>
- OPC Packing Energy Required = 'OPC Packing Input Rate'*'OPC Packing Energy Required per Tonne'
- OPC Packing Energy Required per Tonne = 20
- OPC Packing Facility Maintenance Backlog = 1-(.6+.4/(1+EXP(-6*'Availability of Man for OPC Packing Facility Maintenance'*'Availability of Material for OPC Packing Facility Maintenance'*'Availability of Tool and Equipment for OPC Packing Facility Maintenance'*'Window-Time Availability'))^10)
- OPC Packing Input Rate = 'OPC Bag Delivery Rate'+'OPC Bulk Delivery Rate'
- OPC Packing PdM Analysis Realization = .95
- OPC Packing PdM Execution Realization = 'Availability of Man for OPC Packing Facility Maintenance'*'Availability of Material for OPC Packing Facility Maintenance'*'Availability of Tool and Equipment for OPC Packing Facility Maintenance'*'Window-Time Availability'
- OPC Packing PdM Inspection Realization = 1
- OPC Packing Planned Maintenance = (.05/(1+1*E^(-1*(.5*'Quality of OPC Packing Preventive Maintenance'+.5*'Quality of OPC Packing Predictive Maintenance'))))^(1/1))*1<<da/mo>>
- OPC Packing Power Supplied by Utilities = 3500

- OPC Packing Process Improvement Level = DELAYPPLMTR (1+(1/(1+(E^(-.5*(.5*'Number of Project Improvement for OPC Packing Electrical Failure Reduction'*Quality of Improvement Project for OPC Packing Electrical Failure'+.5*'Number of Project Improvement for OPC Packing Mechanical Failure Reduction'*Quality of Improvement Project for OPC Packing Mechanical Failure'-3))))), 'Improvement Project Time Delay', 6<<mo>>, 0)
- OPC Packing Process Stability = 1/(1+.1*EXP(-6*(.5*'Quality of OPC Packing Predictive Maintenance'+.5*'Quality of OPC Packing Preventive Maintenance'-1)))
- OPC Packing Production Facility Down? = TIMECYCLE (STARTTIME, 'Mean Time Between OPC Packing Production Facility Downtime', 1<<hr>>)
- OPC Packing Production Facility Downtime = 'OPC Packing Planned Maintenance'+'OPC Packing Unplanned Maintenance'
- OPC Packing Running Hours = 0
- OPC Packing Running Hours Rate = IF('OPC Packing Production Facility Down?' = TRUE, 0, 1)
- OPC Packing Unplanned Maintenance = (20.85-(1+(18/(1+.1*E^(-6*('OPC Packing Process Improvement Level'*(.5*'Quality of OPC Packing Preventive Maintenance'+.5*'Quality of OPC Packing Predictive Maintenance'-1))))^(1/2))))*1<<da/mo>>
- OPC Production Plan = (GRAPH(TIME, STARTTIME, 1<<mo>>, 'Constant 9'))*1<<Tonne/hr>>
- OPC Production Rate = 'FM OPC Running Capacity'*'Finish Mill Running Hours Rate'
- OPC Silo at P#11 = 10000
- OPC Silo Capacity Availability = IF('OPC Silo at P#11'<'Maksimum OPC Cement Silo', 1, 0)
- OPC Trash Availability vs Planning = IF('Trash Availability'>'OPC Production Plan'*'Trash Proportion for OPC Cement'*1<<mo>>, 0, 1)

100<<%>>,'Trass Availability'*100%/('OPC Production Plan'*1<<mo>>
*'Trass Proportion for OPC Cement'))

- OPCSilo-Constrained Output Rate = 200
- Overhead Cost = 41892
- Packaging Cost = 0
- Packaging Cost Rate = 'Bag Cost Rate'
- Packing Electricity Consumption Rate = 'OPC Packing Electricity Consumption Rate'+ 'PCC Packing Electricity Consumption Rate'
- Packing Electricity Cost Rate = 'Packing Electricity Consumption Rate'*'Electricity Unit Cost'
- Packing Electricity Total Cost = 0
- PCC Bag Delivered = 0
- PCC Bag Delivery Rate = IF(IF(MIN('PCC Bag Packing Running Capacity','PCC Bag Demand')*'Bag Transportation Arrangement'*'PCC Bag Quality'*'PCC Packing Running Hours Rate'<'PCC Silo at P#11'*1<<hr^-1>>,MIN('PCC Bag Packing Running Capacity','PCC Bag Demand')*'Bag Transportation Arrangement'*'PCC Bag Quality'*'PCC Packing Running Hours Rate','PCC Silo at P#11'*1<<hr^-1>>)<.5*'PCC Silo-Constrained Output Rate',IF(MIN('PCC Bag Packing Running Capacity','PCC Bag Demand')*'Bag Transportation Arrangement'*'PCC Bag Quality'*'PCC Packing Running Hours Rate'<'PCC Silo at P#11'*1<<hr^-1>>,MIN('PCC Bag Packing Running Capacity','PCC Bag Demand')*'Bag Transportation Arrangement'*'PCC Bag Quality'*'PCC Packing Running Hours Rate','PCC Silo at P#11'*1<<hr^-1>>),.5*'PCC Silo-Constrained Output Rate')
- PCC Bag Demand = 130000
- PCC Bag Packing Efficiency = 95%
- PCC Bag Packing Installed Capacity = 200
- PCC Bag Packing Running Capacity = MIN('PCC Bag Packing Installed Capacity','Maximum PCC Packing Capacity Constrained by Electricity Availability')*'PCC Bag Packing Efficiency'
- PCC Bag Quality = 1 // 0-1 : Quality ok = 1 //
- PCC Bulk Delivered = 0

- PCC Bulk Delivery Rate = IF(IF(MIN('PCC Bulk Running Capacity','PCC Bulk Demand')*'Bulk Transportation Arrangement'*PCC Packing Running Hours Rate'<'PCC Silo at P#11'*1<<hr^-1>>,MIN('PCC Bulk Running Capacity','PCC Bulk Demand')*'Bulk Transportation Arrangement'*PCC Packing Running Hours Rate','PCC Silo at P#11'*1<<hr^-1>>)<.5*'PCC Silo-Constrained Output Rate', IF(MIN('PCC Bulk Running Capacity','PCC Bulk Demand')*'Bulk Transportation Arrangement'*PCC Packing Running Hours Rate'<'PCC Silo at P#11'*1<<hr^-1>>, MIN('PCC Bulk Running Capacity','PCC Bulk Demand')*'Bulk Transportation Arrangement'*PCC Packing Running Hours Rate','PCC Silo at P#11'*1<<hr^-1>>), .5*'PCC Silo-Constrained Output Rate')
- PCC Bulk Demand = 130000
- PCC Bulk Installed Capacity = 200
- PCC Bulk Loading Efficiency = 95%
- PCC Bulk Running Capacity = MIN('PCC Bulk Installed Capacity','Maximum PCC Packing Capacity Constrained by Electricity Availability')*'PCC Bulk Loading Efficiency'
- PCC Clinker Availability vs Planning = IF('Clinker Silo'>'PCC Production Plan'*'Clinker Proportion for PCC'*1<<mo>>,100<<%>>, 'Clinker Silo'*100%/('PCC Production Plan'*1<<mo>>*'Clinker Proportion for PCC'))
- PCC Fly Ash Availability vs Planning = IF('Fly Ash Availability'>'PCC Production Plan'*'Fly Ash Proportion for PCC Cement'*1<<mo>>, 100<<%>>,'Fly Ash Availability'*100%/('PCC Production Plan'*1<<mo>>*'Fly Ash Proportion for PCC Cement'))
- PCC Gypsum Availability vs Planning = IF('Gypsum Availability'>'PCC Production Plan'*'Gypsum Proportion for PCC Cement'*1<<mo>>, 100<<%>>,'Gypsum Availability'*100%/('PCC Production Plan'*1<<mo>>*'Gypsum Proportion for PCC Cement'))
- PCC Limestone Availability vs Planning = IF('Limestone Availability for Finish Mill'>'PCC Production Plan'*'FM Limestone Proportion for PCC Cement'*1<<mo>>,100<<%>>,'Limestone Availability for Finish

Mill*100%/('PCC Production Plan'*1<<mo>>*'FM Limestone Proportion for PCC Cement'))

- PCC Packing Electricity Availability Rate = IF('PCC Packing Electricity Available?' = TRUE,'PCC Packing Power Supplied by Utilities'*1 <<kW^-1>>,0)*1<<KWh/hr>>
- PCC Packing Electricity Available? = TIMECYCLE (STARTTIME,'PCC Packing Electricity Unavailability Mean-Time-Between-Event',1<<hr>>)
- PCC Packing Electricity Consumption Rate = IF('PCC Packing Electricity Availability Rate'>'PCC Packing Energy Required', 'PCC Packing Energy Required', 'PCC Packing Electricity Availability Rate')
- PCC Packing Electricity Total Consumption = 0
- PCC Packing Electricity Unavailability Mean-Time-Between-Event = IF('Availability of PCC Packing Power' = 1,1,1/(1-'Availability of PCC Packing Power'))*1<<hr>>
- PCC Packing Energy Required = 'PCC Packing Input Rate'*'PCC Packing Energy Required per Tonne'
- PCC Packing Energy Required per Tonne = 20
- PCC Packing Facility Maintenance Backlog = 1-(.6+.4/(1+EXP(-6*'Availability of Man for PCC Packing Facility Maintenance'*'Availability of Material for PCC Packing Facility Maintenance'*'Availability of Tool and Equipment for PCC Packing Facility Maintenance'*'Window-Time Availability'))^10)
- PCC Packing Input Rate = 'PCC Bag Delivery Rate'+'PCC Bulk Delivery Rate'
- PCC Packing PdM Analysis Realization = .95
- PCC Packing PdM Execution Realization = 'Availability of Man for PCC Packing Facility Maintenance'*'Availability of Material for PCC Packing Facility Maintenance'*'Availability of Tool and Equipment for PCC Packing Facility Maintenance'*'Window-Time Availability'
- PCC Packing PdM Inspection Realization = 1

- PCC Packing Planned Maintenance = $(.05/(1+1*E^{(-1*(.5*Quality\ of\ PCC\ Packing\ Preventive\ Maintenance'+.5*Quality\ of\ PCC\ Packing\ Predictive\ Maintenance'))})^{(1/1)})*1<<da/mo>>$
- PCC Packing Power Supplied by Utilities = 3500
- PCC Packing Process Improvement Level = DELAYPPLMTR
 $(1+(1/(1+(E^{(-.5*(.5*Number\ of\ Project\ Improvement\ for\ PCC\ Packing\ Electrical\ Failure\ Reduction'*Quality\ of\ Improvement\ Project\ for\ PCC\ Packing\ Electrical\ Failure'+.5*Number\ of\ Project\ Improvement\ for\ PCC\ Packing\ Mechanical\ Failure\ Reduction'*Quality\ of\ Improvement\ Project\ for\ PCC\ Packing\ Mechanical\ Failure'-3))))),Improvement\ Project\ Time\ Delay',6<<mo>>,0)$
- PCC Packing Process Stability = $1/(1+1*EXP(-6*(.5*Quality\ of\ PCC\ Packing\ Predictive\ Maintenance'+.5*Quality\ of\ PCC\ Packing\ Preventive\ Maintenance'-1)))$
- PCC Packing Production Facility Down? = TIMECYCLE
 $(STARTTIME,'Mean\ Time\ Between\ PCC\ Packing\ Production\ Facility\ Downtime',1<<hr>>)$
- PCC Packing Production Facility Downtime = 'PCC Packing Planned Maintenance'+'PCC Packing Unplanned Maintenance'
- PCC Packing Running Hours = 0
- PCC Packing Running Hours Rate = IF('PCC Packing Production Facility Down?' = TRUE,0,1)
- PCC Packing Unplanned Maintenance = $(20.85-(1+(18/(1+1*E^{(-6*(PCC\ Packing\ Process\ Improvement\ Level)*(.5*Quality\ of\ PCC\ Packing\ Preventive\ Maintenance'+.5*Quality\ of\ PCC\ Packing\ Predictive\ Maintenance')-1))))^{(1/2)})))*1<<da/mo>>$
- PCC Production Plan = (GRAPH(TIME,STARTTIME,1<<mo>>, 'C 13'))*1<<Tonne/hr>>
- PCC Production Rate = 'FM PCC Running Capacity'*'Finish Mill Running Hours Rate'
- PCC Silo at P#11 = 5000

- PCC Silo Capacity Availability = IF('PCC Silo at P#11'<'Maksimum PCC Cement Silo',1,0)
- PCC Silo-Constrained Output Rate = 200
- PCC Trash Availability vs Planning = IF('Trass Availability'>
- 'PCC Production Plan'*'Trass Proportion for PCC Cement'*1<<mo>>, 100<<%>>,'Trass Availability'*100%/('PCC Production Plan'*1<<mo>>*'Trass Proportion for PCC Cement'))
- Plant#11 Hazard Decreasing Rate = DELAYPPLMTR('Intensity of Hazard Reduction Initiatives'*'Hazard Reduction Initiatives Degree of Correction'*'Plant#11 Hazard Level','Hazard Reduction Initiatives Impact Time Delay',6<<mo>>,0)*1<<hr^-1>>
- Plant#11 Hazard Decreasing Rate-Mirror = IF('Plant#11 Hazard Level'>0,
- IF('Plant#11 Hazard Level'*1<<hr^-1>>'Plant#11 Hazard Decreasing Rate','Plant#11 Hazard Decreasing Rate', 'Plant#11 Hazard Level'*1<<hr^-1>>,0<<hr^-1>>)
- Plant#11 Hazard Increasing Rate = (.001+.001/(1+EXP(-.001*((100-'Plant#11 Hazard Level')*'Plant#11 Man Capability'*('Quality of Coal Mill Maintenance'+'Quality of Finish Mill Maintenance'+'Quality of Kiln Maintenance'+'Quality of Raw Mill Maintenance')/4)))^(1/.3))*1<<hr^-1>>
- Plant#11 Hazard Level = 50
- Plant#11 Man Capability = ('Finish Mill Man Capability'+'Kiln Man Capability'+'Raw Mill Man Capability')/3
- Quality of Coal Mill Maintenance = .5*'Quality of Coal Mill Predictive Maintenance'+.5*'Quality of Coal Mill Preventive Maintenance'
- Quality of Coal Mill Maintenance Planning = 92.5%
- Quality of Coal Mill Predictive Maintenance = 'Coal Mill Inspection Realization'*'Coal Mill Analysis Realization'*'Coal Mill PdM Execution Realization'*'Quality of Coal Mill Maintenance Planning'
- Quality of Coal Mill Preventive Maintenance = DELAYPPLMTR ('Quality of Coal Mill Maintenance Planning'*(1-'Coal Mill Maintenance Backlog')*'Coal Mill Maintenance Man Capability','Backlog Time Delay',12<<mo>>,'Quality of Coal Mill Maintenance Planning')

- Quality of Finish Mill Maintenance = $.5 * \text{Quality of FM Predictive Maintenance} + .5 * \text{Quality of FM Preventive Maintenance}$
- Quality of Finish Mill Maintenance Planning = 92.5%
- Quality of FM Predictive Maintenance = $\text{Finish Mill PdM Inspection Realization} * \text{Finish Mill PdM Analysis Realization} * \text{Finish Mill PdM Execution Realization} * \text{Quality of Finish Mill Maintenance Planning}$
- Quality of FM Preventive Maintenance = $\text{DELAYPPLMTR}(\text{Quality of Finish Mill Maintenance Planning} * (1 - \text{Finish Mill Maintenance Backlog}), \text{Backlog Time Delay}, 12, \text{Quality of Finish Mill Maintenance Planning})$
- Quality of Improvement Project for Coal Mill Electrical Failure = 1
- Quality of Improvement Project for Coal Mill Mechanical Failure = 1
- Quality of Improvement Project for FM Electrical Failure = 1
- Quality of Improvement Project for FM Mechanical Failure = 1
- Quality of Improvement Project for Kiln Electrical Failure = .95
- Quality of Improvement Project for Kiln Mechanical Failure = .95
- Quality of Improvement Project for OPC Packing Electrical Failure = .95
- Quality of Improvement Project for OPC Packing Mechanical Failure = .95
- Quality of Improvement Project for PCC Packing Electrical Failure = .95
- Quality of Improvement Project for PCC Packing Mechanical Failure = .95
- Quality of Improvement Project for Raw Mill Electrical Failure = 1
- Quality of Improvement Project for Raw Mill Mechanical Failure = 1
- Quality of Kiln Maintenance = $.5 * \text{Quality of Kiln Predictive Maintenance} + .5 * \text{Quality of Kiln Preventive Maintenance}$
- Quality of Kiln Maintenance Planning = .95
- Quality of Kiln Predictive Maintenance = $\text{Kiln PdM Analysis Realization} * \text{Kiln PdM Execution Realization} * \text{Kiln PdM Inspection Realization} * \text{Quality of Kiln Maintenance Planning}$
- Quality of Kiln Predictive Maintenance = $\text{DELAYPPLMTR}(\text{Quality of Kiln Maintenance Planning} * (1 - \text{Kiln Maintenance Backlog}) * \text{Kiln Maintenance Man Capability}, \text{Backlog Time Delay}, 12, \text{Quality of Kiln Maintenance Planning})$

- Quality of Occupational S&H Record & Report = .95
- Quality of Occupational S&H SoP = .95
- Quality of OPC Packing Facility Maintenance Planning = .95
- Quality of OPC Packing Predictive Maintenance = 'OPC Packing PdM Analysis Realization'*OPC Packing PdM Execution Realization'*OPC Packing PdM Inspection Realization'
- Quality of OPC Packing Preventive Maintenance = DELAYPPLMTR ('Quality of OPC Packing Facility Maintenance Planning'*(1-'OPC Packing Facility Maintenance Backlog'),'Backlog Time Delay',12<<mo>>,'Quality of OPC Packing Facility Maintenance Planning')
- Quality of PCC Packing Facility Maintenance Planning = .95
- Quality of PCC Packing Predictive Maintenance = 'PCC Packing PdM Analysis Realization'*PCC Packing PdM Execution Realization'*PCC Packing PdM Inspection Realization'
- Quality of PCC Packing Preventive Maintenance = DELAYPPLMTR ('Quality of PCC Packing Facility Maintenance Planning'*(1-'PCC Packing Facility Maintenance Backlog'),'Backlog Time Delay',12<<mo>>,'Quality of PCC Packing Facility Maintenance Planning')
- Quality of Planning of Material for Coal Mill Maintenance = 1
- Quality of Planning of Material for Finish Mill Maintenance = 1
- Quality of Planning of Material for Kiln Maintenance = .95
- Quality of Planning of Material for OPC Packing Facility Maintenance = .95
- Quality of Planning of Material for PCC Packing Facility Maintenance = .95
- Quality of Planning of Material for Raw Mill Maintenance = 1
- Quality of Raw Mill Maintenance = .5*'Quality of Raw Mill Predictive Maintenance'+.5*'Quality of Raw Mill Preventive Maintenance'
- Quality of Raw Mill Maintenance Planning = 92.5%
- Quality of Raw Mill Predictive Maintenance = 'Quality of Raw Mill Maintenance Planning'*Raw Mill PdM Inspection Realization'*Raw Mill PdM Analysis Realization'*Raw Mill PdM Execution Realization'
- Quality of Raw Mill Preventive Maintenance = DELAYPPLMTR ('Quality of Raw Mill Maintenance Planning'*(1-'Raw Mill Maintenance Backlog')*'Raw

Mill Maintenance Man Capability','Backlog Time Delay',12<<mo>>,'Quality of Raw Mill Maintenance Planning')

- Raw Coal Purchase Availability = 1 // 1 = tidak ada masalah dari supply dept; /// 0 = ada masalah supply = => masih harus di def..jika ada masalah menyebabkan availability berkurang seberapa //
- Raw Coal Quality = 95%
- Raw Material Availability = MIN('Clay Availability vs Planning','Iron Ore Availability vs planning','Limestone Availability vs Planning','Sand Availability vs Planning')*'Raw Mill Production Plan'
- Raw Material Cost Rate = 'Clay Cost Rate'+ 'Iron Ore Cost Rate'+ 'Limestone Cost Rate'+ 'Sand Cost Rate'
- Raw Material Quality = AVERAGE('Clay Quality','Iron Ore Quality','Limestone Quality for Raw Mill','Sand Quality')
- Raw Meal Consumption Rate = IF('Raw Mill Silo'>'Clinker Production Rate'*'Raw Meal Porportion for Clinker Production'*1<<hr>>,'Clinker Production Rate'*'Raw Meal Porportion for Clinker Production','Raw Mill Silo'*1<<hr^-1>>)
- Raw Meal Porportion for Clinker Production = (GRAPH(TIME,STARTTIME,1<<mo>>,'C 5'))*1%
- Raw Meal Quality = .6+.4/(1+EXP(-6*(.25*'Clay Quality'+.25*'Iron Ore Quality'+.25*'Limestone Quality for Raw Mill'+.25*'Sand Quality')*'Raw Mill Man Capability'*'Raw Mill Machine Process Capability'*'Raw Mill Machine Process Stability'))^10
- Raw Mill Dust Emission per Hour = .001+.001/(1+50*EXP(-0.07*'Plant#11 Hazard Level'))
- Raw Mill Efficiency = 1/(1+.1*EXP(-6*(.5*'Quality of Raw Mill Predictive Maintenance'+.5*'Quality of Raw Mill Preventive Maintenance'-1)))
- Raw Mill Electricity Availability Rate = IF('Raw Mill Electricity Available?' = TRUE,'Raw Mill Power Supplied by Utilities'*1<<kW^-1>>,0)*1<<KWh/hr>>
- Raw Mill Electricity Available? = TIMECYCLE(STARTTIME,'Raw Mill Electricity Unavailability Mean-Time-Between-Event',1<<hr>>)

- Raw Mill Electricity Consumption Rate = IF('Raw Mill Electricity Availability Rate' > 'Raw Mill Energy Required', 'Raw Mill Energy Required', 'Raw Mill Electricity Availability Rate')
- Raw Mill Electricity Cost Rate = 'Raw Mill Electricity Consumption Rate' * 'Electricity Unit Cost'
- Raw Mill Electricity Total Consumption = 0
- Raw Mill Electricity Total Cost = 0
- Raw Mill Electricity Unavailability Mean-Time-Between-Event = IF('Availability of Raw Mill Power' = 1, 1, 1 / (1 - 'Availability of Raw Mill Power')) * 1 <<hr>>
- Raw Mill Energy Required = 'Raw Mill Production Rate' * 'Raw Mill Energy Required per Tonne'
- Raw Mill Energy Required per Tonne = (20 + 10 / (1 + 5 * EXP(-.01 * ('Raw Mill Runing Capacity Policy' * 1 <<hr/Tonne>> - 100)))) * 1 <KWh/Tonne>>
- Raw Mill Gas Emission per Hour = (.001 + .001 / (1 + 50 * EXP(-0.07 * 'Plant#11 Hazard Level')))) * 1 <<m^3/Tonne>>
- Raw Mill Installed Capacity = 414000 / (30 * 24) * 1 <<Tonne/hr>>
- Raw Mill Machine Process Capability = 1 / (1 + 1 * EXP(-6 * (.5 * 'Quality of Raw Mill Predictive Maintenance' + .5 * 'Quality of Raw Mill Preventive Maintenance' - 1)))
- Raw Mill Machine Process Stability = 1 / (1 + 1 * EXP(-6 * (.5 * 'Quality of Raw Mill Predictive Maintenance' + .5 * 'Quality of Raw Mill Preventive Maintenance' - 1)))
- Raw Mill Maintenance Backlog = 1 - (.6 + .4 / (1 + EXP(-6 * 'Availability of Man for Raw Mill Maintenance' * 'Availability of Material for Raw Mill Maintenance' * 'Availability of Tool and Equipment for Raw Mill Maintenance' * 'Window-Time Availability')) ^ 10)
- Raw Mill Maintenance Man Capability = 1
- Raw Mill Man Capability = 99%
- Raw Mill Non-Running Hours due to Production Facility Downtime = 0
- Raw Mill Non-Running Hours due to Unavailable Electricity = 0
- Raw Mill Non-Running Hours due to Unavailable Silo Capacity = 0

- Raw Mill Non-Running Hours due to Unavailable Water = 0
- Raw Mill Non-Running Hours Rate due to Production Facility Downtime = IF('Raw Mill Production Facility Down?' = TRUE,1,0)
- Raw Mill Non-Running Hours Rate due to Unavailable Electricity = IF('Raw Mill Electricity Available?' = FALSE,1,0)
- Raw Mill Non-Running Hours Rate due to Unavailable Raw Material = 1-'Hour with Available Raw Material'
- Raw Mill Non-Running Hours Rate due to Unavailable Water = IF('Water available?' = TRUE,0,1)
- Raw Mill Non-Running Hours Rate with Unavailable Silo Capacity = 1-'Raw Mill Silo Capacity Availability'*1<<hr/hr>>
- Raw Mill Non-Running Hours with Unavailable Raw Material = 0
- Raw Mill PdM Analysis Realization = 1
- Raw Mill PdM Execution Realization = 'Availability of Man for Raw Mill Maintenance'*'Availability of Tool and Equipment for Raw Mill Maintenance'*'Availability of Material for Raw Mill Maintenance' '*Window-Time Availability'
- Raw Mill PdM Inspection Realization = 1
- Raw Mill Planned Maintenance = (80+(8.5/(1+1*E^(-1*(.5*'Quality of Raw Mill Preventive Maintenance'+.5*'Quality of Raw Mill Predictive Maintenance'))))^(1/1))*1<<hr/mo>>
- Raw Mill Power Supplied by Utilities = 9500
- Raw Mill Process Improvement Level = DELAYPPLMTR(1+(1/(1+(E^(-.5*(.5*'Number of Project Improvement for Raw Mill Electrical Failure Reduction'*'Quality of Improvement Project for Raw Mill Electrical Failure'+.5*'Number of Project Improvement for Raw Mill Mechanical Failure Reduction'*'Quality of Improvement Project for Raw Mill Mechanical Failure'-3))))), 'Improvement Project Time Delay', 6<<mo>>,1)
- Raw Mill Production Facility Down? = TIMECYCLE(STARTTIME, 'Mean Time Between Raw Mill Production Facility Downtime',1<<hr>>)
- Raw Mill Production Facility Downtimes = 'Raw Mill Planned Maintenance'+ 'Raw Mill Unplanned Maintenance'

- Raw Mill Production Plan = (GRAPH(TIME,STARTTIME,1<<mo>>,'C 2'))
- Raw Mill Production Rate = IF('Raw Material Availability'>0<<Tonne/hr>>,'Raw Mill Running Capacity'*'Raw Mill Running Hours Rate',0<<Tonne/hr>>)
- Raw Mill Running Capacity Policy = 350
- Raw Mill Running Capacity = IF('Raw Mill Running Capacity Policy'<MIN('Raw Mill Installed Capacity','Maximum Raw Mill Capacity Constrained by Electricity Availability','Raw Material Availability')*'Raw Mill Efficiency'*'Raw Mill Man Capability'*(1-'Decreasing Raw Mill Capacity caused by Raw Material Quality'), 'Raw Mill Running Capacity Policy', MIN('Raw Mill Installed Capacity', 'Maximum Raw Mill Capacity Constrained by Electricity Availability', 'Raw Material Availability')*'Raw Mill Efficiency'*'Raw Mill Man Capability'*(1-'Decreasing Raw Mill Capacity caused by Raw Material Quality'))
- Raw Mill Running Hours Policy = 7000
- Raw Mill Running Hours Rate = IF('Accumulated Raw Mill Running Hours'<'Raw Mill Running Hours Policy', IF('Raw Mill Non-Running Hours Rate due to Unavailable Raw Material' = 0,IF('Raw Mill Non-Running Hours Rate due to Production Facility Downtime' = 0,IF('Raw Mill Non-Running Hours Rate due to Unavailable Water' = 0,IF('Raw Mill Non-Running Hours Rate with Unavailable Silo Capacity' = 0,IF('Raw Mill Non-Running Hours Rate due to Unavailable Electricity' = 0,1,1),0,1),0,1),0,1),0,1),0)
- Raw Mill Silo = 10000
- Raw Mill Silo Capacity Availability = IF('Raw Mill Silo'<'Maximum Raw Mill Silo Capacity',1,0)
- Raw Mill Unplanned Maintenance = (46-(1+(18/(1+1*E^(-6*(('Raw Mill Process Improvement Level'*(.5*'Quality of Raw Mill Preventive Maintenance'+.5*'Quality of Raw Mill Predictive Maintenance')-1))))^(1/2))))*1<<hr/mo>>
- Sand Availability = 200000

- Sand Availability vs Planning = $\text{IF}(\text{'Sand Availability'} > \text{'Raw Mill Production Plan'} * \text{'Sand Proportion'} * 1 \ll \text{hr} \gg, 1, \text{'Sand Availability'} / (\text{'Raw Mill Production Plan'} * \text{'Sand Proportion'} * 1 \ll \text{hr} \gg))$
- Sand Consumption Rate = $\text{IF}(\text{'Sand Availability'} > \text{'Sand Proportion'} * \text{'Raw Mill Production Rate'} * \text{'Heavy Equipment Machine Availability'} * 1 \ll \text{hr} \gg, \text{'Sand Proportion'} * \text{'Raw Mill Production Rate'} * \text{'Heavy Equipment Machine Availability'}, \text{'Sand Availability'} * 1 \ll \text{hr}^{-1} \gg)$
- Sand Cost Rate = $\text{'Sand Consumption Rate'} * \text{'Sand Unit Cost'}$
- Sand Proportion = $.713 \ll \% \gg$
- Sand Quality = 97.5%
- Sand Supply Rate = $\text{IF}(\text{'Silica Sand Purchase Availability'} = 0, (\text{IF}(\text{'Sand Availability'} < 3000 \ll \text{Tonne} \gg, 9100 \ll \text{Tonne} \gg, 0 \ll \text{Tonne} \gg)), 4550 \ll \text{Tonne} \gg) / 1 \ll \text{da} \gg$
- Sand Unit Cost = 48.87
- Separator Efficiency = $1.02 / (1 + 1 * \text{EXP}(-6 * (.5 * \text{'Quality of FM Predictive Maintenance'} + .5 * \text{'Quality of FM Preventive Maintenance'} - 1)))$
- Silica Sand Purchase Availability = $0 // 0 =$ tidak ada masalah dari supply dept; $/// 1 =$ ada masalah supply $= =>$ masih harus di def. jika ada masalah menyebabkan availability berkurang seberapa //
- Specific Heat Consumption = $\text{'Total Specific Heat Consumption'} / \text{'Clinker Production Volume Accumulation'}$
- Specific Heat Needed per Tonne Clinker = $(-619 * \text{LN}(\text{'Kiln Running Capacity'} * 1 \ll \text{hr/Tonne} \gg) + 4267) * 1 \ll \text{MCal/Tonne} \gg$
- Staff Cost = 58125
- Substitute Iron Ore Supply Rate = $\text{IF}(\text{'Iron Ore Supply Rate'} = 0 \ll \text{Tonne/da} \gg, \text{IF}(\text{'Substitute Iron Ore Purchase Availability'} = 0, (\text{IF}(\text{'Iron Ore Availability'} < 1000 \ll \text{Tonne} \gg, 9100 \ll \text{Tonne} \gg, 0 \ll \text{Tonne} \gg)), 4550 \ll \text{Tonne} \gg), 0 \ll \text{Tonne} \gg) / 1 \ll \text{da} \gg$
- Substitute Iron Ore Purchase Availability = $0 // 0 =$ tidak ada masalah dari supply dept; $/// 1 =$ ada masalah supply $= =>$ masih harus di def. jika ada masalah menyebabkan availability berkurang seberapa //
- Total Aggregate Running Hours = 0

- Total Bag Delivery Rate = 'OPC Bag Delivery Rate'+ 'PCC Bag Delivery Rate'
- Total Clay Cost = 0
- Total Cost = 0
- Total Cost Rate = 'Consumable Cost'+ 'Depreciation Cost'+ 'Direct Material Cost Rate'+ 'Electricity Cost Rate'+ 'Fuel Cost Rate'+ 'Maintenance Cost'+ 'Overhead Cost'+ 'Packaging Cost Rate'+ 'Staff Cost'
- Total FM Additives Cost = 0
- Total Iron Ore Cost = 0
- Total Limestone Cost = 0
- Total Raw Material Cost = 0
- Total Sand Cost = 0
- Total Specific Heat Consumption = 0
- Training Adequacy in Occupational S&H = .95
- Trash Quality = 98%
- Trass Availability = 200000
- Trass Availability Rate = IF('Trass Purchase Availability' = 0,(IF('Trass Availability' < 1000<<Tonne>>, 9100<<Tonne>>, 0<<Tonne>>)), 4550<<Tonne>>)/1<<da>>
- Trass Consumption Rate = 'Trass Consumption Rate for OPC Cement'+ 'Trass Consumption Rate for PCC Cement'
- Trass Consumption Rate for OPC Cement = 'Trass Proportion for OPC Cement'* 'OPC Production Rate'
- Trass Consumption Rate for PCC Cement = 'PCC Production Rate'* 'Trass Proportion for PCC Cement'
- Trass Cost Rate = 'Trass Consumption Rate'* 'Trass Unit Cost'
- Trass Proportion for OPC Cement = 6%
- Trass Proportion for PCC Cement = 5.8%
- Trass Purchase Availability = 0 // 0 = tidak ada masalah dari supply dept; ///
1 = ada masalah supply = = > masih harus di def..jika ada masalah menyebabkan availability berkurang seberapa //
- Trass Total Cost = 0
- Trass Unit Cost = 48.87

- Unsafe Act Level = 0
- Unsafe Act Rate = $1/(1+10*EXP(-5*(1-'Availability\ of\ Occupational\ S\&H\ SoP')*(1-'Availability\ of\ Protective\ Equipment')*(1-Awareness)*(1-'Man\ Capability\ in\ Occupational\ S\&H')*(1-'Quality\ of\ Occupational\ S\&H\ SoP')))*1<<hr^{-1}>>$
- Water Availability = 1 // 1 = supply ada//// 0 = supply tidak ada//
- Water available? = TIMECYCLE(STARTTIME,'Water Unavailability Mean-Time-Between-Event',1<<hr>>)
- Water Unavailability Mean-Time-Between-Event = IF('Water Availability' = 1,1,1/(1-'Water Availability'))*1<<hr>>
- Window-Time Availability = .95