



UNIVERSITAS INDONESIA

**PERANCANGAN MODEL SIMULASI DENGAN KOMBINASI
SAFETY STOCK BAHAN BAKU DAN *RATE SETTING* UNTUK
MENURUNKAN *SHUTDOWN* MESIN PADA PRODUKSI PUPUK
NPK GRANULAR
(STUDI KASUS: PT PUPUK KUJANG CIKAMPEK)**

SKRIPSI

ARNELIA ERLAYAS UKURTA br. TARIGAN

0706274470

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
JUNI 2011**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PERANCANGAN MODEL SIMULASI DENGAN KOMBINASI
SAFETY STOCK BAHAN BAKU DAN *RATE SETTING* UNTUK
MENURUNKAN *SHUTDOWN* MESIN PADA PRODUKSI
PUPUK NPK GRANULAR
(STUDI KASUS: PT PUPUK KUJANG CIKAMPEK)**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

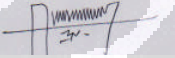
ARNELIA ERLAYAS UKURTA br. TARIGAN

0706274470

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
KEKHUSUSAN TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
JUNI 2011**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Arnelia Erlayas U. br.Tarigan
NPM : 0706274470
Tanda Tangan : 
Tanggal : 8 Juli 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Arnelia Erlayas Ukurta br.Tarigan
NPM : 0706274470
Program Studi : Teknik Industri
Judul Skripsi : Perancangan Model Simulasi dengan Kombinasi *Safety Stock* Bahan Baku dan *Rate Setting* untuk Menurunkan *Shutdown* Mesin pada Produksi Pupuk NPK Granular (Studi Kasus: PT. Pupuk Kujang Cikampek)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Yadrifil, MSc

Penguji : Ir. M.Dachyar, MSc

Penguji : Akhmad Hidayatno, ST., MBT

Penguji : Armand Omar Moeis, ST., MSc

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 20 Juni 2011

KATA PENGANTAR

Saya sangat mengucapkan syukur kepada Tuhan Yesus Kristus yang hidup di hati orang yang percaya kepadaNya. Oleh karena Dialah penulis bisa memulai dan menyelesaikan tugas akhir/ skripsi ini. Tiada hal yang dapat diucapkan selain rasa syukur dan sujud kepada Dia yang selalu menjadi sahabat saya dalam segala kondisi.

Saya mengucapkan terimakasih kepada orang tua (mama dan papa) yang sudah bekerja keras untuk menyekolahkan anak-anak mereka, termasuk saya. Saya berharap dapat membahagiakan mereka dan keluarga dapat semakin harmonis. Saya juga berterimakasih buat saudara-saudara (bang Niel, bang Nando, dek Calvin) yang mewarnai hidup ini dari kecil.

Saya berterimakasih kepada Pak Yadrifil selaku Pembimbing Skripsi, Beliau menolong saya untuk semakin tajam dan kritis dalam menganalisis. Saya juga mengucapkan terimakasih kepada Staf Pengajar yang ada di Departemen Teknik Industri Universitas Indonesia. Terimakasih kepada Pak Yuri selaku Ketua Departemen, semoga dapat memimpin Jurusan TIUI semakin lebih baik menuju dunia internasional. Saya juga berterimakasih kepada Dosen Penguji dalam seminar 1 : Pak Boy, Pak Akhmad, dan Pak Dachyar, seminar 2 : Pak Amar, Bu Ian, dan Pak Ahmad, serta saat sidang : Pak Ahmad, Pak Omar, dan Pak Dachyar. Saya juga berterimakasih untuk semua pegawai di departemen yang setia mengerjakan bagiannya untuk kemajuan TIUI. Saya sangat bersyukur dapat berkuliah di Teknik Industri Universitas Indonesia. Saya berharap Departemen ini semakin maju dan dapat berdampak bagi kemajuan bangsa.

Terimakasih kepada perusahaan PT Pupuk Kujang Cikampek, Tuhan mengarahkan saya untuk mendapat kerja praktek di sana kemudian skripsi saya juga di sana. Saya sangat bersyukur karena ada banyak orang yang membantu saya mengenal objek penelitian dengan baik di sana. Saya berterimakasih kepada Pak Kasmadi, pak Iswahyudi, pak Irianto, dan lainnya yang tidak dapat saya sebutkan. Semoga hasil penelitian saya ini dapat bermanfaat untuk diaplikasikan di PT Pupuk Kujang Cikampek.

Saya juga berterimakasih untuk teman-teman pelayanan PMKJ (Persekutuan Mahasiswa Kristen Jakarta). Saya berterimakasih kepada teman-teman kepengurusan PMKJ Barat Yestin, Rara, Dion, Fones, Tika, dan Kak Evi. Saya juga berterimakasih kepada BPI Bang Joge, Kak Anin, Gori, Novri, dan Fero. Untuk teman-teman bidang pembinaan : Kristian, Christian, Agnes, Dion, Fones, Dhorkas, Pomo, Veron, Lily, dan Fajar; juga untuk kakak dan abang Staf Perkantas : Kak Fifi, Kak fero, Mas Poer, Bang Abe, dan lain-lain, saya sangat mengucap syukur punya sahabat seperti kalian. Tetaplah semangat dan lakukan apa yang sudah ditetapkan untuk kita kerjakan bersama. Buat saya, teman-teman PMKJ sebagai sahabat yang memberi support dalam bentuk doa yang tulus.

Saya juga berterimakasih kepada teman-teman TIUI yang menemani belajar selama 4 tahun. Ada banyak suka dan duka, mudah-mudahan kita menjadi orang-orang yang berguna bagi bangsa ini. Maafkan segala kesalahanku ya kepada kalian jika ada. Terimakasih untuk TKK (Teman Kelompok Kecil) Melisa dan Lucy, tetap semangat ya dan tetap jadi berkat di dunia kerja. Terimakasih buat Yumaida yang jadi teman dalam pengerjaan skripsi, maaf jika ada kesalahan ya.

Saya berterimakasih kepada AKK (anggota Kelompok Kecil) Yanika, Novel, Inge, Devi, Nora, dan Sumi. Aku berharap kalian terus semakin bertumbuh ke segala arah menuju kebenaran. Terimakasih untuk doa yang polos dan tulus dari kalian adik-adikku yang membuat aku bisa semangat dalam mengerjakan skripsi.

Ada banyak lagi pihak yang berpengaruh pada penyelesaian studi saya seperti semua angkutan umum yang saya gunakan untuk mengambil data skripsi yaitu Bis Agramas jurusan Kp.rambutan-Cikampek, 19, ojek Pupuk Kujang,dll. Terimakasih untuk semua pihak yang mungkin tidak dapat saya sebutkan satu per satu, tapi saya berterimakasih karena kalian menjadi orang yang mengambil peran dalam hidup saya. Kiranya Tuhan memberkati saudara semua. *Soli Deo Gloria*.

Depok, 8 Juli 2011

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Arnelia Erlayas Ukurta br.Tarigan
NPM/NIP : 0706274470
Program Studi : Teknik Industri
Departemen : Teknik Industri
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

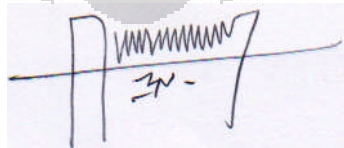
demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**Perancangan Model Simulasi dengan Kombinasi *Safety Stock* Bahan Baku dan *Rate Setting* untuk Menurunkan *Shutdown* Mesin pada Produksi Pupuk NPK Granular
(Studi Kasus : PT Pupuk Kujang)**

beserta perangkat yang ada (bila diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 8 Juli 2011
Yang menyatakan



(Arnelia Erlayas Ukurta br.Tarigan)

ABSTRAK

Nama : Arnelia Erlyas Ukurta br.Tarigan
Program Studi : Teknik Industri
Judul : Perancangan Model Simulasi dengan Kombinasi *Safety Stock* Bahan Baku dan *Rate Setting* untuk Menurunkan *Shutdown* Mesin pada Produksi Pupuk NPK Granular (Studi Kasus : PT Pupuk Kujang Cikampek)

Kekurangan persediaan bahan baku produksi dapat mengakibatkan produksi terhenti sehingga perusahaan tidak maksimal dalam menghasilkan produk. Pada umumnya, perusahaan-perusahaan yang mengalami hal ini akan mengambil langkah antisipasi dengan membuat sistem *safety stock*, namun berbeda halnya jika bahan baku tersebut memiliki karakteristik yang mudah rusak, seperti bahan yang bersifat kimiawi. Bahan baku yang bersifat kimiawi memiliki daya simpan yang singkat sehingga perusahaan harus mempertimbangkan risiko bahan baku tersebut rusak sebelum digunakan jika ingin menyediakan stok.

Penelitian ini bertujuan merancang suatu sistem yang dapat menangani permasalahan kekurangan bahan baku yang memiliki daya simpan yang singkat di pabrik pupuk NPK. Peneliti membuat sistem *safety stock* untuk mengantisipasi ketidakpastian kedatangan bahan baku serta merancang simulasi yang dapat membantu perusahaan dalam menentukan *production rate* yang terbaik untuk mengolah persediaan bahan baku sehingga dapat mencegah bahan baku menjadi rusak sebelum digunakan.

Hasil penelitian ini adalah terciptanya suatu sistem yang dapat membantu perusahaan dalam penyediaan bahan baku, mengurangi risiko kerusakan bahan baku, serta meningkatkan jumlah produksi.

Kata kunci:

Safety Stock, Bahan Baku, *Setting Production Rate*, Simulasi

ABSTRACT

Name : Arnelia Erlayas Ukurta br.Tarigan
Study Program : Industrial Engineering
Title : Design of Simulation Model with Combination of Raw Materials Safety Stock and Rate Setting for Shutdown Machine Lowering in Granular NPK Fertilizer Production (Case Study: PT Pupuk Kujang Cikampek)

Shortage production of raw material inventory can lead to production stops, so the company was not optimal in producing the product. In general, companies that experienced this would take anticipatory steps to create a system of safety stock, but unlike the case if the raw material has characteristics that are easily damaged, such as materials that are chemical. Raw materials that are chemical has a short shelf life so the company should consider the risks of raw material is broken prior to use if we want to provide the stock.

This research aims to design a system that can handle the problems of shortage of raw materials which have a short shelf life in NPK fertilizer plant. Researchers create a system of safety stock in anticipation of the uncertainty of raw material arrival and to design simulations that can help companies determine the best production rate to process raw materials inventory in order to prevent the raw materials become damaged before use.

The results of this research is to create a system that can help companies in the supply of raw materials, reducing the risk of damage to raw materials, and increasing the amount of production.

Key Words:

Safety Stock, Raw Material, Production Rate Setting, Simulation

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG PERMASALAHAN.....	1
1.2 DIAGRAM KETERKAITAN PERMASALAHAN.....	3
1.3 RUMUSAN PERMASALAHAN.....	5
1.4 TUJUAN PENELITIAN.....	5
1.5 MANFAAT PENELITIAN.....	5
1.6 RUANG LINGKUP PENELITIAN.....	5
1.7 METODOLOGI PENELITIAN.....	6
1.7.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian.....	7
1.8 SISTEMATIKA PENELITIAN.....	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	10
2.1 PROFIL PERUSAHAAN.....	10
2.1.1 Produk dan Bahan Baku.....	11
2.1.1.1 Karakteristik.....	11
2.1.1.2 Perhitungan Kebutuhan Bahan Baku.....	15
2.1.2 Peralatan dan Sistem Proses Produksi.....	18
2.2 MANAJEMEN PERSEDIAAN.....	24
2.2.1 Safety Stock.....	25

2.2.2 MRP (Materials Requirement Planning).....	25
2.2.3 Jadwal Induk Produksi.....	27
2.2.4 Pemilihan Safety Stock sebagai Metode.....	28
2.2.5 Metode Manajemen Bahan Baku Berdaya Simpan Singkat.....	28
2.3 SIMULASI	29
2.3.1 Pengertian Simulasi.....	29
2.3.2 Simulasi Terminating dan Non-Terminating.....	30
2.3.3 Sistem Diskrit dan Kontinyu.....	31
2.3.4 Simulasi Kombinasi Diskrit dan Kontinyu.....	32
2.3.5 Simulator Modelling Tools.....	32
2.3.7 Pemilihan ProModel sebagai Metode dan Tools.....	32
2.4 PROMODEL 6.0 VERSION.....	33
2.4.1 Membangun Model.....	33
2.4.2 Menganalisis Behavior dengan ProModel.....	39
BAB III PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....	41
3.1 PENGUMPULAN DATA.....	41
3.1.1 Data Penjualan Produk Bulan Januari-Juli 2010.....	41
3.1.2 Data Historis Keterlambatan Bahan Baku.....	41
3.1.3 Data Penggunaan Bahan Baku Per Hari.....	42
3.1.4 Data Produksi Per Hari.....	45
3.1.5 Data Material Balance Production (.xls file).....	45
3.2 PENGOLAHAN DATA.....	49
3.2.1 Perencanaan Material (Safety Stock).....	49
3.2.2 Simulasi Rate-Setting dengan ProModel.....	58
3.2.2.1 Pembuatan Model.....	58
3.2.2.2 Asumsi-Asumsi.....	66
3.2.2.3 Verifikasi dan Validasi.....	67
3.2.2.4 Flowchart Langkah-langkah Penggunaan Model.....	72

BAB IV ANALISIS.....	75
4.1 ANALISIS DAMPAK SAFETY STOCK.....	75
4.2 ANALISIS DAMPAK SIMULASI PRODUCTION RATE SETTING.....	83
4.3 ANALISIS PERBANDINGAN JUMLAH PRODUKSI.....	84
4.4 ANALISIS PERBANDINGAN OPPORTUNITY COST.....	85
4.5 ANALISIS HUBUNGAN DAMPAK SAFETY STOCK DAN RATE SETTING TERHADAP PENURUNAN SHUTDOWN.....	86
BAB V KESIMPULAN.....	87
5.1 KESIMPULAN.....	87
5.2 USULAN.....	87
DAFTAR PUSTAKA.....	88
LAMPIRAN.....	89



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Proyeksi kebutuhan pupuk NPK (Sumber : road map pengembangan industri pupuk nasional).....	2
Gambar 1.2 Diagram keterkaitan permasalahan.....	4
Gambar 1.3 Flowchart metodologi penelitian.....	8
Gambar 2.1 Makna formula produk NPK contoh : 14-10-18.....	16
Gambar 2.2 Contoh BoM chart.....	27
Gambar 2.3 Langkah-langkah dalam studi simulasi.....	30
Gambar 2.4 Perbandingan perubahan variabel state diskrit dan kontinyu.....	31
Gambar 2.5 Input data <i>entities</i>	34
Gambar 2.6 Input data <i>location</i>	34
Gambar 2.7 Input data <i>Processing</i>	34
Gambar 2.8 Konsolidasi permanen.....	35
Gambar 2.9 Konsolidasi sementara.....	35
Gambar 2.10 Pemasangan permanen.....	36
Gambar 2.11 Pemasangan sementara.....	36
Gambar 2.12a SPLIT.....	36
Gambar 2.12b CREATE.....	37
Gambar 2.13 Input data <i>arrivals</i>	38
Gambar 2.14(a) Contoh data output.....	38
Gambar 2.14(b) Contoh data output.....	39
Gambar 2.15 Input variabel global.....	39
Gambar 2.16 Input inc wip.....	39
Gambar 2.17 Input dec wip.....	40

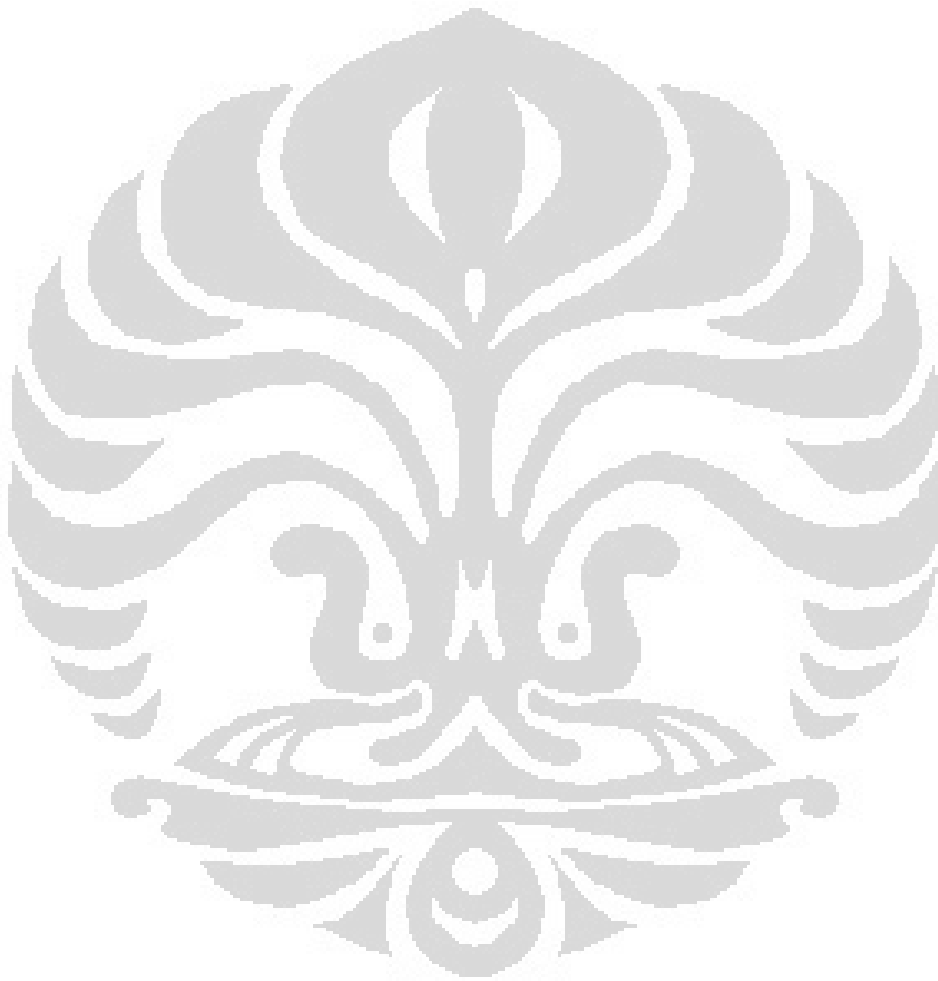
Gambar 2.18 Behavior dan warm-up time.....	40
Gambar 2.19 Input warm-up hours	40
Gambar 3.1 Grafik jumlah produksi NPK granular Januari-Juli 2010.....	45
Gambar 3.2 Penjelasan konten material balance.....	46
Gambar 3.3 Langkah-langkah perencanaan material.....	49
Gambar 3.4 Gambar model layout pabrik.....	58
Gambar 3.5 Proses dan Material Balance Sederhana.....	59
Gambar 3.6 Input Location dan Kapasitas.....	61
Gambar 3.7 Gambaran kapasitas masing-masing location.....	62
Gambar 3.8 Input panjang dan kecepatan conveyor pada software ProModel...	62
Gambar 3.9 Tampilan Processing Programming.....	65
Gambar 3.10 Dynamic Plot pada Sistem Rate 100%.....	68
Gambar 3.11 Input warm-up time.....	68
Gambar 3.12 Gambar output result verifikasi.....	69
Gambar 3.13(a) warm-up time 14-10-18.....	70
Gambar 3.13(b) warm-up time 15-10-20.....	70
Gambar 3.14(a) warm-up time rate 100%	71
Gambar 3.14(b) warm-up time rate 70%.....	71
Gambar 3.15 Flowchart langkah-langkah menggunakan model dalam menentukan rate-setting pabrik.....	72
Gambar 3.16 Input combine.....	73
Gambar 3.16 Input capacity.....	73
Gambar 3.17 Input jumlah bahan baku yang akan diolah.....	73
Gambar 4.1 Perbandingan jumlah produksi kondisi <i>existing</i> dengan kondisi <i>improvement.. improvement</i>	84
Gambar 4.2 Grafik perbandingan <i>opportunity cost</i> kondisi <i>existing</i> dengan kondisi <i>improvement</i>	85
Gambar 4.3 Hubungan dampak <i>safety stock</i> dan <i>rate setting</i> terhadap penurunan <i>Shutdown</i>	86

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Historis Penjualan Produk NPK Granular Januari-Juli 2010 (ton).....	41
Tabel 3.2 Historis Keterlambatan Bahan Baku.....	42
Tabel 3.3 Historis Penggunaan Bahan Baku Per Hari Januari-Juli 2010 (ton)....	43
Tabel 3.4 Historis Penggunaan Bahan Baku Per Hari Januari-Juli 2010 (ton) (<i>Lanjutan</i>).....	44
Tabel 3.5 Tampilan Balance Bahan Baku Pabrik Pupuk Granular.....	47
Tabel 3.5 Tampilan Balance Bahan Baku Pabrik Pupuk Granular (<i>Lanjutan</i>)....	48
Tabel 3.6 Komposisi Bahan Baku Penyusun Produk.....	50
Tabel 3.7 Pemakaian Bahan Baku Per Bulan NPK Granular Januari-Juli 2010...50	
Tabel 3.8 Pemakaian Bahan Baku Per Hari NPK Granular Januari-Juli.....	50
Tabel 3.9 Quantity Pemesanan (Q) Bahan Baku Per Minggu Januari-Juli 2010..51	
Tabel 3.9 Quantity Pemesanan (Q) Bahan Baku Per Minggu Januari-Juli 2010 (<i>Lanjutan</i>).....	52
Tabel 3.9 Quantity Pemesanan (Q) Bahan Baku Per Minggu Januari-Juli 2010 (<i>Lanjutan</i>)	52
Tabel 3.10 Perhitungan Deviasi Bahan Baku Per Minggu Januari-Juli 2010.....	53
Tabel 3.10 Perhitungan Deviasi Bahan Baku Per Minggu Januari-Juli 2010 (<i>Lanjutan</i>).....	54
Tabel 3.10 Perhitungan Deviasi Bahan Baku Per Minggu Januari-Juli 2010 (<i>Lanjutan</i>).....	54
Tabel 3.11 Perhitungan Deviation Square.....	55
Tabel 3.11 Perhitungan Deviation Square (<i>Lanjutan</i>).....	55
Tabel 3.12 Perhitungan Sigma.....	56
Tabel 3.13 Nilai Safety Stock Masing-masing Bahan Baku NPK Granular.....	56
Tabel 3.14 Perhitungan Order Quantity Per Minggu Bahan Baku NPK Granular Januari-Juli 2010.....	57

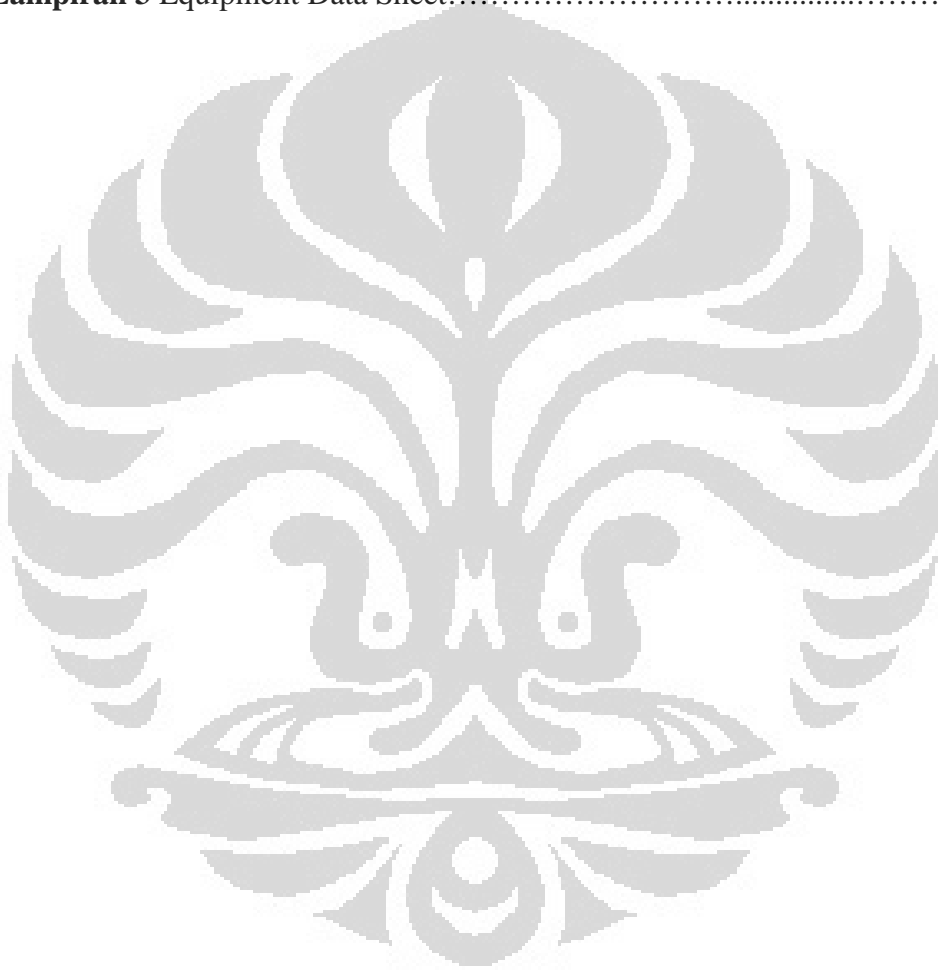
Tabel 3.14 Perhitungan Order Quantity Per Minggu Bahan Baku NPK Granular Januari-Juli 2010 (lanjutan).....	57
Tabel 3.14 Perhitungan Order Quantity Per Minggu Bahan Baku NPK Granular Januari-Juli 2010 (lanjutan).....	58
Tabel 3.15 Material Balance Masing-masing Location.....	59
Tabel 3.16 Panjang dan Kecepatan Masing-masing Conveyor.....	63
Tabel 3.17 Entity dalam software ProModel.....	64
Tabel 3.18 Tampilan Arrival.....	64
Tabel 3.19 Contoh Proses Konversi Waktu Tiap Mesin Formula 14-10-18 dengan Rate 100%.....	66
Tabel 3.20 Produk Akhir dalam 10 Replikasi Awal.....	69
Tabel 3.21 <i>Warm-up Time</i> Masing-masing <i>Rate</i>	71
Tabel 3.22 Beberapa Rate Produksi dan Jumlah Produknya Dalam 20 jam.....	74
Tabel 4.1 Pembahasan Tabel Dampak Safety Stock.....	76
Tabel 4.2 Prediksi Dampak Safety Stock dan Bahan Baku Yang Kedaluarsa untuk Bahan Baku DAP.....	77
Tabel 4.2 Prediksi Dampak Safety Stock dan Bahan Baku Yang Kedaluarsa untuk Bahan Baku DAP (Lanjutan).....	78
Tabel 4.2 Prediksi Dampak Safety Stock dan Bahan Baku Yang Kedaluarsa untuk Bahan Baku DAP (Lanjutan).....	78
Tabel 4.3 Prediksi Dampak Safety Stock dan Bahan Baku Yang Kedaluarsa untuk Bahan Baku KCl	79
Tabel 4.3 Prediksi Dampak Safety Stock dan Bahan Baku Yang Kedaluarsa untuk Bahan Baku KCl (Lanjutan).....	79
Tabel 4.3 Prediksi Dampak Safety Stock dan Bahan Baku Yang Kedaluarsa untuk Bahan Baku KCl (Lanjutan)....	80
Tabel 4.4 Prediksi Dampak Safety Stock dan Bahan Baku Yang Kedaluarsa untuk	

Bahan Baku Clay.....	81
Tabel 4.4 Prediksi Dampak Safety Stock dan Bahan Baku Yang Kedaluarsa untuk Bahan Baku Clay (Lanjutan).....	81
Tabel 4.4 Prediksi Dampak Safety Stock dan Bahan Baku Yang Kedaluarsa untuk Bahan Baku Clay (Lanjutan).....	82
Tabel 4.5 Dampak Rate setting.....	83



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Layout Pabrik.....	89
Lampiran 1 Layout Pabrik (Lanjutan).....	90
Lampiran 1 Layout Pabrik (Lanjutan).....	91
Lampiran 2 Gambar Produk NPK Granular.....	92
Lampiran 3 Equipment Data Sheet.....	93



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG PERMASALAHAN

Sebagaimana diketahui, jumlah penduduk Indonesia semakin meningkat. Pada tahun 2007, tercatat laju pertumbuhan jumlah penduduk Indonesia sekitar 1,49% per tahun. Dengan meningkatnya jumlah penduduk ini, diiringi pula dengan kebutuhan pangan yang semakin meningkat. Kebutuhan pangan yang terus meningkat jika tidak diimbangi dengan produksi pangan suatu negara akan memicu negara tersebut untuk mengimpor bahan pangan.

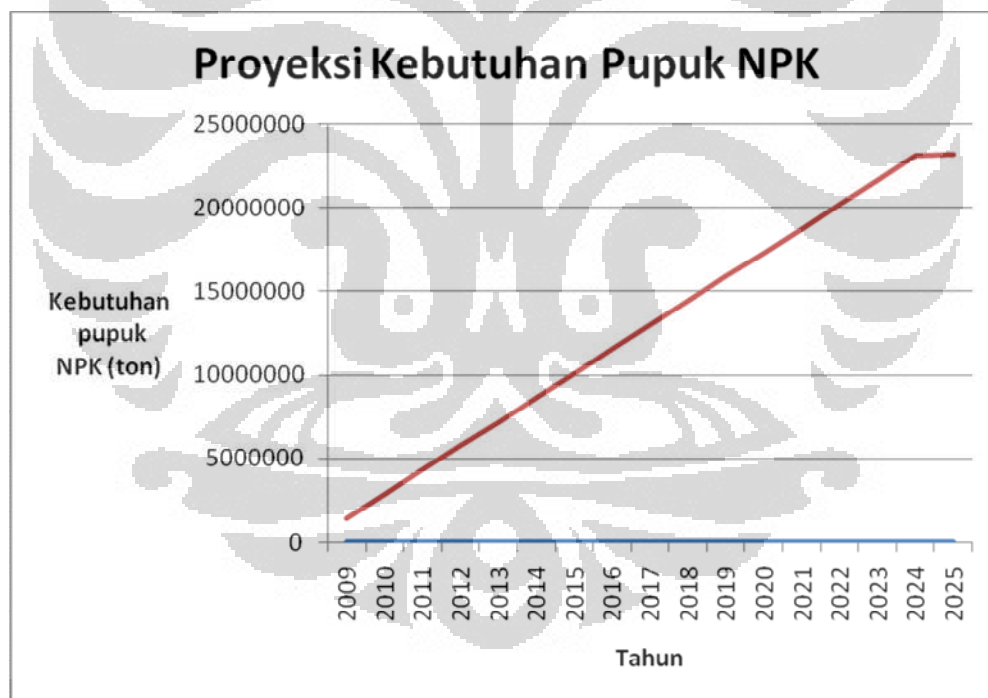
Pupuk merupakan produk yang sangat dibutuhkan di seluruh wilayah Indonesia untuk mempercepat pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Walaupun tanah Indonesia sangat potensial untuk bercocok tanam dikarenakan kualitas tanahnya, namun Indonesia masih tertinggal dalam hal teknologi pendukung pertanian dibanding dengan negara lain. Untuk itulah inisiatif pemerintah sangat baik dengan mendirikan pabrik pupuk berbasis teknologi untuk mendukung kegiatan bercocok tanam.

Salah satu program pemerintah dalam usaha pembangunan dalam sektor industri dan pertanian tahun 2010 adalah revitalisasi industri pupuk dibandingkan membangun industri pupuk baru. Oleh karena itu produktivitas industri adalah hal yang penting demi kemajuan sektor pertanian yang dapat berujung pada kemandirian dan kemajuan bangsa.

Badan Usaha Milik Negara (BUMN) PT Pupuk Kujang Cikampek sejak tahun 1975 sudah menghasilkan pupuk bagi para petani. Saat ini PT Pupuk Kujang memiliki dua unit pabrik penghasil urea dengan kapasitas terpasang masing-masing 570.000 ton/tahun dan dua unit pabrik penghasil ammonia dengan kapasitas terpasang 330.000 ton/tahun, dimana produk utamanya adalah urea dan produk sampingannya ammonia.

Dalam perkembangan beberapa penelitian, salah satunya yang telah dilakukan oleh Balitsa (Badan Penelitian Tanaman dan Sayuran), pupuk majemuk lebih mudah diserap oleh tanaman dibanding dengan pupuk tunggal. Pupuk tunggal misalnya urea $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$, banyak mengandung Nitrogen untuk nutrisi tanaman, sedangkan pupuk majemuk seperti NPK mengandung Nitrogen, Posfor, dan Kalium.

Dalam Road Map Pengembangan Industri Pupuk Nasional, pemerintah menyebutkan bahwa kebutuhan pupuk NPK pada tahun 2009 sebesar 1,4 juta ton dan terus meningkat hingga 23,2 juta ton pada tahun 2025. Untuk itulah pemerintah membangun satu unit pabrik pupuk NPK Granular PT Pupuk Kujang dengan kapasitas terpasang 100.000 ton/tahun atau 303 ton/hari.



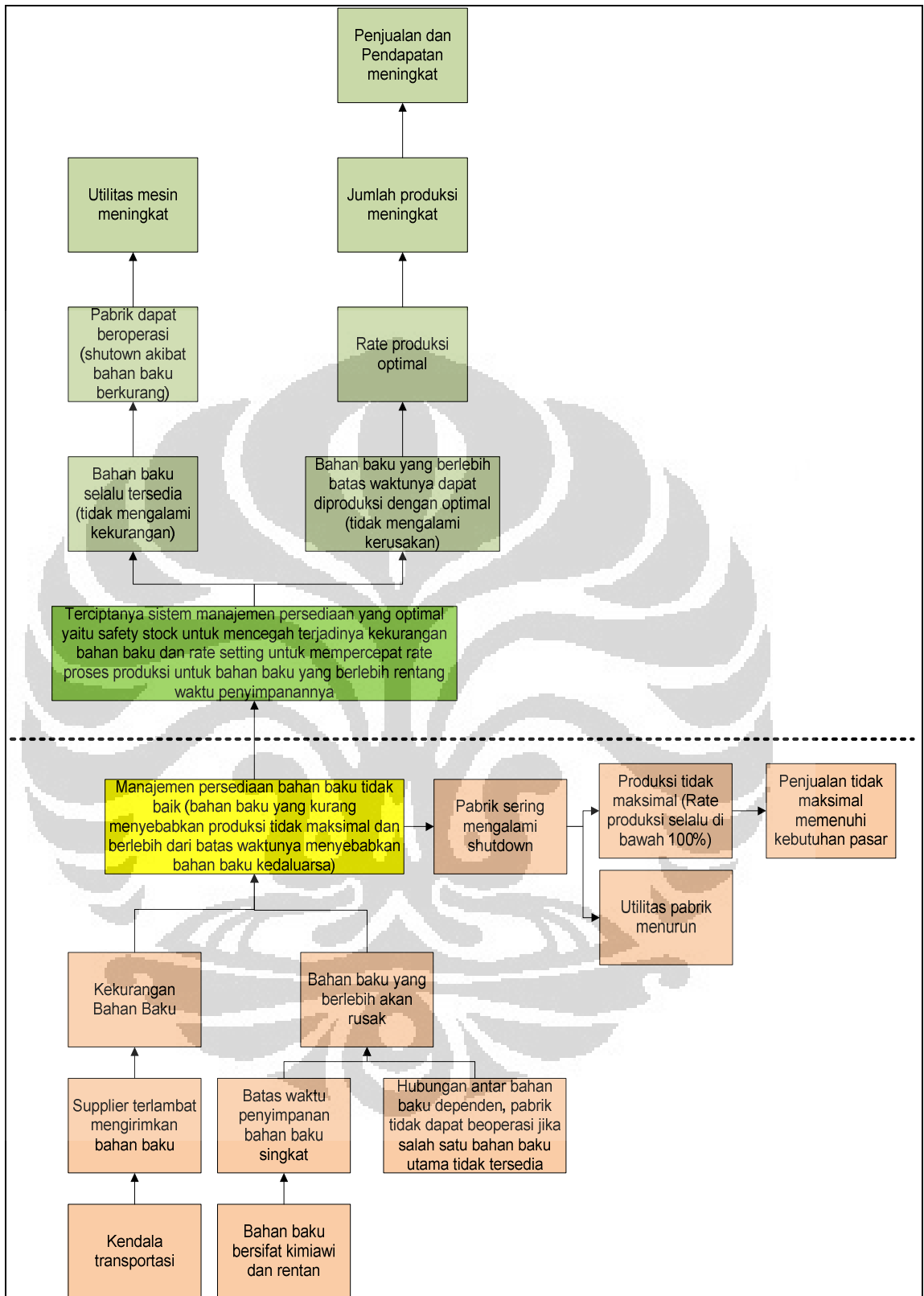
Gambar 1.1 Proyeksi kebutuhan pupuk NPK (Sumber : road map pengembangan industri pupuk nasional)

NPK Granular dapat dikatakan produk masa depan bagi PT Pupuk Kujang, dimana salah satu bahan bakunya adalah urea yang jumlahnya melimpah dihasilkan oleh pabrik urea selama ini, namun beberapa bahan baku lainnya diimpor dari luar negeri seperti Rusia dan Kanada.

Permasalahan yang sering terjadi di pabrik pupuk NPK Granular adalah sering terjadinya kekurangan bahan baku impor yang mengakibatkan pabrik tidak maksimal dalam memproduksi. Kekurangan bahan baku tersebut disebabkan oleh keterlambatan supplier mengirimkan bahan baku baik karena masalah transportasi dan lainnya. Berdasarkan data, pabrik mengalami shutdown dikarenakan kekurangan bahan baku 3 sampai 149 jam per bulan, yaitu sekitar 45,45 ton hingga 1.949 ton per bulan untuk rate maksimal (100%). Selain itu permasalahan lainnya yang berhubungan dengan hal tersebut adalah bahan baku yang sifatnya kimiawi dan memiliki daya simpan terbatas (*turn over* besar). Untuk itulah, dibutuhkan solusi optimal yang dapat mengantisipasi kekurangan bahan baku serta tetap memperhatikan karakteristik bahan baku yang daya simpannya singkat (maksimal 2 minggu).

1.2 DIAGRAM KETERKAITAN PERMASALAHAN

Untuk menyelesaikan suatu permasalahan, selayaknya kita mempelajari sistem yang ada di dalamnya, dimana terdapat permasalahan-permasalahan yang saling terkait. Pada gambar 1.2, terdapat dua bagian, yaitu bagian bawah (kotak warna kuning) menjelaskan keterkaitan permasalahan yang ada sedangkan bagian atas (kotak warna hijau) merupakan solusi yang dapat menyelesaikan permasalahan secara terkait pula. Pada kotak-kotak warna kuning mengerucut pada permasalahan pada kotak warna kuning terang, sehingga permasalahan itu yang menjadi fokus yang akan diselesaikan dengan solusi pada kotak warna hijau terang, dimana solusi tersebut dapat berdampak bagi penyelesaian permasalahan yang lain seperti pada kotak-kotak warna hijau.



Gambar 1.2 Diagram keterkaitan permasalahan

1.3 RUMUSAN PERMASALAHAN

Pabrik Pupuk NPK Granular sering mengalami kekurangan bahan baku karena ketidakpastian dalam pengadaan bahan baku tersebut yang menyebabkan produksi terhenti, serta karakteristik bahan baku yang mudah rusak menyebabkan penyimpanan stok bahan baku produksi tidak mudah. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem persediaan bahan baku yang mempertimbangkan karakteristik bahan baku tersebut.

1.4 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang model simulasi yang mengkombinasikan *safety stock* bahan baku dengan *setting production rate*.

1.5 MANFAAT PENELITIAN

Manfaat dari penelitian ini adalah :

- kekurangan bahan baku dapat diatasi
- membantu pihak pengelola pabrik dapat menentukan *rate setting* produksi yang tepat untuk mengolah bahan baku menjadi produk sehingga dapat meminimalisasi bahan baku yang rusak dan dapat meningkatkan produksi atau penjualan
- biaya akibat kekurangan bahan baku (*opportunity cost*) dapat ditekan
- perusahaan dapat mengembangkan produksinya.

1.6 RUANG LINGKUP PENELITIAN

Batasan masalah yang penulis gunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Pembahasan dalam penelitian ini hanya berfokus pada masalah di Pabrik pupuk NPK Granular

- Penulis membatasi tidak membahas metode POQ dan EOQ karena metode tersebut membutuhkan data biaya simpan dan biaya pesan.
- Bahan baku yang dibahas hanya bahan baku utama pembentuk NPK Granular yaitu Urea, DAP, KCL, Clay, Coating Oil, dan Humite karena pabrik tidak dapat berproduksi jika salah satu bahan baku di atas tidak ada.
- Data yang digunakan adalah jangka waktu Januari-Juli 2010 karena merupakan data yang paling lengkap dan jelas namun kurang atau lebih dapat merepresentasikan kondisi sampai saat ini.

1.7 METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi yang menggambarkan langkah-langkah penulis untuk melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan Topik dan Tujuan Penelitian.

Penulis mendengarkan penjelasan atau presentasi dari perusahaan mengenai keadaan perusahaan. Dari hasil presentasi tersebut, penulis berkonsultasi dengan dosen pembimbing mengenai topik penelitian yang dianggap cocok dengan keadaan perusahaan. Dan hasil dari tahap ini adalah penulis memutuskan untuk membahas topik tentang penanganan kekurangan bahan baku kimiawi. Setelah menentukan topik penelitian, penulis juga menentukan tujuan dari penelitian ini.

2. Mempelajari Sistem Objek Penelitian

Dalam penelitian ini, penulis mencari dan mempelajari informasi tentang proses pemesanan bahan baku, sifat kimiawi bahan baku, proses produksi, dan lainnya. Proses Kerja Praktek yang dilakukan pada tahun sebelumnya juga membantu penulis dalam mempelajari sistem yang ada di perusahaan dan pabrik.

3. Menentukan Metode

Penulis mencari jurnal-jurnal yang membahas tentang permasalahan kekurangan bahan baku dan karakteristik bahan baku yang tidak tahan lama. Setelah itu, penulis mempelajari metode-metode yang ada disesuaikan dengan kondisi sistem yang ada di objek penelitian. Penulis

berdiskusi dengan dosen pembimbing untuk menentukan metode yang akan digunakan.

4. Mempelajari Dasar Teori

Penulis mempelajari dasar teori dari buku, internet, dosen pembimbing serta jurnal.

5. Pengumpulan Data

Penulis melakukan pengumpulan data dengan mencari dan meminta data ke berbagai divisi yang ada di PT Pupuk Kujang. Untuk data proses produksi dan karakteristik bahan baku didapat dengan wawancara dan bimbingan dari pekerja di perusahaan (*Chemical Process Engineer* dan *Superintendent*).

6. Pengolahan Data

Setelah mengumpulkan data yang ada, penulis menyesuaikan metode yang digunakan dengan data yang didapatkan. Jika terdapat kekurangan pada faktor data, penulis mendiskusikan kepada dosen pembimbing tentang metode yang digunakan.

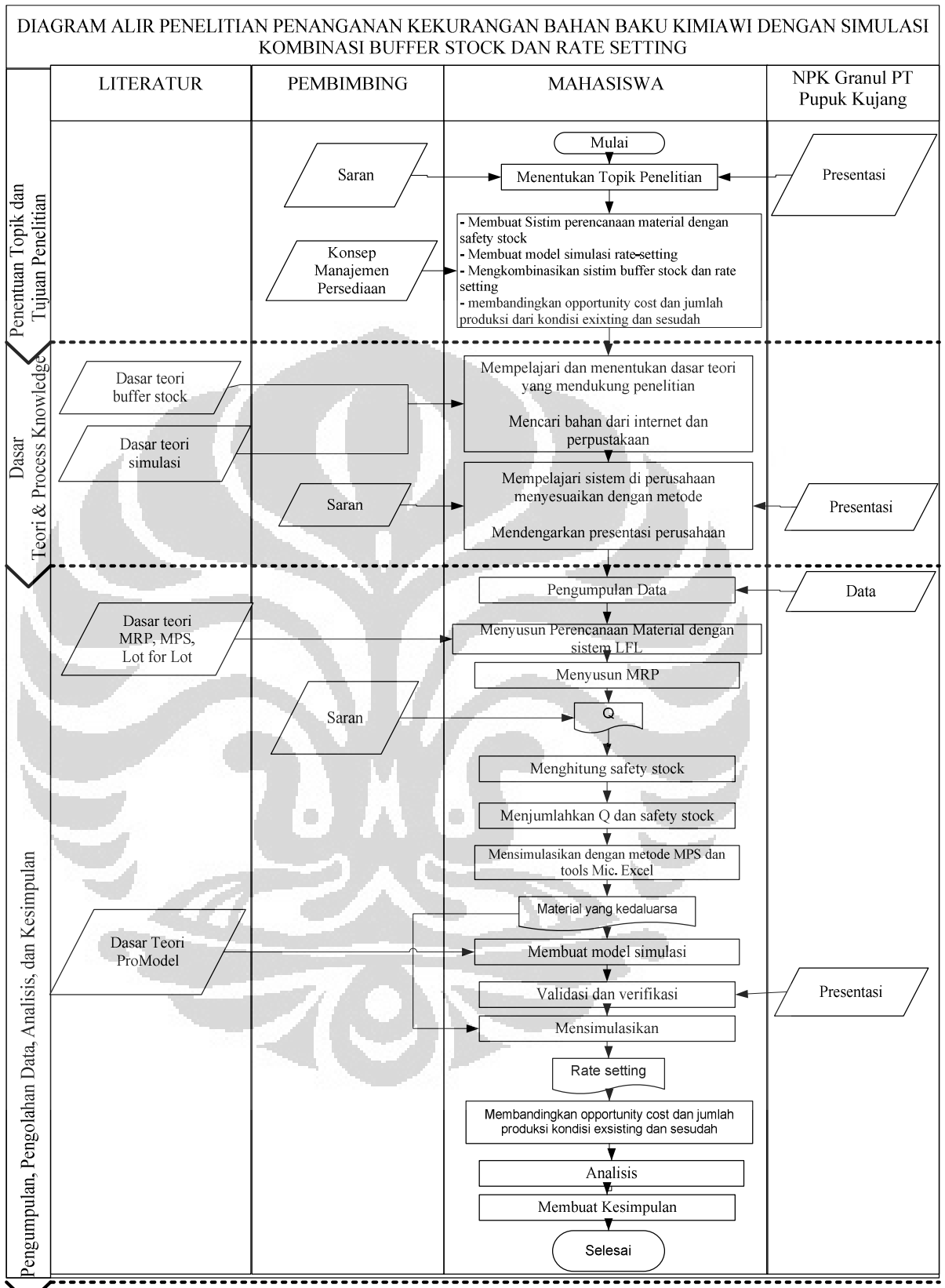
7. Membuat Analisis

8. Membuat Kesimpulan

9. Selesai

1.7.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian

Untuk mempermudah pemahaman metodologi tersebut, penulis menggambarannya dalam sebuah diagram alir seperti di bawah ini :



Gambar 1.3 Flowchart metodologi penelitian

1.8 SISTEMATIKA PENULISAN

Untuk memudahkan pembahasan masalah dalam penyusunan, pemahaman, dan pembelajaran laporan penelitian ini, maka penulis mengelompokkan dalam 5 bab, yaitu pendahuluan, tinjauan pustaka, pengumpulan dan pengolahan data, analisis, dan kesimpulan dari penelitian yang dilakukan.

Pada bagian pendahuluan laporan penelitian ini, pembaca dapat mengetahui tentang latar belakang pemilihan topik ini. Selain itu, penulis juga menguraikan diagram keterkaitan masalah, tujuan penelitian, dan juga ruang lingkup penelitian. Untuk mempermudah pembaca dalam memahami alur penelitian ini, penulis juga mendeskripsikan metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

Dalam bab tinjauan pustaka, pembaca dapat mengetahui tentang sistem proses yang ada di Pabrik pupuk NPK Granular, bahan baku, serta produk yang dapat menjadi dasar pemilihan metode di sub bab berikutnya sehingga kontekstual. Selain itu, pembaca juga dapat mengetahui berbagai metode manajemen persediaan dan simulasi yang memungkinkan dalam penyelesaian permasalahan di Pabrik Pupuk NPK Granular. Dasar teori tersebut akan diakhiri dengan alasan pemilihan metode tersebut sesuai dengan konteks pabrik pupuk NPK Granular. Landasan teori ini diperoleh dari buku, artikel maupun jurnal dari internet.

Bab pengumpulan & pengolahan data merupakan pembahasan tentang data-data yang didapatkan serta bagaimana proses pengolahan data-data tersebut. Pembaca dapat memperhatikan bagaimana teori pada bab 2 diaplikasikan dalam konteks permasalahan di Pabrik Pupuk NPK Granular.

Analisis penulis mengenai hasil-hasil pengolahan data yang didapat pada bab sebelumnya dijelaskan pada bab ke-empat.

Setelah mengetahui analisis, pembaca dapat mengetahui hasil penelitian dan usulan yang dapat digunakan untuk perbaikan bagi pabrik pupuk NPK Granular PT Pupuk Kujang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 PROFIL PERUSAHAAN

Pada tanggal 23 Desember 2009 Menteri Negara BUMN, Dr.Ir. Mustafa Abubakar meresmikan pabrik NPK Granular PT Pupuk Kujang yang berlokasi di Kawasan Industri Kujang Cikampek. Pabrik NPK Granular dengan kapasitas produksi sebesar 100.000 ton/tahun tersebut selesai dalam kurun waktu 14 bulan terhitung dari bulan 23 April 2008 sampai dengan Juli 2009 dengan total nilai investasi sebesar Rp 55 milyar.

Pupuk NPK merupakan produk diversifikasi PT Pupuk Kujang yang pada awalnya hanya memproduksi pupuk urea. Potensi PT Pupuk Kujang untuk melakukan diversifikasi usaha ke arah produk pupuk NPK tersebut sangat besar karena ditunjang oleh ketersediaan bahan baku utama yaitu Urea yang jumlahnya cukup besar yaitu 1.140.000 ton/tahun.

Pupuk NPK selama ini telah dipasarkan baik NPK bersubsidi untuk sektor tanaman pangan maupun NPK non subsidi untuk sektor perkebunan. Beberapa konsumen pengguna NPK non subsidi PT Pupuk Kujang diantaranya adalah perkebunan tebu PT Perkebunan Nusantara VII dan VIII, PT Rajawali Nusantara Indonesia II dan PT Perkebunan Bunga Mayang serta perkebunan sawit PT Perkebunan Nusantara III, IV, V, VI, PT Golden Hope dan PT bandar Sawit Utama.

Dengan lokasi strategis PT Pupuk Kujang yang berada di tengah-tengah sentral pertanian yang besar di Jawa Barat, dan dekat dengan Jawa Tengah sebagai sentral Tanaman Pangan dan Holtikultura serta Pulau Sumatera dan Kalimantan sebagai sentral Perkebunan Kelapa Sawit. Atas dasar tersebut PT Pupuk Kujang merencanakan pemasaran produk NPK Granular Kujang pada sektor perkebunan serta holtikultura di Jawa Barat, Jawa Tengah, Sumatera dan Kalimantan Barat. Khusus untuk perkebunan, dengan semakin berkembangnya

perkebunan kelapa sawit dan tanaman lain untuk bahan baku biofuel, maka sektor tersebut menjadi salah satu target utama pasar pupuk NPK Kujang.

Pabrik NPK Granular ini dibangun dengan pola swakelola oleh PT Pupuk Kujang sendiri yang melibatkan pemasok peralatan dari China serta didukung oleh Sub Kontraktor lokal. Manajemen proyek ditangani sendiri oleh PT Pupuk Kujang sehingga jaminan kinerja pabrik dapat dikontrol oleh PT Pupuk Kujang. Untuk itu PT Pupuk Kujang terlibat aktif sejak masa perancangan hingga saat konstruksi pabrik. Pembangunan pabrik melibatkan 30 orang karyawan PT Pupuk Kujang dan 350 orang dari sub kontraktor.¹

2.1.1 Produk dan Bahan Baku²

2.1.1.1 Karakteristik

Spesifikasi produk NPK Granular adalah sebagai berikut :

Ukuran : 2-4 mm

Moisture : 2% wt maksimal

Kekerasan : > 10 N

Spesifikasi dan karakteristik bahan baku NPK Granular yang umum digunakan adalah sebagai berikut:

a. Urea

Rumus Kimia : $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$

Density : 1.32 g/cm^3

Melting Point : $132.7 - 135 \text{ }^\circ\text{C}$

Kadar Nitrogen : 46 %

Size : 1 – 3.35 mm (97%)

¹Biro Komunikasi PT Pupuk Kujang, *Menteri BUMN Resmikan Pabrik NPK Granular PT Pupuk Kujang*, 2009, <<http://www.pupuk-kujang.co.id/allmenu.php?idn=36&idd=126.htm>>, (last update 2009, accessed 2 June 2011)

²K.Irmano, *Buku Pegangan Pupuk NPK*, PT.Pupuk Kujang, Cikampek, 2010, p.39-46

Moisture : Maks 0.5 %
Bentuk : Prill

Penyimpanan : Urea bersifat higroskopis, penyimpanannya harus pada karung tertutup dan disimpan dalam tempat yang sejuk, kering, dan ventilasi cukup. Urea harus dijauhkan dari senyawa-senyawa asam nitrat, sodium nitrit, hipoklorir, dan fosfor pentaklorida.

b. *DAP (Diammonium Phosphate)*

Rumus Kimia : $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$
Berat Molekul : 132
Kadar Nitrogen : 18 %
Kadar P_2O_5 : 46 %
Moisture : Maks 1.5 %
Size : 2 – 4 mm
Density : 1619 Kg/m³ pada 25 deg.C
Loose bulk density : 900 – 1000 Kg/m³
pH : 7,8
Temp. Dekomposisi: 155 °C

Penyimpanan: Pada temperatur normal penyimpanan DAP *hygroscopic* rendah dan tidak mudah *caking*. Hindari temperatur yang ekstrim, jika terdekomposisi akan melepaskan oksida fosfor, oksida nitrogen dan ammonia. Hindarkan kontak dengan bahan-bahan alkaline. Bersifat korosif pada besi dan baja ringan, aluminium, seng, dan tembaga.

c. *Potassium Chloride*

Rumus Kimia : KCl
Berat Molekul : 74,55
Kadar K_2O : 60 %
Size : Standard mesh 100 – 16 (150 μm – 1.18 mm) 95 %
Moisture : Max 1 %
Bentuk : Powder
Melting Point : 775 °C

CRH	: 50 – 70% pada 25 deg.C
<i>Density</i>	: 1984 Kg/m ³
pH	: 7
Kelarutan	: 34,2 g/100g air pada 20 deg.C

Penyimpanan: Harus disimpan pada tempat kering, sejuk dan ventilasi cukup. Jauhkan dari oksidator, asam kuat dan basa.

d. Clay Merah

Komposisi kimia	: $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$
<i>Melting Point</i>	: 1760 °C
SiO_2	: 66,00%
Al_2O_3	: 23,50%
Fe_2O_3	: 0,80%
pH	: Neutral
<i>Density</i>	: 0,85 g/cm ³
<i>Moisture</i>	: Max 10 %
Bentuk	: Powder
Ukuran	: 80 – 100 Mesh

Penyimpanan : Bahan ini tidak stabil. Jauhkan dari bahan-bahan oksidator, asam, dan alkali.

e. Kieserite

Rumus kimia : MgSO_4

Titik leleh : 1120-1150°C

Kadar MgO : min 27%

Moisture : Maks 1 %

Ukuran : USA standard mesh 18-6 (1-3,35 mm) 90%

Penyimpanan : simpan di tempat sejuk dan jauhkan dari bahan-bahan yang mudah terbakar, herbisida dan fungisida.

f. Humite

Water solubility : 95%

Potassium Humates/fulvates : 60-65%

Potassium as Humates/fulvates : 9%

Sulfur as Humates /fulvates : 0,3%

Total Organic Carbon © : 43,1 %

pH : >8

Ukuran partikel : 80 mesh

Penyimpanan : jauhkan dari sinar matahari. Simpan pada tempat yang kering dengan temperatur di atas -10°C dan di bawah 45°C.

g. Coating Oil

Titik leleh : 40-80°C

Drop point : 35°C Min

Impuritas : 0,062 %

S.g pada 80°C : 0,8-0,9

Moisture/H2O : 0,15 % maks

Bentuk : Pasta kuning

h. TSP (Triple Superphosphate)

Berat Molekul : $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$: 252 dan H_3PO_4 : 98

Kadar P_2O_5 : 46% min.

Moisture : 4 % max

Ukuran : 2 – 4 mm (90%-95%)

Berdasarkan karakteristik bahan-bahan baku yang bersifat kimiawi dan tidak stabil dengan berbagai kondisi, maka bahan-bahan baku tersebut memiliki daya simpan yang terbatas. Berdasarkan pengalaman yang terjadi di gudang, batas penyimpanan bahan-bahan baku tersebut atau *rule of thumb* penyimpanannya adalah 2 minggu.

2.1.1.2 Perhitungan Kebutuhan Bahan Baku

Walaupun banyak jenis bahan baku yang disebutkan pada sub bab sebelumnya, bahan baku utama dari pupuk NPK Granular adalah Urea, DAP, KCl, Clay merah, Coating Oil, dan Humite. Dengan kata lain, jika tidak ada salah satu dari keenam bahan baku tersebut, maka pabrik tidak dapat berproduksi.

Produk memiliki berbagai diversifikasi produk yang disebut formula produk, dimana kandungan N, P, dan K yang berbeda-beda. Dari gambar 2.1 dapat dijelaskan makna dari formula produk NPK 14-10-18 adalah mengandung Nitrogen sebanyak 14 % dari bahan baku urea, 10% Posfor dari bahan baku DAP, dan 18% Kalium dari bahan baku KCl. Karena kandungan unsur hara yang berbeda-beda untuk berbagai formula, maka perhitungan kebutuhan jumlah bahan baku juga berbeda-beda.

Rumus perhitungan kebutuhan jumlah bahan baku untuk menghasilkan 1000 kg atau 1 ton NPK Granular adalah sebagai berikut :

a. Perhitungan Kebutuhan Urea

Urea merupakan sumber Nitrogen, perhitungan kebutuhan urea sebagai sumber Nitrogen dapat dihitung sebagai berikut :

$$\text{Urea} = \frac{(\text{N\% dalam NPK} \times 1000) - (15\% \times \text{Kg DAP}) - (10\% \times \text{Kg MAP})}{46\%} \dots \dots \dots (2.1)$$

46%

b. Perhitungan Kebutuhan DAP

DAP merupakan sumber P₂O₅, perhitungan kebutuhan DAP sebagai sumber P₂O₅ dapat dihitung sebagai berikut :

$$\text{DAP} = \frac{(\text{P}_2\text{O}_5\% \text{ dalam NPK} \times 1000) - (50\% \times \text{Kg MAP})}{46\%} \dots\dots\dots(2.2)$$

46%

c. Perhitungan Kebutuhan KCl

KCl merupakan sumber K₂O, perhitungan kebutuhan KCl sebagai sumber K₂O dapat dihitung sebagai berikut :

$$\text{KCl} = \frac{(\text{K}_2\text{O}\% \text{ dalam NPK} \times 1000)}{60\%} \dots\dots\dots(2.3)$$

60%

d. Perhitungan Kebutuhan Humite

Humite digunakan 1 Kg per ton produk NPK untuk semua formula.

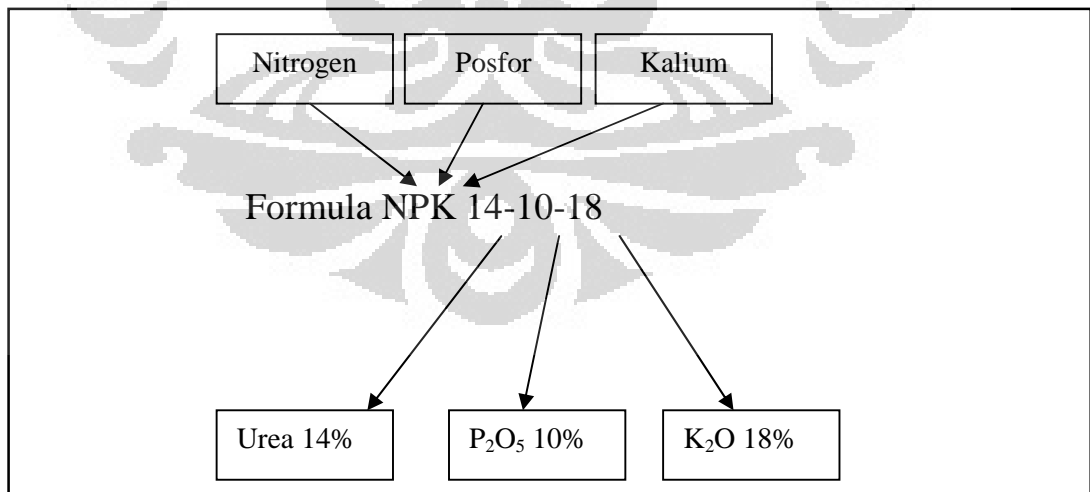
e. Perhitungan Kebutuhan Coating Oil

Coating Oil digunakan 2.4 Kg/Ton NPK untuk semua formula

f. Perhitungan Kebutuhan Clay Merah

Clay merupakan filler/pelengkap yang juga berfungsi sebagai pengikat antar bahan baku dalam proses granulasi. Perhitungan kebutuhan Clay adalah,

$$\text{Clay} = (1000 - \text{Kg Urea} - \text{Kg DAP} - \text{Kg KCl} - \text{Kg Kieserite} - \text{Kg Humite} - \text{Kg Coating Oil}) \dots\dots(2.4)$$



Gambar 2.1 Makna formula produk NPK contoh : 14-10-18

Contoh perhitungan bahan baku untuk menghasilkan 1 ton atau 1000 kg produk NPK 14-10-18 :

a. Kebutuhan DAP

$$\text{DAP} = \frac{(\%P_2O_5 \text{ dalam NPK} \times 1000 \text{ kg})}{46\%}$$

$$= \frac{(10\% \times 1000)}{46\%}$$

$$= 217 \text{ kg}$$

b. Kebutuhan Urea

$$\text{Urea} = \frac{(\%N \text{ dalam NPK} \times 1000 \text{ kg}) - (15\% \times \text{kg DAP})}{46\%}$$

$$= \frac{(14\% \times 1000) - (15\% \times 217)}{46\%}$$

$$= 234 \text{ kg}$$

c. Kebutuhan KCL

$$\text{KCL} = \frac{(\%K_2O \text{ dalam NPK} \times 1000 \text{ kg})}{60\%}$$

$$= \frac{18\% \times 1000}{60\%}$$

$$= 300 \text{ kg}$$

d. Kebutuhan Coating Oil

Untuk menghasilkan 1000 kg NPK dibutuhkan 2,4 kg coating oil untuk berbagai jenis formula produk.

e. Kebutuhan Humite

Untuk menghasilkan 1000 kg NPK dibutuhkan 1 kg humite untuk berbagai jenis formula produk.

f. Kebutuhan Clay

$$\text{Clay} = (1000 \text{ kg} - 217 \text{ kg} - 234 \text{ kg} - 300 \text{ kg} - 2,4 \text{ kg} - 1 \text{ kg}) = 246 \text{ kg}$$

2.1.2 Peralatan dan Sistem Proses Produksi³

a. Granulator

Granulator terdiri dari unit shell, unit transmisi, unit roda penggerak, unit roda penggerak dengan penahan, unit perpipaan, *discharging box*.

Unit transmisi dilengkapi dengan motor 75 kW dan dihubungkan dengan reducer menggunakan fluid coupling dan kemudian ke pinion transmisi menggunakan *cross slippery block coupling*. Tautan antara pinion dan gear besar pada unit *shell* akan menggerakkan *shell* dengan kecepatan putaran 10,7 putaran/menit. Unit shell merupakan bagian utama dari granulator dimana terjadi proses granulasi material. Unit ini menggunakan material *lining type* baru untuk menghindari terjadinya adhesi material, sehingga mengurangi proses penghilangan material yang menempel di dinding granulator dengan *scraper* sebagaimana pada proses granulasi pada umumnya. Unit *shell* didukung oleh unit *riding wheel* dan *riding wheel with retainer*. Sepasang *riding wheel unit* dan *riding wheel unit with retainer* ini akan mencegah *shell* bergerak secara aksial ketika *shell* berputar. Sistem perpipaan memasok *steam* untuk proses granulasi. *Discharging box*/kotak keluaran menjaga keluaran granulator selalu seragam dan stabil. Unit ini juga dilengkapi saluran untuk mengalirkan gas buang yang dilengkapi dengan sebuah *flange*.

Granulasi : sesuai dengan persyaratan proses, serbuk partikel padat akan

Ibid.,p.86-95,113-119.

tergranulasi karena adanya gaya ekstrusi yang dihasilkan dari rotasi *shell* dan pada kondisi fase cair tertentu misalnya karena adanya injeksi *steam*, akan membuat reaksi kimia menjadi sempurna dan memberikan panas, sehingga serbuk partikel akan teraglomerasi membentuk *nucleus*, permukaannya senyawa terus-menerus akan mengikat lebih banyak serbuk partikel dan volumenya meningkat membentuk partikulat NPK. Injeksi *steam*, *water* dan *urea solution* dipasang membelok 45° searah putaran Granulator.

b. *Dryer*

Alat ini terutama digunakan untuk sistem pengeringan pada proses produksi pupuk majemuk. Setelah granulasi, produk akhir yang berupa butiran masuk ke *dryer* melalui pipa pemasukan. Karena adanya kemiringan/*slope* dan perputaran pada *shell*, butiran produk akan berputar juga dengan kecepatan tertentu. Juga karena naik dan turunnya shovel, butiran produk akan berputar panas dengan udara panas dan secara berangsur-angsur bergerak ke ujung pengeluaran. Kemudian masuk ke *discharging* unit. *Rotary drum dryer* memiliki unit pengumpan, unit *shell*, unit transmisi, *unit riding wheel*, *unit riding wheel* dengan *retainer*, unit *seal*/katup, unit *discharge*.

Unit *riding wheel* dengan *retainer* menyokong unit *shell* dengan ban bagian depan dan belakang. Unit transmisi menggerakkan *shell* berputar dengan gear besar yang terpasang pada *shell*. Alat ini memiliki jalan keluar yang baik dan canggih, udara panas pada pipa masuk *box* pengumpan. Material masuk *shell* melalui *discharging tube* kemudian ke *flier* area dengan sejenis papan yang berbentuk heliks. Pada *flier* area, di bolak-balik secara konstan dengan arah melingkar dan memencar sehingga terjadi pergerakan longitudinal. Kemudian material akan berputar panas dengan udara panas dari pipa yang masuk *shell*.

c. *Cooler*

Drum cooler terdiri dari tangki, roda pendukung (*supporting wheel*), penggerak (*driver*), trust, box pemasukan material (*material entrance box*), *box* pengeluaran material (*material exit box*) dan sistem perpipaan pendukung

(*supporting piping system*). Tangki dilas dengan lembaran baja *roll (rolled steel plate)*, ada beberapa macam *corkscrew* papan pendorong material di depan tangki dan 2 papan pemisah pada bagian akhir. Di kedua sisi, terdapat *box* pengumpan material dan *box* pengeluaran material. Pada sisi pengumpanan material terdapat pipa pendukung yang terhubung dengan *cyclone*. Dua ring baja pada *holder* roda depan dan belakang dipasang di luar tangki. Juga terdapat *shielding wheel (trust)* di atas *holder*. Di dekat roda pendukung belakang terdapat gear besar. Motor elektrik pada *cooler* membuat tangki/drum dapat bergerak melingkar sesuai penggerak.

Tangki berakhir pada sisi pengeluaran material. Material (semi produk bersuhu tinggi) dari *dryer* dikirim ke *cooler* melalui *box* pengumpanan material. Kemudian, material dan udara dari luar saling bercampur. Sehingga dapat menurunkan panas dan suhu material. Udara menjadi panas pada saat itu juga sehingga tujuan berhasil yaitu menurunkan suhu. Udara lembab dengan suhu tinggi akan dialirkan ke *dust-system* oleh sistem pipa pembantu (*assistant piping system*).

d. *Coater*

Drum coater terdiri dari tangki, *supporting wheel, driver, trust, material entrance box, material exit box, barrel of heating liquid* dan *supporting insulating system*. Tangki merupakan hasil pengelasan dari lembaran baja (*rolled steel plate*). Ada *box* pengumpanan dan pengeluaran di kedua sisi pengumpanan. Dua ring baja melingkar menyangga *holder* roda depan dan belakang dipasang di luar tangki. Juga terdapat *shielding wheel (trust)* pada *holder*. Di bagian tangki di dekat *supporting wheel* belakang terdapat gear besar. *Electrical motor* memutar tangki melalui *driver*.

Tangki berakhir pada sisi pengeluaran material. Material dari *cooler* atau *screen* dikirim ke *coater* melalui *material entrance box*. Material akan berputar dengan putaran tangki dan terkena gaya gravitasi dan momen inersia. Material yang terlapis akan turun dari atas tangki, mengalir ke bawah melalui alur melingkar sedikit demi sedikit. Pada saat itu juga, percikan oli/minyak bertekanan

tinggi dari *nozzle* bercampur dengan semi produk. Produk yang telah dilapisi akan menjadi produk yang *well-proportioned* kemudian produk akan keluar dari *coater tank*.

Deskripsi Proses Produksi⁴

Secara garis besar proses produksi pupuk NPK Granular terdiri dari : pengumpanan material, Pencampuran Material dengan Mix Agigator, granulasi dengan Granulator, pengeringan dengan Dryer, pendinginan dengan Cooler, *screen* (pengayakan), *crushing* (pemecahan), recycle, *coating* (pelapisan) dan sesi *bagging* (pengantongan).

1. Sesi pengumpanan Material

DAP Granule akan dihancurkan (*di-crush*) dan ditimbang kemudian masuk sesi pengumpanan (*feeding*). Untuk bubuk DAP tidak memerlukan penghancuran tetapi ditimbang langsung dan masuk pengumpanan. Ada 2 metode pengumpanan urea :

- a. Padatan urea akan dihancurkan dan ditimbang kemudian masuk pengumpanan. Material yang diumpankan adalah padatan urea.
- b. Solid (padatan) urea tidak perlu penghancuran akan segera langsung dan dikirim ke tangki urin kemudian urine dipompakan ke granulator. Material yang diumpankan adalah urea cair atau larutan urea. Material padat yang lain akan ditimbang secara langsung dan masuk ke *feeding* (pengumpanan). *Weigher conveyor* yang digunakan adalah sistem penimbang dinamis dan dikontrol secara otomatis. Material akan diumpankan ke granulator sesuai dengan proporsi formula.

2. Sesi Granulasi

Proses granulasi terjadi di granulator material padat yang telah ditimbang

⁴*Ibid.*,p.60-62.

dan material *recycle* masuk ke granulator dengan *steam*, air dan urea solution (larutan urea). Material dalam granulator akan tergranulasi, menjadi material *granule* basah dengan diameter 1 mm, 2-4 mm dan lebih besar dari 5 mm. Material ini kemudian akan masuk ke *dryer*.

3. Sesi Pengeringan

Gas alam atau *diesel oil* (minyak diesel) digunakan sebagai sumber panas untuk menyuplai udara panas ke *dryer*. Material *granule* dari granulator akan dikeringkan oleh udara panas di dalam *dryer*. Suhu dan kapasitas alir udara panas akan dikontrol secara otomatis oleh *furnace controller*. Agar efisiensi pengeringan naik, bagian *dryer* yang diangkat dipasang pada bagian dalam *dryer* dan *knocker* dipasang di luar *dryer* untuk anti kerak di dalam drum. Pada sesi ini, akan dipasang separator (pemisah) *dryer cyclone* dan *section fan*. Untuk menghisap udara basah dan debu, sehingga kelembaban dan debu pada semi-produk akan berkurang saat masuk *cooler*. Udara buang (*tail gas*) *dryer* akan di-treatment di sistem *de-duster*.

4. Sesi Pendinginan

Di dalam *cooler*, material dari *dryer* akan dikontakkan dengan udara pendingin dehumidifikasi untuk menurunkan suhu. Untuk menaikkan efisiensi pendinginan, bagian yang diangkat dipasang di dalam *cooler*. Pada sesi ini akan dipasang *cooler cyclone separator* dan *suction fan* untuk menghisap udara basah dan debu sehingga semi-produk tidak berdebu dan kelembaban pada material lebih jauh akan dikurangi kemudian masuk sesi pengayakan (*screening*). Material setelah proses pendinginan tidak hanya untuk screen tapi juga sesuai untuk disimpan dan dapat mencegah caking (penggumpalan) saat transportasi. Gas buang pada *cooler* akan di-treatment oleh sistem de-duster.

5. Sesi *Recycle Crushing* dan *Screen*

Ada 2 jenis *vibrating screen* (*over size* dan *under size*) yang akan dipasang pada sesi ini dan setiap jenis ayakan (*screen*) akan disusun ganda untuk menambah kapasitas. Semi-produk dari *cooler* akan ditransfer ke *vibrating screen*

untuk memisahkan material *under size* (ukuran kecil) dan *over size* (ukuran besar). Butiran *over size* (≥ 4 mm) akan dihancurkan oleh *recycle crusher* dan kembali ke sirkulasi *belt conveyor* dan akan dikirim ke granulator untuk re-sirkulasi *belt conveyor* untuk re-granulasi. Sehingga pabrik akan beroperasi dengan sistem sirkulasi. Semi-produk yang diperbolehkan (ukuran 2-4 mm) akan dikirim ke *coater* untuk pelapisan (*coating*).

6. Sesi *Coating* (pelapisan)

Ukuran produk akhir yang diperbolehkan (2-4 mm) akan dikirim ke *coater* untuk pelapisan untuk mencegah penggumpalan (*caking*) jika penyimpanan lama dalam karung. Volume total tangki minyak pelapis adalah 2 m³ untuk kebutuhan konsumsi selama 1,5 hari.

7. Sesi Pengantongan

Pengontrol sistem yang digunakan pada sesi pengantongan adalah *fully otomatis*. Mesin penjahit karung yang digunakan adalah tipe *Newlong*. Data yang dihitung pada pengantongan akan ditransmisikan ke sistem *PLC control system* yang terletak pada *control room*.

8. *Treatment Gas*

Ada dua jenis gas buang yang akan di-treatment :

- a. Gas buang dari *dryer*, gas buang *cooler*, gas buang dust point
- b. Gas buang granulator, *urea solution system* dan *pre-treatment ammonia*

Gas-gas tersebut akan di-treatment dengan metode yang berbeda, seperti :

- a. Gas buang *dryer* dan *cooler* : 1 stage 2 tube cyclone + tube washer + pond type impulse wet scrub
- b. Gas buang dust point : 1 stage 1 tube cyclone + tube washer + pond type impulse wet scrub

- c. Gas buang granulator, sistem *urea solution, pre-treatment amonia : tube washer + pond type impulse wet scrub*

Gas-gas buang tersebut akan di-*blow* oleh fan.

2.2 MANAJEMEN PERSEDIAAN

Persediaan (*inventory*) dalam konteks produksi, dapat diartikan sebagai sumber daya menganggur (*idle resource*). Sumber daya menganggur ini belum digunakan karena menunggu proses lebih lanjut yang dimaksud dengan proses lebih lanjut disini dapat berupa kegiatan produksi seperti dijumpai pada sistem manufaktur, kegiatan pemasaran seperti dijumpai pada sistem distribusi ataupun kegiatan konsumsi seperti pada sistem rumah tangga.

Keberadaan persediaan atau sumber daya menganggur ini dalam sistem mempunyai tujuan tertentu. Alasan utamanya adalah karena sumber daya tertentu tidak bisa didatangkan ketika sumber daya tersebut dibutuhkan. Oleh karena itu, untuk menjamin tersedianya sumber daya tersebut perlu adanya persediaan yang siap digunakan ketika dibutuhkan.

Adanya persediaan menimbulkan konsekuensi berupa risiko-risiko tertentu yang harus ditanggung perusahaan akibat adanya persediaan tersebut. Persediaan yang disimpan perusahaan bisa saja rusak sebelum digunakan. Selain itu perusahaan juga harus menanggung biaya-biaya yang timbul akibat persediaan tersebut.

Adapun alasan perlunya persediaan adalah :

1. *Transaction Motive*

Menjamin kelancaran proses pemenuhan (secara ekonomis) permintaan barang sesuai dengan kebutuhan pemakai.

2. *Precautionary Motive*

Meredam fluktuasi permintaan/pasokan yang tidak beraturan.

3. *Speculation Motive*

Alat spekulasi untuk mendapatkan keuntungan berlipat di kemudian hari.

2.2.1 Safety Stock

Safety stock adalah stok yang bertujuan mengantisipasi terjadinya ketidakpastian baik dalam *supply* maupun *demand*. *Safety stock* merupakan sejumlah barang yang dipesan bersamaan dengan *order quantity*.

Dalam menentukan *safety stock*, dibutuhkan beberapa data hasil perhitungan, yaitu :

- Variabilitas permintaan sepanjang *lead time*
Variabilitas dapat berbentuk jumlah permintaan, kekurangan bahan baku, kelebihan bahan baku, dan lainnya
- Frekuensi *reorder*
Jumlah berapa kali *order* dilakukan
- Service level yang diinginkan
Service level adalah persentase yang menyatakan berapa persen waktu tidak terjadi kehabisan stok. Nilai sigma atau *safety factor*-nya dapat dilihat melalui table distribusi normal.

2.2.2 MRP (Materials Requirement Planning)

Dalam pembahasan tentang manajemen persediaan, tidak dapat dipisahkan dengan perencanaan pemesanan. Ada dua kondisi ekstrim yang dapat terjadi pada masalah persediaan barang⁵, yaitu :

1. *Over Stocking*, yaitu suatu kondisi dimana jumlah barang yang disimpan terdapat dalam jumlah yang besar untuk memenuhi permintaan dalam jangka waktu yang lama.
2. *Under Stocking*, yaitu suatu kondisi persediaan barang dalam jumlah terbatas untuk memenuhi kebutuhan dalam jangka waktu yang pendek.

⁵N.Y.Astana, *Perencanaan Material Bahan Baku Berdasarkan Metode MRP (Material Requirements Planning)*, vol.11, 2007, Universitas Udayana, Denpasar, p.185

MRP adalah suatu metode perencanaan material bagi material-material yang sifatnya dependen satu sama lain, berarti produksi tidak dapat memproduksi suatu produk jika suatu material tidak lengkap sekalipun material lain jumlahnya sangat banyak.

Komponen dasar MRP terdiri atas JIP (Jadwal Induk Produksi), daftar material dan catatan persediaan, yang dapat digambarkan dalam suatu sistem MRP. Di dalam prosesnya, MRP membutuhkan beberapa masukan yang nantinya akan diperoleh informasi yang diinginkan sebagai keluaran. Adapun masukan tersebut adalah :

1. Jadwal Induk Produksi (JIP)

JIP adalah suatu jadwal yang menunjukkan jumlah produk yang akan dibuat dalam tiap periode dengan tujuan untuk mengetahui kapasitas perusahaan dalam merencanakan produksi serta untuk menyusun budget.

2. Catatan Status Persediaan (Inventory Record)

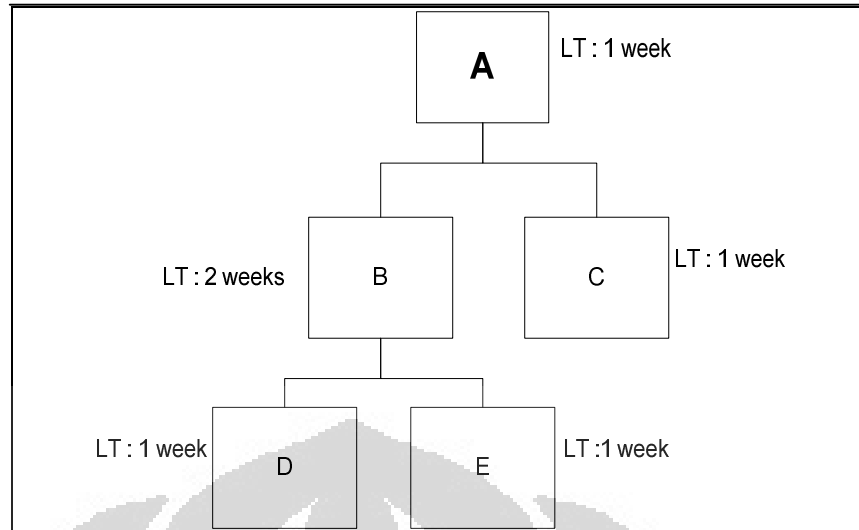
Inventory record terdiri dari data-data setiap jenis barang persediaan, dimana setiap jenis barang persediaan tersebut nantinya akan dibutuhkan untuk menentukan jumlah kebutuhan bersih. Di samping itu juga berisikan tentang faktor perencanaan yang dilakukan untuk menetapkan jumlah waktu untuk merencanakan pemesanan.

3. Bill of Material (BoM)

Bill of Material merupakan suatu daftar material yang diperlukan bagi perakitan, pencampuran, atau pembuatan produk akhir tersebut dan menunjukkan berapa banyak setiap komponen, nomor identifikasi, dan sumber bahan.

Informasi yang dilengkapi untuk setiap komponen ini meliputi sebagai berikut:

- a. Jenis komponen
- b. Jumlah yang dibutuhkan
- c. Tingkat penyusunannya.



Gambar 2.2 Contoh BoM chart

2.2.3 Jadwal Induk Produksi

Jadwal Induk Produksi adalah suatu perencanaan produksi dalam manufaktur berdasarkan prioritas dan kapasitas. Ada dua cara dalam menentukan jumlah produksi⁶, yaitu :

1. *Lot for Lot*

Lot for Lot adalah suatu metode yang digunakan jika permintaan sifatnya deterministik (sudah diketahui). Metode *Lot for Lot* yaitu dengan memesan bahan baku sesuai dengan permintaan produk, biasanya jumlah permintaan diketahui beberapa periode sebelumnya.

2. *EOQ (Economic Order Quantity)*

Pada metode *economic order quantity*, penentuan jumlah kebutuhan bahan baku ditetapkan berdasarkan kebutuhan yang diperkirakan (*expected requirement*). Untuk menghitung besarnya kebutuhan bahan baku yang diperkirakan, dilakukan dengan rumus berikut :

$$EOQ = (2 R cp/ch)^{0,5}$$

EOQ menyatakan besarnya kebutuhan yang diperkirakan, dalam satuan unit. R

⁶O.Soegihardjo, *Studi Kasus Perbandingan Antara 'Lot-for Lot' dan 'Economic Order Quantity' Sebagai Metode Perencanaan Penyediaan Bahan Baku*, vol.1, 1999, Universitas Kristen Petra, Jakarta, p.152-153.

menyatakan produksi rata-rata pada periode yang dianalisa, sedangkan CP dan CH merupakan parameter untuk biaya pemesanan dan biaya penyimpanan.

2.2.4 Pemilihan Safety Stock sebagai Metode

Oleh karena permasalahan pada penelitian ini adalah kekurangan bahan baku yang dikarenakan keterlambatan pengiriman/kedatangan, maka untuk mengantisipasi ketidakpastian ini, dipilih metode *safety stock* untuk mengatur persediaan bahan baku.

Manajemen persediaan bahan baku tidak dapat dipisahkan dengan perencanaan pemesanannya. Dalam kasus di pabrik pupuk NPK Granular, dimana suatu produk merupakan pencampuran dari berbagai bahan baku yang sifatnya dependen satu dengan lainnya, maka untuk metode struktur pemesanan bahan baku yang dipakai pada penelitian ini adalah MRP (*Material Requirements Planning*).

Pemesanan Material juga tidak dapat dipisahkan dengan perencanaan produksi. Oleh karena sistem di pabrik NPK Granular adalah memesan material sesuai dengan permintaan yang sudah diketahui, maka Jadwal Induk Produksinya dibuat dengan metode *Lot-for-Lot*. Selain karena itu, keterbatasan data biaya pemesanan dan biaya penyimpanan membuat metode ini yang paling tepat digunakan.

2.2.5 Metode Manajemen Bahan Baku Berdaya Simpan Singkat

Dalam suatu artikel, Patrick Kager dan Mark Mozeson membahas tentang perusahaan farmasi yang memiliki nilai *turn-over inventory* yang tinggi berpengaruh pada *service level* dari supplier hingga pada harga pasar produk.⁷ Jika hal ini dilakukan oleh pabrik di Indonesia, maka akan berpengaruh pada nilai

⁷P.Kager dan M.Mozeson, "Supply Chain The Forgotten Factor", USA, June, 2000.

jualnya di pasar. Metode yang biasanya dipakai untuk mengatur persediaan bahan baku yang memiliki turn-over tinggi adalah dengan memproduksi sesuai dengan jumlah bahan baku yang tersedia. Jarang sekali pabrik berbahan baku kimiawi mengembangkan produktivitasnya, ditambah dengan risiko-risiko yang ada.

2.3 SIMULASI

Simulasi sangat dibutuhkan dalam penelitian pabrik pupuk NPK Granular, terutama dalam menentukan *setting production rate* yang tepat untuk memproduksi bahan baku yang ada. Oleh karena itu pada sub bab ini akan dibahas tentang dasar teori simulasi.

2.3.1 Pengertian Simulasi

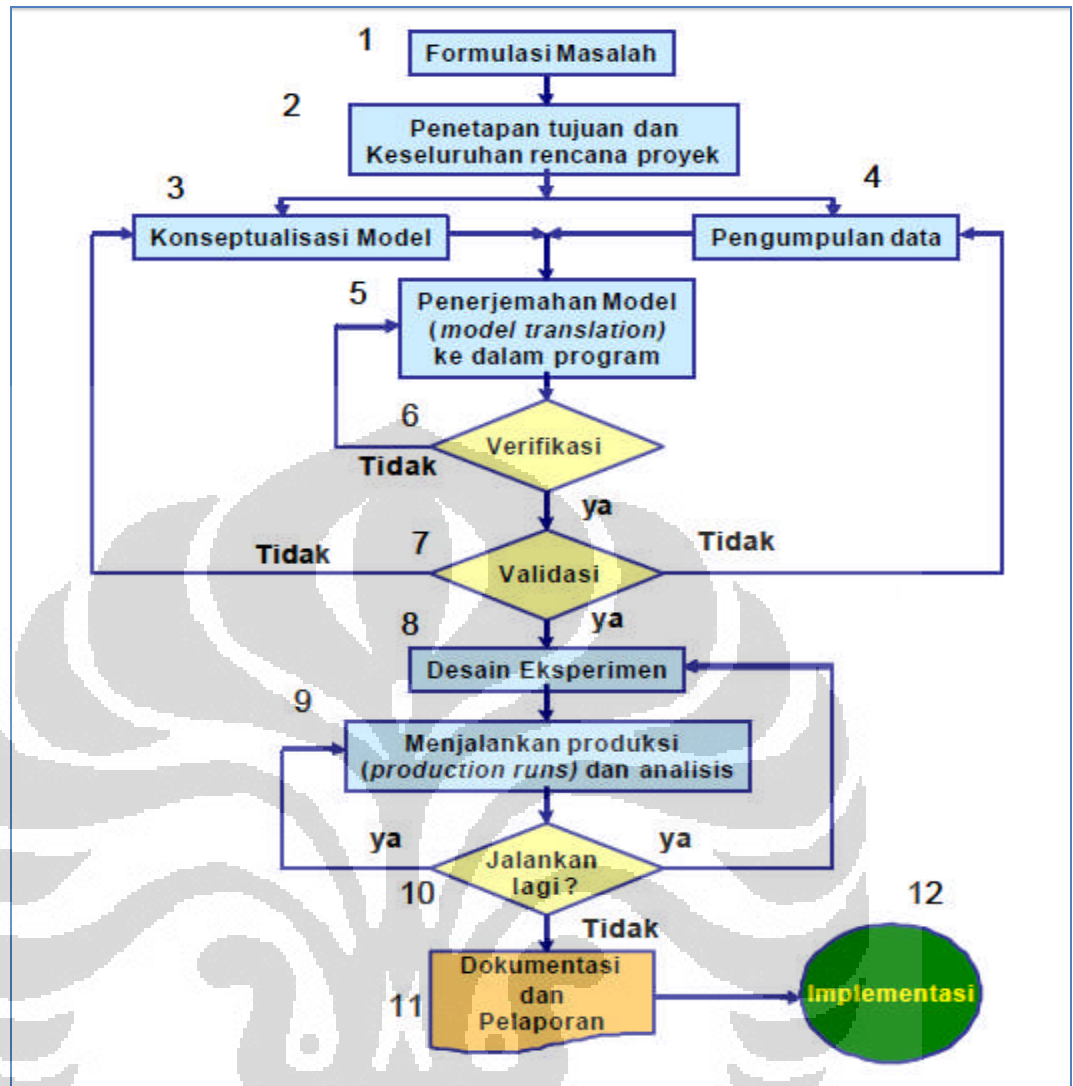
Simulasi adalah imitasi dari sistem dinamik menggunakan model komputer yang bertujuan untuk mengevaluasi dan meningkatkan kinerja sistem.⁸ Dengan menggunakan simulasi, kita dapat menganalisis skenario “*what if*” dalam berbagai proses.

Keuntungan dalam melakukan simulasi yaitu :

1. Hemat biaya
2. Hemat waktu
3. Fokus pada karakteristik yang penting, simplifikasi sesuatu yang terlalu detil dan rumit.
4. Mudah melakukan perubahan, update, revisi, ataupun penambahan fitur/fungsi/peranan.

Gambar berikut adalah gambar yang menunjukkan langkah-langkah dalam studi simulasi.

⁸Harrel,C.,Ghosh,B.K., Bowden,R.O, *Simulation Using Promodel*, Mc Graw Hill, 2004, p.5



Gambar 2.3 Langkah-langkah dalam studi simulasi

2.3.2 Simulasi Terminating dan Non-Terminating⁹

Simulasi *terminating* adalah simulasi yang waktu mulai dan berakhirnya terdefinisi. Contohnya, industri pesawat terbang menerima pesanan 200 model pesawat terbang. Perusahaan industri akan ingin mengetahui berapa lama waktu untuk menghasilkan 200 model pesawat terbang tersebut. Simulasi *terminating* dapat diketahui dari mulai 0 sampai 200. Biasanya tipe simulasi *terminating* dimulai dari kosong, running, lalu kosong kembali di luar shutdown. Simulasi *terminating* digunakan untuk mengukur *behavior* dari sistem, yaitu dalam kondisi

⁹*Ibid.*, p.236-237.

steady-state. Kondisi *steady-state* adalah kondisi dimana perilaku sistem sudah stabil.

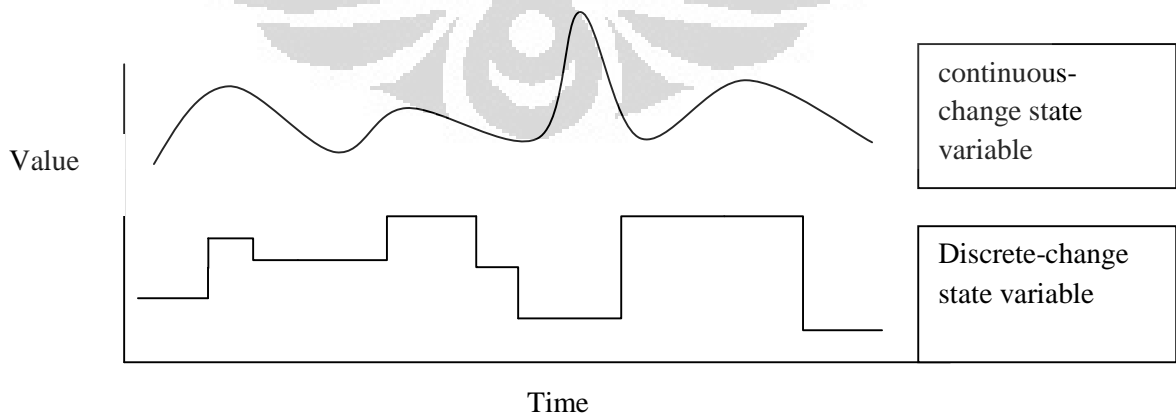
Simulasi *non-terminating* atau simulasi *steady-state* adalah simulasi dimana *steady-state* (jangka panjang) dalam sistem dianalisis. Simulasi *non-terminating* bukan berarti simulasi yang tidak akan berakhir atau tidak memiliki *event terminating*, melainkan bahwa simulasi secara teoritis berlangsung tidak tentu dengan tidak ada perubahan secara statistik. Contoh dari simulasi *non-terminating* adalah model operasi industri penghasil *oil filter* untuk otomotif yang memproduksi secara kontinyu.

Sistem *non-terminating* dimulai dengan *warm-up* (waktu sementara sebelum menuju *steady-state*).

2.3.3 Sistem Diskrit dan Kontinyu

Sistem dapat dikategorikan menjadi sistem diskrit dan kontinyu. Sistem diskrit adalah suatu keadaan dimana keadaan variabel berubah dengan cepat pada titik-titik terpisah dalam waktu. Contohnya, kedatangan sebuah entity ke sebuah workstation. Sistem kontinyu adalah perubahan keadaan variabel secara terus-menerus terhadap waktu. Contohnya, level dari tangki minyak, sistem temperatur ruangan.

Perbandingan antara perubahan keadaan variabel diskrit dan kontinyu dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.4 Perbandingan perubahan variabel state diskrit dan kontinyu
(Sumber : Simulation Using Promodel)

2.3.4 Simulasi Kombinasi Diskrit dan Kontinyu

Banyak sistem proses yang memiliki *continuous change state variable* dan juga *discrete change state variable*. Contoh, sebuah tanker datang ke sebuah stasiun pengisian (discrete event) dan mulai mengisi tanki (continuous process).¹⁰ Law dan Kelton (1991) menyatakan ada tiga fundamental tipe interaksi yang dapat terjadi antara perubahan keadaan variabel secara diskrit dan kontinyu¹¹:

1. Sebuah discrete event dapat menyebabkan sebuah perubahan diskrit dalam nilai variabel kontinyu.
2. Sebuah discrete event dapat menyebabkan hubungan pengaturan nilai variabel kontinyu pada keterangan waktu.
3. Nilai variabel kontinyu dapat menyebabkan sebuah discrete event menjadi terjadwal.

2.3.5 Simulator Modelling Tools

Karakteristik umum dari simulation tools meliputi graphical user interface, animasi, dan output otomatis untuk mengukur kinerja sistem. Simulator tools yang memenuhi kebutuhan tersebut sangat banyak seperti Prosim dan ProModel.

2.3.6 Pemilihan ProModel sebagai Metode dan Tools

Memodelkan proses kontinyu menggunakan discrete event simulation tidaklah baru, contohnya ketika discrete event modeling techniques pada proses kontinyu yang sukses didemonstrasikan oleh Parson (et al.,1992).¹² Seperti Carrie (1988) menyatakan, integrasi algoritma adalah karakteristik utama yang membedakan continuous modeling dengan discrete event modeling.¹³

¹⁰*Ibid.*, p.74.

¹¹M.Fahmi, Implementation of Computer Simulation in Rubber Assembly Line : A Case Study (Rubber Research Institute of Malaysia): MSc Thesis, Universiti Teknologi Malaysia, 2006, p.9.

¹²*Ibid.*, p.20.

¹³*Ibid.*, p.21.

Dalam penelitian di pabrik pupuk NPK Granular, dapat disimpulkan bahwa proses yang terjadi di dalam sistemnya merupakan kombinasi simulasi kontinyu dan diskrit. Saat 234 kg urea masuk ke stasiun urea *crusher* (diskrit *event*) dan masuk ke mix *agigator* dimana bahan bakunya berbentuk *powder* dengan kadar kg yang telah ditentukan masuk ke *mix agigator* (diskrit) sedangkan proses dari granulator hingga *cooler* sifatnya kontinyu karena melibatkan aliran cairan. Untuk itulah, ProModel adalah tool dan method yang dapat menyelesaikan permasalahan ini.

Selain itu, data yang ada pada proses merupakan material balance pada halaman 48 dan 49 sub bab 3.1.5, dimana satuan yang dipakai adalah kg/hr masing-masing stasiun. Satuan tersebut merupakan nilai diskrit (seperti yang terlihat pada gambar 2.4). Untuk itulah, ProModel merupakan metode yang paling tepat untuk digunakan.

Alasan lainnya adalah produk dihasilkan dari pencampuran berbagai jenis bahan baku dengan komposisi diskrit, satuannya kg. ProModel adalah tools yang dapat memodelkan *assembly line* seperti ini.

Menurut Mohd Fahmi (2006, 21) dalam tesisnya menyatakan jika dalam suatu proses terdapat penggabungan proses kontinyu dan diskrit, maka *discrete event simulation* adalah metode/tool yang paling tepat dan dengan mudah untuk memodelkannya.¹⁴

2.4 PROMODEL 6.0 VERSION

Software ProModel yang digunakan dalam penelitian ini adalah ProModel versi 6.0.

2.4.1 Membangun Model

Dalam Promodel, model pada dasarnya terdiri atas *entity* (item yang diproses), *location* (tempat proses terjadi), *processing* (rute perjalanan proses),

¹⁴*Ibid.*, p.21.

dan *arrivals* (keterangan tentang kedatangan entiti).

Icon	Name	Speed (rpm)	Stats	Notes...
	urea	50	Time Series	
	DAP_atau_MAP	50	Time Series	

Gambar 2.5 Input data *entities*

Pada menu *entity*, kita mendefinisikan item yang akan diproses apa saja dan kecepatannya. Entities dapat merupakan bahan baku, bahan setengah jadi, hingga produk jadi.

Icon	Name	Cap.	Units	DTa...	Stats	Rules...	Notes...
	Granulator_R001	75000	1	None	Time Series	Oldest	
	Dryer_R002	75000	1	None	Time Series	Oldest	

Gambar 2.6 Input data *location*

Pada menu *location*, kita mendefinisikan tempat (mesin, conveyor, dll) proses terjadi. Kita juga dapat memasukkan gambar, membuat gambar, memasukkan nilai kapasitas serta jumlahnya. Location juga dapat berupa conveyor dan lainnya.

Entity...	Location...	Operation...	Output...	Destination...	Ru...
KCL	sumber_KCL	combine 15			
formula_KCL	KCL_elevator_1003		formula_KCL	KCL_elevator_1003	FIRST 1

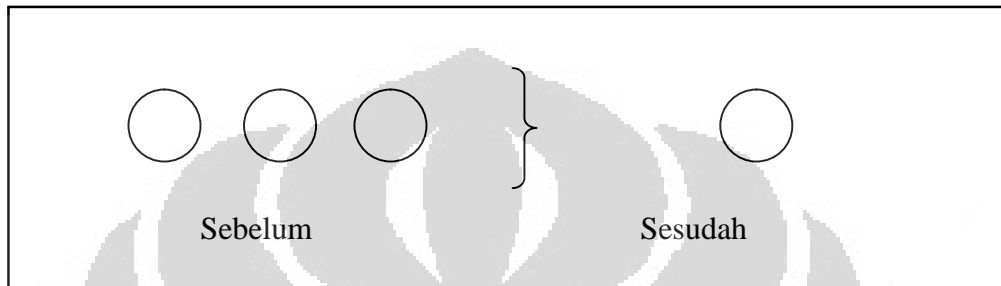
Gambar 2.7 Input data *Processing*

Pada menu *processing*, kita mendefinisikan rute perjalanan item yang diproses. Data *entity*, *location* dan *operation* merupakan data input di suatu *location* tertentu. Operasi entity adalah apa yang terjadi pada suatu entity saat masuk ke locations. Ada beberapa perlakuan yang sering terjadi pada suatu entity, yaitu :

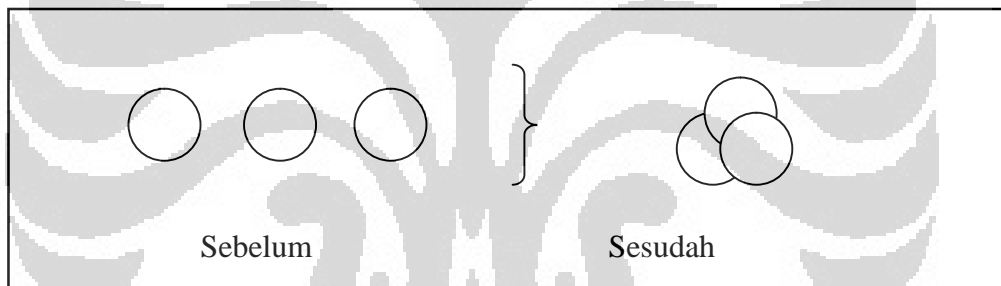
1. Konsolidasi Entiti

Konsolidasi entiti yaitu kesatuan dari beberapa *entity* seperti pengelompokkan dan tumpukan.

Konsolidasi ada yang bersifat sementara, ada pula yang bersifat permanen. Dari gambar 2.8 terlihat perbedaannya.



Gambar 2.8 Konsolidasi permanen

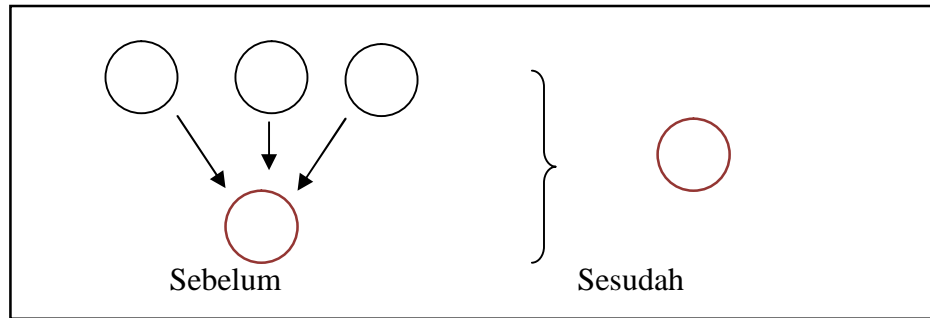


Gambar 2.9 Konsolidasi sementara

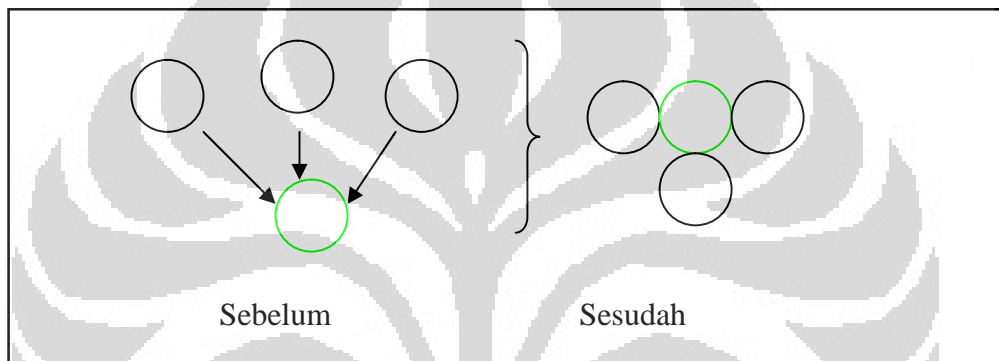
Dalam ProModel, entiti-entiti yang mengalami konsolidasi permanen menggunakan perintah COMBINE, sedangkan yang mengalami konsolidasi sementara menggunakan perintah GROUP.

2. Pemasangan Entiti (*Attachment of Entities*)

Perbedaan pemasangan entity dengan konsolidasi adalah pada pemasangan lebih spesifik. Contohnya seperti assembly ban, mesin dan tempat duduk pada chasis mobil.



Gambar 2.10 Pemasangan permanen

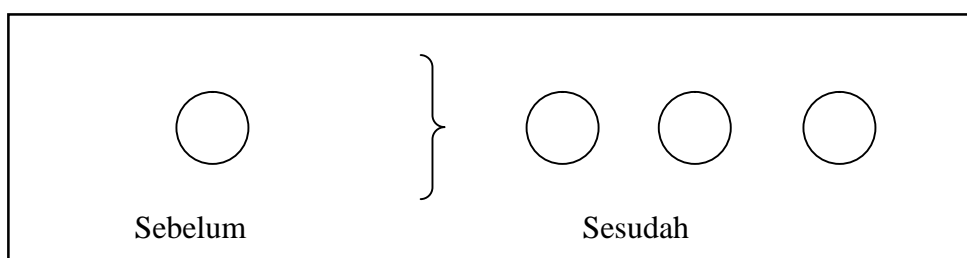


Gambar 2.11 Pemasangan sementara

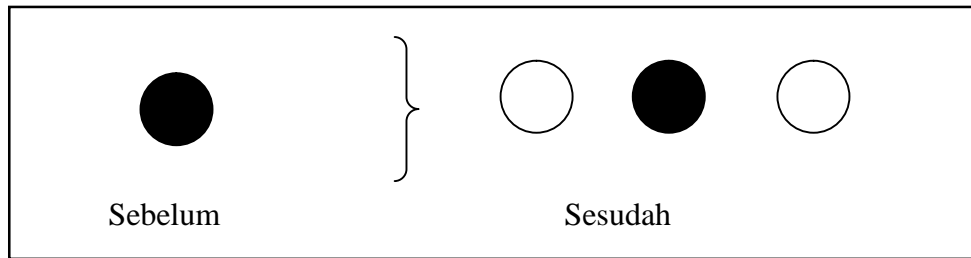
Pada pemasangan, *entity* yang dipasang ke *entity* lain akan habis. Dalam ProModel, *entity*-entiti yang mengalami pemasangan secara permanen dengan menggunakan perintah JOIN, sedangkan yang mengalami pemasangan secara sementara menggunakan perintah LOAD.

3. Pembagian Entiti

Dalam hal ini *entity* mengalami pembagian ataupun pemisahan.



Gambar 2.12a SPLIT



Gambar 2.12b CREATE

Pada gambar a, entity original akan habis dan entity sesudahnya tetap bertahan, dalam ProModel hal ini menggunakan perintah SPLIT. Pada gambar b, entity original akan tetap bertahan sedangkan *entity* pasangannya akan habis, dalam ProModel hal ini menggunakan perintah CREATE.

Routing menggambarkan urutan dari arus *entity* dari suatu lokasi ke lokasi lain dan mungkin tujuan lokasi yang ganda dengan berbagai kriteria jumlah entiti. Jika *location* tujuan dari suatu entiti lebih dari satu maka ada beberapa aturan yang digunakan dalam ProModel untuk keputusan rute yang dimaksudkan.

- *probabilistic*--entiti disalurkan ke satu beberapa lokasi-lokasi menurut suatu distribusi frekuensi tertentu
- *first available*--entiti pergi ke lokasi pertama yang tersedia
- *by turn*--entiti berputar melalui lokasi-lokasi dalam daftar
- *most available capacity*—entiti memilih lokasi yang kapasitas paling tersedia
- *until full*—entiti-entiti masuk ke suatu lokasi hingga lokasi tersebut penuh lalu ke lokasi lain dan seterusnya
- *random*—entiti memilih secara acak dari antara daftar lokasi yang ada.
- *user condition*—entiti memilih dari dari daftar lokasi-lokasi berdasarkan pada suatu kondisi yang digambarkan oleh user.

Arrivals						
Entity...	Location...	Qty Each...	First Time...	Occurrences	Frequency	Logic...
urea	sumber_urea	5542.38	0	inf	1 hr	
DAP_atau_MAP	sumber_DAP	3695.8	0	inf	1 hr	

Gambar 2.13 Input data *arrivals*

Pada menu *arrivals*, kita mendefinisikan *entity* apa, dari *location* mana, berapa, kapan pertama kali datang ke sistem, berulang kali atau tidak, serta berapa waktu sekali *entity* datang adalah hal yang didefinisikan dari data *entity*, *location*, *quantity each*, *first time*, *occurrences*, *frequency*, dan *logic* pada *arrivals*.

Kedatangan entiti menggambarkan waktu, kuantitas, frekuensi, dan lokasi entiti yang memasuki sistem. Ada beberapa perintah yang menggambarkan cara kedatangan *entity* dalam suatu sistem, yaitu :

- *periodic*--entiti datang di suatu interval berkala
- *schedule*--entiti datang di waktu yang ditetapkan
- *fluctuating*—entiti memiliki tingkat kedatangan yang berubah-ubah
- *event triggered*—entiti tiba ketika beberapa peristiwa terjadi

Untuk data waktu pada *processing* dan *arrivals* dapat dihubungkan dengan file *.xls* (spreadsheet).

Di akhir simulasi kita juga dapat melihat detail statistik dan ringkasan pada model tersebut.

Locations for pabrik pupuk npk granular pt pupuk kujang by amelia								
Name	Scheduled Time (MIN)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
Granulator R001	40.96	75000.00	1108.00	0.00	0.04	1.00	0.00	0.00
Dryer R002	40.96	75000.00	1088.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Cooler R003	40.96	75000.00	1038.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
coater R004	40.96	75000.00	253.00	1.60	9.88	21.00	12.00	0.01
bagging machine x004 2	40.96	40000.00	123.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
urea crusher m001	40.96	8000.00	369.00	13.03	117.43	258.00	0.00	1.47
DAP crusher m002	40.96	10000.00	369.00	16.32	146.99	319.00	0.00	1.47
recycle crusher m003 1	40.96	15000.00	170.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
mix material agigator x0...	40.96	75000.00	1108.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
screen1 x002 1	40.96	37500.00	498.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
screen2 x003 1	40.96	37500.00	315.00	0.01	0.08	1.00	0.00	0.00
KCL elevator I003	40.96	52800.00	369.00	0.90	8.12	13.00	0.00	67.69
Urea elevator I004	40.96	39600.00	369.00	0.10	0.90	5.00	0.00	5.63
DAP elevator I005	40.96	52800.00	369.00	0.10	0.90	17.00	0.00	5.63
Agigator inlet elevator L...	40.96	79200.00	2219.00	0.11	5.77	12.00	4.00	54.32

Gambar 2.14a Contoh data output

Entity Activity for pabrik pupuk npk granular pt pupuk kujang by arnelia							
Name	Total Exits	Current Qty In System	Avg Time In System (MIN)	Avg Time In Move Logic (MIN)	Avg Time Wait For Res (MIN)	Avg Time In Operation (MIN)	Avg Time Blocked (MIN)
urea	5535.00	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DAP atau MAP	3690.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
KCL	5535.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
clay	2952.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
coating oil	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Granula NPK	56.00	32.00	20.34	0.00	2.08	4.40	13.86
Granula NPK 2sampai4 mm	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Granula NPK lebih dari 4 mm1	0.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
produk jadi NPK granular	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
produk yang sudah dibungkus	0.00	240.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
campuran bahan baku	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NPK granular lebih dari 4 mm2	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
formula urea	363.00	6.00	20.01	0.00	0.00	3.58	16.43
formula DAP atau MAP	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
formula KCL	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Gambar 2.14b Contoh data output

2.4.2 Menganalisis Behavior dengan ProModel

Dalam sistem, kita perlu mengetahui *behavior*-nya agar kita dapat mengetahui kapan sistem tersebut mengalami *steady-state*. Hal ini terkhusus untuk tujuan simulasi non-terminating, sehingga kita dapat mengetahui *warm-up time* pada sebuah simulasi *non-terminating*.

Langkah-langkah untuk menganalisis *behavior* suatu sistem dengan ProModel¹⁵ adalah sebagai berikut :

1. Membuat *Variables* Global

Variables (global)					
Icon	ID	Type	Initial value	Stats	Notes..
No	WIP	Integer	0	Time Series, 1	

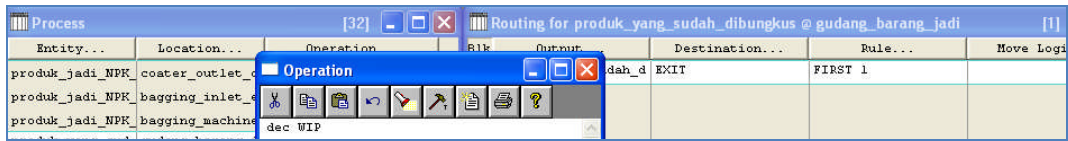
Gambar 2.15 Input variabel global

2. Input Inc WIP pada proses pertama *entity* diproses dan Dec WIP pada proses terakhir *entity* (produk jadi).

Entity...	Location...	Operation...	Blk	Output...	Destination...	Rule...	Move Lc
urea	urea_cruser_m001				weight_46_DEF_conve	FIRST 1	
formula_urea	mix_conveyor_10						
formula_urea	Agigator_inlet						
clay	sumber_clay						

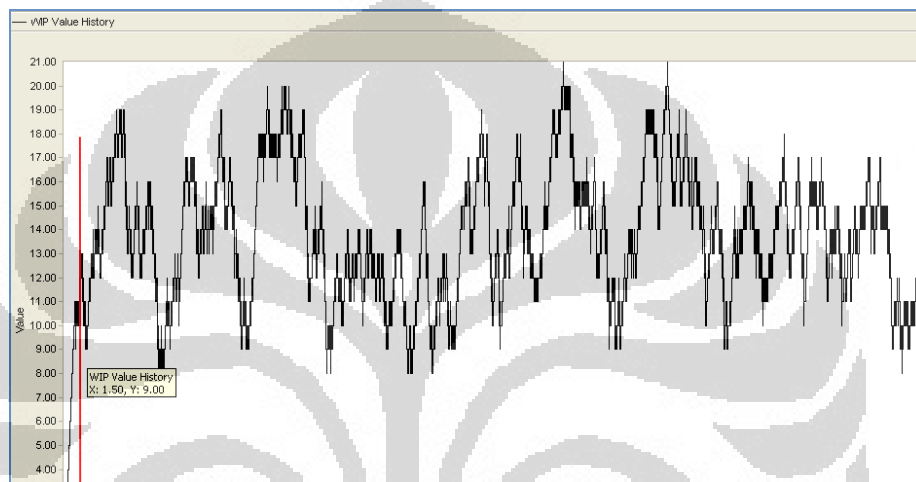
Gambar 2.16 Input inc wip

¹⁵Harrel,C.,Ghosh,B.K., Bowden,R.O, *Op.Cit.*, p.531-534.



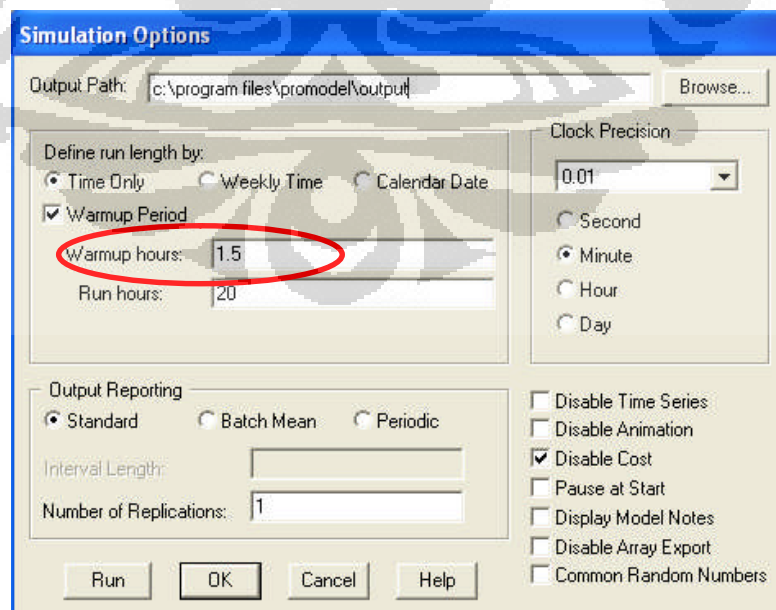
Gambar 2.17 Input dec wip

3. Running sampai beberapa lama waktu (minimal 3 kali lipat dari periode sebenarnya).
4. Perhatikan *behavior*-nya dan dimana *warm-up time*-nya



Gambar 2.18 Behavior dan warm-up time

5. Input *warm-up time* pada simulasi



Gambar 2.19 Input warm-up hours

BAB III

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

3.1 PENGUMPULAN DATA

3.1.1 Data Penjualan Produk Bulan Januari-Juli 2010

Data penjualan adalah data yang berisi akumulasi tonase berbagai formula produk yang terjual setiap bulan, seperti yang terdapat pada tabel 3.1. Data ini akan diolah dalam pembuatan Jadwal Induk Produksi dengan metode Lot-for-Lot.

Tabel 3.1 Historis Penjualan Produk NPK Granular Januari-Juli 2010 (ton)

Periode	Formula Produk NPK Granular						
	16-4-25	12-12-17	15-10-20	15-13-20	15-12-22	15-13-21	15-10-22
Januari	1424	1060.8	-	-	-	-	-
Februari	-	-	1058.6	-	-	-	-
Maret	-	-	4607.7	-	-	-	-
April	-	2	311.6	1027.15	966	-	-
Mei	-	-	-	-	1452.55	2181.1	590
Juni	6069.85	1955	429.85	-	-	578.7	-
Juli	-	-	2640.25	-	253	-	-

Sumber : Biro Pemasaran PT Pupuk Kujang

3.1.2 Data Historis Keterlambatan Bahan Baku

Data historis keterlambatan bahan baku merupakan data yang berisi tentang historis terjadinya kekurangan bahan baku di bagian produksi baik durasinya, tanggal terjadinya, serta jenis formula produk yang saat itu sedang diproduksi. Data ini disajikan pada tabel 3.2. data ini akan diolah nantinya untuk menghitung *safety stock*.

Tabel 3.2 Historis Keterlambatan Bahan Baku

Periode	Minggu ke-	Downtime akibat bahan baku kurang (jam)	Tanggal terjadi downtime akibat kekurangan bahan baku	Formula Produk
Januari	1	0	-	16-4-25
	2	0	-	12-12-17
	3	14	17 dan 19	16-4-25
	4	5	22	12-12-17
Februari	1	0	-	15-10-20
	2	19	11, 13, dan 14	15-10-20
	3	0	-	15-10-20
	4	5	25	15-10-20
Maret	1	3	3	15-10-20
	2	0	-	15-10-20
	3	0	-	15-10-20
	4	0	-	15-10-20
	5	0	-	15-10-20
April	1	0	-	15-10-20
	2	0	-	15-13-20
	3	0	-	15-12-22
	4	20	30	15-13-21
Mei	1	40.67	4, 5, dan 7	15-12-22
	2	12	10	15-10-22
	3	0	-	15-10-22
	4	38.33333333	28, 29, 30, dan 31	15-13-21
Juni	1	0	-	16-4-25
	2	54.5	12, 13, dan 14	16-4-25
	3	20	15	12-12-17
	4	0	-	16-4-25
	5	0	-	16-4-25
Juli	1	0	-	15-12-22
	2	56	8, 9, 10, dan 11	15-10-20
	3	0	-	15-12-22
	4	52.7	29, 30, dan 31	15-10-20

3.1.3 Data Penggunaan Bahan Baku Per Hari

Data penggunaan bahan baku per hari berisi tentang tonase bahan baku (DAP, KCl, dan Clay) yang pada kondisi nyata digunakan dalam setiap harinya. Data bahan baku yang ada hanya DAP, KCl, dan Clay dikarenakan ketiga bahan baku ini yang sering mengalami keterlambatan kedatangan dan yang akan menjadi fokus penelitian ini. Data selengkapnya dapat dilihat pada tabel 3.3.

Tabel 3.3 Historis Penggunaan Bahan Baku Per Hari Januari-Juli 2010
(ton)

tanggal	Januari			Februari			Maret			April		
	DAP	KCI	Clay	DAP	KCI	Clay	DAP	KCI	Clay	DAP	KCI	Clay
1	8.40	39.6	11.84	3.3	0.95	2.4	29.4	43.95	30.32	10.45	19.35	9.54
2	2.3	9.9	3.28	14.95	0.95	13.52	30.3	45.6	31.12	14.5	19.9	7.44
3	9.75	3	6.12	8.95	16.15	0	30	43	32	47.5	61.8	16.28
4	28.5	7	20	6.7	9.9	0.84	25	41	30	29.9	54.55	18.44
5	57.85	16.4	38.32	2.1	7.65	0.88	47.6	73.15	41.72	14.55	32.55	9.24
6	51.35	14.25	34.12	6.3	10.65	2.64	34.75	53	33.32	0	0	0
7	3.95	1.1	2.64	14.4	17.85	4.4	34.65	62.25	31.4	0	0	0
8	22.25	33.4	21.56	13.2	20.6	3.24	18	5.4	3.2	20.55	27.2	9.44
9	9.7	15	10.8	0	0	0	0	0	0	15.85	20.85	6.48
10	19.4	0	13.16	11.25	16	3.36	0	0	0	0	0	0
11	11.6	3.15	6.36	9.7	9.45	11.85	31.45	39.05	13	10.65	19.35	5.72
12	8.1	7.5	5.96	18.4	21.65	4.2	54.25	70.9	19.08	2.4	4.75	0.6
13	3.4	0	0.65	13.9	22.84	3.92	50.05	61.05	18.48	17.7	28.1	6.52
14	0	0	0	6.6	8.55	2.6	36.6	59.65	16.84	21.2	27.2	13.2
15	5.1	6.8	0	21.55	23.5	6.52	15.95	37	17.84	0	0	0
16	2.6	3.5	0.64	0	0	0	23.45	41.25	13.2	5.7	6.8	3.48
17	0.6	1.65	3.12	0	0	0	13.6	24.6	7.36	25.6	34.05	18.96
18	11.7	0.2	13.32	0	0	0	22.55	35.3	10.64	50.2	58.1	36.72
19	14.95	0	18.56	12.75	18.5	10.2	31.9	48	18.44	34.8	47.45	32.08
20	13.4	0.35	16.2	23.85	37.7	17.04	10.2	15.3	5.48	39.65	51.6	31.32
21	9.9	2.85	7.92	7.3	9.7	3	12.9	21	9.08	57.25	75	41.96
22	34.2	10.35	28.44	34.75	50.4	24.08	21.25	31.9	15.44	4.25	5.75	6.48
23	36.05	9.95	29.48	15.7	25.65	16.72	24.85	36.8	24.32	45.05	61.55	36.6
24	71.1	20.7	56.88	18.25	28.25	16.8	26.55	41.65	22.36	61.8	79.95	49.84
25	43.35	12.65	34.68	22.8	33.95	22.04	35.95	54.05	34.68	48.85	59.15	33.04
26	34.3	10.15	27.72	16.8	22.8	20.96	35.5	54.6	31.68	47.4	55.6	42.5
27	0	0	0	32.73	47.95	34.24	6.75	9.7	5.28	23.75	27.5	20
28	34.9	10.2	28.04	7.8	10.8	7.48	9.7	16.95	8.96	42.5	45.8	34.25
29	0	0	0	-	-	-	14.55	22.25	13.2	18	21.3	15.5
30	8.2	0.95	7.48	-	-	-	6.1	11.25	5.28	21.5	25.45	18.65
31	2.15	0	1.76	-	-	-	12.9	19.2	9.6	-	-	-

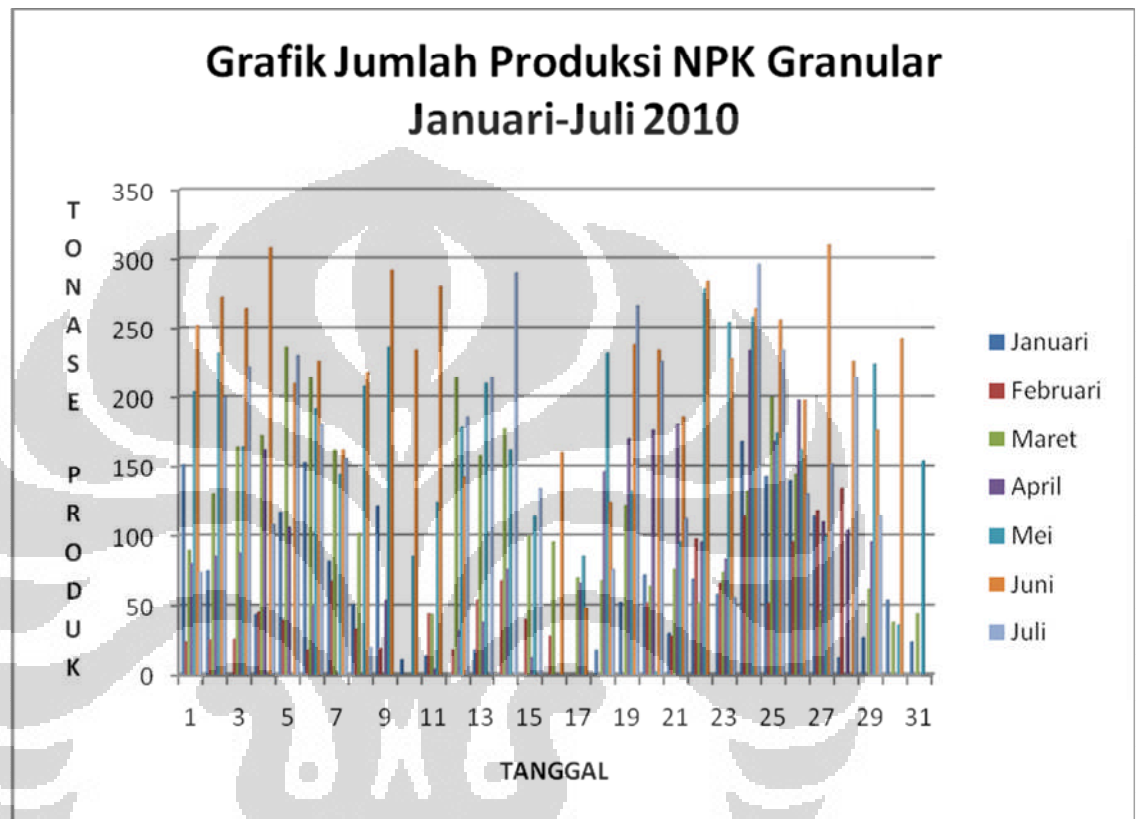
Tabel 3.4 Historis Penggunaan Bahan Baku Per Hari Januari-Juli 2010
(ton) (*Lanjutan*)

tanggal	Mei			Juni			Juli		
	DAP	KCI	Clay	DAP	KCI	Clay	DAP	KCI	Clay
1	66.8	77.5	32.65	25.45	116.25	59.3	19.3	26.25	16.75
2	65.25	88.75	57.6	24.15	112	58.4	39.41	49.66	25.01
3	16.15	21.15	13.65	23.2	110.25	57.9	52.05	74.5	59.9
4	0	0	0	26.2	121.2	63.15	17.1	24.3	20.35
5	18.9	25.4	11.05	13.75	64.35	31.85	54.5	75.8	62.15
6	64.15	84.45	56.8	21.2	99.3	50.45	39.2	54.5	44.1
7	26.05	34.5	27.1	21.2	99.3	50.45	35.55	48.95	39.9
8	71.1	96	58.5	20.35	90.9	46.4	0	0	0
9	52.8	71	37.25	27.15	119.65	61.4	0	0	0
10	11.3	16	9.5	20.8	94.65	49.05	0	0	0
11	42.3	59.6	38.25	25.55	117.2	60.8	0	0	0
12	39.05	60.15	41.9	10.85	51.55	26.35	47.7	66.9	53.4
13	46.5	73.6	55.7	0	0	0	47.1	69.15	56.55
14	38.5	57.6	44.85	0	0	0	65.35	95.1	70.05
15	23.5	38	30.8	0	0	0	18.9	26.95	19.95
16	0	0	0	15.4	67.3	36.25	0	0	0
17	25.1	36.3	32.05	4.4	19.8	10	0	0	0
18	52.35	81.1	62.05	13.95	64.65	33.65	20.25	29.25	21.95
19	33.05	47.05	36.3	21.95	103.05	53.65	58.5	86.9	59.9
20	0	0	0	21	96.3	51.75	53.55	79.65	53.55
21	13.8	16.4	10.35	17.4	81.9	42.9	22.15	33.2	22.25
22	79.8	92	63.8	21.7	98.4	52.1	0	0	0
23	71.1	80.9	52.75	20.55	95.3	52.55	0	0	0
24	73.8	83.2	56.6	22.6	104.6	58.4	63	93.3	63
25	28.45	69.45	43.55	26.1	117.3	67.25	58	80.45	39.85
26	14.55	70.4	38.65	16	71.55	40.8	36.05	49.9	26.1
27	12.65	64.25	28.95	24.9	114.25	63.5	36.4	53.3	21.8
28	0	0	0	22.8	54.25	46.35	53.8	75.45	44.25
29	20.75	100.4	51.2	45.75	58.8	30.35	15.5	23	16.25
30	5	23.4	12.2	61.3	83.1	59.8	0	0	0
31	12.15	56.55	29.6	0	0	0	0	0	0

Sumber : Pabrik Pupuk NPK Granular

3.1.4 Data Produksi Per Hari

Data ini berisi tentang jumlah produk yang dihasilkan per hari. Data ini disajikan dalam bentuk grafik untuk menggambarkan bahwa produksi yang sering tidak maksimal.



Gambar 3.1 Grafik jumlah produksi NPK granular Januari-Juli 2010

3.1.5 Data Material Balance Production (.xls file)

Data material balance adalah data yang berisi jumlah material yang terdapat pada masing-masing stasiun/mesin dalam 1 jam. Data selengkapnya dapat dilihat pada tabel 3.5. Data ini akan diolah untuk membuat model simulasi, yaitu data waktu proses, aliran bahan baku, dan lainnya. Data ini berbentuk .xls (mic.excel), yang dibuat oleh Chemical Engineer di Pabrik NPK Granular, dimana jika rate setting diubah, maka nilai unit kg/hr akan berubah.

ITEM	Unit	55	56	57	58	59	60
- Urea	Kg/h	24.05	140.48	140.48	14.79	46.04	
- MAP	Kg/h	17.60	102.83	102.83	10.82	33.70	
- KCl	Kg/h	27.51	160.74	160.74	16.92	52.68	
- Kieserite	Kg/h	-	-	-	-	-	
- Clay Putih (Kaolin)	Kg/h	20.75	121.20	121.20	12.76	39.72	
- Humite	Kg/h	0.09	0.54	0.54	0.06	0.18	
- Coating Oil	Kg/h	-	-	-	-	-	
- H2O	Kg/h	453.46	5.31	5.31	1,192.86	2,146.93	
- Udara	Kg/h	22,672.82			62698.13689	160,087.27	
- NG							
Komposisi :							
- Nitrogen	%wt						
- P ₂ O ₅	%wt						
- K ₂ O	%wt						
Dry basis	Kg/h	90.00	525.80	525.80	55.35	172.31	
		-					
Total	Kg/h	543.46	531.11	531.11	1,248.20	2,319.23	
Temperatur		80					

Gambar 3.2 Penjelasan konten material balance

Data ini berbentuk file mic.excel atau.xls, yang bersumber dari perusahaan. Terdapat rate dalam bentuk persen yang jika dirubah akan berpengaruh pada material balance pada tiap proses. File ini akan di-link dengan Promodel, sehingga jika rate yang akan dinaikkan atau diturunkan dapat langsung diubah melalui mic.excel. Data yang akan diambil pada masing-masing proses adalah bagian baris “total” masing-masing proses pada tabel.

Tabel 3.5 Tampilan Balance Bahan Baku Pabrik Pupuk Granular

ITEM	Unit	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
- Urea	Kg/h					3,932.81		12,584.98	-	-	12,584.98								24.05
- MAP	Kg/h						2,878.79	9,212.12	-	-	9,212.12								17.60
- KCl	Kg/h				4,500.00			14,400.00	-	-	14,400.00								27.51
- Kieserite	Kg/h	-							-	-									-
- Clay Putih (Kaolin)	Kg/h			3,393.09				10,857.89	-	-	10,857.89								20.75
- Humite	Kg/h		15.15					48.48	-	-	48.48								0.09
- Coating Oil	Kg/h								-	-									-
- H2O	Kg/h	-	-	178.58	45.45	19.76	151.52	719.15			719.15							1,223.37	453.46
- Udara	Kg/h								0	0									22672.815
- NG																			
Komposisi :																			
- Nitrogen	%wt																		
- P ₂ O ₅	%wt																		
- K ₂ O	%wt																		
Dry basis	Kg/h	-	15.15	3,393.09	4,500.00	3,932.81	2,878.79	47,103.47	-	-	47,103.47								90.00
Total	Kg/h	-	15.15	3,571.67	4,545.45	3,952.57	3,030.30	47,822.63	-	-	47,822.63							1,223.37	543.46
Temperatur		30	30	30	30	30	30	30	30	30	30							150	80
ITEM	Unit	19	20	21	22=49	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
- Urea	Kg/h	12,560.93	12,265.19	295.75	107.93	12,157.25	0.45	0.45	4,043.91	2,067.17	4,043.91	2,067.17		1,976.28	2,067.17	0.45	1,976.28	2,067.17	0.45
- MAP	Kg/h	9,194.52	8,978.03	216.49	79.00	8,899.03	0.33	0.33	3,748.33	2,232.85	3,748.33	2,232.85		1,515.15	2,232.85	0.33	1,515.15	2,232.85	0.33
- KCl	Kg/h	14,372.49	14,034.08	338.40	123.50	13,910.59	0.52	0.52	5,763.54	3,490.30	5,763.54	3,490.30		2,272.73	3,490.30	0.52	2,272.73	3,490.30	0.52
- Kieserite	Kg/h	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-
- Clay Putih (Kaolin)	Kg/h	10,837.14	10,581.98	255.16	93.12	10,488.86	0.39	0.39	4,417.98	2,631.76	4,417.98	2,631.76		1,785.84	2,631.76	0.39	1,785.84	2,631.76	0.39
- Humite	Kg/h	48.39	47.25	1.14	0.42	46.84	0.00	0.00	19.33	11.75	19.33	11.75		7.58	11.75	0.00	7.58	11.75	0.00
- Coating Oil	Kg/h	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-
- H2O	Kg/h	1,714.07	510.59	1,203.48	50.97	459.62	0.02	0.02	247.47	171.22	247.47	171.22		76.23	171.22	0.02	76.23	171.22	0.02
- Udara	Kg/h			62,698.14	52043.5														
- NG																			
Komposisi :																			
- Nitrogen	%wt																		
- P ₂ O ₅	%wt																		
- K ₂ O	%wt																		
Dry basis	Kg/h	47,013.47	45,906.53	1,106.94	403.97	45,502.56	1.69	1.69	17,993.09	10,433.83	17,993.09	10,433.83		7,557.58	10,433.83	1.69	7,557.58	10,433.83	1.69
Total	Kg/h	48,727.54	46,417.12	2,310.42	454.93	45,962.19	1.70	1.70	18,240.56	10,605.05	18,240.56	10,605.05		7,633.80	10,605.05	1.70	7,633.80	10,605.05	1.70
Temperatur		50	63	80	50	50													

Tabel 3.5 Tampilan Balance Bahan Baku Pabrik Pupuk Granular (Lanjutan)

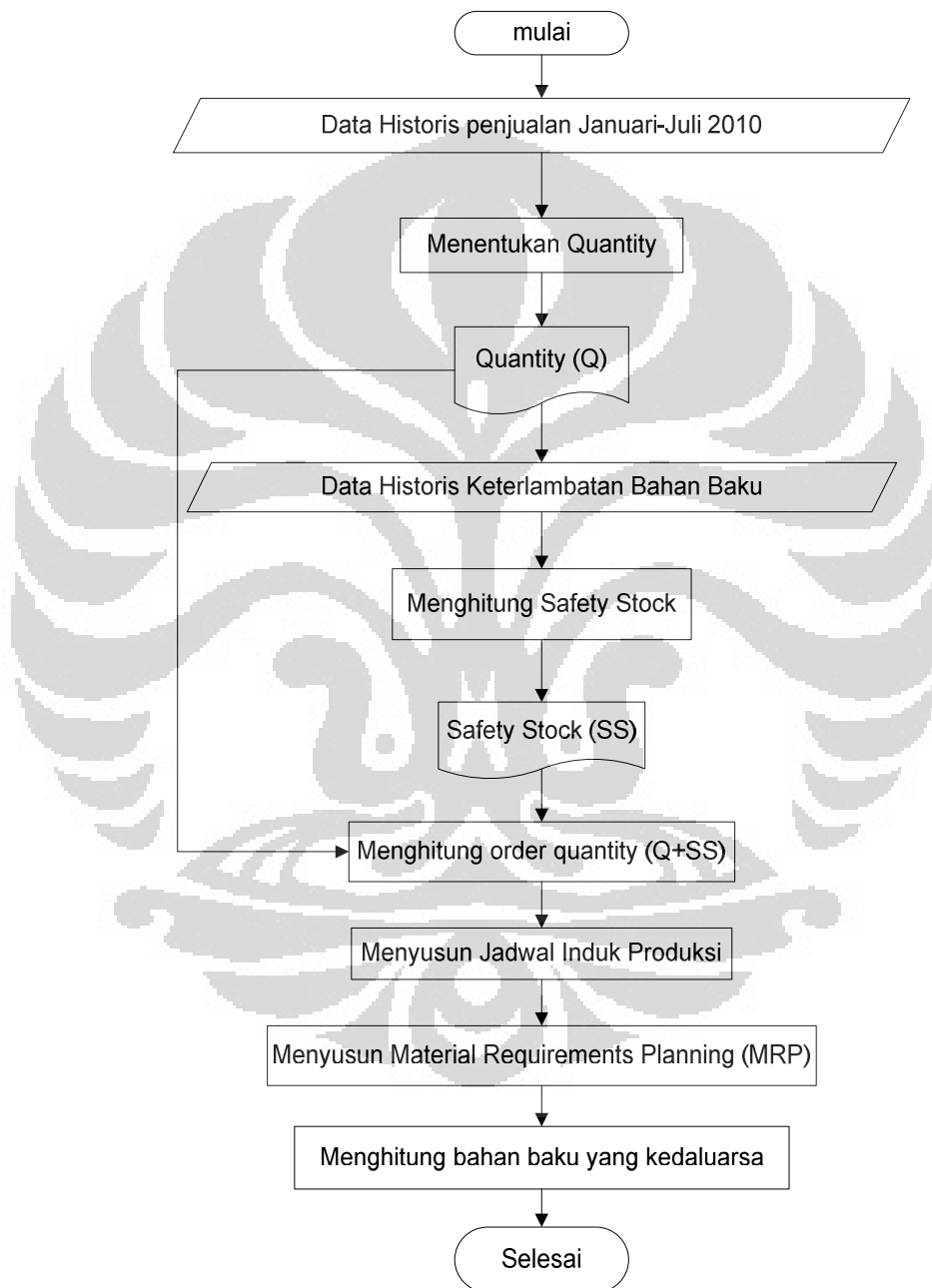
ITEM	Unit	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49-22	50	51	52	53	54
- Urea	Kg/h	3,952.57		1.80	383.49									107.93	51.27	51.27	5.40	-	1.80
- MAP	Kg/h	3,030.30		1.32	280.71									79.00	37.53	37.53	3.95	-	1.32
- KCl	Kg/h	4,545.45		2.06	438.80									123.50	58.66	58.66	6.18	-	2.06
- Kieserite	Kg/h	-		-	-									-	-	-	-	-	-
- Clay Putih (Kaolin)	Kg/h	3,571.67		1.56	330.87									93.12	44.23	44.23	4.66	-	1.56
- Humite	Kg/h	15.15		0.01	1.48									0.42	0.20	0.20	0.02	-	0.01
- Coating Oil	Kg/h	35.78		-	-						35.78	35.78		-	-	-	-	-	-
- H2O	Kg/h	153.04		0.07	14.50						0.58	0.58		50.97	1.94	1.94	47.09	-	453.52
- Udara	Kg/h				-		3327.2851	62,698.14	62,698.14					52,043.50			52,043.50		22,672.82
- NG						262.02													
Komposisi :																			
- Nitrogen	%wt																		
- P ₂ O ₅	%wt																		
- K ₂ O	%wt																		
Dry basis	Kg/h	15,150.93		6.75	1,435.35									403.97	191.88	191.88	20.21	-	6.75
Total	Kg/h	15,303.97		6.82	1,449.85						36.36	36.36		454.93	193.82	193.82	67.30		460.27
ITEM	Unit	55	56	57	58	59	60	61	62	63									
- Urea	Kg/h	24.05	140.48	140.48	14.79	46.04		46.04											
- MAP	Kg/h	17.60	102.83	102.83	10.82	33.70		33.70											
- KCl	Kg/h	27.51	160.74	160.74	16.92	52.68		52.68											
- Kieserite	Kg/h	-	-	-	-	-		-											
- Clay Putih (Kaolin)	Kg/h	20.75	121.20	121.20	12.76	39.72		39.72											
- Humite	Kg/h	0.09	0.54	0.54	0.06	0.18		0.18											
- Coating Oil	Kg/h	-	-	-	-	-		-											
- H2O	Kg/h	453.46	5.31	5.31	1,192.86	2,146.93		225.00	1,279.819	3,201.75									
- Udara	Kg/h	22,672.82			62698.13689	160,087.27				160,087.27									
- NG																			
Komposisi :																			
- Nitrogen	%wt																		
- P ₂ O ₅	%wt																		
- K ₂ O	%wt																		
Dry basis	Kg/h	90.00	525.80	525.80	55.35	172.31		172.31											
Total	Kg/h	543.46	531.11	531.11	1,248.20	2,319.23		397.31	1,279.82	3,201.75									
Temperatur		80																	

Sumber : Buku Pegangan Pupuk NPK PT Pupuk Kujang

3.2 PENGOLAHAN DATA

3.2.1 Perencanaan Material (Safety Stock)

Langkah-langkah untuk merencanakan material digambarkan pada gambar 3.2.



Gambar 3.3 Langkah-langkah perencanaan material

1. Menentukan Quantity

Data yang akan diolah adalah data penjualan produk NPK Granular seperti yang terdapat pada table 3.1, bukan data permintaan, tujuannya untuk membandingkan kondisi sebenarnya dengan kondisi setelah dibuat sistem *safety stock*.

Berdasarkan teori perhitungan kebutuhan bahan baku pada halaman 16 sub bab 2.1.1.2, maka didapatkanlah komposisi bahan baku penyusun masing-masing formula produk, seperti pada tabel 3.6.

Tabel 3.6 Komposisi Bahan Baku Penyusun Produk

No	Formula Produk (1 ton)	Bahan Baku					
		Urea (kg)	DAP (kg)	KCL (kg)	Clay (kg)	Coating Oil (kg)	Humite (kg)
1	16-4-25	319.47	86.96	416.67	173.51	2.4	1
2	12-12-17	175.80	260.87	283.33	276.59	2.4	1
3	15-10-20	255.20	217.39	333.33	190.68	2.4	1
4	15-13-20	233.93	282.61	333.33	146.73	2.4	1
5	15-12-22	241.02	260.87	366.67	128.04	2.4	1
6	15-13-21	233.93	282.61	350.00	130.06	2.4	1
7	15-10-22	255.20	217.39	366.67	157.34	2.4	1
8	15-13-22	233.93	282.61	366.67	113.39	2.4	1

Dari komposisi bahan baku penyusun 1 ton formula produk dan dapat dikalikan berdasarkan formulanya per bulan pada tabel 3.1, maka dihasilkanlah pemakaian total bahan baku per bulan dari Januari hingga Juli 2010. Hasil perhitungannya dapat dilihat pada tabel 3.7.

Tabel 3.7 Pemakaian Bahan Baku Per Bulan NPK Granular Januari-Juli 2010

Periode	Urea (ton)	DAP (ton)	KCL (ton)	Clay (ton)	Coating Oil (ton)	Humite (ton)
Januari	641.42	400.56	893.89	540.48	5.96	2.48
Februari	270.15	230.13	352.87	201.85	2.54	1.06
Maret	1175.88	1001.67	1535.90	878.58	11.06	4.61
April	552.98	610.54	801.02	334.37	5.54	2.31
Mei	1010.89	1123.58	1512.32	562.49	10.14	4.22
Juni	2527.91	1294.80	3428.85	1751.12	21.68	9.03
Juli	734.77	639.97	972.85	535.83	6.94	2.89

Jika pemakaian bahan baku tersebut dibuat per hari dengan membaginya sesuai jumlah hari per bulan, maka akan didapatkan tabel 3.8.

Tabel 3.8 Pemakaian Bahan Baku Per Hari NPK Granular Januari-Juli 2010

Periode	Urea (ton/hari)	DAP (ton/hari)	KCL (ton/hari)	Clay (ton/hari)	Coating Oil (ton/hari)	Humite (ton/hari)
Januari	20.69	12.92	28.84	17.43	0.19	0.08
Februari	9.65	8.22	12.60	7.21	0.09	0.04
Maret	37.93	32.31	49.55	28.34	0.36	0.15
April	18.43	20.35	26.70	11.15	0.18	0.08
Mei	32.61	36.24	48.78	18.14	0.33	0.14
Juni	84.26	43.16	114.29	58.37	0.72	0.30
Juli	23.70	20.64	31.38	17.28	0.22	0.09

Pemesanan dilakukan setiap minggu (7 hari), sehingga didapatkan quantity pesanan dengan metode Lot-for-Lot seperti yang disajikan pada tabel 3.9.

Tabel 3.9 Quantity Pemesanan (Q) Bahan Baku Per Minggu Januari-Juli 2010

Periode	Januari					Februari				Maret				
	interval tanggal	1-7	8-14	15-21	22-28	29-4	5-11	12-18	19-25	26-4	5-11	12-18	19-25	26-1
Q	Urea (ton)	144.8	144.8	144.8	144.8	100.7	67.5	67.5	67.5	180.7	265.5	265.5	265.5	246.0
	DAP (ton)	90.4	90.4	90.4	90.4	71.6	57.5	57.5	57.5	153.9	226.2	226.2	226.2	181.9
	KCL (ton)	201.8	201.8	201.8	201.8	136.9	88.2	88.2	88.2	236.0	346.8	346.8	346.8	324.0
	Clay (ton)	122.0	122.0	122.0	122.0	81.1	50.5	50.5	50.5	135.0	198.4	198.4	198.4	181.2
	Coating Oil (ton)	1.3	1.3	1.3	1.3	0.9	0.6	0.6	0.6	1.7	2.5	2.5	2.5	2.3
	Humite (ton)	0.6	0.6	0.6	0.6	0.4	0.3	0.3	0.3	0.7	1.0	1.0	1.0	1.0

Tabel 3.9 Quantity Pemesanan (Q) Bahan Baku Per Minggu Januari-Juli 2010 (Lanjutan)

Periode		April					Mei				Juni			
interval tanggal		2-8	9-15	16-22	23-29	30-6	7-13	14-20	21-27	28-3	4-10	11-17	18-24	25-1
Q	Urea (ton)	129.0	129.0	129.0	129.0	214.1	228.3	228.3	228.3	383.2	589.8	589.8	589.8	529.3
	DAP (ton)	142.5	142.5	142.5	142.5	237.8	253.7	253.7	253.7	274.5	302.1	302.1	302.1	279.6
	KCL (ton)	186.9	186.9	186.9	186.9	319.4	341.5	341.5	341.5	538.0	800.1	800.1	800.1	717.2
	Clay (ton)	78.0	78.0	78.0	78.0	120.0	127.0	127.0	127.0	247.7	408.6	408.6	408.6	367.5
	Coating Oil (ton)	1.3	1.3	1.3	1.3	2.1	2.3	2.3	2.3	3.5	5.1	5.1	5.1	4.6
	Humite (ton)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.9	1.0	1.0	1.0	1.4	2.1	2.1	2.1	1.9

Tabel 3.9 Quantity Pemesanan (Q) Bahan Baku Per Minggu Januari-Juli 2010 (Lanjutan)

Periode		Juli				
interval tanggal		2-8	9-15	16-22	23-29	30-31
Q	Urea (ton)	165.9	165.9	165.9	165.9	47.4
	DAP (ton)	144.5	144.5	144.5	144.5	41.3
	KCL (ton)	219.7	219.7	219.7	219.7	62.8
	Clay (ton)	121.0	121.0	121.0	121.0	34.6
	Coating Oil (ton)	1.6	1.6	1.6	1.6	0.4
	Humite (ton)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7

Pada tabel 3.2 terdapat data historis keterlambatan kedatangan bahan baku yang dilihat dari waktu *downtime* akibat kekurangan bahan baku. Dalam hal ini, karena kapasitas produksi normal pabrik adalah 303 ton/hari, maka diasumsikan produksi 15,15 ton/jam, sehingga setiap *downtime* dikalikan dengan 15,15 ton/jam. Setelah dikalikan akan didapat deviasi bahan baku yang diturunkan dari deviasi tonase produk. Hasil perhitungannya dapat dilihat pada tabel 3.10

Tabel 3.10 Perhitungan Deviasi Bahan Baku Per Minggu Januari-Juli 2010

Bulan		Januari					Februari				Maret			
Minggu ke-		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
interval tanggal		1-7	8-14	15-21	22-28	29-4	5-11	12-18	19-25	26-4	5-11	12-18	19-25	26-1
downtime bahan baku kurang(jam)		0	0	14	5	0	6	13	5	3	0	0	0	0
formula produk				16-4-25	12-12-17		15-10-20	15-10-20	15-10-20	15-10-20				
deviasi tonase produk		0	0	-212.1	-75.75	0	-90.9	-196.95	-75.75	-45.45	0	0	0	0
Deviasi Bahan Baku (kg)	Urea	0	0	67759.7	-13317.1	0	-23198	-50261.3	-19331.3	-11599	0	0	0	0
	DAP	0	0	18443.5	-19760.9	0	-19761	-42815.2	-16467.4	-9880.4	0	0	0	0
	KCL	0	0	-88375	-21462.5	0	-30300	-65650	-25250	-15150	0	0	0	0
	Clay	0	0	36800.6	-20952	0	-17333	-37553.8	-14443.8	-8666.3	0	0	0	0
	Coating Oil	0	0	-509.04	-181.8	0	-218.2	-472.68	-181.8	-109.08	0	0	0	0
	Humite	0	0	-212.1	-75.75	0	-90.9	-196.95	-75.75	-45.45	0	0	0	0

Tabel 3.10 Perhitungan Deviasi Bahan Baku Per Minggu Januari-Juli 2010 (Lanjutan)

Bulan		April					Mei					Juni					
Minggu ke-		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26			
interval tanggal		2-8	9-15	16-22	23-29	30-6	7-13	14-20	21-27	28-3	4-10	11-17	18-24	25-1			
downtime bahan baku kurang(jam)		0	0	0	0	20	40	0.67	10	0	0	38	0	54.55	20	0	0
formula produk						15-13-21	15-12-22	15-12-22	15-10-22			15-13-21		16-4-25	12-12-17		
deviasi tonase produk		0	0	0	0	-303	-606	-10.151	-151.5	0	0	-580.7	0	-826.4	-303	0	0
Deviasi Bahan Baku (kg)	Urea	0	0	0	0	-216939.9811	-41109.05246	0	0	-135844	0	-317289.3998	0	0	0	0	0
	DAP	0	0	0	0	-243717.3913	-35582.73913	0	0	-164111	0	-150907.1739	0	0	0	0	0
	KCL	0	0	0	0	-328250	-54221.85	0	0	-203245	0	-430196.875	0	0	0	0	0
	Clay	0	0	0	0	-117002.0276	-30187.24671	0	0	-75525.4	0	-227198.9808	0	0	0	0	0
	Coating Oil	0	0	0	0	-14665.2	-387.9612	0	0	-1393.68	0	-2710.638	0	0	0	0	0
	Humite	0	0	0	0	-909	-161.6505	0	0	-580.7	0	-1129.4325	0	0	0	0	0

Tabel 3.10 Perhitungan Deviasi Bahan Baku Per Minggu Januari-Juli 2010 (Lanjutan)

Bulan		Juli				
Minggu ke-		27	28	29	30	31
interval tanggal		2-8	9-15	16-22	23-29	30-31
downtime bahan baku kurang(jam)		20	36	0	12.67	40
formula produk		15-10-20	15-10-20		15-10-20	15-10-20
deviasi tonase produk		-303	-545.4	0	-191.951	-606
Deviasi Bahan Baku (kg)	Urea	-77325.1	-139185.2552	0	-48985.5	-154650
	DAP	-65869.6	-118565.2174	0	-41728.4	-131739
	KCL	-101000	-181800	0	-63983.5	-202000
	Clay	-57775.1	-103995.1674	0	-36600.5	-115550
	Coating Oil	-727.2	-1308.96	0	-460.681	-1454.4
	Humite	-303	-545.4	0	-191.951	-606

Setelah didapatkan deviasi masing-masing bahan baku, deviasi tersebut dikuadratkan, seperti terlihat pada tabel 3.11.

Tabel 3.11 Perhitungan Deviation Square

deviation Square (Deviasi) ²	urea	0	0	4.6E+09	1.8E+08	0	5E+08	4.84E+09	3.7E+08	1.3E+08	0	0	0	0	0	0	0
	DAP	0	0	3.4E+08	3.9E+08	0	4E+08	3.51E+09	2.7E+08	9.8E+07	0	0	0	0	0	0	0
	KCL	0	0	7.8E+09	4.6E+08	0	9E+08	8.26E+09	6.4E+08	2.3E+08	0	0	0	0	0	0	0
	Clay	0	0	1.4E+09	4.4E+08	0	3E+08	2.7E+09	2.1E+08	7.5E+07	0	0	0	0	0	0	0
	Coating Oil	0	0	259122	33051.2	0	47594	428344.1	33051.2	11898.4	0	0	0	0	0	0	0
	Humite	0	0	44986.4	5738.06	0	8262.8	74365.29	5738.06	2065.7	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 3.11 Perhitungan Deviation Square (Lanjutan)

deviation	urea	4.706E+10	1689954194	0	0	1.8E+10	0	1E+11	0	0	6E+09	2E+10	0	2E+09	2E+10
	DAP	5.94E+10	1266131324	0	0	2.7E+10	0	2E+10	0	0	4E+09	1E+10	0	2E+09	2E+10
	KCL	1.077E+11	2940009017	0	0	4.1E+10	0	2E+11	0	0	1E+10	3E+10	0	4E+09	4E+10
Square (Deviasi) ²	Clay	1.369E+10	911269864	0	0	5.7E+09	0	5E+10	0	0	3E+09	1E+10	0	1E+09	1E+10
	Coating Oil	215068091	150513.893	0	0	1942341	0	7E+06	0	0	528820	2E+06	0	212227	2E+06
	Humite	826281	26130.8842	0	0	337212	0	1E+06	0	0	91809	297461	0	36845	367236

Setelah didapatkan deviasi kuadrat, selanjutnya nilai *deviation square* tersebut dirata-ratakan, sehingga didapatkan hasilnya seperti pada tabel 3.12.

Tabel 3.12 Perhitungan Sigma

	Average of d^2	Sigma= $\sqrt{\text{average of } d^2}$
urea	7425978287	86174.11611
DAP	4931191665	70222.44417
KCL	14307573370	119614.2691
Clay	3414508786	58433.79832
Coating Oil	7415847.324	2723.20534
Humite	109669.3244	331.1635916

Pada penelitian ini, dipilih service level 99% dan pada tabel distribusi normal untuk *service level* 99%, *safety factor* sebesar 2,23. Oleh karena itu, untuk mendapatkan nilai *safety stock*, rumusnya adalah sigma dikalikan dengan *safety factor*, sehingga didapatkan nilai *safety stock* untuk masing-masing bahan baku adalah sebagai berikut :

Tabel 3.13 Nilai Safety Stock Masing-masing Bahan Baku NPK Granular

Bahan Baku	Safety stock (kg)	Safety Stock (ton)
urea	200785.69	200.79
DAP	163618.29	163.62
KCL	278701.25	278.70
Clay	136150.75	136.15
Coating Oil	6345.07	6.35
Humite	771.61	0.77

Setelah didapatkan nilai safety stock, maka didapatkan nilai order quantity per minggu (Q+Safety stock), hasil perhitungannya dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 3.14 Perhitungan Order Quantity Per Minggu Bahan Baku NPK Granular Januari-Juli 2010

Periode		Januari					Februari				Maret			
interval tanggal		1-7	8-14	15-21	22-28	29-4	5-11	12-18	19-25	26-4	5-11	12-18	19-25	26-1
Q+ SS	Urea (ton)	287.0	287.0	287.0	287.0	242.9	209.7	209.7	209.7	322.9	407.7	407.7	407.7	388.2
	DAP (ton)	206.3	206.3	206.3	206.3	187.5	173.4	173.4	173.4	269.8	342.1	342.1	342.1	297.8
	KCL (ton)	399.2	399.2	399.2	399.2	334.3	285.6	285.6	285.6	433.4	544.2	544.2	544.2	521.3
	Clay (ton)	218.5	218.5	218.5	218.5	177.6	146.9	146.9	146.9	231.4	294.8	294.8	294.8	277.6
	Coating Oil (ton)	5.8	5.8	5.8	5.8	5.4	5.1	5.1	5.1	6.2	7.0	7.0	7.0	6.8
	Humite (ton)	1.1	1.1	1.1	1.1	0.9	0.8	0.8	0.8	1.3	1.6	1.6	1.6	1.5

Tabel 3.14 Perhitungan Order Quantity Per Minggu Bahan Baku NPK Granular Januari-Juli 2010 (lanjutan)

Periode		April					Mei				Juni			
interval tanggal		2-8	9-15	16-22	23-29	30-6	7-13	14-20	21-27	28-3	4-10	11-17	18-24	25-1
Q+ SS	Urea (ton)	271.2	271.2	271.2	271.2	356.3	370.5	370.5	370.5	525.4	732.0	732.0	732.0	671.5
	DAP (ton)	258.3	258.3	258.3	258.3	353.7	369.6	369.6	369.6	390.3	418.0	418.0	418.0	395.5
	KCL (ton)	384.3	384.3	384.3	384.3	516.8	538.9	538.9	538.9	735.4	997.4	997.4	997.4	914.5
	Clay (ton)	174.4	174.4	174.4	174.4	216.4	223.4	223.4	223.4	344.1	505.0	505.0	505.0	463.9
	Coating Oil (ton)	5.8	5.8	5.8	5.8	6.6	6.8	6.8	6.8	8.0	9.6	9.6	9.6	9.1
	Humite (ton)	1.1	1.1	1.1	1.1	1.4	1.5	1.5	1.5	2.0	2.7	2.7	2.7	2.4

Tabel 3.14 Perhitungan Order Quantity Per Minggu Bahan Baku NPK Granular Januari-Juli 2010 (lanjutan)

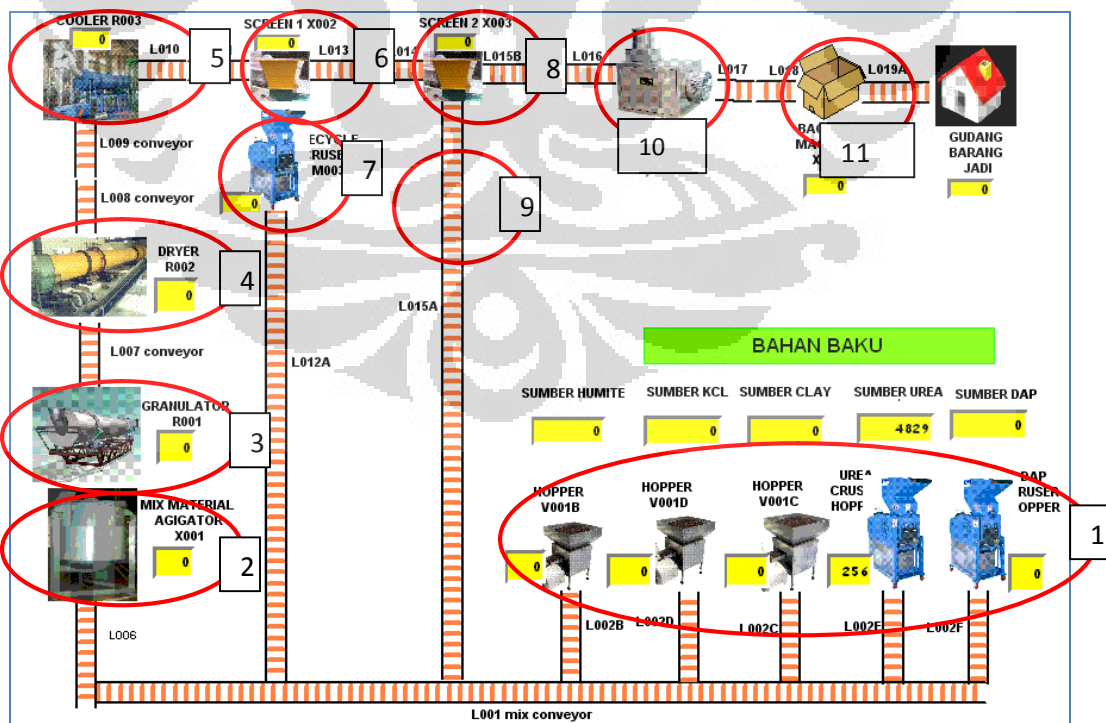
Periode		Juli				
interval tanggal		2-8	9-15	16-22	23-29	30-31
Q+ SS	Urea (ton)	308.1	308.1	308.1	308.1	189.6
	DAP (ton)	260.4	260.4	260.4	260.4	157.2
	KCL (ton)	417.0	417.0	417.0	417.0	260.1
	Clay (ton)	217.4	217.4	217.4	217.4	131.0
	Coating Oil (ton)	6.1	6.1	6.1	6.1	4.9
	Humite (ton)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2

3.2.2 Simulasi Rate-Setting dengan ProModel

Tujuan pembuatan model simulasi ini adalah untuk membantu perusahaan dalam menentukan pengaturan kecepatan (rate-setting) yang tepat untuk mengolah bahan baku yang tersedia dalam jangka waktu tertentu sehingga tidak ada yang terbuang.

3.2.2.1 Konseptualisasi Sistem

Secara sederhana, sistem produksi dapat digambarkan seperti gambar 3.4

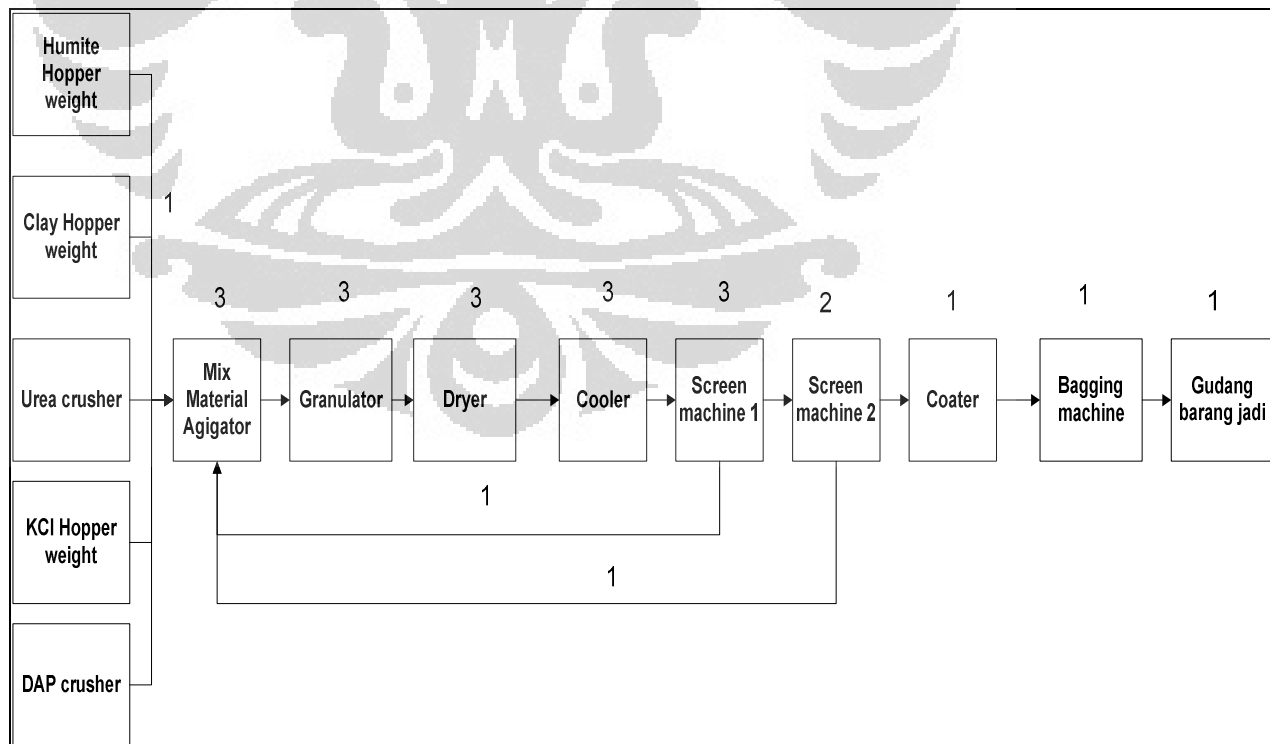


Gambar 3.4 Gambar model layout pabrik

Tabel 3.15 Material Balance Masing-masing Location

Nomor Gambar	Nama Proses	Material Balance (kg/hr)	Perbandingan
1	Umpan bahan baku	15115.152	1
2	Mix Agigator	47798.31	3
3	Granulator	48927.795	3
4	Dryer	46698.071	3
5	Cooler	46239.751	3
6	Screen 1	58171.069	3
7	Recycle Crusher	21397.875	1
8	Screen 2	36769.762	2
9	Recycle screen 2 conveyor	21397.875	1
10	Coater	15408.251	1
11	Bagging Machine	15408.251	1

Dari gambar 3.4 dan tabel 3.18, dapat digambarkan proses di pabrik pupuk NPK granular seperti gambar di bawah ini.



Gambar 3.5 Proses dan Material Balance Sederhana

Dari gambar di atas dapat dilihat sekitar 1/3 material di screen 1 kembali ke mix agigator dan pada screen 2 1/3 lagi materialnya kembali ke mix agigator.

Penjelasan proses produksinya adalah :

1. Pengumpulan material

Pengumpulan material dilakukan dengan 5 mesin yaitu : Humite hooper weight, Clay Hopper weight, urea crusher, KCl Hopper Weight dan DAP crusher. Setiap bahan baku harus ditimbang sesuai dengan komposisi yang diinginkan. Khusus untuk bahan baku urea dan DAP dihancurkan sekaligus ditimbang.

2. Mix Material Agigator

Pada mesin mix material agigator seluruh bahan baku dicampur dan sehingga dihasilkan campuran bahan baku.

3. Granulator

Pada mesin granulator campuran bahan baku tersebut mengalami granulasi. Pada proses ini melibatkan cairan.

4. Dryer

Setelah mengalami granulasi, dilakukan pemanasan dengan mesin dryer

5. Cooler

Setelah dipanaskan, entity didinginkan dengan mesin cooler, sehingga dihasilkan pupuk NPK yang kering, namun dengan ukuran yang berbeda-beda. Seperti pada pembahasan bab 2, bahwa ukuran produk adalah diameter 2-4 mm.

6. Screen 1

Pada mesin screen 1, pupuk dengan ukuran lebih dari ukuran normal atau lebih dari 4 mm akan masuk ke recycle crusher untuk dihancurkan lalu diproses pada mix material agigator untuk diolah kembali.

7. Screen 2

Jika pada mesin screen 1 pupuk ukuran terlalu besar yang disaring, pada screen 2 pupuk dengan ukuran terlalu kecil atau lebih kecil dari 2 mm akan dibawa ke mix material agigator untuk diproses kembali.

8. Coater

Setelah didapatkan ukuran yang normal pada mesin coater, produk dilapisi dengan coating oil.

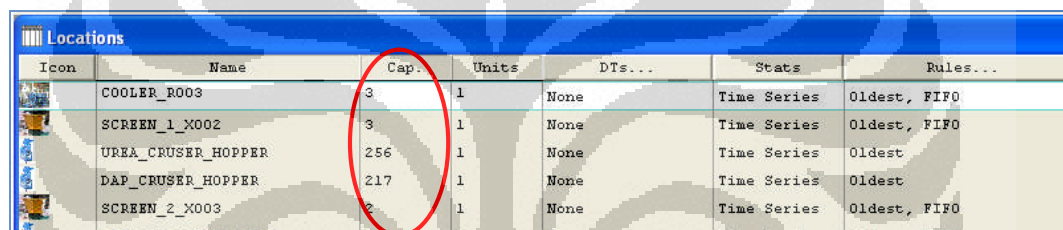
9. Bagging machine

Pada bagging machine, produk dikumpulkan dan dibungkus dengan karung pada mesin bagging.

10. Gudang Barang Jadi

3.2.2.2 Pembuatan Model

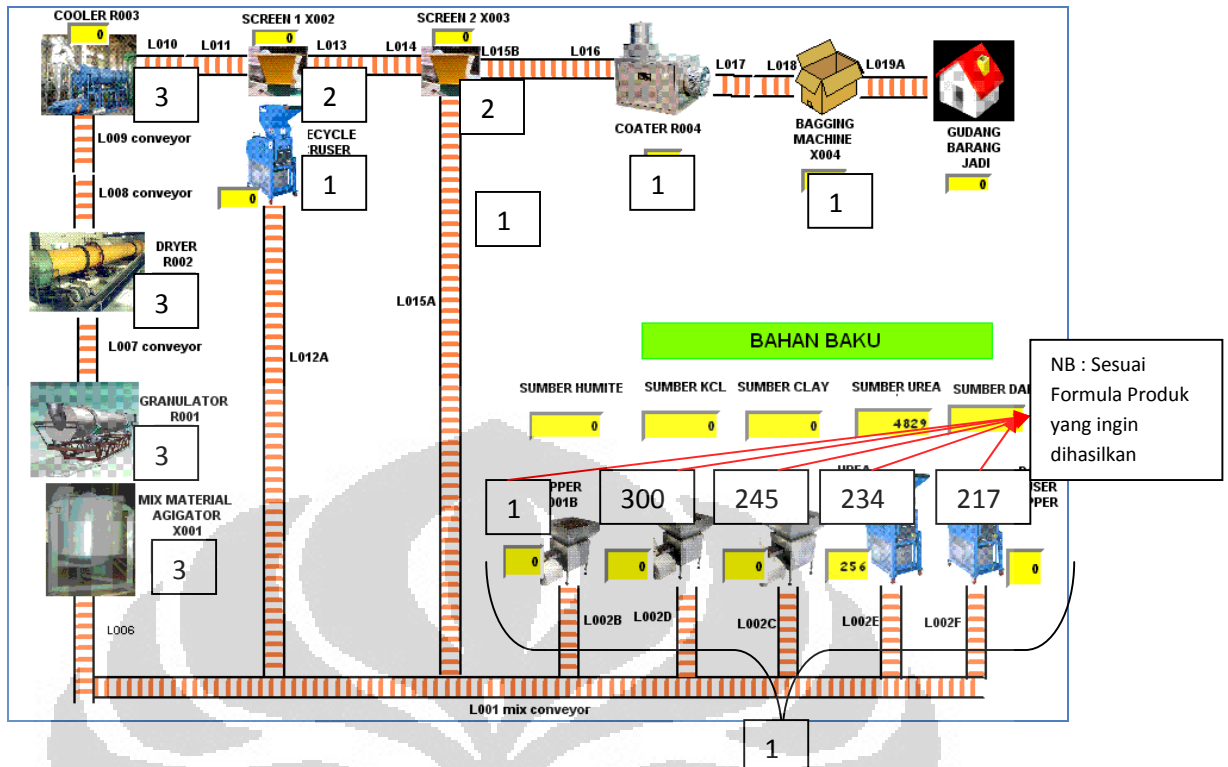
1. Membuat Location



Icon	Name	Cap.	Units	DTs...	Stats	Rules...
	COOLER_R003	3	1	None	Time Series	Oldest, FIFO
	SCREEN_1_X002	3	1	None	Time Series	Oldest, FIFO
	UREA_CRUSER_HOPPER	256	1	None	Time Series	Oldest
	DAP_CRUSER_HOPPER	217	1	None	Time Series	Oldest
	SCREEN_2_X003	2	1	None	Time Series	Oldest, FIFO

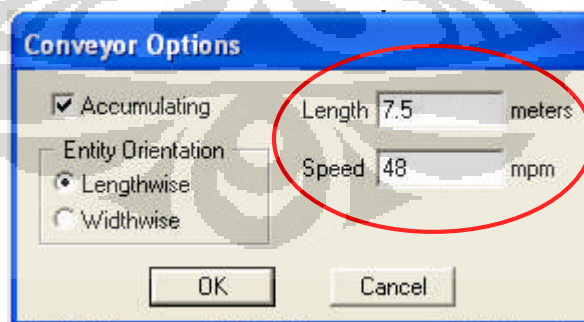
Gambar 3.6 Input Location dan Kapasitas

Kapasitas masing-masing location secara lengkapnya dapat digambarkan seperti gambar 3.7, khusus untuk kapasitas umpan bahan baku nilainya tergantung formula produk yang akan dihasilkan.



Gambar 3.7 Gambaran kapasitas masing-masing location

Untuk location conveyor, dimasukkan data kecepatan dan panjang conveyor berdasarkan kenyataan.



Gambar 3.8 Input panjang dan kecepatan conveyor pada software ProModel

Masing-masing conveyor memiliki kecepatan dan panjang yang berbeda, selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 3.19.

Tabel 3.16 Panjang dan Kecepatan Masing-masing Conveyor

Location	length (meters)	speed (mpm)
L002B	2,3	18
L002C	2,3	18
L002D	2,3	18
L002E	2,3	18
L002F	2,3	18
L001	15	48
L006	9	72
L007	26	48
L008	3,6	48
L009	8,5	72
L010	6	48
L011	9,4	72
L012A	13	48
L013	8,5	48
L014	8	72
L015A	7,5	48
L015B	6	48
L016	15	48
L017	3,5	48
L018	9	72
L019B	2,5	72

2. Membuat Entities

Entity adalah bahan yang akan dioperasikan dalam location-location. Data entities dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 3.17 Entity dalam software ProModel

Entities	merepresentasikan
urea	1 kg
DAP	1 kg
KCL	1 kg
Clay	1 kg
Humite	1 kg
Coating_Oil	1 kg
formula_urea	sesuai formula
formula_DAP	sesuai formula
formula_clay	sesuai formula
formula_KCL	sesuai formula
formula_Humite	sesuai formula
formula_coating_oil	sesuai formula
campuran_bahan_baku	1 ton
NPK_granul	1 ton
NPK_various	1 ton
NPK_size_besar	1 ton
NPK_size_kecil	1 ton
NPK_size_normal	1 ton
produk_jadi	1 ton
Produk_yang_sudah_dibungkus	1 ton

3. Membuat Arrivals

Dalam model ini, kedatangan bahan baku, diinput dengan mic.excel. pernyataannya dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 3.18 Tampilan Arrival

Entity	Location	Qty Each	First Time	Occurrences	Frequency
urea	SUMBER_UREA	79360	0	1	0
DAP	SUMBER_DAP	67270	0	1	0
KCL	SUMBER_KCL	103230	0	1	0
clay	SUMBER_CLAY	58900	0	1	0
Humite	SUMBER_HUMITE	310	0	1	0
coating_oil	sumber_coating_oil	300	0	1	0

Dalam model simulasi ini, jumlah bahan baku akan diinput pada bagian quantity each yaitu dalam satuan kg.

4. Membuat Processing Programming

Masing-masing proses membutuhkan waktu pengoperasian. Dalam model ini, input waktu operasi sesuai dengan entity yang diolah. Pada dasarnya semua entity senilai 1 ton, kecuali nilai entity bahan baku. Pada tinjauan pustaka bab 2 halaman 17, terdapat formulasi bahan-bahan baku yang akan dicampur untuk menghasilkan 1 ton produk.

campuran_bahan_baku	GRANULATOR_R001	wait waktu_proses()	sec		
NPK_granul	L007	1	1	NPK_granul	L007
NPK_granul	DRYER_R002	wait waktu_proses()	sec	NPK_granul	DRYER_R002
NPK_granul	L008	1	1	NPK_granul	L008
NPK_granul	L009	1	1	NPK_granul	L009
NPK_granul	COOLER_R003	wait waktu_proses()	sec	NPK_granul	COOLER_R003
NPK_granul	L010	1	1	NPK_granul	L010
NPK_granul	L011	1	1	NPK_granul	L011
NPK_granul	SCREEN_1_X002	wait waktu_proses()	sec	NPK_granul	SCREEN_1_X002
NPK_size_besar	RECYCLE_CRUSER_M003	wait waktu_proses()	sec	NPK_size_normal	L013
NPK_size_besar	L012A	1	1	NPK_size_besar	RECYCLE_CRUSER
NPK_size_besar	L001_mix_conveyor	1	1	NPK_size_besar	L012A
NPK_size_besar	L006	1	1	NPK_size_besar	L001_mix_conve
NPK_size_besar	MIX_MATERIAL_AGIGATOR_X001	wait waktu_proses()	sec	NPK_size_besar	L006
NPK_size_normal	L013	1	1	NPK_size_besar	MIX_MATERIAL_A
NPK_size_normal	L014	1	1	campuran_bahan_baku	GRANULATOR_R00
NPK_size_normal	SCREEN_2_X003	wait waktu_proses()	sec	NPK_size_normal	L014
NPK_size_kecil	L015A_1	1	1	NPK_size_normal	SCREEN_2_X003
NPK_size_kecil	L001_mix_conveyor	1	1	NPK_size_kecil	L015B
NPK_size_kecil	L006	1	1	NPK_size_kecil	L015A_1
NPK_size_kecil	MIX_MATERIAL_AGIGATOR_X001	wait waktu_proses()	sec	NPK_size_kecil	L001_mix_conve
NPK_size_normal	L015B	1	1	NPK_size_kecil	L006
NPK_size_normal	L016	1	1	NPK_size_kecil	MIX_MATERIAL_A
Coating_oil	sumber_coating_oil	combine 2.4	wait waktu_proses()	sec	campuran_bahan_baku
NPK_size_normal	COATER_R004	join 1	formula_coating_oil	wait waktu_proses()	sec
produk_jadi	L017	1	1	formula_coating_oil	COATER_R004
produk_jadi	L018	1	1	wait waktu_proses()	sec
produk_jadi	BAGGING_MACHINE_X004	wait waktu_proses()	sec	produk_jadi	L017
Produk_yang_sudah_dibungkus	L019A	1	1	produk_jadi	L018
Produk_yang_sudah_dibungkus	GUDANG_BARANG_JADI	dec wip	1	produk_jadi	BAGGING_MACHIN
Entity	Location	operation	blk	output	Destinati
urea	SUMBER_UREA	1	1	Produk_yang_sudah_dibungkus	L019A
urea	UREA_CRUSER_HOPPER	combine 256	wait waktu_proses()	Produk_yang_sudah_dibungkus	GUDANG_BA
formula_urea	L002E	1	1	Produk_yang_sudah_dibungkus	EXIT
Humite	SUMBER_HUMITE	1	1	urea	UREA_CRUSER_HO
Humite	HOPPER_V001B	wait waktu_proses()	sec	inc wip	1
formula_Humite	L002B	1	1	formula_urea	L002E
KCL	SUMBER_KCL	1	1	formula_Humite	L001_mix_conve
KCL	HOPPER_V001d	combine 333	wait waktu_proses()	Humite	HOPPER_V001B
formula_KCL	L002D	1	1	formula_Humite	L002B
Clay	SUMBER_CLAY	1	1	formula_KCL	L001_mix_conve
Clay	HOPPER_V001C	combine 190	wait waktu_proses()	KCL	HOPPER_V001d
formula_clay	L002C	1	1	formula_KCL	L002D
DAP	SUMBER_DAP	1	1	Clay	L001_mix_conve
DAP	DAP_CRUSER_HOPPER	combine 217	wait waktu_proses()	formula_clay	L002C
formula_DAP	L002F	1	1	formula_clay	L001_mix_conve
formula_Humite	L001_mix_conveyor	1	1	formula_DAP	L001_mix_conve
formula_Humite	L006	1	1	formula_DAP	L006
formula_KCL	L001_mix_conveyor	1	1	formula_Humite	Loc_Humite
formula_KCL	L006	1	1	formula_KCL	L006
formula_clay	L001_mix_conveyor	1	1	formula_KCL	Loc_kcl
formula_clay	L006	1	1	formula_clay	L006
formula_DAP	L001_mix_conveyor	1	1	formula_clay	Loc_clay
formula_DAP	L006	1	1	formula_DAP	L006
formula_urea	L001_mix_conveyor	1	1	formula_DAP	Loc_DAP
formula_urea	L006	1	1	formula_urea	L006
formula_clay	Loc_clay	1	1	formula_urea	Loc_urea
formula_KCL	Loc_kcl_clay	join 1	formula_clay	formula_clay	Loc_kcl_clay
formula_KCL	Loc_kcl	1	1	formula_clay	Loc_kcl_clay
formula_DAP	Loc_DAP	1	1	formula_KCL	Loc_DAP_urea_k
formula_urea	Loc_urea	1	1	formula_DAP	Loc_kcl_clay
formula_urea	Loc_DAP_urea	join 1	formula_DAP	formula_urea	Loc_DAP_urea
urea_DAP	Loc_DAP_urea_kcl_clay	1	1	formula_urea	Loc_DAP_urea
formula_Humite	Loc_Humite	1	1	urea_DAP	Loc_DAP_urea_k
formula_Humite	MIX_MATERIAL_AGIGATOR_X001	join 1	KCL_Clay	urea_DAP_urea_kcl_clay	MIX_MATERIAL_A
		wait waktu_proses()	sec	formula_Humite	MIX_MATERIAL_A

Gambar 3.9 Tampilan Processing Programming

Programming yang penting pada proses assembly line (pencampuran) bahan-bahan baku menggunakan sintaks combine (angka). Angka tersebut diisi sesuai kebutuhan bahan baku yang digunakan untuk membuat produk 1 ton dengan formula tertentu.

Selain itu, pada screen 1 dan screen 2 dibuat probabilitas yang direcycle adalah 33,3% sedangkan yang diteruskan 66,7%.

Waktu proses diinput dengan link ke file .xls, yang berisi waktu proses suatu location untuk memproduksi entity yang ada. Proses konversi waktu proses adalah sebagai berikut.

Tabel 3.19 Contoh Proses Konversi Waktu Tiap Mesin Formula 14-10-18 dengan Rate 100%

Location	entity yang diproses	operation time (kg/hr)	hr/kg	waktu untuk memproses 1 entity (sec)
Humite Hopper Weight	Humite (1kg)	15.15	0.06601	237.62
Clay Hopper weight	formula Clay (245 kg)	3708.028261	0.00027	237.62
KCl Hopper Weight	formula KCl (300 kg)	4545.454545	0.00022	237.62
Urea Crusher	formula Urea (234 kg)	3552.709552	0.00028	237.62
DAP Crusher	formula DAP (217 kg)	3293.807642	0.00030	237.62
Mix Material Agigator	Campuran bahan baku (1 ton)	47798.31019	0.00002	75.32
	NPK besar (1 ton)	47798.31019	0.00002	75.32
	NPK kecil (1 ton)	47798.31019	0.00002	75.32
Granulator	campuran bahan baku (1 ton)	48927.79475	0.00002	73.58
Dryer	NPK Granul (1 ton)	46698.0712	0.00002	77.09
Cooler	NPK Granul (1 ton)	46239.75118	0.00002	77.86
Screen 1	NPK Granul (1 ton)	58171.06893	0.00002	61.89
Recycle Crusier	NPK various (1 ton)	21397.87456	0.00005	168.24
Screen 2	NPK normal (1 ton)	36769.76205	0.00003	97.91
Coater	produk jadi (1 ton)	15408.25113	0.00006	233.64
Bagging Machine	produk yang dibungkus (1 ton)	15408.25113	0.00006	233.64

Hasil proses seperti contoh pada tabel di atas akan langsung diinput ke Software ProModel. Jadi untuk mengubah-ubah rate dapat dilakukan melalui mic.excel. Data operation time pada masing-masing location akan berubah sesuai rate yang dibuat. Rate pada pabrik ini sifatnya berpengaruh pada semua location. Selain itu dalam mic.excel ini dapat langsung disetting sesuai dengan formula yang akan dihasilkan.

3.2.2.3 Asumsi-asumsi Dalam Model

Beberapa asumsi-asumsi yang digunakan pada model ini adalah :

- Aktual proses adalah proses kontinyu dan discrete, namun karena data operation time yang satuannya diskrit, sehingga model ini dibuat diskrit.
- Dianggap tidak ada terjadi mesin yang shutdown
- Workstation yang diambil hanya workstation yang terlibat dalam pemrosesan bahan baku.
- Kapasitas dari 1 entity produk merepresentasikan 1 ton produk, sedangkan 1 entity bahan baku merepresentasikan 1 kg bahan baku.
- kapasitas setiap conveyor dari outlet screen 2 hingga gudang barang jadi diperbesar, karena ketidakpastian pada output akibat terjadi perubahan pada sistem sebelum agar tidak mempengaruhi jumlah output.

3.2.2.4 Verifikasi dan Validasi

Untuk memastikan representasi dari model simulasi ini akurat dan sesuai dengan keadaan yang sebenarnya, maka dilakukan verifikasi dan validasi.

1. Verifikasi

Verifikasi dilakukan untuk memastikan keakuratan dari model dalam merepresentasikan output.

a. Non Terminating

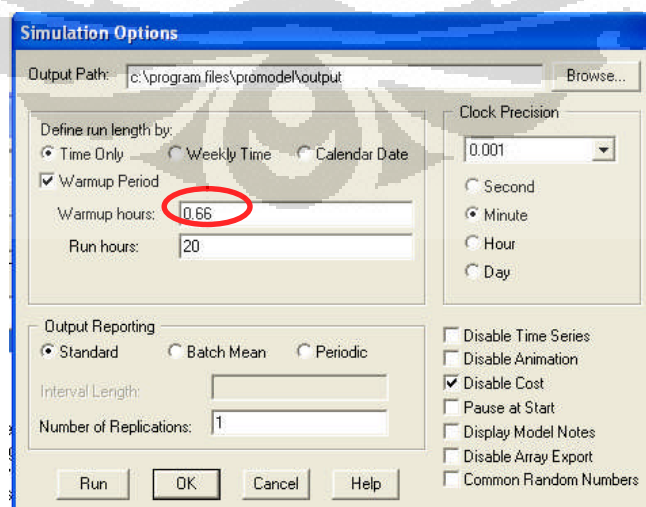
simulasi ini sifatnya non-terminating karena membutuhkan waktu warm-up time untuk mencapai steady state. Hal ini dibuktikan dari satu contoh simulasi yang dilakukan. Dengan membuat attribute WIP pada model untuk mengetahui performance dari sistem, maka terlihat *dynamic plot* setelah running 60 jam seperti pada gambar 3.10.



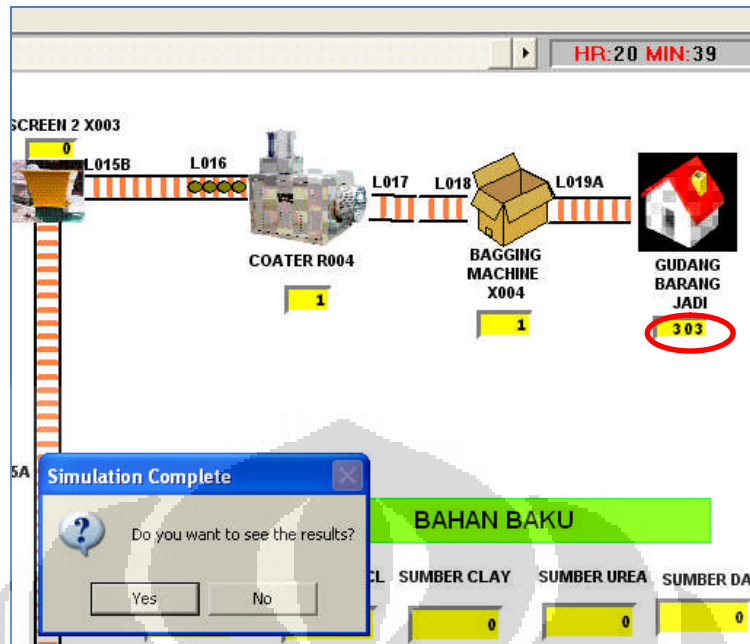
Gambar 3.10 *Dynamic Plot* pada Sistem Rate 100%

Dari gambar di atas, dapat disimpulkan bahwa simulasi ini non-terminating, dengan warm-up time 0,66 jam. Kenyataannya pabrik juga memiliki warm-up time.

Jika warm-up time tersebut diinput pada model dengan run-time 20 jam (operasi pabrik =20 jam/hari tanpa break), maka dihasilkan output 303 ton, seperti pada gambar 3.12.



Gambar 3.11 *Input warm-up time*



Gambar 3.12 Gambar output result verifikasi

Jika dilakukan replikasi sebanyak 10 kali, maka didapatkan output produk seperti pada tabel 3.23.

Tabel 3.20 Produk Akhir dalam 10 Replikasi Awal

Replikasi	Produk Akhir (ton)
1	303
2	303
3	304
4	302
5	304
6	303
7	304
8	303
9	301
10	304
Total	3031
Rata-rata	303.1
standar deviasi	0.994428926

$$R \geq \left(\frac{Z_{\alpha/2} S_0}{\varepsilon} \right)^2 \dots\dots\dots 3.1$$

Dengan persamaan 3.1, error value diestimasi $\varepsilon=2$, dan tingkat kepercayaan 95% dengan $\alpha=0,05$, maka didapatkan jumlah replikasi yang dibutuhkan adalah :

$$R \geq \left(\frac{1,96 * 0,9944}{2} \right)^2$$

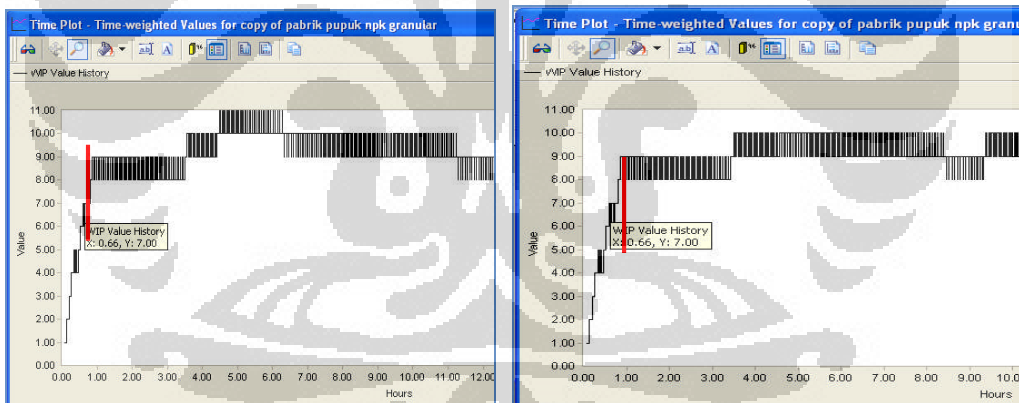
$$R \geq 0,949728889$$

Oleh karena $R \geq 0,949$, maka jumlah replikasi 1 kali sudah dapat merepresentasikan hasil daam model ini.

b. Uji perbandingan warm-up time

Dalam model ini, dibutuhkan pengujian apakah dengan beda rate dan beda formula yang dihasilkan berpengaruh pada beda lamanya warm-up time.

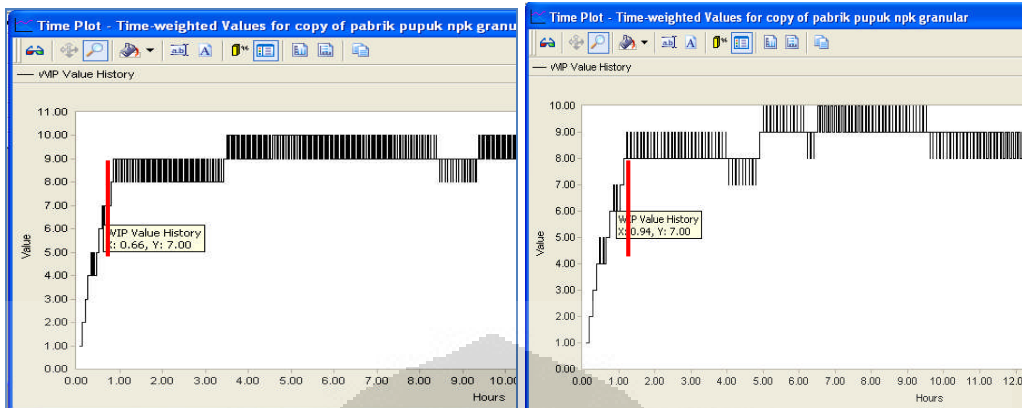
i. Beda Formula Produk, rate sama



Gambar 3.13(a) warm-up time 14-10-18 **Gambar 3.13(b)** warm-up time 15-10-20

Dari perbandingan gambar 3.13, terlihat bahwa perbedaan formula produk yang dihasilkan tidak merubah lama warm-up time, hanya merubah behavior dari sistemnya. Pada formula 14-10-18 dan 15-10-20 warm-up time adalah 0,66 jam.

ii. Beda Rate, formula produk sama



Gambar 3.14(a) *warm-up time rate 100%* **Gambar 3.14(b)** *warm-up time rate 70%*

Dari perbandingan gambar di atas, dapat dilihat bahwa dengan rate 100% warm-up time adalah 0,66 jam, sedangkan pada *rate 70%* *warm-up time* sebesar 0,94 jam. Hal ini sesuai dengan logika jika kecepatan diperlambat, maka warm-up time-nya juga akan makin lama.

Karena itu, untuk mempermudah dalam input *warm-up time* jika *rate*-nya akan diubah-ubah, maka tabulasi hasil percobaan beberapa *rate* di tampilkan pada tabel 3.24. *Range rate-setting* yang diijinkan sesuai dengan ketentuan pabrik adalah 70-105%.

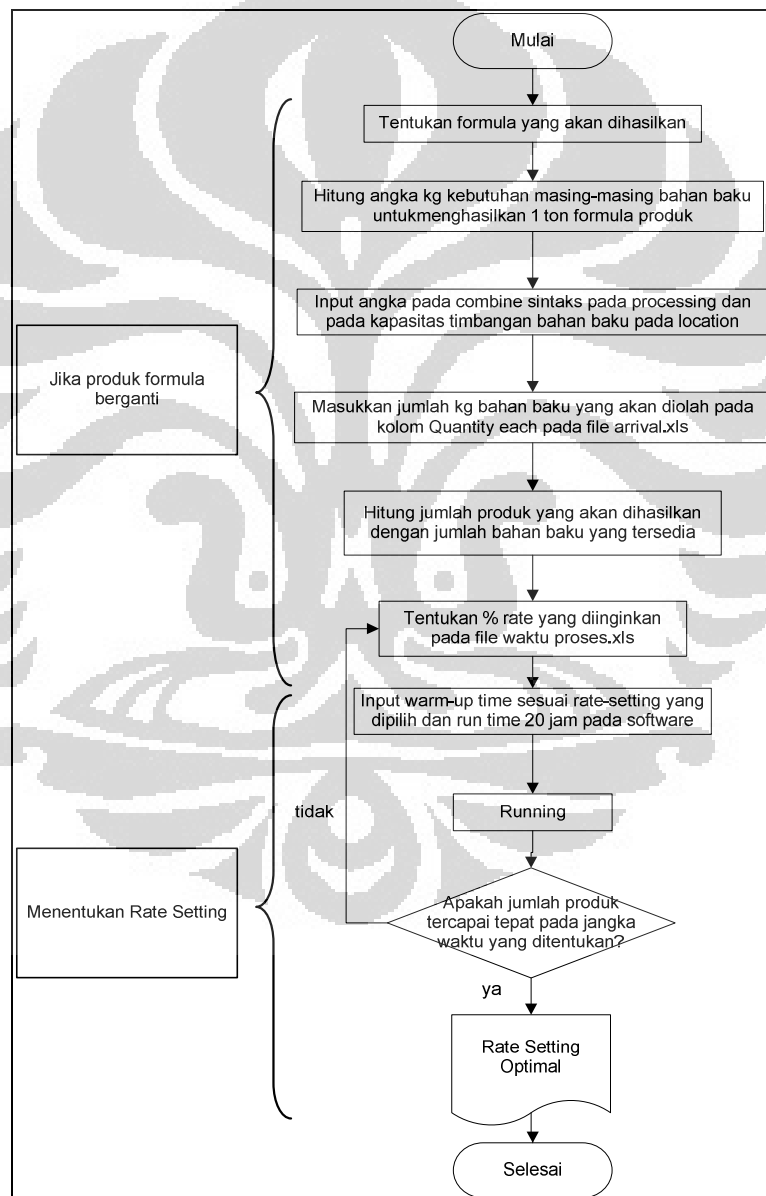
Tabel 3.21 *Warm-up Time Masing-masing Rate*

Rate (%)	Warm-up time (jam)
60	1,1
61-65	1,02
66-70	0,94
71-75	0,88
76-80	0,82
81-85	0,78
86-90	0,73
91-95	0,69
96-100	0,66
101-105	0,6

2. Validasi

Validasi bertujuan untuk memastikan model merepresentasikan kondisi yang sebenarnya. Dari tabel 3.23, telah didapat hasil replikasi operasi dan rata-rata produk akhirnya 303,1 dalam 2 jam. Hal ini sesuai dengan setting pabrik yaitu 303 ton/20 jam dan warm-up time. Melalui metode wawancara dengan Chemical Engineer di pabrik, diketahui bahwa warm-up time-nya $\pm 0,5$ jam.

3.2.2.5 Flowchart Langkah-langkah Penggunaan Model

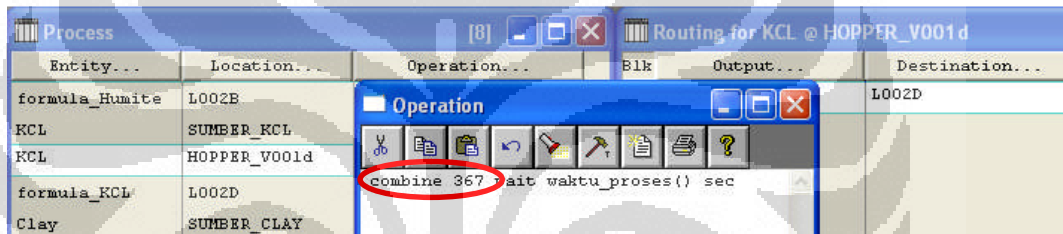


Gambar 3.15 Flowchart langkah-langkah menggunakan model dalam menentukan rate-setting pabrik

Untuk lebih memahami langkah-langkah tersebut, berikut ini contoh dalam menentukan rate setting yang tepat :

Dalam waktu 20 jam, pabrik ingin mengolah bahan baku Urea sebanyak 79360 kg, DAP 67270 kg, KCl 103230 kg, Clay 58900 kg, Humite 300 kg, Coating Oil 720 kg. Formula produk yang ingin dihasilkan adalah 15-10-22. Berapa rate-setting yang tepat untuk dipilih untuk waktu 20 jam?

1. Untuk menghasilkan 1 ton formula produk 15-10-22, dibutuhkan Urea sebanyak 256 kg, DAP sebanyak 217 kg, KCl 367 kg, 156 kg Clay, 1 kg humite dan 2,4 coating oil.
2. Masukkan angka pada combine sintaks di processing dan kapasitas masing-masing bahan baku.



Gambar 3.16 Input combine

Icon	Name	Cap.	Units	Dts...
	HOPPER_V001C	156	1	None
	HOPPER_V001d	367	1	None
	MIX_MATERIAL_AGIGATOR_X001	3	1	None
	GRANULATOR_R001	3	1	None
	DRYER_R002	3	1	None
	COOLER_R003	3	1	None
	SCREEN_1_X002	3	1	None
	UREA_CRUSER_HOPPER	256	1	None

Gambar 3.16 Input capacity

3. Masukkan jumlah bahan baku yang akan diolah pada file arrival.xls.

Entity	Location	Qty Each	First Time	Occurrences	Frequency
urea	SUMBER_UREA	79360	0	1	0
DAP	SUMBER_DAP	67270	0	1	0
KCL	SUMBER_KCL	103230	0	1	0
clay	SUMBER_CLAY	58900	0	1	0
Humite	SUMBER_HUMITE	310	0	1	0

Gambar 3.17 Input jumlah bahan baku yang akan diolah

4. Menghitung jumlah produk yang akan dihasilkan dengan bahan baku yang tersedia.

$$\text{Urea} : 79360/256 = 310$$

$$\text{DAP} : 67270/217 = 310$$

$$\text{KCl} : 103230/367 = 281,2$$

$$\text{Clay} : 58900/156 = 377,5$$

$$\text{Coating Oil} : 720/2,4 = 300$$

$$\text{Humite} : 300/1 = 300$$

Produk yang dihasilkan 281 ton, KCl lebih dulu habis

5. Tentukan rate setting + input warm-up time yang dicoba. Running. Perhatikan apakah 281 ton habis tepat pada jam ke 20.

- 1) 90% + warm-up 0,73 jam = terlalu lama
- 2) 93% + warm-up time 0,69 jam = terlalu lama
- 3) 94% + warm-up time 0,69 jam = terlalu cepat
- 4) 93,5 % = rate optimal

Untuk memperkecil pengulangan trial and error, maka dibuat tabulasi perkiraan jumlah produksi dalam satu hari untuk masing-masing rate seperti pada tabel 3.25.

Tabel 3.22 Beberapa Rate Produksi dan Jumlah Produknya Dalam 20 jam

Rate (%)	Produk (ton)
105%	318
100%	303
95%	288
90%	272
85%	257
80%	242
75%	228
70%	214
65%	195
60%	180

Simulasi ini bukan hanya untuk 20 jam, melainkan juga untuk mengolah bahan baku yang tersedia dalam jangka waktu tertentu lainnya.

BAB IV

ANALISIS

Proses produksi yang melibatkan bahan baku dengan turn-over yang besar membuat manajemen persediaannya tidaklah mudah. Kesulitan dalam mengatur persediaan jika stok terlalu banyak ataupun terlalu sedikit. Jika stok bahan bakunya terlalu sedikit, maka produksi juga akan sedikit dan perusahaan cenderung tidak berkembang karena memilih langkah “aman”. Hal ini juga dapat berpengaruh pada harga produk yang sulit bersaing di pasar, perusahaan tidak dapat memenuhi permintaan pasar. Lain halnya dengan kondisi jika stok terlalu banyak. Jika stok bahan baku yang turn-over-nya singkat disimpan terlalu banyak, maka bahan baku akan berisiko untuk rusak sebelum digunakan. Hal ini membuat kerugian bagi perusahaan.

Seperti dijelaskan pada bab 1, permintaan pupuk NPK granular terus meningkat. Jika perusahaan pupuk tidak meningkatkan produktivitasnya akan sulit mengembangkan perusahaan, produk, maupun bersaing dengan perusahaan pupuk lainnya. Pada gambar 3.1 terlihat bahwa jumlah produksi pabrik jauh dari jumlah produksi maksimal seharusnya (terlepas dari cara memasarkan/*marketing*-nya).

Proses produksi NPK Granular membutuhkan bahan baku kimiawi yang daya simpannya singkat, yaitu 2 minggu. Di lain pihak, beberapa bahan baku utama seperti Clay, KCl, dan DAP diimpor dari luar negeri dimana kemungkinan terjadi keterlambatan sangat sering. Jadi, ada dua dilema permasalahan yang terjadi dalam manajemen persediaan yaitu jika bahan baku terlalu banyak maupun sedikit.

Dalam penelitian ini, yang menjadi inti permasalahannya adalah kekurangan bahan baku. Kekurangan bahan baku dapat diatasi dengan safety stock, sedangkan daya simpan bahan baku yang singkat menyebabkan pabrik harus membatasi persediaan. Karena itu, untuk mengatasi jika terjadi kelebihan bahan baku dan ketidakpastian kedatangan bahan baku, dibuatlah sistem rate-

setting yang diharapkan dapat membantu perusahaan untuk menentukan rate-setting operasi dalam mengolah bahan baku yang tersedia.

4.1 ANALISIS DAMPAK SAFETY STOCK

Pada bab 3 telah ditampilkan hasil perhitungan buffer stock. Pada bagian ini akan dilakukan pembahasan tentang dampak *safety stock* terhadap permasalahan kekurangan bahan baku. Perhitungan ini dibuat untuk memprediksikan dampak *safety stock*. Contoh yang diambil adalah tabel perhitungan pada bulan Juli 2010 untuk bahan baku KCl.

Tabel 4.1 Pembahasan Tabel Dampak Safety Stock

Data tabel 3.3

0 jika pada tanggal keterlambatan

193,48-115,55

Item : Clay, Lot size :LFL, lead time : 3 bulan

Bulan	Juli							
Minggu ke-	27	28	29	30	31			
tanggal	2-7	8	9-11	12-15	16-22	23-28	29	30-31
Pemakaian	251.41	57.775	161.77026				52.85052	115.550186
Aktual penerimaan	251.41	0	0	251,41+0-161,7703			0	0
Persediaan	309.1851	251.41	89.64	161,7703+199,95			193.48	0
yang terpakai di minggu berikutnya		251.41					115.5502	
sisa yang tidak terpakai-kedaluarsa		0					77.93	
Rencana penerimaan	257	309,185+0-57,775		7.14	257.14	257.14	62.14	62.1
Rencana pemesanan	-3bl			bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln

Keterangan :

: waktu terjadi keterlambatan bahan baku

: Bahan baku yang rusak karena lebih dari 2 minggu

- Rencana Penerimaan : $Q + \text{Safety Stock}$ (hasil perhitungan tabel 3.14)
- Pemakaian : Data aktual pemakaian dalam satu minggu pada tabel 3.3
- Aktual Penerimaan : Jika terjadi pada minggu biasa maka nilainya sesuai dengan rencana penerimaan. Jika terjadi pada saat sebelum terjadi

- keterlambatan maka nilainya sesuai dengan pemakaian pada jangka waktu tersebut, sedangkan jika terjadi pada hari keterlambatan bahan baku, nilainya sama dengan 0 karena dianggap tidak ada bahan baku yang diterima pada hari itu.
- Persediaan : persediaan yang terpakai pada minggu sebelumnya + aktual penerimaan- pemakaian
- Yang terpakai di minggu berikutnya : pemakaian 1 minggu berikutnya
- Sisa yang tidak terpakai—kedaluarsa : Persediaan-yang terpakai di minggu berikutnya (jika hasilnya minus dibuat jadi 0)

Setelah dihitung secara keseluruhan data dari bulan Januari-Juli 2010, didapatkanlah hasil perhitungan dampak safety stock terhadap kondisi tersebut, seperti pada tabel 4.2. Bahan baku yang dihitung adalah bahan baku yang sering mengalami keterlambatan yaitu KCl, Clay, dan DAP.

Tabel 4.2 Prediksi Dampak Safety Stock dan Bahan Baku Yang Kedaluarsa untuk Bahan Baku DAP

Item : DAP, Lot size :LFL, lead time : 3 bulan

Bulan	Januari								Februari								Maret											
	1	2	3			4	5	6		7			8	9		10	11	12	13									
Minggu ke-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
tanggal	1-7	8-14	15-16	17	18	19	20-21	22	23-28	29-4	5-10	11	12	13-14	15-18	19-24	25	26-2	3	4	5-11	12-18	19-25	26-1				
Pemakaian	162.10	74.45	7.7	9.8217	11.7	24.17	23.3	53.961	219.7	44.25	47.25	29.46	18.4	63.315	21.55	112.6	39.267	117.03	39.88	25	166.45	216.45	163.6	95.95				
Aktual penerimaan	254.1	254.1	7.7	0	11.7	0	234.67	0	254.1	235.3	47.25	0	192.3	0	202.8	112.6	0	338.2	0	200.5	389.8	389.8	389.8	345.5				
Persediaan	92.0	254.1	76.7	66.9	66.9	42.7	254.1	200.1	234.5	235.3	76.711	47.25	221.2	157.8	339.0	151.9	112.6	333.8	293.9	469.4	389.8	389.8	389.8	345.5				
yang terpakai di minggu berikutnya	74.5	76.69					254.1		44.25	76.711		47.25			151.9		112.6			166.45	216.45	163.6	95.95	127				
sisa yang tidak terpakai-kedaluarsa	17.5	177.4					0		190.2	158.5		0			187.2		0			302.9	173.4	226.2	293.9	218.5				
Rencana penerimaan	254.1	254.1	254.1	246.4	246.4	234.7	234.67	254.1	254.1	235.3	221.2	173.9	395.1	202.8	202.8	221.2	221.2	538.7	200.5	200.5	389.8	389.8	389.8	345.5				
Rencana pemesanan	-3bln	-3bln					-3bln		-3bln	-3bln			-3bln		-3bln		-3bln		-3bln		-3bln	-3bln	-3bln	-3bln				

Tabel 4.2 Prediksi Dampak Safety Stock dan Bahan Baku Yang Kedaluarsa untuk Bahan Baku DAP (Lanjutan)

Item : DAP, Lot size :LFL, lead time : 3 bulan

Bulan	April						Mei						Juni									
Minggu ke-	14	15	16	17	18		19		20	21	22	23	24		25	26						
tanggal	2-8	9-15	16-22	23-29	30	1-3	4-5	6	7	8-9	10	11-13	14-20	21-27	28-31	1-3	4-10	11	12-15	16-17	18-24	25-1
Pemakaian	127	67.8	217.5	227.35	107.13	148.2	176.99	64.15	28.685	123.9	44.235	127.85	172.5	244.2	202	72.8	150.65	25.55	107.902	19.8	139.15	216.15
Aktual penerimaan	306.1	306.1	306.1	306.1	0	148.2	0	253.2	0	123.9	0	293.4	417.3	417.3	0	438.1	465.74	25.55	0	440.19	465.74	443.22
Persediaan	306.1	306.1	306.1	384.8	277.7	277.7	100.7	289.8	261.1	261.1	216.9	382.4	417.3	417.3	72.8	438.1	465.74	153.25	45.35	465.74	465.74	443.22
yang terpakai di minggu berikutnya	67.8	217.45	306.1	384.8				289.8				172.5	244.2	274.8		150.65	153.25			139.15	216.15	303.68
sisa yang tidak terpakai-kedaluarsa	238.3	88.6	0	0				0				209.9	173.2	142.5		287.4	312.49			326.59	249.59	139.54
Rencana penerimaan	306.1	306.1	306.1	306.1	401.4	401.4	253.2	253.2	417.3	417.3	293.4	293.4	417.3	417.3	438.1	438.1	465.74	465.74	440.19	440.19	465.74	443.22
Rencana pemesanan	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln			-3bln			-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln

Tabel 4.2 Prediksi Dampak Safety Stock dan Bahan Baku Yang Kedaluarsa untuk Bahan Baku DAP

Item : DAP, Lot size :LFL, lead time : 3 bulan

Bulan	Juli							
Minggu ke-	27	28	29	30	31			
tanggal	2-7	8	9-11	12-15	16-22	23-28	29	30-31
Pemakaian	237.81	65.87	184.43478	179.05	154.45	247.25	57.22837	131.73913
Aktual penerimaan	237.81	0	0.00	308.13	308.13	247.25	0	0
Persediaan	303.6796	237.81	53.38	182.45	308.13	304.48	247.25	0
yang terpakai di minggu berikutnya	237.81			154.45	304.48		131.7391	
sisa yang tidak terpakai-kedaluarsa		0		28.00	3.65		115.51	
Rencana penerimaan	308.13	70.32	308.13	308.13	308.13	308.13	60.88	204.9
Rencana pemesanan	-3bln		-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	

(Lanjutan)

Keterangan :



: waktu terjadi keterlambatan bahan baku



: Bahan baku yang rusak karena lebih dari 2 minggu

Tabel 4.3 Prediksi Dampak Safety Stock dan Bahan Baku Yang Kedaluarsa untuk Bahan Baku KCl

Item : KCl, Lot size :LFL, lead time : 3 bulan

Bulan	Januari										Februari						Maret							
Minggu ke-	1	2	3			4		5	6		7		8		9		10	11	12	13				
tanggal	1-7	8-14	15-16	17	18	19	20-21	22	23-28	29-4	5-10	11	12	13-14	15-18	19-24	25	26-2	3	4	5-11	12-18	19-25	26-1
Pemakaian	91.25	59.05	10.3	45.838	0.2	44.19	3.2	31.813	63.65	28.9	72.75	39.75	21.65	97.04	23.5	170.2	59.2	171.1	58.15	41	232.85	76.54	248.7	153.3
Aktual penerimaan	480.5	480.5	10.3	0	0.2	0	470.05	0	480.5	415.6	72.75	0	315.8	0	345.3	170.2	0	538.0	0	343.6	625.5	625.5	625.5	602.7
Persediaan	389.3	480.5	103.7	57.9	57.9	13.7	480.5	63.7	480.5	415.6	112.5	72.75	366.9	269.9	591.6	229.4	170.2	537.1	479.0	781.6	625.5	625.5	625.5	1074.9
yang terpakai di minggu berikutnya	59.1	103.7					95.5		28.9	112.5		72.75			229.4		170.2			232.85	76.54	248.7	153.3	196
sisa yang tidak terpakai-kedaluarsa	330.2	376.8					385.1		451.6	303.1		0			362.2		0			548.7	549.0	376.8	472.2	878.9
Rencana penerimaan	480.5	480.5	480.5	470.2	470.2	470.0	470.0	480.5	480.5	415.6	366.9	294.2	661.1	345.3	345.3	366.9	366.9	881.6	343.6	343.6	625.5	625.5	625.5	602.7
Rencana pemesanan	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln

Tabel 4.3 Prediksi Dampak Safety Stock dan Bahan Baku Yang Kedaluarsa untuk Bahan Baku KCl (Lanjutan)

Item : KCl, Lot size :LFL, lead time : 3 bulan

Bulan	April						Mei						Juni										
Minggu ke-	14	15	16	17	18		19		20	21	22	23	24		25	26							
tanggal	2-8	9-15	16-22	23-29	30	1-3	4-5	6	7	8-9	10	11-13	14-20	21-27	28-31	1-3	4-10	11	12-15	16-17	18-24	25-1	
Pemakaian	196	100.25	278.75	290.85	106.05	187.4	247.6	84.45	38.203	167	66.5	193.35	260.05	426.6	383.6	338.5	689.35	117.2	516.592	87.1	644.2	525.5	
Aktual penerimaan	465.6	465.6	465.6	465.6	0	187.4	0	410.7	0	167	0	453.2	620.2	620.2	0	816.7	1078.77	117.2	0	961.57	1078.77	995.85	
Persediaan	465.6	465.6	465.6	465.6	359.6	359.6	112.0	438.2	400.0	400.0	333.5	593.4	620.2	620.2	236.6	714.8	1078.77	720.89	204.30	1078.77	1078.77	995.85	
yang terpakai di minggu berikutnya	100.25	278.75	290.9	465.6			438.2					260.05	426.6	620.2		689.4	720.89			644.2	525.5	428.71	
sisa yang tidak terpakai-kedaluarsa	365.4	186.9	174.8	0			0					335.3	193.6	0.0		25.5	357.87			434.57	553.27	567.14	
Rencana penerimaan	465.6	465.6	465.6	465.6	598.1	598.1	410.7	410.7	620.2	620.2	453.2	453.2	620.2	620.2	816.7	816.7	1078.77	1078.77	961.57	961.57	1078.77	995.85	
Rencana pemesanan	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln

Tabel 4.3 Prediksi Dampak Safety Stock dan Bahan Baku Yang Kedaluarsa untuk Bahan Baku KCl (Lanjutan)

Item : KCl, Lot size :LFL, lead time : 3 bulan

Bulan	Juli							
	Minggu ke-	27	28	29	30	31		
tanggal	2-7	8	9-11	12-15	16-22	23-28	29	30-31
Pemakaian	327.71	101	282.8	258.1	229	352.4	86.9835	202
Aktual penerimaan	327.71	0	0.00	498.38	498.38	352.4	0	0
Persediaan	428.71	327.71	44.91	285.19	498.38	439.38	352.40	0
yang terpakai di minggu berikutnya		327.71		229.00	439.38		202	
sisa yang tidak terpakai-kedaluarsa		0		56.19	58.99		150.40	
Rencana penerimaan	498.38	170.67	498.38	498.38	498.38	498.38	145.98	487.4
Rencana pemesanan	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln

Keterangan :



: waktu terjadi keterlambatan bahan baku



: Bahan baku yang rusak karena lebih dari 2 minggu

Tabel 4.4 Prediksi Dampak Safety Stock dan Bahan Baku Yang Kedaluarsa untuk Bahan Baku Clay

Item : Clay, Lot size :LFL, lead time : 3 bulan

Bulan	Januari										Februari							Maret						
Minggu ke-	1	2	3			4		5	6		7		8		9			10	11	12	13			
tanggal	1-7	8-14	15-16	17	18	19	20-21	22	23-28	29-4	5-10	11	12	13-14	15-18	19-24	25	26-2	3	4	5-11	12-18	19-25	26-1
Pemakaian	116.32	58.49	0.64	21.52	13.32	36.96	24.12	49.392	176.8	26	14.52	29.183	4.2	44.074	6.52	87.84	14.444	124.12	40.666	30	122.64	103.44	95.12	83.54
Aktual penerimaan	258.2	258.2	0.6	0	13.32	0	244.24	0	258.2	217.3	14.52	0	176.3	0	182.4	87.84	0	310.7	0	147.0	334.5	334.5	334.5	317.3
Persediaan	141.9	258.2	96.6	75.0	75.0	38.1	258.2	176.8	258.2	217.3	43.703	14.52	186.6	142.5	318.4	102.28	87.8	274.5	233.8	350.8	334.5	334.5	334.5	568.3
yang terpakai di minggu berikutnya	58.5	96.561					226.2		26	43.703		14.52			102.3		87.8			122.64	103.44	95.12	83.54	60.84
sisa yang tidak terpakai-kedaluarsa	83.4	161.6					32.0		232.2	173.6		0			216.1		0			228.2	231.1	239.4	251.0	507.5
Rencana penerimaan	258.2	258.2	258.2	257.6	257.6	244.2	244.2	258.2	258.2	217.3	186.6	172.1	358.7	182.4	182.4	186.6	186.6	457.8	147.0	147.0	334.5	334.5	334.5	317.3
Rencana pemesanan	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln

Tabel 4.4 Prediksi Dampak Safety Stock dan Bahan Baku Yang Kedaluarsa untuk Bahan Baku Clay (Lanjutan)

Item : Clay, Lot size :LFL, lead time : 3 bulan


Bulan	April					Mei							Juni										
Minggu ke-	14	15	16	17	18		19		20	21	22		23	24		25	26						
tanggal	2-8	9-15	16-22	23-29	30	1-3	4-5	6	7	8-9	10	11-13	14-20	21-27	28-31	1-3	4-10	11	12-15	16-17	18-24	25-1	
Pemakaian	60.84	32.52	171	171.73	58.058	103.9	88.644	56.8	28.393	95.75	38.388	135.85	206.05	244.65	168.5	175.6	352.75	60.8	220	46.25	345	324.8	
Aktual penerimaan	214.2	214.2	214.2	214.2	0	103.9	0	152.3	0	95.75	0	167.4	263.2	263.2	0	383.8	544.75	60.8	0	483.95	544.75	503.66	
Persediaan	214.2	214.2	214.2	214.2	156.1	156.1	67.5	162.9	134.5	134.5	96.2	127.7	184.8	203.3	34.8	243.1	435.06	327.05	107.05	544.75	544.75	503.66	
yang terpakai di minggu berikutnya	32.52	171	171.7	214.2				162.9				127.7	184.8	203.3		243.1	327.05			345	324.8	309.185	
sisa yang tidak terpakai-kedaluarsa	181.6	43.2	42.4	0				0				0.0	0.0	0.0		0.0	108.01			199.75	219.95	194.48	
Rencana penerimaan	214.2	214.2	214.2	214.2	256.2	256.2	152.3	152.3	263.2	263.2	167.4	167.4	263.2	263.2	383.8	383.8	544.75	544.75	483.95	483.95	544.75	503.66	
Rencana pemesanan	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln


Tabel 4.4 Prediksi Dampak Safety Stock dan Bahan Baku Yang Kedaluarsa untuk Bahan Baku Clay (Lanjutan)

Item : Clay, Lot size :LFL, lead time : 3 bulan

Bulan	Juli							
	27		28		29	30		31
Minggu ke-tanggal	2-7	8	9-11	12-15	16-22	23-28	29	30-31
Pemakaian	251.41	57.775	161.77026	199.95	157.65	195	52.85052	115.550186
Aktual penerimaan	251.41	0	0.00	257.14	257.14	195	0	0
Persediaan	309.1851	251.41	89.64	146.83	246.33	246.33	193.48	0
yang terpakai di minggu berikutnya		251.41		146.83	246.33		115.5502	
sisa yang tidak terpakai-kedaluarsa		0		0	0		77.93	
Rencana penerimaan	257.14	5.73	257.14	257.14	257.14	257.14	62.14	62.1
Rencana pemesanan	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln	-3bln

Keterangan :

 : waktu terjadi keterlambatan bahan baku

 : Bahan baku yang rusak karena lebih dari 2 minggu

Berdasarkan tabel Simulasi perhitungan dampak safety stock dan bahan baku yang kedaluarsa untuk bahan baku DAP, KCl, dan Clay, dapat dilihat pada data historis yang seharusnya terjadi kekurangan bahan baku, dapat tertutupi dengan adanya safety stock, namun dapat dilihat pula pada tanda berwarna merah, beberapa kali bahan baku tersebut kondisinya berlebih yang walaupun dapat diganti pada minggu berikutnya tetap saja kedaluarsa karena sudah lebih dari 2 minggu jangka waktu penyimpanannya. Untuk itulah, simulasi rate-setting akan menjawab permasalahan tersebut, yang akan dibahas pada sub bab berikutnya.

4.2 ANALISIS DAMPAK SIMULASI PRODUCTION RATE SETTING

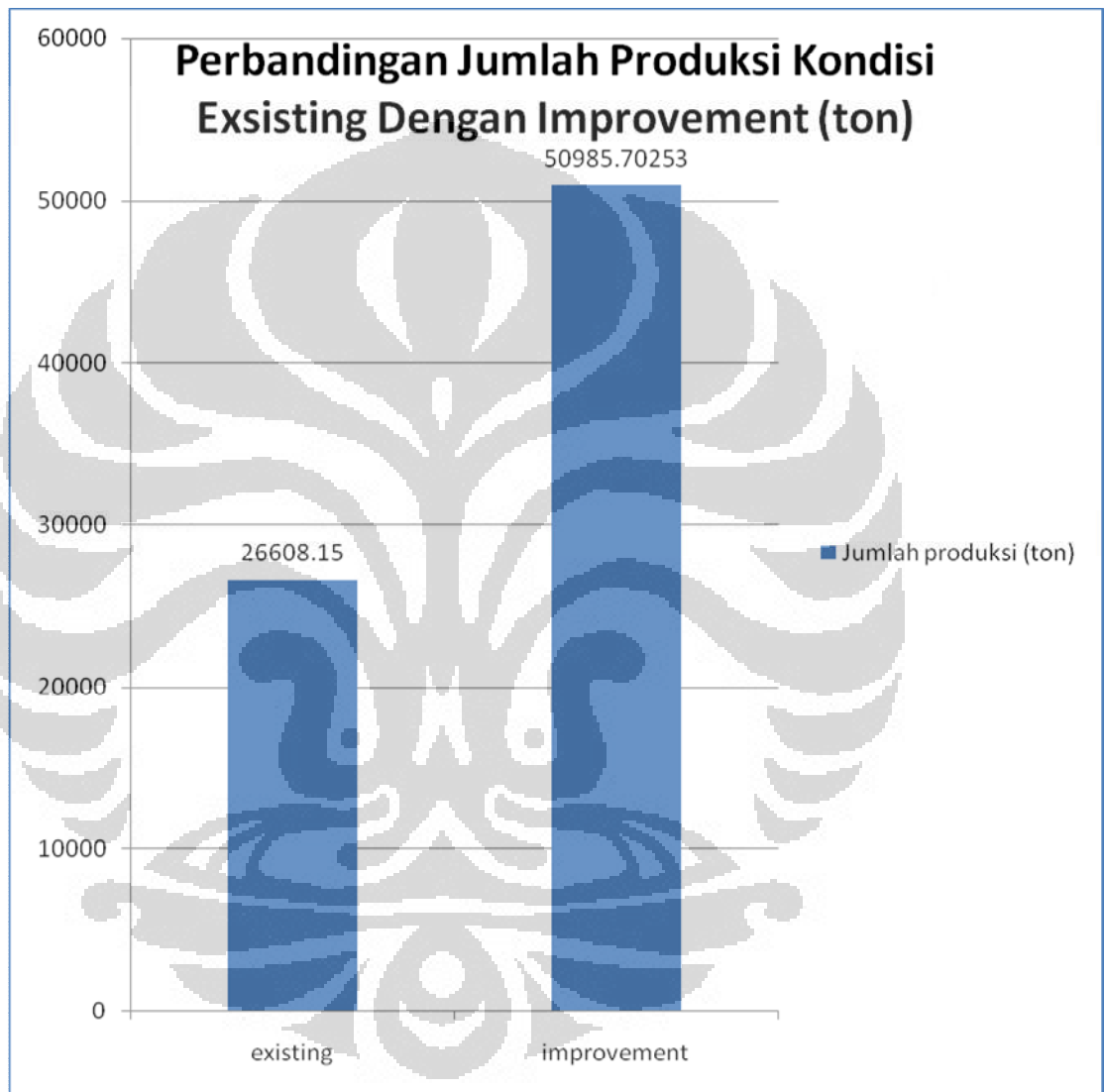
Setelah bahan baku yang bertanda warna merah digabungkan dari masing-masing bahan baku, maka didapatkan rate setting seperti pada tabel 4.5. Langkah-langkah simulasinya seperti yang dijelaskan pada halaman 73 dan 74.

Tabel 4.5 Dampak Rate setting

Periode	Januari			Februari			Maret				April			Mei			Junii	Juli
Minggu ke-	1	2	4	5	7	9	10	11	12	13	14	15	19	20	21	22	30	
Tanggal	1-7	8-14	22-28	29-4	12-18	26-4	5-11	12-18	19-25	26-1	2-8	9-15	7-13	14-20	21-27	28-3	23-29	
Formula Produk	16-4-25	12-12-17	12-12-17	15-10-20	15-10-20	15-10-20	15-10-20	15-10-20	15-10-20	15-10-20	15-10-20	15-13-20	15-10-22	15-10-22	15-13-21	16-4-25	15-10-20	
Jumlah Bahan Baku (ton)	DAP	254.07	480.5	254.1	235.3	395.1	538.7	389.8	389.8	389.8	345.5	306.1	306.1	417.331	417.3	417.3	438.077	247.25
	KCI	480.55	480.5	480.5	415.6	661.1	881.6	625.5	625.5	602.7	465.6	465.6	620.193	620.2	620.2	816.724	352.4	
	Clay	258.2	258.2	258.2	217.3	358.7	457.8	334.5	334.5	334.5	317.3	214.2	214.2	263.166	263.2	263.2	383.843	195
Jumlah Bahan Baku (kg)/hari	DAP	36295	68650	36295	33608	56436	76953.5	55686.1	55686.1	55686.1	49361.4309	43725	43725.5	59618.7	59618.7	59619	62582.5	35321.4
	KCI	68650	68650	68650	59374	94441	125944	89359.6	89359.6	89359.6	86096.11	66515	66515	88599	88599	88599	116675	50342.9
	Clay	36885	36885	36885	31042	51244	65393.8	47791.5	47791.5	47791.5	45334.9175	30596	30595.7	37595.1	37595.1	37595	54834.7	27857.1
Rate/hari (%)		60%	60%	60%	60%	85,5%	105%	83,5%	83,5%	83,5%	74,5%	60%	60%	80%	80%	69%	93,5%	60%
Jumlah Produksi (ton)		164	133	133	155	259	343	250	250	250	227	160	154	238	238	210	280	146

4.3 ANALISIS PERBANDINGAN JUMLAH PRODUKSI

Setelah dilakukan perbandingan jumlah produksi didapatkan hasilnya seperti pada tabel gambar 4.2.



Gambar 4.1 Perbandingan jumlah produksi kondisi *existing* dengan kondisi *improvement*

Keterangan :

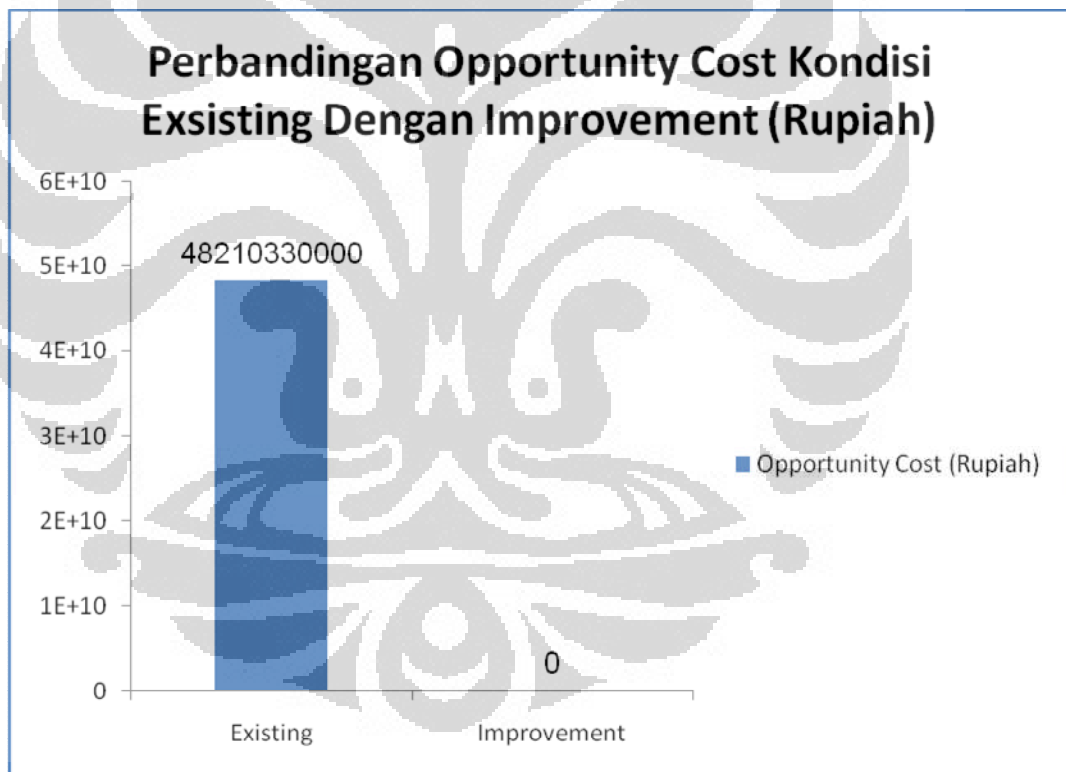
Existing = total penjualan selama Januari sampai Juli 2010

Improvement = total penjualan Januari-Juli 2010 + (safety stock * 31 minggu)

Dari grafik pada gambar 4.1, terlihat bahwa jika dilakukan improvement dengan melakukan sistem kombinasi *safety stock* dan *setting production rate*, maka jumlah produksi dapat meningkat sebesar 24377,7 ton. Dengan demikian dapat meningkatkan penjualan dan dapat memenuhi permintaan pasar.

4.4 ANALISIS PERBANDINGAN OPPORTUNITY COST

Kondisi improvement dapat meminimalkan jumlah shutdown yang dikarenakan kekurangan bahan baku. Oleh karena itu, dapat dihitung berapa rupiah yang seharusnya didapatkan jika tidak shutdown. Perbandingan opportunity cost tersebut dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik perbandingan *opportunity cost* kondisi *existing* dengan kondisi *improvement*

Keterangan :

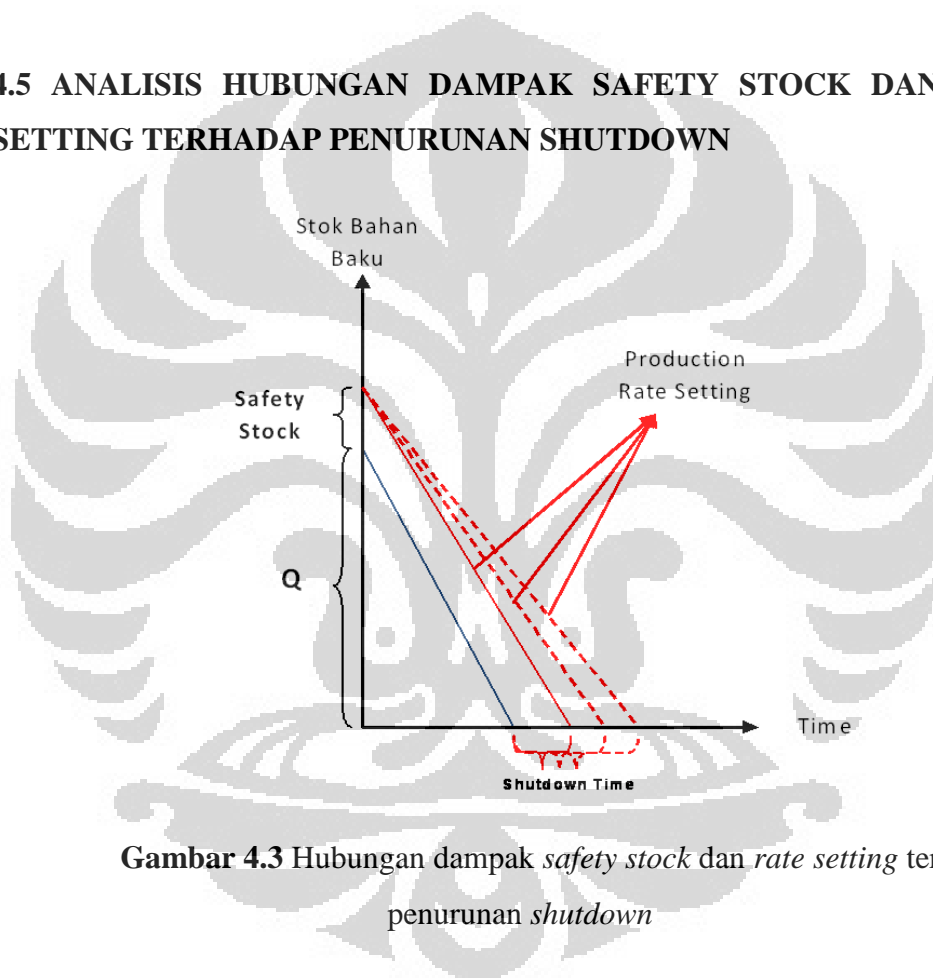
Existing : tonase produk yang harusnya dapat diproduksi jika tidak shutdown

*Rp10.000.000/ton

Improvement : tidak terjadi shutdown

Dari grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.2, dapat dilihat pada kondisi existing, jika pabrik shutdown maka pabrik melepaskan peluang untuk mendapatkan pendapatan sekitar Rp 48.210.330.000,-. Nilai ini sangat besar jika peluang ini digunakan untuk marketing maka dapat mengembangkan produk NPK granular PT Pupuk Kujang.

4.5 ANALISIS HUBUNGAN DAMPAK SAFETY STOCK DAN RATE SETTING TERHADAP PENURUNAN SHUTDOWN



Gambar 4.3 Hubungan dampak *safety stock* dan *rate setting* terhadap penurunan *shutdown*

BAB V

KESIMPULAN

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis maka penulis menarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kekurangan bahan baku dapat ditutupi dengan menyediakan *safety stock* dengan *level of confidence* 99%, dengan jumlah bahan baku yang berlebih.
2. Stok bahan baku yang umur (daya simpannya) 2 minggu harus diantisipasi dengan pengaturan rate setting dengan simulasi yang tepat agar dapat mengolah bahan baku yang tersedia dengan tepat waktu.
3. Dengan simulasi kombinasi *safety stock* dan setting production rate, permasalahan kekurangan bahan baku dapat ditangani.
4. Dengan melakukan sistem kombinasi simulasi *safety stock* bahan baku dan *setting production rate*, perusahaan dapat meningkatkan jumlah produksi sebesar 52,18 %. Dengan begitu, pendapatan akan bertambah dan perusahaan dapat meningkatkan pemenuhan kebutuhan pasar akan pupuk NPK.
5. Dengan melakukan sistem kombinasi simulasi *safety stock* bahan baku dan setting production rate, perusahaan dapat memperkecil jumlah shutdown yang dikarenakan kekurangan bahan baku sehingga *opportunity cost* dapat diperkecil.

5.2 USULAN

Dari penelitian ini, diusulkan agar perusahaan dapat menggunakan sistem kombinasi *safety stock* dan simulasi model *production rate-setting* untuk perbaikan. Selain itu, melalui penelitian ini, diusulkan agar perusahaan memiliki penjadwalan umur penyimpanan bahan baku.

DAFTAR PUSTAKA

Abourizk,S.M.&Wales,R.J..(Maret 1997).*Combine Discrete-Event/Continuous Simulation for Project Planning*.*Journal of Construction Engineering and Management*.11-20.

Amran, M.F..(2006).*Manufacturing Process Re-Engineering Design Implementation Using Computer Simulation Model*.MSc.Thesis.Universiti Teknologi Malaysia.

Arnold,J.R.T.&Chapman,S.N.(2004).*Introduction to Materials Management*.New Jersey: Pearson Education.

Irmano,K. (Maret 2010).*Buku Pegangan Pupuk NPK*.Cikampek: PT Pupuk Cikampek.

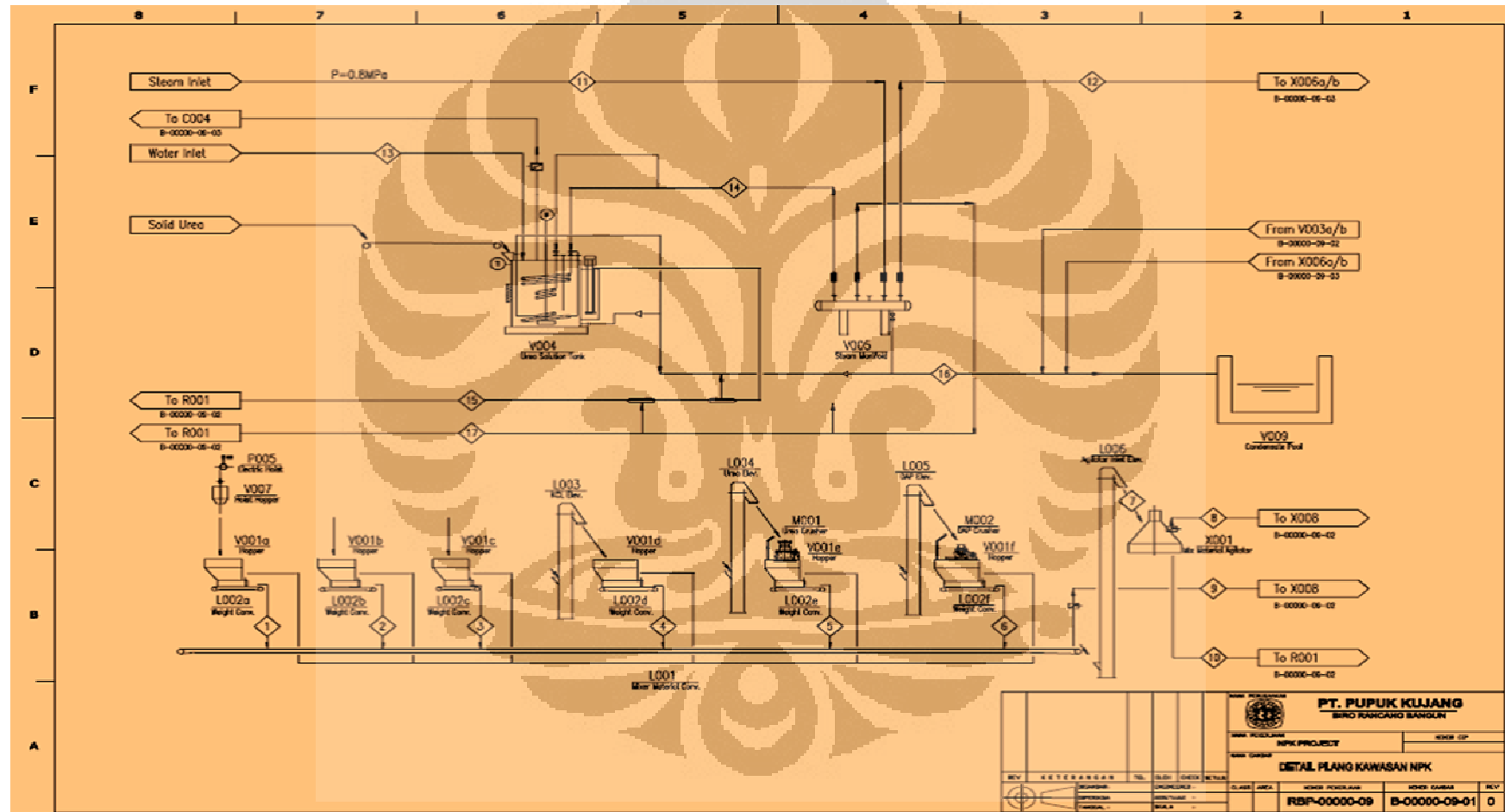
ProModel User Guide. New York : ProModel Cooperation.

Chase,R.B.Jacobs,F.R.&Aquilano,N.J..(2004).*Operations Management for Competitive Advantage*.New York : McGraw Hill.

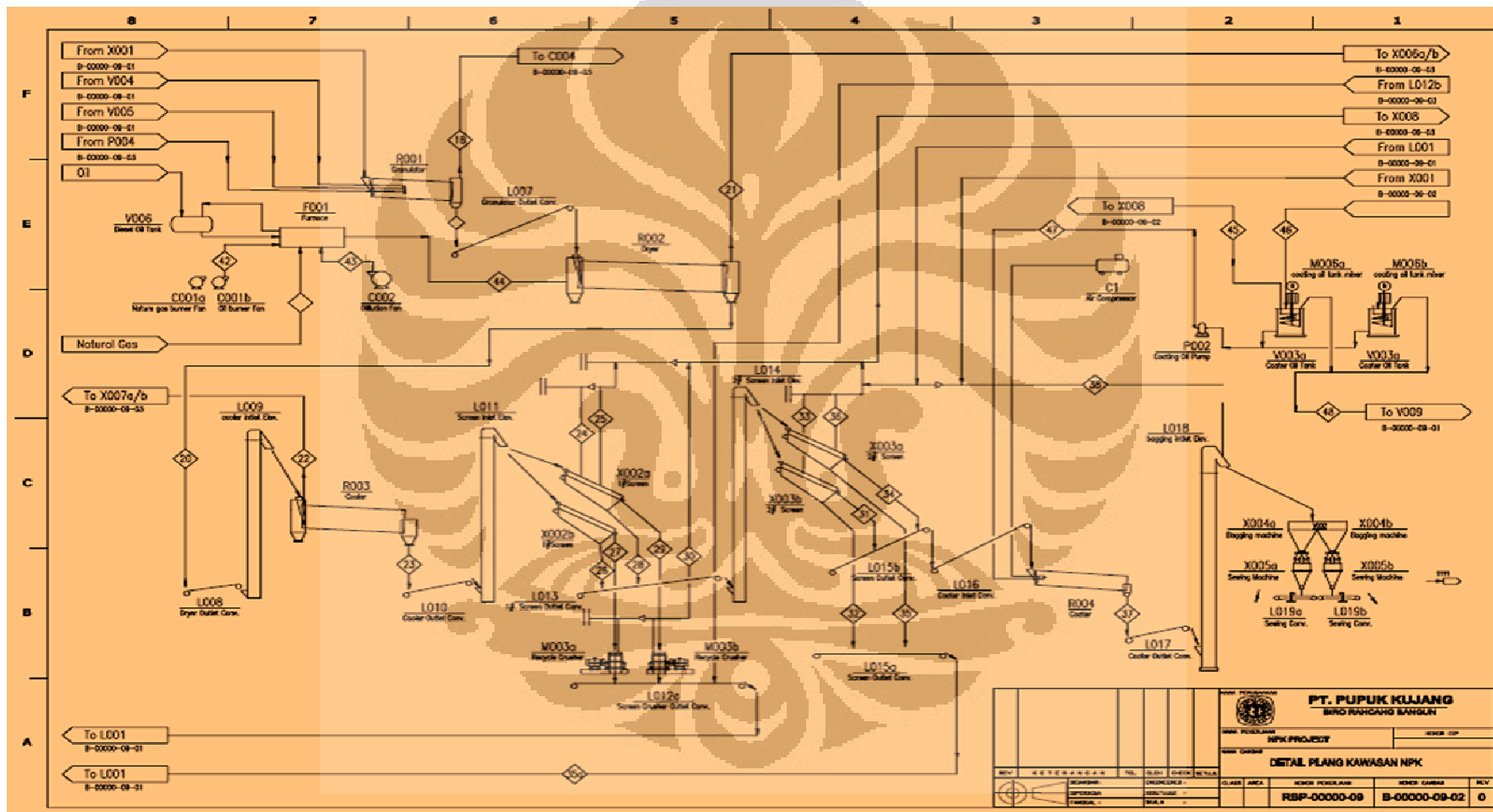
Harrell,C.Ghosh,B.K.&Bowden,R.O..(2000).*Simulation Using ProModel*.New York: McGraw Hill.

Kuo et al.(2001).*Modeling Continuous Flow with Discrete-event Simulation*.*Proceedings of the 2001 Winter Simulation Conference*.1099-1103.

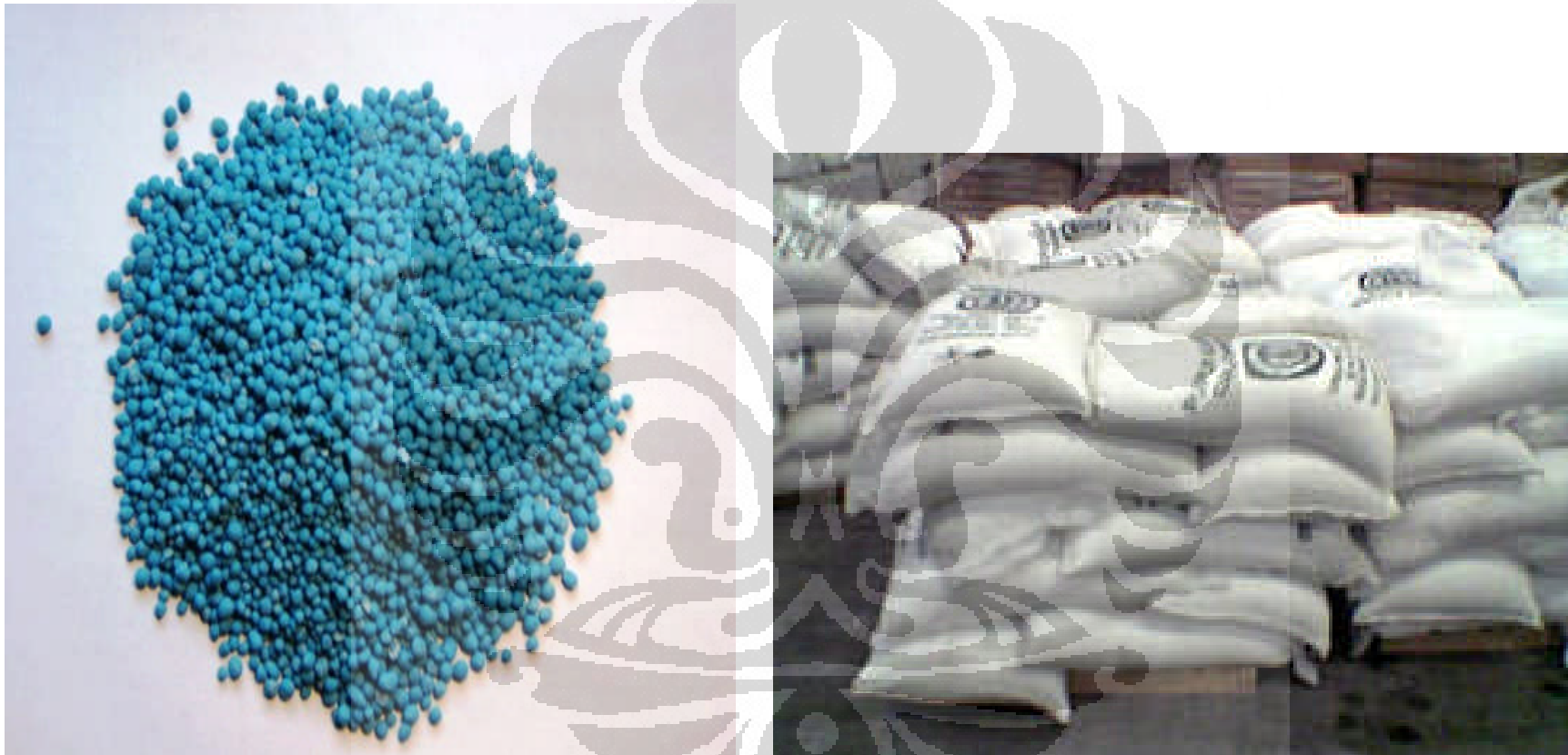
LAMPIRAN 1 (LAYOUT PABRIK)



LAMPIRAN 1 (LAYOUT PABRIK—LANJUTAN)



LAMPIRAN 2 (GAMBAR PRODUK PUPUK NPK GRANULAR)



LAMPIRAN 3 (EQUIPMENT DATA SHEET)

No	No. Alat	Nama Alat	Spesifikasi	Jumlah
<i>Main equipment</i>				
1	R 001	Granulator	<p>φ 2200 x 10000 mm, material shell Q 253-A</p> <p>Flow capacity 36 - 75 ton/jam</p> <p>Manufacturer : Zhejiang Tongli</p> <p>Electromotor : M2QA280S4A, 75 kW, IP 55 ABB, SF : 1,1</p> <p>Gear reducer : H2SH7, i=18</p> <p>SKF roller bearing</p> <p>Speed : 10.7 rpm</p>	1
2	R 002	Dryer	<p>φ 2800 x 30000 mm, material shell Q 253-A</p> <p>Flow capacity 36 - 75 ton/jam</p> <p>Manufacturer : Zhejiang Tongli</p> <p>Main Electromotor : M2QA315L4A, 160 kW, IP 55 ABB, SF : 1,1</p> <p>Gear reducer : H3SH14, i=45, speed : 1480 rpm</p> <p>Electromotor pembantu : M2QA132M4A, 7.5 kW</p> <p>Gear reducer : H2SH4, SKF roller bearing</p> <p>Speed : 3.85 rpm</p>	1
3	R 003	Cooler	<p>φ 2600 x 22000 mm, material shell Q 253-A</p> <p>Flow capacity 36 - 75 ton/jam</p> <p>Manufacturer : Jingzhou Lingda</p> <p>Electromotor : M2QA280S4A, 75 kW, IP 55 ABB,</p>	1

4	R 004	Coater	<p>SF : 1,1, speed : 1480 rpm</p> <p>Gear reducer : H3SH10-50 A, SKF roller bearing, speed : 3 rpm</p> <p>Lining : propylene lining</p> <p>φ 1600 x 6000 mm, material shell Q 253-A</p> <p>Manufacturer : Jingzhou Lingda</p> <p>Flow capacity 36 - 75 ton/jam</p> <p>Electromotor : M2QAY180L-6A, 15 kW, IP55 ABB, SF : 1,1</p> <p>Gear reducer : H2SH04, I : 11.2, SKF roller bearing, speed : 11.93 rpm</p>	1
<i>Vessel</i>				
5	V 003 A,B	Coating oil tank	<p>φ 1000 x 1200 mm</p> <p>V = 0.95 m³, 1.1 Kw, material shell Q 253-A</p> <p>Manufacturer : Jingzhou Lingda</p> <p>Pressure = 1.6 Mpa, Temperature desain = 60 - 80 °C</p> <p>Material = coating oil</p>	2
6	V 006	Diesel Oil Tank	<p>φ 2000 x 4000 mm, material shell Q 253-A</p> <p>Manufacturer : Wu Han San Lian</p> <p>V = 12 m³, 1.1 Kw</p> <p>Material = diesel oil</p>	1
7	V 004	Urea solution tank	<p>φ 2000 x 2000 mm</p> <p>V = 6 m³, material shell SS 316-L</p> <p>Manufacturer : Jingzhou Lingda</p> <p>Temperature desain = 110 - 130 °C</p>	1

8	V 005	Steam manifold	<p>Material = Urea</p> <p>ϕ 219x 1700 mm, V = 0.06 m³</p> <p>Material shell Q 235-A</p> <p>Manufacturer : Jingzhou Lingda</p> <p>Material = Steam</p> <p>Desain temperature = 90 - 160 °C</p>	1
9	V 001 A, B, C, G	Material Hopper	<p>V = 1 m³</p> <p>Temperature desain = 20 - 50 °C</p> <p>Material shell Q 235-A</p>	4
10	V 001 D, E, F	Material Hopper	<p>V = 2.5 m³</p> <p>Temperature desain = 20 - 50 °C</p> <p>Material shell Q 235-A</p>	3
11	V 007	Hoist Hopper	<p>ϕ 1000 x (1000 + 1430) mm</p> <p>V = 1.2 m³, material shell Q 235-A</p> <p>Temperature desain = 20 - 50 °C</p>	1
12	V 002	Product Hopper	<p>V = 5 m³, material shell Q 235-A</p> <p>Temperature desain = 20 - 50 °C</p>	2
<i>Sewing & Bagging Machine</i>				
13	X 004 A, B	Bagging Machine	<p>RPN II, Precission = \pm 0.2 %</p> <p>Manufacturer = Jiangsu Zhingchang</p> <p>Kapasitas bag = 15 - 50 kg/bag, 600 - 800 bag/jam</p> <p>Material = Stainless & carbon steel</p>	2
14	X 005 A, B	Sewing Machine	<p>DS-9C Newlong</p> <p>0.55 kW, IP 54</p> <p>Material Q 235-A</p>	2

Crusher

15	M 001	Urea Crusher	YX-538, electromotor = 18.5 kW, IP 54, speed = 1470 rpm, kapasitas = 6 - 8 ton/jam Material shell Q 235-A Feed granularitas ≤ 5 mm, discharge granularitas ≤ 0.25 - 0.27 mm	1
16	M 002	DAP Crusher	Double rotor, PS-8000 Electromotor = 15 + 22 kW, IP 54, kapasitas = 8 - 10 ton/jam Material shell Q 235-A Granularitas umpan ≤ 100 mm	1
17	M 003 A, B	Recycle Crusher	W-0304, electromotor : 18.5 kW, IP 54 kapasitas = 8 - 15 ton/jam Material shell Q 235-A Granularitas umpan ≤ 120 mm	2
18	M 004	Scrubber pool mixer	CX-15, electromotor = 15 kW, IP 55 Material = air	1
19	M 005	Urea tank mixer	Electromotor = 7.5 kW, IP 54 Material = urea	1

Agitator & Screen

20	X 001	Mix material Agitator	φ 2000 x 4000 mm, material shell Q 253-A Electromotor = Y180L-6, 15 kW, IP 54	1
21	X 002 A, B	#1 Screen	ZS1645, electromotor = 1.5 kW x 2, IP 54 Granularitas umpan ≤ 60 mm, Meshwork SS 304 Lubang screen = 5 x 5 mm contain mantle	2
22	X 003 A, B	#2 Screen	ZS1645, electromotor = 1.5 kW x 2, IP 54 Granularitas umpan ≤ 60 mm, Meshwork SS 304	2

			Lubang screen = 2.2 x 8 mm contain mantle	
<i>Elevator</i>				
23	L 003	KCL Elevator	TH 315, H = 6.4 m Electromotor = 5.5 kW, IP 54, kapasitas ≥40 m3/jam Speed = 1.2 m/s	1
24	L 004	Urea Elevator	TH 315, H = 8 m Electromotor = 5.5 kW, IP 54, kapasitas ≥ 30 m3/jam Speed = 1.2 m/s	1
25	L 005	DAP Elevator	TH 315, H = 8 m Electromotor = 5.5 kW, IP 54, kapasitas ≥40 m3/jam Speed = 1.2 m/s	1
26	L 006	Agitator inlet Elevator	TH 400, H = 9 m Electromotor = 7.5 kW, IP 54, kapasitas ≥ 60 m3/jam Speed = 1.2 m/s	1
27	L 009	Cooler inlet Elevator	TH 400, H = 8.5 m Electromotor = 7.5 kW, IP 54, kapasitas ≥ 60 m3/jam Speed = 1.2 m/s	1
28	L 011	#1 Screen inlet elevator	TH 400, H = 9.4 m Electromotor = 7.5 kW, IP 54, kapasitas ≥ 60 m3/jam Speed = 1.2 m/s	1
29	L 014	#2 Screen Inlet elevator	TH 400, H = 8 m Electromotor = 7.5 kW, IP 54, kapasitas ≥ 60 m3/jam Speed = 1.2 m/s	1
30	L 018	Bagging inlet elevator	TH 400, H = 9 m Electromotor = 7.5 kW, IP 54, kapasitas ≥ 60 m3/jam	1

31	L 020	Urea solution inlet elevator	Speed = 1.2 m/s TH 315, H = 6.4 m Electromotor = 5.5 kW, IP 54, kapasitas ≥ 30 m ³ /jam Speed = 1.2 m/s	1
<i>Conveyor</i>				
32	L 001	Mix Conveyor	B 800, L = 15 m, α = 0° Electromotor = 5.5 kW, IP 54, kapasitas ≥ 60 m ³ /jam, speed = 0.8 m/s	1
33	L 002 A, B, C	#1 - #3 Weight conveyor	DEL=650, L = 2.3 m, α = 0° Electromotor = 1.1 kW, IP 54, kapasitas ≥ 40 m ³ /jam, speed = 0.3 m/s	3
34	L 002 G	Urea weight conveyor	DEL-650, L = 1.8 m, α = 0° Electromotor = 1.1 kW, IP 54, kapasitas ≥ 40 m ³ /jam, speed = 0.3 m/s	1
35	L 002 D, E, F	#4 - #6 Weight conveyor	DEL-800, L = 2.3 m, α = 0° Electromotor = 1.5 kW, IP 54, kapasitas ≥ 60 m ³ /jam, speed = 0.3 m/s	3
36	L 007	Granulator outlet conveyor	B 800, L = 26 m, α = 14° Electromotor = 7.5 kW, IP 54, kapasitas ≥ 60 m ³ /jam, speed = 0.8 m/s	1
37	L 008	Dryer outlet conveyor	B 800, L = 3.5 m, α = 3° Electromotor = 4 kW, IP 54, kapasitas ≥ 60 m ³ /jam, speed = 0.8 m/s	1
38	L 010	Cooler outlet conveyor	B 800, L = 6 m, α = 7° Electromotor = 4 kW, IP 54, kapasitas ≥ 60 m ³ /jam, speed = 0.8 m/s	1
39	L 012 A	Screen crusher outlet conveyor	B 800, L = 13 m, α = 9° Electromotor = 5.5 kW, IP 54, kapasitas ≥ 40 m ³ /jam, speed = 0.8 m/s	1

40	L 012 B	Cyclone recycle conveyor	B 800, L = 15 m, $\alpha = 0^{\circ}$ Electromotor = 5.5 kW, IP 54, kapasitas ≥ 40 m ³ /jam, speed = 0.8 m/s	1
41	L 013	#1 Screen outlet conveyor	B 800, L = 8.5 m, $\alpha = 10^{\circ}$ Electromotor = 4 kW, IP 54, kapasitas ≥ 60 m ³ /jam, speed = 0.8 m/s	1
42	L 015 A	#2 screen outlet conveyor	B 800, L = 7.5 m, $\alpha = 8^{\circ}$ Electromotor = 4 kW, IP 54, kapasitas ≥ 60 m ³ /jam, speed = 0.8 m/s	1
43	L 015 B	#2 Screen outlet conveyor	B 800, L = 6 m, $\alpha = 10^{\circ}$ Electromotor = 4 kW, IP 54, kapasitas ≥ 60 m ³ /jam, speed = 0.8 m/s	1
44	L 016	Coater inlet conveyor	B 800, L = 15 m, $\alpha = 9^{\circ}$ Electromotor = 5.5 kW, IP 54, kapasitas ≥ 40 m ³ /jam, speed = 0.8 m/s	1
45	L 017	Coater outlet conveyor	B 800, L = 3.5 m, $\alpha = 0^{\circ}$ Electromotor = 4 kW, IP 54, kapasitas ≥ 60 m ³ /jam, speed = 0.8 m/s	1
46	L 019 A, B	Sewing conveyor	B 400, L = 2.5 m, $\alpha = 0^{\circ}$ Electromotor = 0.55 kW, IP 54, kapasitas ≥ 40 m ³ /jam, speed = 1.2 m/s	2
Fan				
47	C 001 A	NG gas burner fan	GAS 19 P/M electromotor = 12 kW, speed = 2900 rpm	1
48	C 001 B	Oil burner fan	P450PG electromotor = 15 kW, speed = 2900 rpm	1
49	C 002	Dillution fan	arah kanan 90° 4-84 N0.2-9E, M2JA225M-4, 45 kW, IP54 Ada adjust valve	1

50	C 003	Dryer Fan	<p>Q = 76000 m³/jam, tekanan = 1200 Pa</p> <p>Manufacturer = wu han san lian</p> <p>arah kanan 90 °</p> <p>4-72-12C, CS Y280S-4, 75 kW, IP 55</p> <p>Speed = 1120 rpm</p> <p>Q = 53978-75552 m³/jam</p> <p>P = 2172-2746 Pa, Temp. 20 degC</p>	1
51	C 004	Solution & granulator fan	<p>arah kiri 90°</p> <p>4-72N09C Y160M-4, 11 kW, IP 54</p> <p>Speed = 250 rpm, Material FRP & SS304</p> <p>P = 1199 - 1514 Pa, Temp. 20 degC</p> <p>Manufacturer = Xi'an simo</p> <p>Q = 13463-25297 m³/jam</p>	1
52	C 005	Cooler fan	<p>arah kanan 90 °</p> <p>4-72-12C Y225M-4, 37 kW, IP 55</p> <p>Speed = 900 rpm</p> <p>P = 1399 - 1767 Pa, Temp. 20 degC</p> <p>Manufacturer = Xi'an simo</p> <p>Q = 43375 - 60712 m³/jam</p>	1
53	C 006	De-duster fan	<p>arah kanan 90 °</p> <p>4-72N08C Y160M-4, 11 kW, IP55</p> <p>speed = 1250 rpm</p> <p>P = 1199 - 1514 Pa, Temp. 20 degC</p> <p>Manufacturer = Xi'an simo</p> <p>Q = 13463-25297 m³/jam</p>	1

Furnace

54	F 001	Hot air furnace	SLRFL-300 P = 12-15 kg/cm ² kapasitas = 300 x 10 ⁴ kcal/jam Manufacturer = wu han san lian	1
----	-------	-----------------	---	---

Dust collector

55	X 006 A,B	Dryer cyclone	φ 1816 mm Speed = 12 - 18 m/s P = 600 - 3000 Pa Q = 50390 - 75500 m ³ /jam efisiensi = 92.3-94.3 % material shell Q 235-A Manufacturer = jingzhou lingda	2
56	X 007 A, B	Cooler cyclone	φ 1612 mm Speed = 12 - 18 m/s P = 600 - 3000 Pa Q = 39800 - 59600 m ³ /jam efisiensi = 92.3-94.3 % material shell Q 235-A Manufacturer = jingzhou lingda	2
57	X 008	De-dust cyclone	φ 1612 mm Speed = 12 - 18 m/s P = 600 - 3000 Pa Q = 19900- 29800 m ³ /jam efisiensi = 92.3-94.3 % material shell Q 235-A	1

58	S 001	Scrubber	<p>Manufacturer = jingzhou lingda</p> <p>ϕ 5000 x 10000 mm + ϕ 2000x 30000 mm</p> <p>Material FRP, top cover = SS 304</p> <p>Manufacturer = Wuxi</p>	1
<i>Pump</i>				
59	P 001	Urea solution pump	<p>65FY-50</p> <p>Q = 25 m³/jam,</p> <p>Material = SS316L, Head = 41 m</p> <p>Electromotor = 132S2-2, speed = 2930 rpm</p> <p>75 kW, IP 55</p>	2
60	P 002	Coating oil pump	<p>J-X80/0.4B</p> <p>Material = carbon steel</p> <p>Q = 80 L/jam, P=0.4 Mpa</p> <p>0.37 kW, IP54, speed = 2900 rpm</p>	1
61	P 003	Scrubber circulation pump	<p>100FDU-50-115/30-C3</p> <p>Material =engineering plastic</p> <p>Q = 115 m³/jam, Head = 30m, P=22 kW</p> <p>Speed = 1450 rpm, IP 55</p>	1
62	P 004	Scrubber water feeding pump	<p>50FUH-30-15/20-C3</p> <p>Q = 15 m³/jam, Head = 15 m, P=0.4 kW</p> <p>Speed = 1450 rpm, IP 55</p> <p>Material =engineering plastic</p>	1
63	P 005	Electric hoist	<p>H = 6 m</p> <p>Main motor, P=1.5 kW</p> <p>Orbit = 25a-45c</p> <p>L=12500 mm</p>	1

64	C1	Air compressor	V-0.9/9 Q = 0.9 m ³ /s, P = 0.8 Mpa N = 7.5 kW, IP 54 kapasitas = 170 L	1
----	----	----------------	---	---

