

PERUSAHAAN
PT ADHI KARYA SEMARANG
TEL. (021) 20000578
NO. SURAT: 000578
NO. RESI: S12000057801

TUGAS AKHIR

**OPTIMALISASI PERSEDIAAN BAHAN BAKU PADA
INDUSTRI BETON JADI MENGGUNAKAN METODE
PERAMALAN DAN METODE ECONOMIC ORDER
QUANTITY DENGAN PROGRAM EXCEL**

STUDI KASUS PT ADHI KARYA SEMARANG

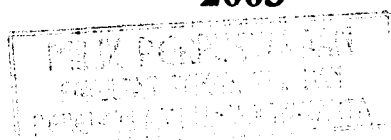


HILYATI RIVAI BUNGSU
No. Mhs. 97 511 047

ULFAHDEWI KARTIKA RAHMAWATI
No. Mhs. 97 511 414

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2003



TUGAS AKHIR

OPTIMALISASI PERSEDIAAN BAHAN BAKU PADA INDUSTRI BETON JADI MENGGUNAKAN METODE PERAMALAN DAN METODE ECONOMIC ORDER QUANTITY DENGAN PROGRAM EXCEL

Disusun oleh :

NAMA : HILYATI RIVAI BUNGSU

NO MHS : 97 511 047

NAMA : ULFAHDEWI KARTIKA RAHMAWATI

NO MHS : 97 511 414

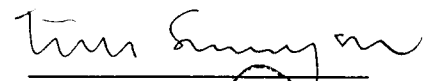
Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. Hj. TUTI SUMARNINGSIH, ST, MT.

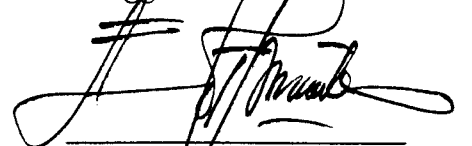
DOSEN PEMBIMBING I

DR. Ir. EDY PURWANTO, Ces, DEA.

DOSEN PEMBIMBING II



Tanggal : 10-7-03



Tanggal 10-07-2003

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan berkah dan inayah-Nya, sholawat dan salam semoga senantiasa ditetapkan atas Nabi Muhammad SAW, keluarganya, para sahabat, dan seluruh pengikut setianya sampai akhir zaman, yang membuat segalanya menjadi mungkin sehingga pada saat ini penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir, yang merupakan salah satu syarat kelengkapan untuk menyelesaikan program S-1 Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa masih banyak kekurangan baik dari segi materi maupun susunan bahasanya yang membuat tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik yang membangun dan saran yang dapat memberikan manfaat dan dorongan bagi peningkatan kemampuan penulis.

Untuk itu tidak berlebihan kiranya jika pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. H. Widodo, Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

2. Bapak Ir. H. Munadhir, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
3. Ibu Ir. Hj Tuti Sumarningsih, MT, selaku Dosen Pembimbing I.
4. Bapak. DR. Ir. Edy Purwanto, Ces, DEA, selaku Dosen Pembimbing II.
5. Bapak Ir. H. Tadjuddin BM Aris, MT, selaku Dosen Penguji.
6. Semua pihak yang telah membantu penyusun selama pelaksanaan dan penyusunan Laporan Tugas Akhir.

Akhirnya besar harapan penulis semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis secara pribadi dan bagi siapa saja yang membacanya. Penulis menyadari bahwa laporan ini jauh dari sempurna dan penulis terbuka menerima kritik dan saran serta untuk berdiskusi dengan pembaca.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Juli 2003

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------|
| LEMBAR JUDUL..... | i |
| LEMBAR PENGESAHAN | ii |
| KATA PENGANTAR..... | iii |
| HALAMAN PERSEMBAHAN..... | v |
| MOTTO | vii |
| DAFTAR ISI..... | viii |
| DAFTAR GAMBAR..... | xiii |
| DAFTAR TABEL | xiv |
| DAFTAR LAMPIRAN | xviii |
| ABSTRAKSI..... | xix |
| | |
| BAB I PENDAHULUAN | |
| 1.1 Latar Belakang Masalah..... | 1 |
| 1.2 Maksud dan tujuan | 2 |
| 1.3 Manfaat..... | 3 |
| 1.4 Batasan masalah..... | 3 |
| | |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | |
| 2.1 Penelitian Assaf et al (1995)..... | 5 |

| | | |
|-----|--|---|
| 2.2 | Penelitian Buana HSH (2000)..... | 5 |
| 2.3 | Penelitian Kushartanto Ahmad S dan Rahmad Junaedik (2000)..... | 5 |
| 2.4 | Penelitian Liana Ningsih S (2000)..... | 6 |
| 2.5 | Penelitian Tri Vadli (2000)..... | 6 |
| 2.6 | Penelitian Nugroho Hari W dan Dwianto Wahyu R (2002)..... | 7 |

BAB III LANDASAN TEORI

| | | |
|-------|---|----|
| 3.1 | Sistem manajemen logistik..... | 9 |
| 3.2 | Perencanaan | 9 |
| 3.2.1 | Perencanaan produksi..... | 9 |
| 3.2.2 | Perencanaan sumber daya manusia | 11 |
| 3.3 | Pengadaan..... | 12 |
| 3.3.1 | Proses produksi | 12 |
| 3.3.2 | Sistem produksi..... | 12 |
| 3.3.3 | Siklus produksi..... | 13 |
| 3.4 | Teori peramalan | 13 |
| 3.4.1 | Metode peramalan | 14 |
| 3.4.2 | Pendekatan peramalan | 15 |
| 3.4.3 | Pemilihan penggunaan metode peramalan | 23 |
| 3.4.4 | Keakuratan dan kontrol peramalan | 24 |
| 3.5 | Metode EOQ..... | 27 |

BAB IV METODA PENELITIAN

| | | |
|-----|---------------------------------------|----|
| 4.1 | Lokasi pengambilan data..... | 31 |
| 4.2 | Bahan-bahan dan data penelitian | 31 |
| 4.3 | Langkah-langkah penelitian..... | 33 |

BAB V ANALISIS MODEL PERSEDIAAN

| | | |
|-------|--|----|
| 5.1 | Pembacaan material | 35 |
| 5.2 | Pengolahan data | 37 |
| 5.2.1 | Peramalan pemakaian untuk material semen | 39 |
| 5.2.2 | Peramalan pemakaian untuk material pasir | 49 |
| 5.2.3 | Peramalan pemakaian untuk material split | 60 |
| 5.2.4 | Pemantauan akurasi hasil peramalan..... | 71 |
| 5.3 | Analisis biaya satuan persediaan | 81 |
| 5.3.1 | Kapasitas tempat penyimpanan..... | 81 |
| 5.3.2 | Biaya pembelian..... | 81 |
| 5.3.3 | Biaya pemesanan..... | 81 |
| 5.3.4 | Biaya penyimpanan | 82 |
| 5.4 | Penentuan jumlah pemesanan optimal | 82 |
| 5.4.1 | Semen | 82 |
| 5.4.2 | Pasir | 82 |
| 5.4.3 | Split..... | 83 |
| 5.5 | Penentuan cadangan penyangga | 83 |
| 5.5.1 | Perhitungan standar deviasi | 84 |

| | | |
|-------|--|----|
| 5.5.2 | Perhitungan cadangan penyangga | 84 |
| 5.6 | Penentuan titik pemesanan kembali | 88 |
| 5.6.1 | Semen | 88 |
| 5.6.2 | Pasir | 89 |
| 5.6.3 | Split..... | 89 |
| 5.7 | Siklus pemesanan kembali..... | 91 |
| 5.7.1 | Siklus semen | 91 |
| 5.7.2 | Siklus pasir..... | 91 |
| 5.7.3 | Siklus split..... | 91 |
| 5.8 | Penentuan biaya persediaan total | 91 |
| 5.8.1 | Biaya persediaan total material semen | 91 |
| 5.8.2 | Biaya persediaan total material pasir..... | 92 |
| 5.8.3 | Biaya persediaan total material split | 92 |
| 5.9 | Perbandingan alternatif <i>lead time</i> | 92 |
| 5.9.1 | <i>Lead time</i> 1 hari..... | 92 |
| 5.9.2 | <i>Lead time</i> 6 hari..... | 93 |
| 5.9.3 | <i>Lead time</i> 9 hari..... | 93 |
| 5.10 | Perbandingan biaya total persediaan | 94 |

BAB VI PEMBAHASAN

| | | |
|-----|---------------------------------|----|
| 6.1 | Umum..... | 98 |
| 6.2 | Orientasi obyek penelitian..... | 98 |
| 6.3 | Analisis data..... | 99 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 6.3.1 | Peramalan..... | 99 |
| 6.3.2 | Pemantauan hasil peramalan..... | 100 |
| 6.3.3 | Analisis model persediaan | 100 |
| 6.4 | Pengendalian persediaan material pada perusahaan PT. Adhi Karya Semarang..... | 102 |

BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN

| | | |
|-----|-----------------|-----|
| 7.1 | Kesimpulan..... | 104 |
| 7.2 | Saran..... | 105 |

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 3.1 Sistem produksi industri beton jadi
- Gambar 3.2 Pembagian kategori Metode Peramalan
- Gambar 3.3 Grafik metode deret berkala
- Gambar 3.4 Kurva nilai batas kontrol penilaian *tracking signal*
- Gambar 3.5 Model persediaan
- Gambar 4.1 *Flowchart* penelitian
- Gambar 5.1 Hasil plot pemakaian semen PT. Adhi Karya, Semarang
- Gambar 5.2 Hasil plot pemakaian split PT. Adhi Karya, Semarang
- Gambar 5.3 Hasil plot pemakaian pasir PT. Adhi Karya, Semarang
- Gambar 5.4 Hasil plot kontrol *tracking signal* semen
- Gambar 5.5 Hasil plot kontrol *tracking signal* pasir
- Gambar 5.6 Hasil plot kontrol *tracking signal* split
- Gambar 5.7 Grafik tingkat sediaan untuk material semen
- Gambar 5.8 Grafik tingkat sediaan untuk material pasir
- Gambar 5.9 Grafik tingkat sediaan untuk material split
- Gambar 5.10 Grafik perbandingan *lead time*
- Gambar 6.1 Grafik perbandingan *lead time* dan biaya total persediaan

DAFTAR TABEL

- Tabel 3.1 Panduan pemilihan teknik peramalan
- Tabel 5.1 Data pemakaian material bahan baku 1998-2002 PT. Adhi Karya, Semarang
- Tabel 5.2 *Forecast* semen *Weight Moving Average* selama 60 bulan
- Tabel 5.3 Perhitungan alpha dan beta *Exponential Smoothing with Linear Trend* untuk material semen
- Tabel 5.4 *Forecast* semen *Exponential Smoothing with Linear Trend* selama 60 bulan
- Tabel 5.5 Perhitungan alpha dan beta *Double Exponential Smoothing with Linear Trend* untuk material semen
- Tabel 5.6 *Forecast* semen *Double Exponential Smoothing with Linear Trend* selama 60 bulan
- Tabel 5.7 Perbandingan fungsi peramalan pemakaian semen
- Tabel 5.8 Nilai peramalan semen untuk tahun 2003
- Tabel 5.9 Peramalan pemakaian material semen
- Tabel 5.10 *Forecast* pasir *Weight Moving Average* selama 60 bulan
- Tabel 5.11 Perhitungan alpha dan beta *Exponential Smoothing with Linear Trend* untuk material pasir

- Tabel 5.12 *Forecast pasir Exponential Smoothing with Linear Trend* selama 60 bulan
- Tabel 5.13 Perhitungan alpha dan beta *Double Exponential Smoothing with Linear Trend* untuk material pasir
- Tabel 5.14 *Forecast pasir Double Exponential Smoothing with Linear Trend* selama 60 bulan
- Tabel 5.15 Perbandingan fungsi peramalan pemakaian pasir
- Tabel 5.16 Nilai peramalan pasir untuk tahun 2003
- Tabel 5.17 Peramalan pemakaian material pasir
- Tabel 5.18 *Forecast split Weight Moving Average* selama 60 bulan
- Tabel 5.19 Perhitungan alpha dan beta *Exponential Smoothing with Linear Trend* untuk material split
- Tabel 5.20 *Forecast split Exponential Smoothing with Linear Trend* selama 60 bulan
- Tabel 5.21 Perhitungan alpha dan beta *Double Exponential Smoothing with Linear Trend* untuk material split
- Tabel 5.22 *Forecast split Double Exponential Smoothing with Linear Trend* selama 60 bulan
- Tabel 5.23 Perbandingan fungsi peramalan pemakaian split
- Tabel 5.24 Nilai peramalan split untuk tahun 2003
- Tabel 5.25 Peramalan pemakaian material split
- Tabel 5.26 Perhitungan nilai *tracking signal* material semen
- Tabel 5.27 Perhitungan nilai *tracking signal* material pasir

- Tabel 5.28 Perhitungan nilai *tracking signal* material split
- Tabel 5.29 *Check* jumlah persediaan total terhadap gudang tingkat layanan 95% dengan waktu tunggu 3 hari
- Tabel 5.30 *Check* jumlah persediaan total terhadap gudang tingkat layanan 90% dengan waktu tunggu 3 hari
- Tabel 5.31 *Check* jumlah persediaan total terhadap gudang tingkat layanan 85% dengan waktu tunggu 3 hari
- Tabel 5.32 Biaya persediaan total terhadap siklus dengan waktu tunggu 3 hari
- Tabel 5.33 *Check* jumlah persediaan total terhadap gudang tingkat layanan 95% dengan waktu tunggu 1 hari
- Tabel 5.34 *Check* jumlah persediaan total terhadap gudang tingkat layanan 90% dengan waktu tunggu 1 hari
- Tabel 5.35 *Check* jumlah persediaan total terhadap gudang tingkat layanan 85% dengan waktu tunggu 1 hari
- Tabel 5.36 *Check* jumlah persediaan total terhadap gudang tingkat layanan 95% dengan waktu tunggu 6 hari
- Tabel 5.37 *Check* jumlah persediaan total terhadap gudang tingkat layanan 90% dengan waktu tunggu 6 hari
- Tabel 5.38 *Check* jumlah persediaan total terhadap gudang tingkat layanan 85% dengan waktu tunggu 6 hari
- Tabel 5.39 *Check* jumlah persediaan total terhadap gudang tingkat layanan 95% dengan waktu tunggu 9 hari

- Tabel 5.40 *Check* jumlah persediaan total terhadap gudang tingkat layanan 90% dengan waktu tunggu 9 hari
- Tabel 5.41 *Check* jumlah persediaan total terhadap gudang tingkat layanan 85% dengan waktu tunggu 9 hari
- Tabel 5.42 Perbandingan biaya persediaan total terhadap 3 *lead time*
- Tabel 6.1 Pengaturan persediaan material beton jadi

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 : Kartu Peserta Tugas Akhir
- Lampiran 2 : Data Material perusahaan PT. Adhi Karya, Semarang
- Lampiran 3 : Hasil perhitungan standar deviasi untuk material
Tabel nilai kritis untuk uji *Lilliefors*

ABSTRAK

Pengelolaan material sangat besar peranannya dalam pelaksanaan proyek. Pada industri beton jadi (*readymix*), diperlukan mekanisme tertentu yang mencakup aspek perencanaan dan pengadaan material, sebagai fungsi dari manajemen logistik. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung persediaan material bahan baku yang optimal dengan biaya yang ekonomis menggunakan metode peramalan (*forecasting*) dan metode *Economic Order Quantity* (EOQ) pada industri beton jadi.

Data perusahaan industri beton jadi yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari PT. Adhi Karya, Semarang. Material yang digunakan adalah semen, pasir, dan split dengan data pemakaian material selama 5 tahun terakhir (1998-2002).

Analisis model persediaan menggunakan metode peramalan dan Analisis model biaya total persediaan menggunakan metode *Economic Order Quantity* (EOQ). Peneliti menganalisis empat *lead time* (waktu tunggu), dengan membatasi *service level* 85% sehingga diperoleh jumlah material yang optimal dengan biaya yang paling ekonomis. *Lead time* 6 hari ternyata mampu memberikan jumlah yang optimum untuk material semen sebesar 81,772 ton dengan biaya total persediaan sebesar Rp 148.727,219 dan material pasir 189,134 m³, sedangkan *lead time* 9 hari mampu memberikan jumlah optimum untuk material split sebesar 179,24 m³ dengan dengan biaya total persediaan sebesar Rp 1.731.556.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pembangunan nasional yang dilakukan oleh bangsa Indonesia dewasa ini meliputi berbagai bidang kehidupan dan keberhasilannya perlu didukung dengan kemampuan manajemen yang lebih baik. Pembangunan memerlukan penggunaan sains dan teknologi, keterampilan dan kemampuan yang professional. Salah satu manajemen di dalam dunia jasa konstruksi adalah manajemen logistik. Manajemen logistik ini sangat diperlukan sekali guna menunjang tercapainya tujuan pelaksanaan suatu proyek yang meliputi, perencanaan, pengadaan dan pengendalian material atau bahan tepat waktu sesuai dengan jadwal pelaksanaan pekerjaan yang telah ditentukan sehingga tercapai biaya hemat dan mutu yang cermat.

Dalam pelaksanaan pekerjaan, baik pekerjaan bangunan gedung maupun bangunan sipil, material merupakan bahan utama pembentuk bangunan dan sangat menentukan mutu bangunan tersebut. Tentunya diharapkan umur bangunan sesuai dengan umur yang telah direncanakan pada tahap perencanaan dan dituangkan pada spesifikasi teknis yang menjadi dasar pada dokumen surat perjanjian (kontrak) yang telah disetujui dan ditandatangani oleh pemberi tugas (*owner*) dan pelaksana pekerjaan (kontraktor).

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pengadaan bahan baku adalah masalah pengendalian persediaan. Dalam hal ini sering terjadi penumpukan bahan baku (*over stock material*) atau kekurangan bahan baku (*under stock material*), yang disebabkan karena terbatasnya sumber daya yang ada antara lain kapasitas tempat penyimpanan, ketersediaan material yang diperlukan. Penumpukan pada industri beton *readymix* ini akan mengakibatkan beberapa kerugian, misalnya borosnya pemakaian tempat penyimpanan, memperbesar beban bunga, memperbesar kemungkinan kerusakan material yang mengakibatkan turunnya kualitas barang produksi. Demikian juga sebaliknya, apabila terjadi kekurangan persediaan material dapat mengakibatkan perusahaan mengalami resiko keterlambatan atau bahkan kemacetan kegiatan, sehingga tidak mustahil perusahaan kehilangan kesempatan mendapatkan keuntungan karena tidak dapat memenuhi pesanan konsumen.

Untuk mendukung pengadaan material dengan mutu yang lebih baik diperlukan suatu sistem manajemen logistik yang mengatur pengendalian material baik pengendalian dalam perencanaan kebutuhan material, pengangkutan material dan pada saat penerimaan serta penyimpanan material di lokasi pekerjaan.

1.2 Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan yang ingin dicapai dari penulisan tugas akhir ini adalah menyusun persediaan material bahan baku yang optimal dengan biaya yang ekonomis menggunakan metode peramalan (*forecasting*) dan metode *Economic Order Quantity* (EOQ) pada industri beton jadi.

1.3 Manfaat

Manfaat dari penulisan tugas akhir ini bagi penyusun antara lain :

1. Untuk mendapatkan pengetahuan tentang industri beton jadi (*readymix*)
2. Dapat mengetahui cara pengendalian persediaan material bahan baku yang optimal pada industri beton jadi, agar nantinya hal tersebut bisa digunakan sebagai pedoman bila bekerja pada bidang yang sama.

Sedangkan manfaat bagi perusahaan beton jadi antara lain :

1. Mendapatkan metode pengendalian persediaan material optimal
2. Kebutuhan material bahan baku industri beton *readymix* dapat selalu terpenuhi dengan biaya seminimal mungkin.
3. Harga beton *readymix* untuk setiap unitnya (m^3) dapat diproduksi dengan biaya ekonomis dan mutu produksinya dapat bersaing di pasaran.

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian dapat terarah sesuai dengan maksud dan tujuan penulisan tugas akhir ini maka diperlukan batasan-batasan, antara lain :

1. Penulisan tugas akhir ini menggunakan data material bahan baku semen, pasir, dan split sebagai komponen yang dominan dalam beton.
2. Penentuan distribusi material bahan baku diperoleh dari data dalam kurun waktu 5 tahun.
3. Ketersediaan material yang dibutuhkan diperhitungkan berdasarkan selang waktu antara pemesanan dengan pengiriman material atau material tiba sampai di tempat penyimpanan.
4. Material bahan baku diasumsikan selalu tersedia di pasaran.

5. Harga satuan yang digunakan sebagai variable adalah harga yang berlaku pada kontrak saat itu.
6. Peramalan (*forecasting*) jumlah material yang akan dibutuhkan pada waktu yang akan datang menggunakan program Microsoft Excel XP.
7. Metode optimasi menggunakan metode Jumlah Pemesanan Ekonomis (*Economic Order Quantity = EOQ*).
8. Data-data yang digunakan adalah dari industri beton jadi PT. Adhi Karya, Semarang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Assaf et al (1995)

Penelitian yang dilakukan oleh Assaf et al berjudul *Causes of Delay in Large Building Construction Projects*, mengambil topik mengenai keterlambatan suatu proyek yang disebabkan antara lain lambatnya pengiriman bahan, kerusakan material akibat penyimpanan dan kekurangan bahan, kekurangan tenaga kerja, kekurangan keahlian kerusakan peralatan dan kekurangan peralatan dan produktivitas alat rendah.

2.2 Penelitian Buana HSH (2000)

Judul Tesis “Praktek Manajemen Perencanaan dan Pengendalian Material Proyek Konstruksi di DIY”. Penelitian ini mengambil topik perencanaan dan pengendalian material dengan hasil analisis adalah kegiatan yang paling penting dalam merencanakan pelaksanaan pekerjaan adalah menentukan tingkat detail perencanaan/pengendalian dan memperhatikan penyusunan milestone *schedule*.

2.3 Penelitian Kushartanto Ahmad S. dan Rahmad Junaedik (2000)

Judul penelitian “ Manajemen Persediaan Material Pada Industri Beton Jadi “ dengan mengambil objek penelitian pada PT. Jaya Ready Mix, Yogyakarta. Penelitian dilakukan dengan menggunakan pendekatan *Operation Research*. Data

dianalisis dengan metode yang lazim dipakai di dunia manajemen untuk menentukan titik pemesanan kembali (*reorder point*), cadangan penyangga (*buffer stock*), jumlah pesanan optimum dan siklus pemesanan optimum dengan menggunakan metode jumlah pesanan ekonomis (*EOQ = Economic Order Quantity*).

Hasil yang didapat dari penelitian ini adalah biaya total persediaan yang minimal dicapai pada saat melakukan pesanan material dengan jumlah optimal dan dilakukan sesuai dengan siklus yang terencana.

Biaya total persediaan yang paling minimal menunjukkan bahwa pengaturan persediaan yang optimal telah tercapai.

2.4 Penelitian Liana Ningsih S (2000)

Judul Penelitian “Pengendalian Biaya Konstruksi Studi Kasus di Indonesia”. Penelitian ini mengambil topik mengenai pengendalian material dimana faktor-faktor dominan yang berpengaruh dalam sistem pengendalian biaya di Indonesia antara lain : (a) waktu penyelesaian proyek; (b) keahlian dan pengalaman tenaga kerja; (c) biaya dan jenis material; (d) proses pengadaan material; (e) ketepatan waktu pemantauan proyek. Sistem pengendalian yang biasa digunakan di Indonesia adalah identifikasi analisis varian, kriteria sistem pengendalian biaya dan jadwal, konsep nilai hasil dan rekayasa nilai.

2.5 Penelitian Tri Vadli (2000)

Judul penelitian “Analisis Faktor Keterlambatan Pada Pelaksanaan Proyek Konstruksi Menurut Persepsi Pengguna Jasa dan Penyedia Jasa di DIY”. Penelitian ini mengambil topik mengenai penyebab-penyebab keterlambatan dengan hasil penelitian adalah faktor-faktor keterlambatan sebuah proyek disebabkan oleh

beberapa hal antara lain kekurangan bahan/material konstruksi, kelangkaan material di pasaran dan *force majeure* (gempa, banjir, kebakaran). Selain itu disebabkan oleh keterlambatan pembayaran termin oleh *owner*.

2.6 Penelitian Nugroho Hari W. dan Dwianto Wahyu R. (2002)

Judul penelitian “Optimalisasi Persediaan Material Pada Beton Jadi pada PT. Karya Beton, Yogyakarta”, Penelitian ini mengambil topik tentang penggunaan metode peramalan dalam mengoptimalkan persediaan material pada industri beton jadi. Data yang digunakan diambil dari PT. Karya Beton, Yogyakarta dan dianalisis berdasarkan rata-rata pemakaian material setiap bulan dalam 4 tahun sebelumnya dan diolah menggunakan program QS (*Quantitative System*) ver. 3.

Hasil analisis berupa susunan suatu perencanaan pengendalian persediaan sehingga dalam persediaan tidak terjadi overstock maupun understock material, dan lebih jauh lagi dapat mempengaruhi efisiensi dan efektivitas biaya produksi dari PT. Karya Beton, Yogyakarta.

Pada penelitian ini, penulis ingin meneliti manajemen logistik pada perusahaan industri beton jadi di dalam melakukan persediaan bahan baku agar tercapai persediaan yang optimal serta biaya yang paling ekonomis menggunakan metode peramalan (*Forecasting*) dan metode *Economic Order Quantity* (EOQ). Penelitian ini merupakan gabungan dari dua penelitian sebelumnya, yaitu penelitian Kushartanto Ahmad S dan Rahmad Junaedik (2000) serta penelitian Nugroho Hari W dan Dwianto Wahyu R (2002). Penggunaan metode peramalan disebabkan oleh beberapa faktor antara lain meningkatnya kompleksitas perusahaan dan lingkungannya. Dengan meningkatnya ukuran sebuah perusahaan, maka bobot suatu

keputusan meningkat pula. Sehubungan dengan hal tersebut, pengembangan metode peramalan dan pengetahuan yang menyangkut aplikasinya memungkinkan adanya penerapan secara langsung oleh para praktisi daripada hanya dilakukan oleh para teknisi ahli. Penggunaan metode EOQ karena metode tersebut mempunyai prinsip pengaturan persediaan yang paling ekonomis, dengan cara memperhitungkan cadangan penyangga, jumlah pesanan optimum, dan titik pemesanan kembali.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Sistem Manajemen Logistik

Pelaksanaan proyek sangat tergantung pada kelancaran penyediaan sumber daya material dalam volume yang cukup, mutu sesuai dengan persyaratan spesifikasi dan waktu yang sesuai dengan jadwal pengadaan material di proyek. Pengelolaan material sangat besar peranannya dalam pelaksanaan proyek, diperlukan mekanisme tertentu yang mencakup aspek perencanaan material, pengadaan material, sebagai fungsi dari manajemen logistik proyek. Sistem manajemen logistik yang diterapkan di sini meliputi perencanaan dan pengadaan.

3.2 Perencanaan

Pengelolaan logistik yang cenderung makin kompleks dalam pelaksanaannya akan sangat sulit bila dikaitkan dengan pengendalian mutu apabila tidak didasari dengan perencanaan yang matang. Cakupan dalam perencanaan adalah perencanaan produksi dan perencanaan sumber daya manusia

3.2.1 Perencanaan Produksi

Sebelum membahas perencanaan produksi, terlebih dahulu perlu diketahui apa yang dimaksud dengan perencanaan dan produksi itu sendiri. Perencanaan adalah proses berpikir tentang tindakan-tindakan yang ditujukan untuk masa yang

akan datang, berdasarkan jalan pikiran itu sendiri. Jadi dalam perencanaan ada 4 pokok masalah yang menjadi pertimbangan yaitu : proses berpikir, tindakan-tindakan, masa yang akan datang, dan jalan pikiran. Perencanaan untuk kebutuhan material yang akan datang terkadang diharapkan kepada hal-hal atau masalah-masalah yang tidak pasti.

Fungsi perencanaan produksi adalah untuk merencanakan strategi yang berhubungan dengan tingkat permintaan. Kebutuhan permintaan atau penjualan merupakan peramalan penjualan produksi perusahaan untuk suatu periode perencanaan di masa yang akan datang, dengan kata lain kebutuhan permintaan adalah peramalan potensi pasar produk. Permintaan yang bervariasi menyebabkan perencanaan produksi menjadi penting karena strategi produksi yang tersusun dapat meminimalkan resiko yang diakibatkan oleh kondisi tersebut.

Di dalam persiapan perencanaan produksi terdapat tiga sumber :

1. Produksi yang ada atau yang sedang dilakukan.
2. Persediaan yang ada atau yang masih di gudang.
3. Produksi dan persediaan yang masih ada.

Dalam pembuatan rencana produksi, ada hal yang perlu diperhatikan dan bahkan menjadi suatu tuntutan agar rencana tersebut dinilai baik, yaitu :

1. Konsistensi dengan kebijaksanaan produksi.
2. Memenuhi permintaan yang ada.
3. Berada dalam batas kapasitas.
4. Meminimumkan biaya produksi.

Pada industri beton jadi (*readymix*), perencanaan proses produksi memegang peranan penting untuk dapat mencapai tujuan perusahaan. Perencanaan produksi ini merupakan acuan untuk kegiatan yang harus dilakukan pada proses produksi dalam industri. Dengan adanya perencanaan yang baik maka seluruh kegiatan dalam proses industri dapat dianalisa dan hal-hal yang dapat menghambat atau menunjang lancarnya produksi dapat diperkirakan dan dikendalikan.

3.2.2 Perencanaan sumber daya manusia

Salah satu sumber daya perusahaan beton jadi (*readymix*) yang paling penting adalah sumber daya manusia, yang meliputi :

a. Operator

Tenaga yang dibutuhkan untuk mengoperasikan seluruh sistem peralatan yang digunakan dalam industri tersebut, bertanggungjawab untuk menjalankan peralatan agar bekerja dan beroperasi sesuai dengan yang diinginkan.

b. Pengawas lapangan

Tenaga yang bertugas mengawasi dan mengontrol semua prosedur pekerjaan yang dilaksanakan. Terdiri dari pengawas di *batching plant* dan lokasi proyek.

c. Tenaga administratif

Tenaga yang dibutuhkan dalam kantor, untuk menangani pekerjaan catatan, arsip-arsip dan semua pekerjaan administratif lainnya.

Sumber daya manusia yang disebutkan di atas merupakan tenaga yang langsung bersinggungan dengan proses produksi, meskipun tenaga di bidang lain masih ada. Misalnya tenaga keamanan, bagian umum, dan lain-lain.

3.3 Pengadaan

Pengadaan adalah semua kegiatan dan usaha untuk menambah dan memenuhi kebutuhan bahan berdasarkan perencanaan yang berlaku dengan menciptakan sesuatu yang tadinya belum ada menjadi ada. Dalam proses pengadaan ini dilakukan proses pelaksanaan rencana pengadaan dari proses perencanaan dan penentuan kebutuhan bahan serta rencana biaya yang diperlukan. Proses pengadaan ini merupakan salah satu mata rantai dari proses-proses lainnya.

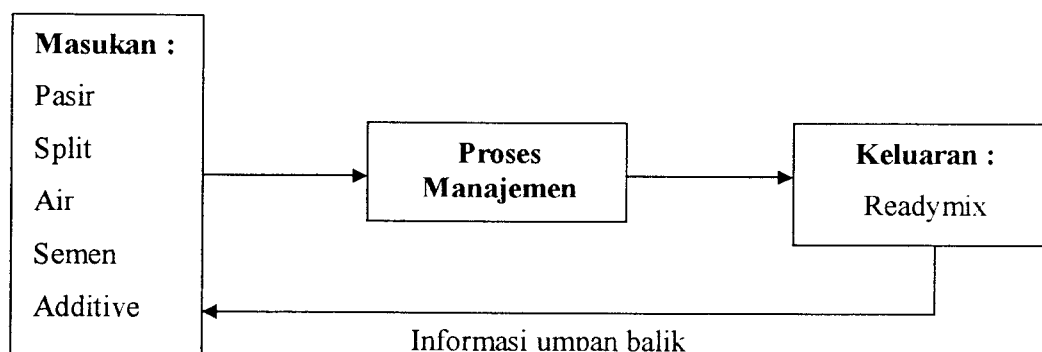
3.3.1 Proses Produksi

Proses produksi merupakan aktifitas lanjutan dari perencanaan yang akan mewujudkan tujuan dari perusahaan, mengikuti metode dan alur tertentu sesuai dengan jenis dan sistem yang dianut oleh perusahaan. Pertimbangan pengambilan sistem dan metode-metode yang diterapkan mengacu pada kelayakan usaha serta pengalaman dalam menangani industri beton jadi (*readymix*).

3.3.2 Sistem produksi

Sistem produksi merupakan suatu rangkaian produksi yang saling terkait, saling mempengaruhi satu dengan lainnya yang merupakan satu kesatuan pelaksanaan kegiatan, suatu keterkaitan unsur-unsur yang berbeda-beda secara terpadu, menyatu dan menyeluruh dalam mentransformasikan masukan menjadi

keluaran. Secara umum sistem produksi industri beton jadi (*readymix*) dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Sistem Produksi Industri beton jadi

3.3.3 Siklus produksi

Siklus produksi dari beton jadi (*readymix*) sangat sederhana, sesuai dengan sistem yang digunakan. Dimulai dari persiapan bahan baku (pasir, kerikil, semen, air, bahan penambah serta persiapan peralatan yang akan dipakai). Kemudian dilakukan penakaran (penimbangan) untuk masing-masing jenis material sesuai desain yang direncanakan. Setelah itu material tersebut dicampur pada *mixer* (*mixer-truck*) dengan pencampuran mengikuti aturan yang ditentukan. Pengadukan selesai apabila pengontrolan adukan secara visual menyatakan baik, dan selanjutnya beton yang sudah jadi diangkut ke lokasi pemesanan.

3.4 Teori Peramalan

Sebelum menentukan pemodelan manajemen persediaan material bahan baku, perusahaan beton jadi (*readymix*) yang akan melaksanakan proses produksi harus dapat menentukan jumlah penggunaan material bahan baku yang akan datang. Kegiatan untuk memperkirakan apa yang akan terjadi di masa yang akan

datang disebut peramalan. Peramalan (*forecasting*) merupakan alat bantu yang penting dalam perencanaan yang efektif dan efisien. Peramalan mempunyai peranan langsung pada peristiwa eksternal yang pada umumnya berada di luar kendali manajemen, seperti : ekonomi, sosial, politik, perubahan teknologi, budaya, pemerintahan, pelanggan, pesaing dan lain sebagainya.

3.4.1 Metode Peramalan

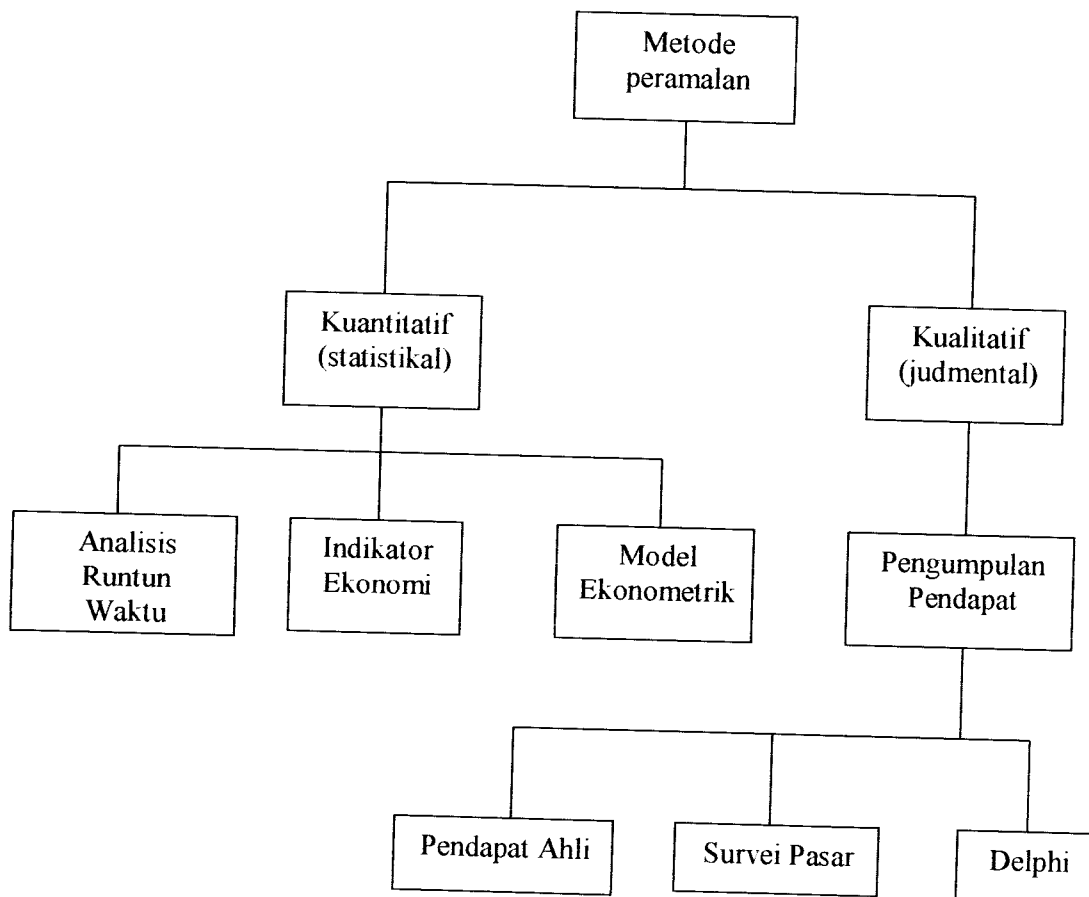
Banyak jenis metode peramalan yang tersedia untuk manajemen. Namun yang lebih penting adalah bagaimana memahami karakteristik suatu model peramalan agar sesuai bagi pengambilan keputusan. Peramalan yang baik adalah peramalan yang dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah atau prosedur yang baik. Pada dasarnya ada tiga langkah peramalan yang penting (Assauri, S, 1984), yaitu :

1. Menganalisa data masa lalu. Analisa dilakukan dengan cara membuat tabulasi dari data masa lalu. Dengan tabulasi data, maka dapat diketahui pola dari data tersebut.
2. Menentukan metode yang digunakan. Masing-masing metode akan memberikan hasil peramalan yang berbeda. Suatu metode mungkin sangat cocok untuk membuat peramalan mengenai suatu hal, tetapi tidak cocok untuk membuat peramalan tentang hal lain. Metode peramalan yang baik adalah yang menghasilkan penyimpangan antara hasil peramalan dengan nilai kenyataan sekecil mungkin.
3. Memproyeksi data yang lalu dengan menggunakan metode yang digunakan dan mempertimbangkan adanya beberapa faktor perubahan.

Faktor perubahan tersebut antara lain perubahan kebijakan yang mungkin terjadi, termasuk kebijakan pemerintah dan perkembangan teknologi.

3.4.2 Pendekatan peramalan

Secara umum metode peramalan dapat diklasifikasikan dalam dua kategori utama, yaitu metode kuantitatif dan metode kualitatif seperti terlihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Pembagian kategori metode peramalan

Metode kuantitatif sangat beragam dan setiap teknik memiliki sifat, ketepatan dan biaya yang harus dipertimbangkan dalam memilih metode tertentu. Metode kuantitatif didasarkan atas prinsip-prinsip statistik yang memiliki tingkat

ketepatan tinggi atau dapat meminimumkan kesalahan (*error*), lebih sistematis, dan lebih populer dalam penggunaannya. Untuk menggunakan metode kuantitatif terdapat tiga kondisi yang harus terpenuhi :

1. Tersedia informasi masa lalu.
2. Informasi tersebut dapat dikuantitatifkan dalam bentuk data numerik.
3. Diasumsikan bahwa beberapa pola masa lalu akan berlanjut.

Untuk metode kuantitatif sendiri meliputi beberapa metode, antara lain metode deret berkala (*time series*), yang melakukan prediksi di masa yang akan datang berdasarkan masa lalu. Metode yang lain yaitu metode kausal, yang mengasumsikan faktor yang diramalkan memiliki hubungan sebab akibat terhadap beberapa variabel *independent*.

a. Metode deret berkala (*time series*)

Pada metode ini, perkiraan masa yang akan datang dapat dilakukan berdasarkan nilai dari masa lalu dari suatu variabel. Langkah penting dalam memilih metode deret berkala yang tepat adalah dengan mempertimbangkan jenis pola data. Pola datanya dibedakan atas :

1. Pola data horisontal

Pola data yang terjadi jika nilai data berfluktuasi di sekitar nilai rata-rata yang konstan. Suatu produk yang permintaannya tidak meningkat atau menurun selama kurun waktu tertentu, termasuk dalam pola data seperti ini.

2. Pola data musiman

Pola data ini terjadi jika fluktuasi nilai dasarnya membentuk suatu siklus yang hampir sama pada beberapa periode tertentu dan terus berulang di periode berikutnya. Dipengaruhi faktor musiman, misalnya tahunan, bulanan atau harian.

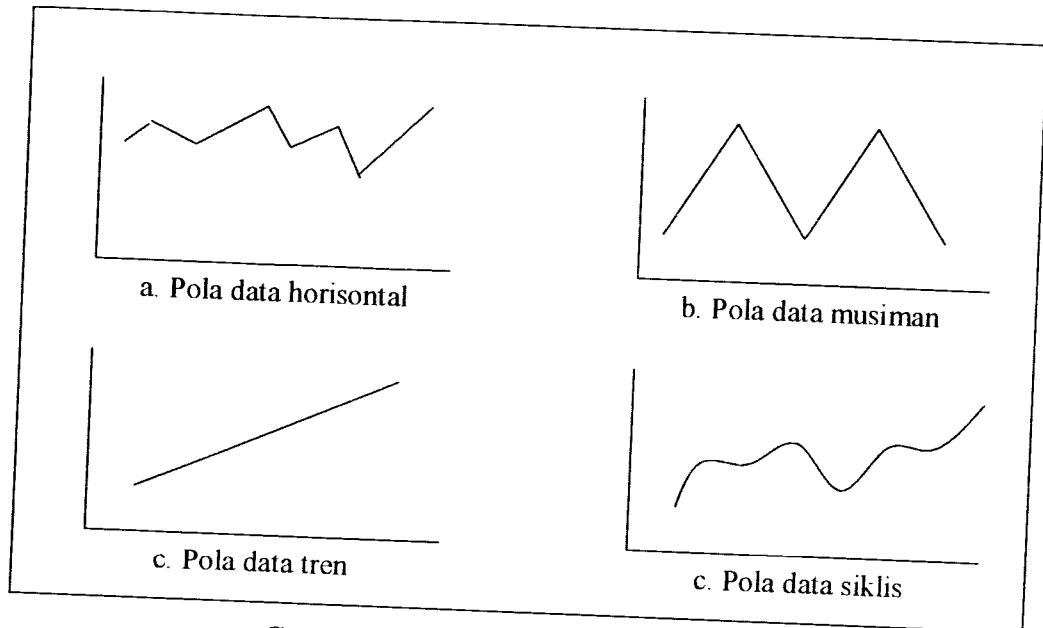
3. Pola data tren

Pola data ini terjadi apabila data secara bertahap mengalami kenaikan atau penurunan dalam jangka panjang dalam nilai data. Seperti data penjualan banyak perusahaan dan berbagai indikator bisnis.

4. Pola data siklus

Pola data ini terjadi apabila datanya dipengaruhi oleh fluktuasi ekonomi jangka panjang seperti yang berhubungan dengan siklus bisnis. Pola seperti pada pola musiman. Perbedaannya pada pola data ini fluktuasi terjadi di sekitar data yang ada.

Untuk lebih jelasnya mengenai grafik dari pola-pola data di atas dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Grafik metode deret berkala

Metode peramalan deret berkala antara lain (Yhi-Long Chang, 1995) :

a. *Simple Average*

$$F_t = A, \text{ atau } F_t = \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{n} \dots \dots \dots (3.1)$$

$$f_{(t+\tau)} = F_t \dots \dots \dots (3.2)$$

dimana :

F_t = nilai *smoothing* untuk periode t

A_t = data aktual dalam periode t

n = jumlah data waktu

t = waktu atau periode, $t = 1, 2, 3, 4, \dots, n$

τ = waktu dari t

f_t = peramalan untuk periode t

b. *Weight Moving Average*

$$F_t = \frac{\sum A_t}{m} \dots\dots\dots (3.3)$$

dimana :

F_t = nilai *smoothing* untuk periode t

A_t = data aktual dalam periode t

m = periode rata-rata bergerak per bulan atau panjang perputaran

seasonal

Metode ini sesuai untuk pola data stasioner dimana data mengandung unsur trend maupun musiman.

c. *Moving Average With Linear trend*

Metode ini efektif apabila trend *linear* dan faktor *Random Error* tidak besar. Persamaannya :

$$F_t = \frac{\sum W_i A_t}{\sum W_i}, \text{ dimana } W_i = 1 - m(1 - i) \dots\dots\dots (3.4)$$

$$T_t = n \sum \left\{ i A_{t - \left\{ \frac{m-1}{2} \right\} - 1} / m(m^2 - 1) \right\}, \text{ dimana :}$$

$$i = \frac{-(m-1)}{2} \text{ to } \frac{(m-1)}{2} \dots\dots\dots (3.5)$$

dimana :

F_t = nilai *smoothing* untuk periode t

A_t = data aktual dalam periode t

W_i = pemberat untuk periode t

m periode rata-rata bergerak per bulan atau panjang perputaran
seasonal

T_t = trend untuk periode t

d. *Ekspensial Smoothing With Linear Trend*

$$F_o = A_t; T_o = 0 \dots\dots\dots (3.6)$$

$$F_t = \alpha A_t + (1 - \alpha)(F_{t-1} + T_{t-1}) \dots\dots\dots (3.7)$$

$$T_t = \beta(F_t - F_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \dots\dots\dots (3.8)$$

Dengan :

$$\beta = \frac{n \sum TY - (\sum T * \sum Y)}{n \sum T^2 - (\sum T)^2} \dots\dots\dots (3.9)$$

$$\alpha = \frac{\sum Y - \beta \sum T}{n} \dots\dots\dots (3.10)$$

dimana :

F_t = nilai *smoothing* untuk periode t

A_t = data aktual dalam periode t

T_t = trend untuk periode t

α = parameter *smoothing* pertama

β = parameter trend *smoothing*

T = tahun ke

Y = jumlah material

Konstanta pemulusan (β) digunakan untuk memuluskan trend, dan pada prinsipnya menyerupai konstanta pemulusan (α).

e. *Double Ekspensial Smoothing With Linear Trend*

$$F_o = F'_o = A_t \dots\dots\dots (3.11)$$

$$F_t = \alpha A_t + (1 - \alpha)F_{t-1} \dots\dots\dots (3.12)$$

$$F_t = \alpha F_t + (1 - \alpha)F_{t-1} \dots\dots\dots (3.13)$$

$$T_t = A_t - F_t \dots\dots\dots (3.14)$$

dengan :

$$\beta = \frac{n \sum TY - (\sum T * \sum Y)}{n \sum T^2 - (\sum T)^2} \dots\dots\dots (3.15)$$

$$\alpha = \frac{\sum Y - \beta \sum T}{n} \dots\dots\dots (3.16)$$

dimana :

F_t = nilai forecast untuk periode t

A_t = data aktual dalam periode t

T_t = trend untuk periode t

α = parameter *smoothing* pertama

β = parameter trend *smoothing*

T = tahun ke

Y = jumlah material

f. *Winter's Model*

Metode ini merupakan metode peramalan yang sering dipilih untuk menagani data permintaan yang mengandung baik variasi musiman maupun unsur trend. Metode ini mengolah tiga asumsi untuk modelnya yaitu : unsur konstan, unsur trend, dan unsur musiman. Hal ini serupa

dengan metode *Holt*, dengan satu persamaan tambahan untuk mengatasi musiman.

$$F_t = \frac{\alpha A_t}{I_{t-m}} + (1 - \alpha)(F_{t-1} + T_{t-1}) \dots\dots\dots (3.17)$$

$$T_t = \beta(F_t - F_{t-1}) - (1 - \beta)T_{t-1} \dots\dots\dots (3.18)$$

$$f_{t+\tau} = (T_t + F_t)I_{t-m+1} \dots\dots\dots (3.19)$$

dimana :

F_t = nilai *forecast* untuk periode t

t = waktu atau periode, t=1, 2, 3, 4,n

τ = waktu dari t

m = periode rata-rata bergerak atau panjang perputaran seasional

α = parameter *smoothing* pertama

β = parameter *trend smoothing*

A_t = data aktual dalam periode t

f_t = nilai *smoothing* untuk periode

b. Metode Kausal

Metode ini mengasumsikan bahwa faktor yang diramalkan menunjukkan suatu hubungan sebab akibat dengan satu atau lebih variabel yang berpengaruh dan digunakan untuk meramalkan nilai masa depan. Metode peramalan ini bersifat subjektif dimana peramalan dilakukan berdasarkan pertimbangan, pendapat, pengalaman dan prediksi peramal (*forecaster*),

pengambil keputusan atau para ahli. Pendekatan ini digunakan pada saat tidak tersedia sedikit pun data historis.

3.4.3 Pemilihan penggunaan metode peramalan

Pada prinsipnya penggunaan metode-metode peramalan harus memahami benar setiap karakteristik dari metode-metode tersebut. Suatu metode dengan karakteristik tertentu tidak dapat dipastikan memiliki tingkat akurasi yang sama untuk suatu pola data yang berbeda. Sebagai contoh, teknik *moving average* sangat sesuai dengan pola data yang tidak berubah jika diterapkan pada pola data yang lain. Teknik ini akan mempunyai derajat akurasi yang lebih rendah. Panduan dalam pemilihan teknik-teknik peramalan pada metode *time series forecasting* dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Panduan pemilihan teknik peramalan

| NO | Metode | Pola Data | Waktu | Jumlah Data Musiman | |
|----|---|------------|-------|---------------------|---------|
| | | | | Non Musiman | Musiman |
| 1 | <i>Simple Average</i> | St | Pdk | 30 | |
| 2 | <i>Weigth Moving Average</i> | St | Pdk | 4-20 | |
| 3 | <i>Moving Average with Linear</i> | Tr | Pdk | 4-20 | |
| 4 | <i>Single Exponensial Smoothing</i> | St | Pdk | 20 | |
| 5 | <i>Exponensial Smoothing with Linear Trend</i> | Tr | Pdk | 20 | |
| 6 | <i>Double Exponensial Smoothing</i> | St, Tr | Pdk | 20 | |
| 7 | <i>Double Exponensial Smoothing with Linear Trend</i> | Tr | Pdk | 20 | |
| 8 | <i>Winter's Model</i> | St, Tr, Se | Mnh | | 2 * L |

Sumber : Yhi-Long Chang, 1995, Quantitative System 3.0, 5th Edition, Prentice Hall International Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.

Keterangan : Pola data : St = Stasioner; Tr = Trend; Se = Seasional
 Horison waktu : Pdk = Pendek; Mnh = Menengah
 Musiman : 2*L = Dua kali panjang musim

3.4.4 Keakuratan dan kontrol peramalan

Hal yang sangat vital dalam peramalan adalah tingkat keakuratan dan kontrol peramalan. Dalam berbagai situasi, peramalan sangat diharapkan dapat dihitung secara tepat pada setiap saat. Tetapi dalam kenyataannya, peramalan yang dilakukan jarang sekali memberikan suatu hasil yang tepat. Kesalahan peramalan merupakan perbedaan antara lain yang terjadi dan nilai yang diprediksikan. Pengukuran kesalahan sering digunakan untuk mengestimasi apakah model peramalan yang digunakan sesuai dengan pola permintaan. Berikut kesalahan peramalan :

$$e_t = A_t - F_t \dots\dots\dots (3.20)$$

dengan : e_t = kesalahan peramalan periode ke-t

A_t = data aktual periode ke-t

F_t = peramalan periode ke-t

Menurut *Dilworth (1985)*, terdapat 4 alat untuk pengukuran yang berguna untuk pengukuran kesalahan peramalan atau keakuratan, yaitu :

1. *Mean Absolute Deviation (MAD)*

MAD adalah rata-rata nilai dari kesalahan peramalan tanpa menghiraukan tanda positif atau tanda negatif atau nilai tengah dari kesalahan mutlak.

$$MAD = \sum_{t=1}^n \frac{|e_t|}{n} \dots\dots\dots (3.21)$$

dengan : e_t = kesalahan peramalan periode ke-t

n = jumlah data waktu

t = waktu atau periode

2. Mean Square Deviation (MSD)

MSD adalah nilai tengah kesalahan kuadrat, sering disebut *Mean Square Error* (MSE).

$$MSD = \sum_{t=1}^n \frac{|e_t|^2}{n} \dots\dots\dots (3.22)$$

dengan : e_t = kesalahan peramalan periode ke-t

n = jumlah data waktu

t = waktu atau periode

3. Mean Error Deviation (Bias)

Hasil ramalan jarang sekali tepat dengan permintaan aktual karena adanya variasi random dalam permintaan tersebut. MED dihitung dengan menjumlahkan kesalahan peramalan dibagi dengan jumlah data. MED sering disebut juga dengan **Bias** (kesalahan rata-rata)

$$Bias = \sum_{t=1}^n \frac{e_t}{n} \dots\dots\dots (3.23)$$

dengan : e_t = kesalahan peramalan periode ke-t

n = jumlah data waktu

t = waktu atau periode

Memonitor kesalahan peramalan merupakan kegiatan yang perlu dilakukan untuk meyakinkan bahwa peramalan tersebut cukup baik. Hal ini diselesaikan dengan membandingkan kesalahan peramalan dengan nilai yang telah ditetapkan sebelumnya.

4. Pendekatan Peta Kontrol (*tracking signal*)

Tracking Signal meliputi pasangan batas kontrol, yaitu batas kontrol atas (*upper limit*) dan batas kontrol bawah (*lower limit*). Batasan tersebut diperoleh dari penggandaan nilai akar dari *MAD* (lihat lampiran perhitungan peramalan). Metode ini mengandung asumsi sebagai berikut :

- a. Nilai kesalahan peramalan tersebar secara acak di sekitar nilai nol.
- b. Penyebaran *error* peramalan dianggap mengikuti distribusi normal.

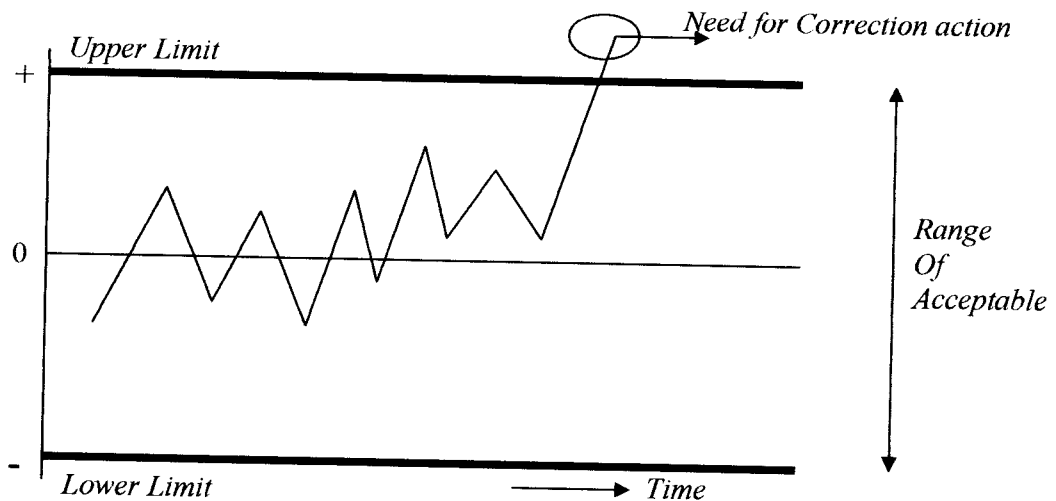
$$\sigma = \sqrt{MAD} \dots\dots\dots (3.24)$$

dimana :

σ = harga estimasi *Standart deviation* dari penyebaran *error*

pengambilan nilai batas kontrol *tracking signal* terlihat pada Gambar 3.4 dengan ketentuan :

- 95 % nilai *tracking signal* diharapkan di dalam batas kontrol sebesar $0 \pm 2 \sigma$
- 99 % nilai *tracking signal* diharapkan di dalam batas kontrol sebesar $0 \pm 3 \sigma$

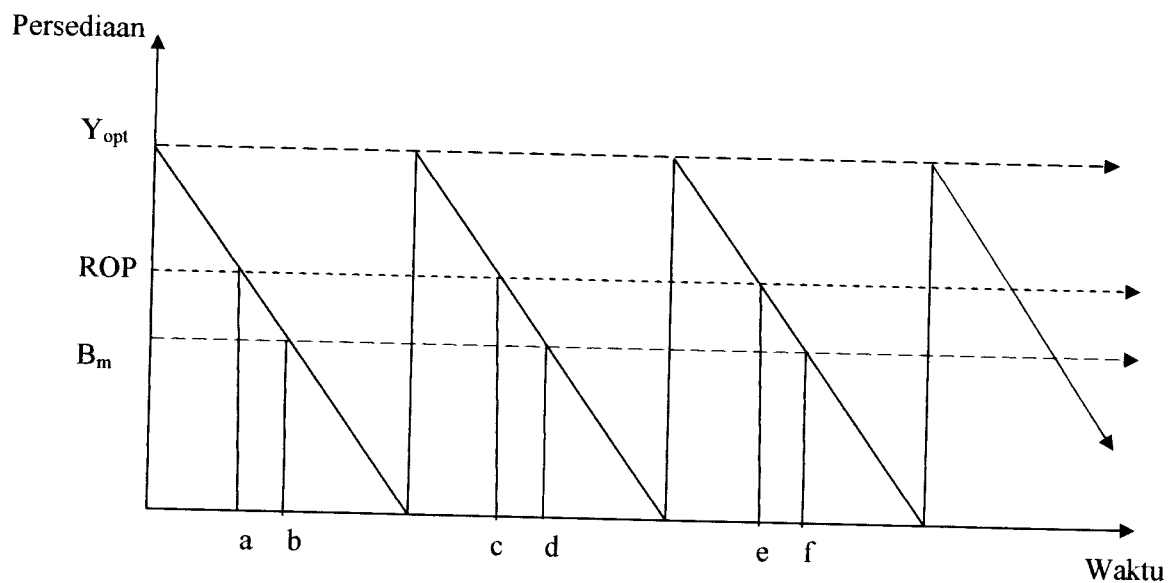


Gambar 3.4 Kurva nilai batas kontrol penilaian *tracking signal*
(sumber :Sudjana, metoda statistika)

3.5 Metode EOQ (*Economic Order Quantity*)

Jumlah pemesanan yang dapat meminimumkan total biaya persediaan disebut *Economic Order Quantity* (EOQ). Penjabaran sederhananya adalah bahwa metode tersebut mempunyai prinsip pengaturan persediaan dengan cara jumlah pemesanan yang paling ekonomis, dengan cara memperhitungkan cadangan penyangga, jumlah pesanan optimum, dan titik pemesanan kembali.

Secara klasik model persediaan yang ideal adalah seperti yang diperlihatkan dalam Gambar 3.5. Q adalah jumlah pembelian dan ketika pesanan diterima jumlah persediaan sama dengan Q . Dengan tingkat penggunaan tetap, persediaan akan habis dalam waktu tertentu dan ketika persediaan hanya tinggal sebanyak kebutuhan selama tenggang waktu, pemesanan kembali (*Reorder Point* = *ROP*) harus dilakukan.



Keterangan : Y_{opt} = jumlah pemesanan ; B_m = cadangan penyangga ; ROP = pemesanan titik ulang
 $ac = ce$ = interval pemesanan ; $ab = cd = ef$ = tenggang waktu

Gambar 3.5 Model Persediaan

a. Analisa penentuan titik pemesanan ulang

Pemesanan kembali barang atau material tidak dapat dilakukan sembarangan. Dalam pemesanan kembali perlu diperhatikan waktu pemesanan sehingga material tersebut dapat mencukupi kebutuhan sementara material yang dipesan belum sampai. Jadi dalam hal ini perlu diperhatikan tenggang waktu pemesanan dan waktu datangnya material tersebut.

$$R = B + \beta L \dots\dots\dots (3.25)$$

dimana : R = titik pemesanan

B = cadangan penyangga

βL = pemakaian kebutuhan selama tenggang waktu

b. Cadangan penyangga

Cadangan penyangga disiapkan untuk memenuhi kebutuhan bila sewaktu-waktu kebutuhan tersebut melebihi dari yang diperkirakan. Besarnya cadangan penyangga tergantung dari pemesanan ulang dan pemakaian selama tenggang waktu. Menurut Buchan and Koenigsberg, 1963, perhitungan cadangan penyangga diperoleh dengan cara menentukan suatu tingkat resiko atau tingkat pelayanan yang diinginkan oleh perusahaan dalam memproduksi beton.

$$B_m = \mu m + (1-p) \cdot \sigma m - \beta L \dots\dots\dots (3.26)$$

dimana : p = tingkat resiko yang diijinkan

B_m = cadangan penyangga

βL = konsumsi material selama waktu L

L = lead time, yaitu selang waktu antara pemesanan dan tiba di lokasi

μ_m = rata-rata kebutuhan

σ_m = standar deviasi

c. Penentuan jumlah pesanan optimum

$$Y_{optimum} = \sqrt{\frac{2 * K_m * (\mu_m * n)}{H_m}} \dots\dots\dots (3.27)$$

dimana : Y_{opt} = jumlah pesanan optimum

K_m = besarnya biaya untuk satu kali pemesanan

H_m = besar biaya penyimpanan

μ_m = rata-rata kebutuhan material

n = waktu pengendalian

d. Penentuan siklus pemesanan

$$N = \frac{\mu_m * n - B_m}{Y_{optimum}} \dots\dots\dots (3.28)$$

dimana : N = siklus pemesanan

μ_m = rata-rata kebutuhan material

n = jangka waktu pengendalian

B_m = cadangan penyangga

$Y_{optimum}$ = jumlah pesanan optimum

e. Tingkat layanan (*service level*)

Service level dapat didefinisikan sebagai probabilitas di mana permintaan tidak akan melebihi persediaan selama *lead time* (dengan kata lain jumlah persediaan *on hand* cukup untuk memenuhi permintaan), sehingga :

Service level = 100% - resiko kehabisan persediaan (*stock out risk*)

Jumlah cadangan penyangga tergantung pada faktor-faktor berikut ini :

1. Rata-rata persediaan
2. Rata-rata *lead time*
3. Tingkat *service level* yang diinginkan.

BAB IV

METODA PENELITIAN

4.1 Lokasi Pengambilan Data

Data pada penelitian ini diambil dari PT. Adhi Karya, Semarang, sebagai perusahaan konstruksi yang juga memproduksi beton jadi dengan kapasitas yang cukup besar setiap bulannya.

4.2 Bahan-bahan dan Data Penelitian

Data yang diperlukan pada penelitian ini adalah :

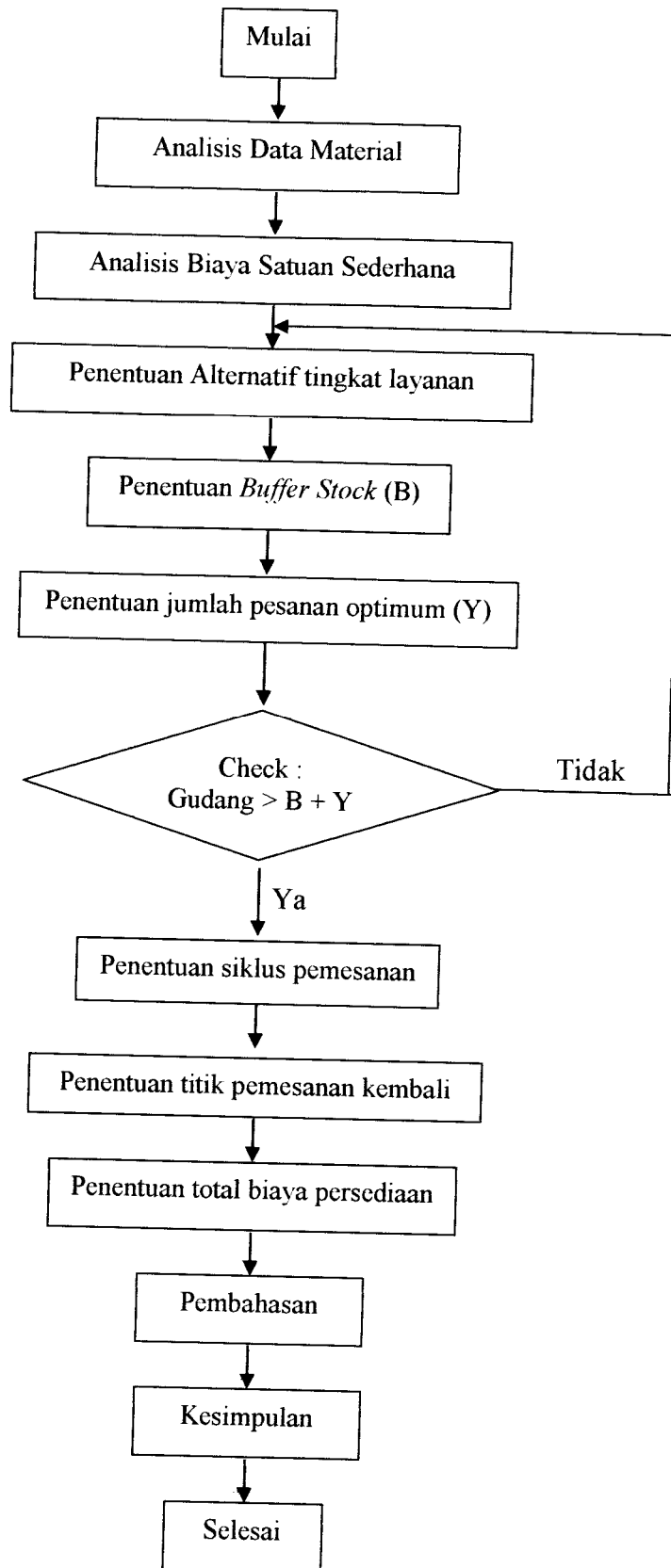
1. Data pemakaian material bahan baku periode 1998-2002 meliputi semen, pasir, dan split.
2. Data pengadaan material.
 - a. pasokan semen dari Semen Nusantara dan Semen Gresik.
 - b. pasokan split dari ex Kalikuto dengan ukuran $\frac{3}{4}$ " dan 1.5".
 - c. pasokan pasir dari Pasir Muntilan.
3. Jumlah tempat penyimpanan semen (*silo*) ada 4 buah dengan kapasitas masing-masing 50 ton.
4. Kapasitas tempat penyimpanan split dan pasir sebesar 2500 m³.
5. Kemampuan produksi *readymix* setiap bulan berkisar 3000-6000 m³.

6. Jumlah dan kapasitas truk mixer yang dimiliki sebanyak 10 buah dengan kapasitas 7 m^3 .
7. Analisis biaya satuan inventory (sumber KWSG dan PT. Adhi Karya, Semarang)
 - a. Biaya pembelian material menurut harga kontrak.
 - semen = Rp 592/kg atau Rp. 23700/zak
 - pasir = Rp 32.000/ m^3
 - split = Rp 47.500/ m^3
 - b. Biaya penyimpanan
 - semen = 1% dari harga kontrak.
 - pasir = 3% Rp/ m^3
 - split = 3% Rp/ m^3
 - c. Biaya pemesanan
 - semen = Rp. 10.000/pemesanan
 - pasir = Rp. 10.000/pemesanan
 - split = Rp. 13.000/pemesanan
8. Cadangan penyangga (*buffer stock*)
 - a. Semen mempunyai *lead time* (waktu tunggu) sebesar 3 hari.
 - b. Agregat mempunyai *lead time* sebesar 3 hari.

4.3 Langkah-langkah Penelitian

Adapun langkah-langkah penelitian yang kami tempuh adalah sebagai berikut:

1. Analisis data pemakaian material bahan baku penyusun beton.
2. Analisis biaya-biaya per satuan persediaan.
3. Penentuan tingkat layanan (*service level*).
4. Penentuan cadangan penyangga (*buffer stock*).
5. Penentuan jumlah pesanan optimum untuk setiap material.
6. Penentuan titik pemesanan kembali (*reorder point*) untuk setiap material.
7. Penentuan siklus pemesanan untuk setiap material.
8. Penentuan total biaya persediaan.



Gambar 4.1 *Flowchart* penelitian

BAB V

ANALISIS MODEL PERSEDIAAN

5.1 Pembacaan Material

Data pemakaian material bahan baku yang digunakan dalam analisa ini adalah pemakaian dalam jangka waktu lima tahun 1998-2002. Dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Data pemakaian material bahan baku (1998-1999)

| Tahun | Bulan | Semen (Ton) | Split (m ³) | Pasir (m ³) |
|-------|-----------|-------------|-------------------------|-------------------------|
| 1998 | Januari | 720 | 1800 | 2100 |
| | Februari | 504 | 1428 | 1470 |
| | Maret | 720 | 2040 | 2100 |
| | April | 672 | 1904 | 1960 |
| | Mei | 720 | 2040 | 2100 |
| | Juni | 768 | 1920 | 2240 |
| | Juli | 600 | 1700 | 1750 |
| | Agustus | 600 | 1700 | 1750 |
| | September | 648 | 1835 | 1890 |
| | Oktober | 480 | 1360 | 1400 |
| | November | 480 | 1360 | 1400 |
| | Desember | 1200 | 3400 | 3500 |
| 1999 | Januari | 240 | 680 | 700 |
| | Februari | 360 | 1020 | 1050 |
| | Maret | 720 | 2040 | 2100 |
| | April | 720 | 2040 | 2100 |
| | Mei | 600 | 1700 | 1750 |
| | Juni | 480 | 1360 | 1400 |
| | Juli | 480 | 1360 | 1400 |
| | Agustus | 600 | 1700 | 1750 |
| | September | 888 | 2615 | 2590 |
| | Oktober | 480 | 1360 | 1400 |
| | November | 720 | 2040 | 2100 |
| | Desember | 600 | 1700 | 1750 |

Tabel 5.1 Lanjutan Data pemakaian material bahan baku (200-2002)

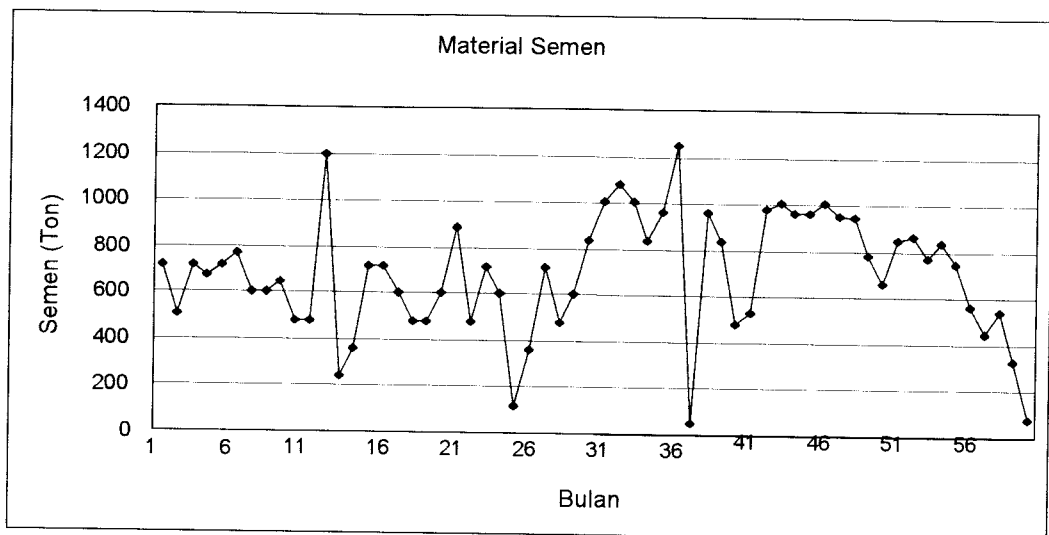
| | | | | |
|------|-----------|------|------|------|
| 2000 | Januari | 120 | 340 | 350 |
| | Februari | 360 | 1020 | 1050 |
| | Maret | 720 | 2040 | 2100 |
| | April | 480 | 1360 | 1400 |
| | Mei | 600 | 1700 | 1750 |
| | Juni | 840 | 2380 | 2450 |
| | Juli | 1008 | 2856 | 2940 |
| | Agustus | 1080 | 3060 | 3150 |
| | September | 1008 | 2856 | 2940 |
| | Oktober | 840 | 2380 | 2450 |
| | November | 960 | 2720 | 2800 |
| | Desember | 1248 | 3536 | 3640 |
| 2001 | Januari | 48 | 1360 | 1400 |
| | Februari | 960 | 2720 | 2800 |
| | Maret | 840 | 2380 | 2450 |
| | April | 480 | 1360 | 1400 |
| | Mei | 528 | 1496 | 1540 |
| | Juni | 980 | 2720 | 2800 |
| | Juli | 1008 | 2856 | 2940 |
| | Agustus | 960 | 2720 | 2800 |
| | September | 960 | 2720 | 2800 |
| | Oktober | 1008 | 3060 | 3150 |
| | November | 950 | 3740 | 3850 |
| | Desember | 945 | 3400 | 3500 |
| 2002 | Januari | 780 | 1360 | 1400 |
| | Februari | 660 | 1700 | 1750 |
| | Maret | 850 | 2040 | 2100 |
| | April | 864 | 1836 | 1890 |
| | Mei | 768 | 2380 | 2450 |
| | Juni | 840 | 2380 | 2450 |
| | Juli | 750 | 2516 | 2310 |
| | Agustus | 656 | 2720 | 2275 |
| | September | 445 | 2720 | 2360 |
| | Oktober | 542 | 3610 | 1996 |
| | November | 327 | 3350 | 1768 |
| | Desember | 92 | 2184 | 1756 |

Sumber : PT Adhi Karya, Semarang

5.2 Pengolahan Data

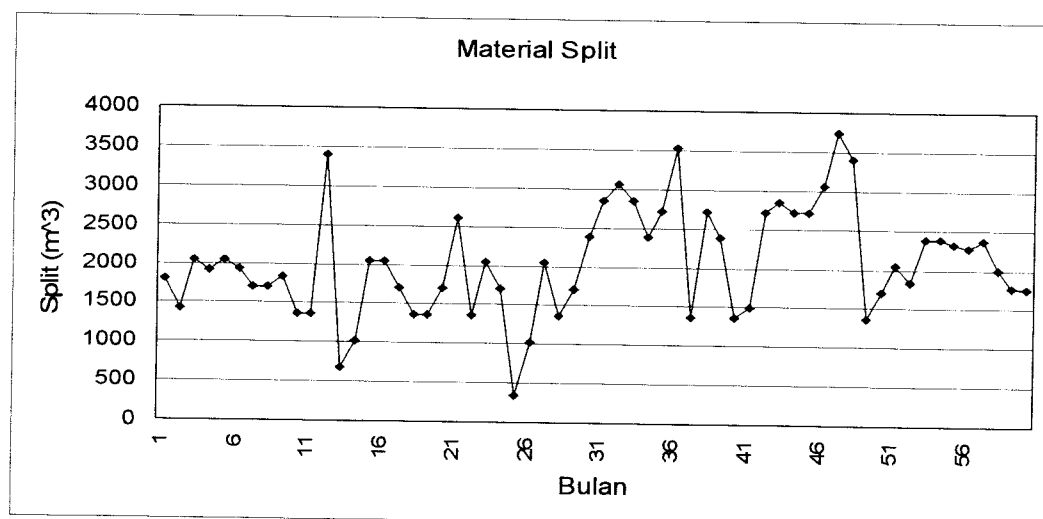
Pada tabel di atas dapat dibuat plot data untuk mengetahui jenis pola datanya, apakah mengandung unsur trend, musiman, siklus atau horisontal. Hasil plot data pemakaian material tahun sebelumnya ini dapat dilihat pada grafik di bawah ini.

A. Pola data untuk material semen



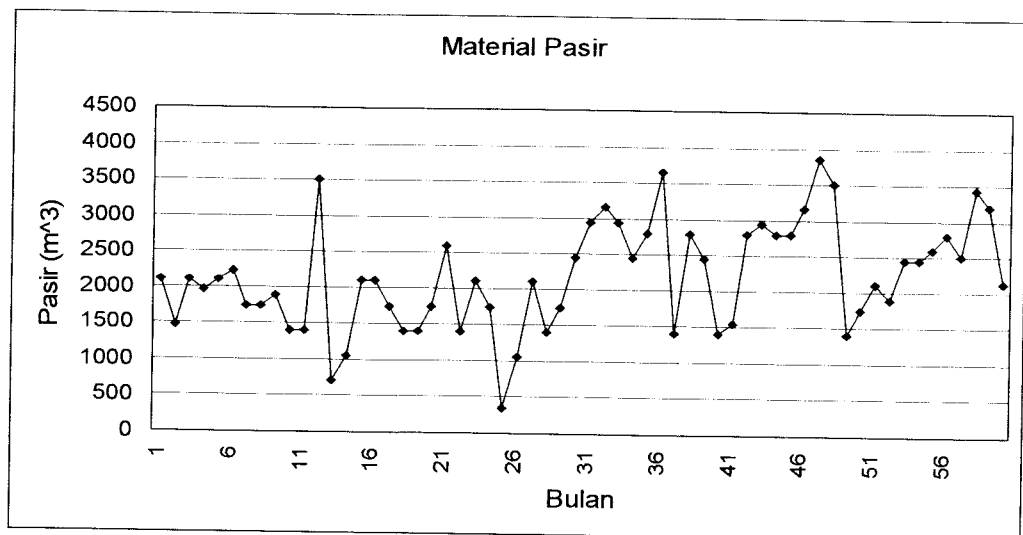
Gambar 5.1 Hasil plot pemakaian semen (sumber PT.Adhi Karya)

B. Pola data untuk material split



Gambar 5.2 Hasil plot pemakaian Split (sumber PT.Adhi Karya)

C. Pola data untuk pasir



Gambar 5.3 Hasil plot pemakaian pasir (sumber PT.Adhi Karya)

Dari pola di atas, dapat diketahui terdapat fluktuasi data secara trend, dan juga faktor musiman. Proses peramalan akan dilakukan dengan menggunakan program Microsoft Excel XP. Karena pola data sudah diketahui, maka ketiga macam metode sebagai perbandingan untuk meminimalkan kesalahan dalam melakukan peramalan

Ketiga metode tersebut adalah :

1. *Weight Moving Average*
2. *Exponential Smoothing with Linear Trend*
3. *Double Exponential Smoothing with Linear Trend*

Dari masing-masing fungsi peramalan tersebut akan memberikan nilai peramalan yang berbeda-beda, sedangkan untuk pemilihan metode terbaik akan dicari nilai MAD terkecil. Tidak ada kriteria khusus dalam pemilihan MAD ataupun MSD, perbedaan keduanya adalah MAD merupakan rata-rata kesalahan absolut,

sedangkan MSD merupakan rata-rata dari kesalahan yang dikuadratkan. Jadi MAD dipilih karena lebih mudah pengerjaannya. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

5.2.1 Peramalan pemakaian untuk material semen

a. Contoh perhitungan menggunakan metode *Weight Moving Average* (rumus 3.3)

$$F_t = \frac{\sum A_t}{m}$$

perhitungan F_t

$$F_{t(\text{Feb})} = \frac{720 + 504}{2} = 612$$

$$F_{t(\text{Mar})} = \frac{504 + 720}{2} = 612$$

perhitungan *forecast*

$$\text{Forecast Maret} = F_{t(\text{Feb})} = 612$$

$$\text{Forecast April} = F_{t(\text{Mar})} = 612$$

Perhitungan *error* (e_t)

$$e_t = \text{Aktual} - F_t$$

$$e_{t(\text{Mar})} = 720 - 612 = 108$$

$$e_{t(\text{Apr})} = 672 - 696 = -24$$

Dengan cara analogi, perhitungan untuk bulan berikutnya hasil dipresentasikan seperti pada tabel 5.2.

Tabel 5.2 *Forecast Semen Weight Moving Average* selama 60 bulan

| Tahun | | Bulan | Semen (Ton) | Ft | Forecast | Error |
|--------------|-----|--------------|------------------------|-----------|-----------------|--------------|
| [1] | [2] | [3] | [4] | [5] | [6] | [7] |
| 1998 | 1 | Januari | 720 | | | |
| | 2 | Februari | 504 | 612 | | |
| | 3 | Maret | 720 | 612 | 612 | 108 |
| | 4 | April | 672 | 696 | 612 | -24 |
| | 5 | Mei | 720 | 696 | 696 | 24 |
| | 6 | Juni | 768 | 744 | 696 | 24 |
| | 7 | Juli | 600 | 684 | 744 | -84 |
| | 8 | Agustus | 600 | 600 | 684 | 0 |
| | 9 | September | 648 | 624 | 600 | 24 |
| | 10 | Oktober | 480 | 564 | 624 | -84 |
| | 11 | November | 480 | 480 | 564 | 0 |
| | 12 | Desember | 1200 | 840 | 480 | 360 |
| 1999 | 13 | Januari | 240 | 720 | 840 | -480 |
| | 14 | Februari | 360 | 300 | 720 | 60 |
| | 15 | Maret | 720 | 540 | 300 | 180 |
| | 16 | April | 720 | 720 | 540 | 0 |
| | 17 | Mei | 600 | 660 | 720 | -60 |
| | 18 | Juni | 480 | 540 | 660 | -60 |
| | 19 | Juli | 480 | 480 | 540 | 0 |
| | 20 | Agustus | 600 | 540 | 480 | 60 |
| | 21 | September | 888 | 744 | 540 | 144 |
| | 22 | Oktober | 480 | 684 | 744 | -204 |
| | 23 | November | 720 | 600 | 684 | 120 |
| | 24 | Desember | 600 | 660 | 600 | -60 |
| 2000 | 25 | Januari | 120 | 360 | 660 | -240 |
| | 26 | Februari | 360 | 240 | 360 | 120 |
| | 27 | Maret | 720 | 540 | 240 | 180 |
| | 28 | April | 480 | 600 | 540 | -120 |
| | 29 | Mei | 600 | 540 | 600 | 60 |
| | 30 | Juni | 840 | 720 | 540 | 120 |
| | 31 | Juli | 1008 | 924 | 720 | 84 |
| | 32 | Agustus | 1080 | 1044 | 924 | 36 |
| | 33 | September | 1008 | 1044 | 1044 | -36 |
| | 34 | Oktober | 840 | 924 | 1044 | -84 |
| | 35 | November | 960 | 900 | 924 | 60 |
| | 36 | Desember | 1248 | 1104 | 900 | 144 |

Lanjutan Tabel 5.2

| [1] | [2] | [3] | [4] | [5] | [6] | [7] |
|------|-----|-----------|------|--------|---------------|----------------|
| 2001 | 37 | Januari | 48 | 648.00 | 1104.00 | -600.00 |
| | 38 | Februari | 960 | 504.00 | 648.00 | 456.00 |
| | 39 | Maret | 840 | 900.00 | 504.00 | -60.00 |
| | 40 | April | 480 | 660.00 | 900.00 | -180.00 |
| | 41 | Mei | 528 | 504.00 | 660.00 | 24.00 |
| | 42 | Juni | 980 | 754.00 | 504.00 | 226.00 |
| | 43 | Juli | 1008 | 994.00 | 754.00 | 14.00 |
| | 44 | Agustus | 960 | 984.00 | 994.00 | -24.00 |
| | 45 | September | 960 | 960.00 | 984.00 | 0.00 |
| | 46 | Oktober | 1008 | 984.00 | 960.00 | 24.00 |
| | 47 | November | 950 | 979.00 | 984.00 | -29.00 |
| | 48 | Desember | 945 | 947.50 | 979.00 | -2.50 |
| 2002 | 49 | Januari | 780 | 862.50 | 947.50 | -82.50 |
| | 50 | Februari | 660 | 720.00 | 862.50 | -60.00 |
| | 51 | Maret | 850 | 755.00 | 720.00 | 95.00 |
| | 52 | April | 864 | 857.00 | 755.00 | 7.00 |
| | 53 | Mei | 768 | 816.00 | 857.00 | -48.00 |
| | 54 | Juni | 840 | 804.00 | 816.00 | 36.00 |
| | 55 | Juli | 750 | 795.00 | 804.00 | -45.00 |
| | 56 | Agustus | 564 | 657.00 | 795.00 | -93.00 |
| | 57 | September | 445 | 504.50 | 657.00 | -59.50 |
| | 58 | Oktober | 542 | 493.50 | 504.50 | 48.50 |
| | 59 | November | 327 | 434.50 | 493.50 | -107.50 |
| | 60 | Desember | 92 | 209.50 | 434.50 | -117.50 |
| | | | | | 209.50 | 5883.00 |

Perhitungan MAD

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |e_t|}{n} = \frac{5883.06}{60} = 98.05$$

b. Contoh perhitungan peramalan dengan menggunakan metode *Exponential*

Smoothing with Linear Trend (rumus 3.6, 3.7, 3.8, 3.9 dan 3.10).

$$F_o = A_t; T_o = 0$$

$$F_t = \alpha A_t + (1 - \alpha)(F_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta(F_t - F_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

Tabel 5.3 Perhitungan Alfa dan Beta untuk Semen *Exponential Smoothing with Linear Trend*

| Tahun (T) | Jumlah Semen(Y) * 10 ⁴ (Ton) | T*Y | T ² | Y ² |
|------------|---|---------|----------------|----------------|
| 1 | 0.8112 | 0.8112 | 1 | 0.65804544 |
| 2 | 0.7632 | 1.5264 | 4 | 0.58247424 |
| 3 | 0.7488 | 2.2464 | 9 | 0.56070144 |
| 4 | 0.7488 | 2.9952 | 16 | 0.56070144 |
| 5 | 0.7536 | 3.768 | 25 | 0.56791296 |
| Total = 15 | 3.8256 | 11.3472 | 55 | 2.92983552 |

$$\beta = \frac{n \sum TY - (\sum T * \sum Y)}{n \sum T^2 - (\sum T)^2} = \frac{5 * 11.3472 - 15 * 3.8256}{5 * 55 - 15^2} = -0.01296$$

$$\alpha = \frac{\sum Y - \beta \sum T}{n} = \frac{3.8256 - (-0.01296 * 15)}{5} = 0.804$$

perhitungan F_t

$$F_{t(\text{jan})} = 720 \text{ dan } T_{\text{jan}} = 0$$

$$F_{t(\text{Feb})} = (0.804 * 504) + ((1 - 0.804) * (720 + 0)) = 546.34$$

$$T_{t(\text{Feb})} = -0.01296(546.34 - 720) + (1 - (-0.01296)) * 0 = 2.25$$

perhitungan Forecast

$$\text{Forecast Februari} = 720 + 0 = 720$$

$$\text{Forecast Maret} = 504 + 2.25 = 506.250$$

perhitungan *Error* (e_t)

$$e_t = \text{Aktual} - F_t$$

$$e_{t(\text{Feb})} = 504 - 546.34 = -42.34$$

$$e_{t(\text{Mar})} = 720 - 686.40 = -33.60$$

Dengan cara analogi, perhitungan untuk bulan berikutnya hasil dipresentasikan seperti pada tabel 5.4.

Tabel 5.4 *Forecasting Semen Exponential Smoothing with Linear Trend*
Selama 60 bulan

| Tahun | | Bulan | Semen (Ton) | Tt | Ft | Forecast | Error |
|-------|-----|-----------|-------------|-------|---------|----------|---------|
| [1] | [2] | [3] | [4] | [5] | [6] | [7] | [8] |
| 1998 | 1 | Januari | 720 | 0.00 | 720.00 | | |
| | 2 | Februari | 504 | 2.25 | 546.34 | 720.00 | -42.34 |
| | 3 | Maret | 720 | 0.46 | 686.40 | 506.25 | 33.60 |
| | 4 | April | 672 | 0.62 | 674.91 | 720.46 | -2.91 |
| | 5 | Mei | 720 | 0.16 | 711.28 | 672.62 | 8.72 |
| | 6 | Juni | 768 | -0.43 | 756.91 | 720.16 | 11.09 |
| | 7 | Juli | 600 | 1.20 | 630.67 | 767.57 | -30.67 |
| | 8 | Agustus | 600 | 1.53 | 606.25 | 601.20 | -6.25 |
| | 9 | September | 648 | 1.11 | 640.12 | 601.53 | 7.88 |
| | 10 | Oktober | 480 | 2.79 | 511.60 | 649.11 | -31.60 |
| | 11 | November | 480 | 3.15 | 486.74 | 482.79 | -6.74 |
| | 12 | Desember | 1200 | -4.25 | 1060.82 | 483.15 | 139.18 |
| 1999 | 13 | Januari | 240 | 4.26 | 400.05 | 1195.75 | -160.05 |
| | 14 | Februari | 360 | 4.72 | 368.68 | 244.26 | -8.68 |
| | 15 | Maret | 720 | 1.11 | 652.07 | 364.72 | 67.93 |
| | 16 | April | 720 | 0.41 | 706.90 | 721.11 | 13.10 |
| | 17 | Mei | 600 | 1.53 | 621.03 | 720.41 | -21.03 |
| | 18 | Juni | 480 | 3.02 | 507.94 | 601.53 | -27.94 |
| | 19 | Juli | 480 | 3.34 | 486.07 | 483.02 | -6.07 |
| | 20 | Agustus | 600 | 2.19 | 578.32 | 483.34 | 21.68 |
| | 21 | September | 888 | -1.02 | 827.73 | 602.19 | 60.27 |
| | 22 | Oktober | 480 | 2.59 | 547.96 | 886.98 | -67.96 |
| | 23 | November | 720 | 0.83 | 686.79 | 482.59 | 33.21 |
| | 24 | Desember | 600 | 1.74 | 617.17 | 720.83 | -17.17 |
| 2000 | 25 | Januari | 120 | 6.94 | 217.79 | 601.74 | -97.79 |
| | 26 | Februari | 360 | 5.53 | 333.49 | 126.94 | 26.51 |
| | 27 | Maret | 720 | 1.56 | 645.33 | 365.53 | 74.67 |
| | 28 | April | 480 | 3.30 | 512.71 | 721.56 | -32.71 |
| | 29 | Mei | 600 | 2.42 | 583.54 | 483.30 | 16.46 |
| | 30 | Juni | 840 | -0.22 | 790.21 | 602.42 | 49.79 |
| | 31 | Juli | 1008 | -2.49 | 965.27 | 839.78 | 42.73 |
| | 32 | Agustus | 1080 | -3.72 | 1057.02 | 1005.51 | 22.98 |
| | 33 | September | 1008 | -3.24 | 1016.88 | 1076.28 | -8.88 |
| | 34 | Oktober | 840 | -1.43 | 874.03 | 1004.76 | -34.03 |
| | 35 | November | 960 | -2.34 | 942.87 | 838.57 | 17.13 |
| | 36 | Desember | 1248 | -5.55 | 1187.73 | 957.66 | 60.27 |

Lanjutan Tabel 5.4

| [1] | [2] | [3] | [4] | [5] | [6] | [7] | [8] |
|------|-----|-----------|------|-------|--------|--------------|-------------------------|
| 2001 | 37 | Januari | 48 | 6.27 | 270.30 | 1242.45 | -222.30 |
| | 38 | Februari | 960 | -0.85 | 826.05 | 54.27 | 133.95 |
| | 39 | Maret | 840 | -1.01 | 837.10 | 959.15 | 2.90 |
| | 40 | April | 480 | 2.70 | 549.79 | 838.99 | -69.79 |
| | 41 | Mei | 528 | 2.96 | 532.80 | 482.70 | -4.80 |
| | 42 | Juni | 980 | -1.67 | 892.93 | 530.96 | 87.07 |
| | 43 | Juli | 1008 | -2.89 | 985.12 | 978.33 | 22.88 |
| | 44 | Agustus | 960 | -2.65 | 964.36 | 1005.11 | -4.36 |
| | 45 | September | 960 | -2.64 | 960.33 | 957.35 | -0.33 |
| | 46 | Oktober | 1008 | -3.16 | 998.14 | 957.36 | 9.86 |
| | 47 | November | 950 | -2.69 | 958.82 | 1004.84 | -8.82 |
| | 48 | Desember | 945 | -2.58 | 947.18 | 947.31 | -2.18 |
| 2002 | 49 | Januari | 780 | -0.86 | 812.26 | 942.42 | -32.26 |
| | 50 | Februari | 660 | 0.72 | 689.67 | 779.14 | -29.67 |
| | 51 | Maret | 850 | -0.95 | 818.72 | 660.72 | 31.28 |
| | 52 | April | 864 | -1.43 | 854.94 | 849.05 | 9.06 |
| | 53 | Mei | 768 | -0.54 | 784.76 | 862.57 | -16.76 |
| | 54 | Juni | 840 | -1.12 | 829.07 | 767.46 | 10.93 |
| | 55 | Juli | 750 | -0.31 | 765.28 | 838.88 | -15.28 |
| | 56 | Agustus | 564 | 1.79 | 603.39 | 749.69 | -39.39 |
| | 57 | September | 445 | 3.46 | 476.40 | 565.79 | -31.40 |
| | 58 | Oktober | 542 | 2.81 | 529.82 | 448.46 | 12.18 |
| | 59 | November | 327 | 4.95 | 367.30 | 544.81 | -40.30 |
| | 60 | Desember | 92 | -6.21 | 146.93 | 331.95 | -54.93 |
| | | | | | | 85.79 | $\sum e_i =$ 2202.72 |

Perhitungan MAD

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |e_t|}{n} = \frac{2207.72}{60} = 36.711$$

c. Contoh perhitungan peramalan dengan menggunakan metode *Double Exponential*

Smoothing with Linear Trend (rumus 3.11, 3.12, 3.13, 3.14, 3.15 dan 3.16).

$$F_o = F'_o = A_t, \quad F_t = \alpha A_t + (1-\alpha)F_{t-1}, \quad F'_t = \alpha F_t + (1-\alpha)F'_{t-1}, \quad T_t = A_t - F'_t,$$

$$\beta = \frac{n \sum TY - (\sum T * \sum Y)}{n \sum T^2 - (\sum T)^2}, \quad \alpha = \frac{\sum Y - \beta \sum T}{n}$$

Tabel 5.5 Perhitungan Alfa dan Beta untuk Semen *Double Exponential Smoothing with Linear Trend*

| Tahun (T) | Jumlah Semen(Y) * 10 ⁴ (Ton) | T*Y | T ² | Y ² |
|------------|---|---------|----------------|----------------|
| 1 | 0.8112 | 0.8112 | 1 | 0.65804544 |
| 2 | 0.7632 | 1.5264 | 4 | 0.58247424 |
| 3 | 0.7488 | 2.2464 | 9 | 0.56070144 |
| 4 | 0.7488 | 2.9952 | 16 | 0.56070144 |
| 5 | 0.7536 | 3.768 | 25 | 0.56791296 |
| Total = 15 | 3.8256 | 11.3472 | 55 | 2.92983552 |

$$\beta = \frac{n \sum TY - (\sum T * \sum Y)}{n \sum T^2 - (\sum T)^2} = \frac{5 * 11.3472 - 15 * 3.8256}{5 * 55 - 15^2} = -0.01296$$

$$\alpha = \frac{\sum Y - \beta \sum T}{n} = \frac{3.8256 - (-0.01296 * 15)}{5} = 0.804$$

Perhitungan F_t

$$F_{t(\text{Jan})} = 720 \text{ dan } T_{t(\text{Jan})} = 0$$

$$F_{t(\text{Feb})} = (0.804 * 504) + ((1 - 0.804) * (720 + 0)) = 546.34$$

$$F_{t(\text{Feb})}' = (0.804 * 546.34) + ((1 - 0.804) * (720)) = 580.37$$

$$T_{t(\text{Feb})} = 504 - 580.37 = -76.37$$

Perhitungan *forecast*

$$\text{Forecast Februari} = 720 + 0 = 720$$

$$\text{Forecast Maret} = 504 + (-76.37) = 427.63$$

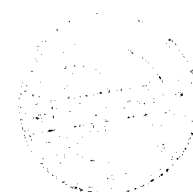
Perhitungan *error* (e_t)

$$e_t = \text{Aktual} - F_t$$

$$e_{t(\text{Feb})} = 504 - 546.34 = -42.34$$

$$e_{t(\text{Mar})} = 720 - 685.96 = -34.04$$

Dengan cara analogi, perhitungan untuk bulan berikutnya hasil dipresentasikan seperti pada tabel 5.6.



Tabel 5.6 *Forecast Semen Double Exponential Smoothing with Linear Trend Selama 60 bulan*

| Tahun | | Bulan | Semen (Ton) | Ft | Ft' | Tt | Forecast | Error |
|-------|-----|-----------|-------------|---------|---------|---------|----------|---------|
| [1] | [2] | [3] | [4] | [5] | [6] | [7] | [8] | [9] |
| 1998 | 1 | Januari | 720 | 720 | 720 | 0 | | |
| | 2 | Februari | 504 | 546.34 | 580.37 | -76.37 | 720.00 | -42.34 |
| | 3 | Maret | 720 | 685.96 | 665.27 | 54.73 | 427.63 | 34.04 |
| | 4 | April | 672 | 674.74 | 672.88 | -0.88 | 774.73 | -2.74 |
| | 5 | Mei | 720 | 711.13 | 703.63 | 16.37 | 671.12 | 8.87 |
| | 6 | Juni | 768 | 756.85 | 746.42 | 21.58 | 736.37 | 11.15 |
| | 7 | Juli | 600 | 630.74 | 653.42 | -53.42 | 789.58 | -30.74 |
| | 8 | Agustus | 600 | 606.03 | 615.31 | -15.31 | 546.58 | -6.03 |
| | 9 | September | 648 | 639.77 | 634.98 | 13.02 | 584.69 | 8.23 |
| | 10 | Oktober | 480 | 511.32 | 535.55 | -55.55 | 661.02 | -31.32 |
| | 11 | November | 480 | 486.14 | 495.82 | -15.82 | 424.45 | -6.14 |
| | 12 | Desember | 1200 | 1060.08 | 949.49 | 250.51 | 464.18 | 139.92 |
| 1999 | 13 | Januari | 240 | 400.74 | 508.29 | -268.29 | 1450.51 | -160.74 |
| | 14 | Februari | 360 | 367.98 | 395.48 | -35.48 | -28.29 | -7.98 |
| | 15 | Maret | 720 | 651.00 | 600.92 | 119.08 | 324.52 | 69.00 |
| | 16 | April | 720 | 706.48 | 685.79 | 34.21 | 839.08 | 13.52 |
| | 17 | Mei | 600 | 620.87 | 633.59 | -33.59 | 754.21 | -20.87 |
| | 18 | Juni | 480 | 507.61 | 532.30 | -52.30 | 566.41 | -27.61 |
| | 19 | Juli | 480 | 485.41 | 494.60 | -14.60 | 427.70 | -5.41 |
| | 20 | Agustus | 600 | 577.54 | 561.28 | 38.72 | 465.40 | 22.46 |
| | 21 | September | 888 | 827.15 | 775.04 | 112.96 | 638.72 | 60.85 |
| | 22 | Oktober | 480 | 548.04 | 592.53 | -112.53 | 1000.96 | -68.04 |
| | 23 | November | 720 | 686.30 | 667.92 | 52.08 | 367.47 | 33.70 |
| | 24 | Desember | 600 | 616.91 | 626.91 | -26.91 | 772.08 | -16.91 |
| 2000 | 25 | Januari | 120 | 217.40 | 297.66 | -177.66 | 573.09 | -97.40 |
| | 26 | Februari | 360 | 332.05 | 325.31 | 34.69 | -57.66 | 27.95 |
| | 27 | Maret | 720 | 643.96 | 581.51 | 138.49 | 394.69 | 76.04 |
| | 28 | April | 480 | 512.14 | 525.73 | -45.73 | 858.49 | -32.14 |
| | 29 | Mei | 600 | 582.78 | 571.60 | 28.40 | 434.27 | 17.22 |
| | 30 | Juni | 840 | 789.58 | 746.86 | 93.14 | 628.40 | 50.42 |
| | 31 | Juli | 1008 | 965.19 | 922.40 | 85.60 | 933.14 | 42.81 |
| | 32 | Agustus | 1080 | 1057.50 | 1031.02 | 48.98 | 1093.60 | 22.50 |
| | 33 | September | 1008 | 1017.70 | 1020.31 | -12.31 | 1128.98 | -9.70 |
| | 34 | Oktober | 840 | 874.83 | 903.34 | -63.34 | 995.69 | -34.83 |
| | 35 | November | 960 | 943.31 | 935.47 | 24.53 | 776.66 | 16.69 |
| | 36 | Desember | 1248 | 1188.28 | 1138.73 | 109.27 | 984.53 | 59.72 |

Lanjutan Tabel 5.6

| [1] | [2] | [3] | [4] | [5] | [6] | [7] | [8] | [9] |
|------|-----|-----------|------|--------|--------|---------|---------------|---------|
| 2001 | 37 | Januari | 48 | 271.49 | 441.47 | -393.47 | 1357.27 | -223.49 |
| | 38 | Februari | 960 | 825.05 | 749.87 | 210.13 | -345.47 | 134.95 |
| | 39 | Maret | 840 | 837.07 | 819.98 | 20.02 | 1170.13 | 2.93 |
| | 40 | April | 480 | 549.99 | 602.90 | -122.90 | 860.02 | -69.99 |
| | 41 | Mei | 528 | 532.31 | 546.15 | -18.15 | 357.10 | -4.31 |
| | 42 | Juni | 980 | 892.25 | 824.42 | 155.58 | 509.85 | 87.75 |
| | 43 | Juli | 1008 | 985.31 | 953.78 | 54.22 | 1135.58 | 22.69 |
| | 44 | Agustus | 960 | 964.96 | 962.77 | -2.77 | 1062.22 | -4.96 |
| | 45 | September | 960 | 960.97 | 961.32 | -1.32 | 957.23 | -0.97 |
| | 46 | Oktober | 1008 | 998.78 | 991.44 | 16.56 | 958.68 | 9.22 |
| | 47 | November | 950 | 959.56 | 965.81 | -15.81 | 1024.56 | -9.56 |
| | 48 | Desember | 945 | 947.85 | 951.37 | -6.37 | 934.19 | -2.85 |
| 2002 | 49 | Januari | 780 | 812.90 | 840.04 | -60.04 | 938.63 | -32.90 |
| | 50 | Februari | 660 | 689.97 | 719.38 | -59.38 | 719.96 | -29.97 |
| | 51 | Maret | 850 | 818.63 | 799.18 | 50.82 | 600.62 | 31.37 |
| | 52 | April | 864 | 855.11 | 844.15 | 19.85 | 900.82 | 8.89 |
| | 53 | Mei | 768 | 785.07 | 796.65 | -28.65 | 883.85 | -17.07 |
| | 54 | Juni | 840 | 829.23 | 822.85 | 17.15 | 739.35 | 10.77 |
| | 55 | Juli | 750 | 765.53 | 776.76 | -26.76 | 857.15 | -15.53 |
| | 56 | Agustus | 564 | 603.50 | 637.46 | -73.46 | 723.24 | -39.50 |
| | 57 | September | 445 | 476.07 | 507.70 | -62.70 | 490.54 | -31.07 |
| | 58 | Oktober | 542 | 529.08 | 524.89 | 17.11 | 382.30 | 12.92 |
| | 59 | November | 327 | 366.61 | 397.63 | -70.63 | 559.11 | -39.61 |
| | 60 | Desember | 92 | 145.82 | 195.18 | -103.18 | 256.37 | -53.82 |
| | | | | | | | -11.18 | 2213.09 |

Perhitungan MAD

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^n |e_i|}{n} = \frac{2213.09}{60} = 38.88$$

Tabel 5.7 Perbandingan fungsi peramalan pemakaian Semen

| NO | Metode Peramalan | Nilai MAD |
|----|--|-----------|
| 1 | Weight Moving Average | 98.05 |
| 2 | Exponential Smoothing with Linear Trend | 36.71 |
| 3 | Double Exponential Smoothing with Linear Trend | 38.88 |

Dengan melihat hasil MAD setiap teknik metode peramalan pada Tabel 5.7, maka metode yang terpilih untuk permintaan material semen adalah *Exponential Smoothing with Linear Trend*, kerana memberikan nilai MAD terkecil dari ketiga rumus metode peramalan.

Untuk selanjutnya adalah meramalkan pemakaian material semen dengan memakai angka pada Tabel 5.4 (kolom 7 dan baris terakhir), terdapat nilai *forecast* 85.79, nilai ini adalah anggapan sebagai nilai peramalan bulan Januari periode 2003. Sedangkan untuk bulan Februari sampai dengan Desember dapat dilihat pada Tabel 5.8. Langkah perhitungan sama dengan point b 5.2.1.

Tabel 5.8 Nilai peramalan semen untuk tahun 2003

| Tahun | | Bulan | Semen (Ton) | Tt | Ft | Forecast | Error |
|-------|----|-----------|----------------|-------|-------|----------|-------|
| 2003 | 1 | Januari | 85.79 | -3.43 | 74.38 | 82.36 | 11.41 |
| | 2 | Februari | 82.36 | 1.55 | 80.12 | 82.36 | 2.24 |
| | 3 | Maret | 82.36 | -4.09 | 82.22 | 83.90 | 0.14 |
| | 4 | April | 83.90 | 1.49 | 82.77 | 78.27 | 1.13 |
| | 5 | Mei | 78.27 | -4.17 | 79.44 | 85.39 | -1.17 |
| | 6 | Juni | 85.39 | 1.50 | 83.41 | 74.10 | 1.98 |
| | 7 | Juli | 74.10 | -4.18 | 76.22 | 86.90 | -2.12 |
| | 8 | Agustus | 86.90 | 1.47 | 83.99 | 69.93 | 2.91 |
| | 9 | September | 69.93 | -4.14 | 72.97 | 88.37 | -3.04 |
| | 10 | Oktober | 88.37 | 1.39 | 84.54 | 65.79 | 3.83 |
| | 11 | November | 65.79 | -4.05 | 69.74 | 89.76 | -3.95 |
| | 12 | Desember | 89.76 | 1.26 | 85.04 | 61.74 | 4.72 |
| | | | | | | 948.88 | |

Tabel 5.9 di bawah menunjukkan hasil peramalan untuk keseluruhan data pemakaian material yang kemudian diasumsikan sebagai laju pemakaian per bulan selama 12 bulan mendatang (tahun 2003).

Tabel 5.9 Peramalan pemakaian material Semen

| NO | Bulan | Pemakaian Material (Ton) |
|----------------------------------|-----------|--------------------------|
| 1 | Januari | 82.36 |
| 2 | Februari | 82.36 |
| 3 | Maret | 83.90 |
| 4 | April | 78.27 |
| 5 | Mei | 85.39 |
| 6 | Juni | 74.10 |
| 7 | Juli | 86.90 |
| 8 | Agustus | 69.93 |
| 9 | September | 88.37 |
| 10 | Oktober | 65.79 |
| 11 | November | 89.76 |
| 12 | Desember | 61.74 |
| Perkiraan jumlah pemakaian total | | 948.88 |
| Rata-rata pemakaian | | 79.0732 |

5.2.2 Peramalan pemakaian untuk material pasir

- a. Contoh perhitungan menggunakan metode *Weight Moving Average* (rumus 3.3)

$$F_t = \frac{\sum A_t}{m}$$

perhitungan F_t

$$F_{t(\text{Feb})} = \frac{2100 + 1470}{2} = 1785$$

$$F_{t(\text{Mar})} = \frac{1470 + 2100}{2} = 1785$$

perhitungan Forecast

$$\text{Forecast Maret} = F_{t(\text{Feb})} = 1785$$

$$\text{Forecast April} = F_{t(\text{Mar})} = 1785$$

perhitungan *Error* (e_t)

$$e_t = \text{Aktual} - F_t$$

$$e_{t(\text{Mar})} = 2100 - 1785 = 315$$

$$e_{t(\text{Apr})} = 1960 - 2030 = -70$$

Dengan cara analogi, perhitungan untuk bulan berikutnya hasil dipresentasikan seperti pada tabel 5.10.

Tabel 5.10 *Forecast Pasir Weight Moving Average selama 60 bulan*

| Tahun | | Bulan | Pasir (m³) | Ft | Forecast | Error |
|--------------|-----|--------------|----------------------------------|-----------|-----------------|--------------|
| [1] | [2] | [3] | [4] | [5] | [6] | [7] |
| 1998 | 1 | Januari | 2100 | | | |
| | 2 | Februari | 1470 | 1785 | | |
| | 3 | Maret | 2100 | 1785 | 1785 | 315 |
| | 4 | April | 1960 | 2030 | 1785 | -70 |
| | 5 | Mei | 2100 | 2030 | 2030 | 70 |
| | 6 | Juni | 2240 | 2170 | 2030 | 70 |
| | 7 | Juli | 1750 | 1995 | 2170 | -245 |
| | 8 | Agustus | 1750 | 1750 | 1995 | 0 |
| | 9 | September | 1890 | 1820 | 1750 | 70 |
| | 10 | Oktober | 1400 | 1645 | 1820 | -245 |
| | 11 | November | 1400 | 1400 | 1645 | 0 |
| | 12 | Desember | 3500 | 2450 | 1400 | 1050 |
| 1999 | 13 | Januari | 700 | 2100 | 2450 | -1400 |
| | 14 | Februari | 1050 | 875 | 2100 | 175 |
| | 15 | Maret | 2100 | 1575 | 875 | 525 |
| | 16 | April | 2100 | 2100 | 1575 | 0 |
| | 17 | Mei | 1750 | 1925 | 2100 | -175 |
| | 18 | Juni | 1400 | 1575 | 1925 | -175 |
| | 19 | Juli | 1400 | 1400 | 1575 | 0 |
| | 20 | Agustus | 1750 | 1575 | 1400 | 175 |
| | 21 | September | 2590 | 2170 | 1575 | 420 |
| | 22 | Oktober | 1400 | 1995 | 2170 | -595 |
| | 23 | November | 2100 | 1750 | 1995 | 350 |
| | 24 | Desember | 1750 | 1925 | 1750 | -175 |
| 2000 | 25 | Januari | 350 | 1050 | 1925 | -700 |
| | 26 | Februari | 1050 | 700 | 1050 | 350 |
| | 27 | Maret | 2100 | 1575 | 700 | 525 |
| | 28 | April | 1400 | 1750 | 1575 | -350 |
| | 29 | Mei | 1750 | 1575 | 1750 | 175 |
| | 30 | Juni | 2450 | 2100 | 1575 | 350 |
| | 31 | Juli | 2940 | 2695 | 2100 | 245 |
| | 32 | Agustus | 3150 | 3045 | 2695 | 105 |
| | 33 | September | 2940 | 3045 | 3045 | -105 |
| | 34 | Oktober | 2450 | 2695 | 3045 | -245 |
| | 35 | November | 2800 | 2625 | 2695 | 175 |
| | 36 | Desember | 3640 | 3220 | 2625 | 420 |

Lanjutan Tabel 5.10

| [1] | [2] | [3] | [4] | [5] | [6] | [7] |
|------|-----|-----------|------|---------|----------------|----------|
| 2001 | 37 | Januari | 1400 | 2520.00 | 3220.00 | -1120.00 |
| | 38 | Februari | 2800 | 2100.00 | 2520.00 | 700.00 |
| | 39 | Maret | 2450 | 2625.00 | 2100.00 | -175.00 |
| | 40 | April | 1400 | 1925.00 | 2625.00 | -525.00 |
| | 41 | Mei | 1540 | 1470.00 | 1925.00 | 70.00 |
| | 42 | Juni | 2800 | 2170.00 | 1470.00 | 630.00 |
| | 43 | Juli | 2940 | 2870.00 | 2170.00 | 70.00 |
| | 44 | Agustus | 2800 | 2870.00 | 2870.00 | -70.00 |
| | 45 | September | 2800 | 2800.00 | 2870.00 | 0.00 |
| | 46 | Oktober | 3150 | 2975.00 | 2800.00 | 175.00 |
| | 47 | November | 3850 | 3500.00 | 2975.00 | 350.00 |
| | 48 | Desember | 3500 | 3675.00 | 3500.00 | -175.00 |
| 2002 | 49 | Januari | 1400 | 2450.00 | 3675.00 | -1050.00 |
| | 50 | Februari | 1750 | 1575.00 | 2450.00 | 175.00 |
| | 51 | Maret | 2100 | 1925.00 | 1575.00 | 175.00 |
| | 52 | April | 1890 | 1995.00 | 1925.00 | -105.00 |
| | 53 | Mei | 2450 | 2170.00 | 1995.00 | 280.00 |
| | 54 | Juni | 2450 | 2450.00 | 2170.00 | 0.00 |
| | 55 | Juli | 2590 | 2520.00 | 2450.00 | 70.00 |
| | 56 | Agustus | 2250 | 2420.00 | 2520.00 | -170.00 |
| | 57 | September | 2135 | 2192.50 | 2420.00 | -57.50 |
| | 58 | Oktober | 2000 | 2067.50 | 2192.50 | -67.50 |
| | 59 | November | 1945 | 1972.50 | 2067.50 | -27.50 |
| | 60 | Desember | 1564 | 1754.50 | 1972.50 | -190.50 |
| | | | | | 1754.50 | 16473.00 |

Perhitungan MAD

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |e_t|}{n} = \frac{16473.0}{60} = 274.55$$

b. Contoh perhitungan peramalan dengan menggunakan metode *Exponential*

Smoothing with Linear Trend (rumus 3.6, 3.7, 3.8, 3.9 dan 3.10).

$$F_o = A_t; T_o = 0$$

$$F_t = \alpha A_t + (1 - \alpha)(F_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta(F_t - F_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

Tabel 5.11 Perhitungan Alfa dan Beta untuk Pasir *Exponential Smoothing with Linear Trend*

| Tahun (T) | Jumlah Pasir (Y) * 10 ⁴ (Ton) | T*Y | T ² | Y ² |
|------------|--|--------|----------------|----------------|
| 1 | 0.2366 | 0.2366 | 1 | 0.05597956 |
| 2 | 0.2226 | 0.4452 | 4 | 0.04955076 |
| 3 | 0.2184 | 0.6552 | 9 | 0.04769856 |
| 4 | 0.2184 | 0.8736 | 16 | 0.04769856 |
| 5 | 0.2198 | 1.099 | 25 | 0.04831204 |
| Total = 15 | 1.1158 | 3.3096 | 55 | 0.24923948 |

$$\beta = \frac{n \sum TY - (\sum T * \sum Y)}{n \sum T^2 - (\sum T)^2} = \frac{5 * 3.3096 - 15 * 1.1158}{5 * 55 - 15^2} = -0.00378$$

$$\alpha = \frac{\sum Y - \beta \sum T}{n} = \frac{1.1158 - (-0.00378 * 15)}{5} = 0.2345$$

perhitungan F_t

$$F_{t(\text{Jan})} = 2100 \text{ dan } T_{\text{Jan}} = 0$$

$$F_{t(\text{Feb})} = (0.2345 * 1470) + ((1 - 0.2345) * (2100 + 0)) = 1952.27$$

$$T_{t(\text{Feb})} = -0.00378(1952.27 - 2100) + (1 - (-0.00378)) * 0 = 0.56$$

perhitungan Forecast

$$\text{Forecast Februari} = 2100 + (1 * 0) = 2100$$

$$\text{Forecast Maret} = 1952.27 + (2 * 0.56) = 1953.38$$

perhitungan *Error* (e_t)

$$e_t = \text{Aktual} - F_t$$

$$e_{t(\text{Feb})} = 1470 - 1952.27 = -482.27$$

$$e_{t(\text{Mar})} = 2100 - 1987.37 = 112.66$$

Dengan cara analogi, perhitungan untuk bulan berikutnya hasil dipresentasikan seperti pada tabel 5.12.

Tabel 5.12 *Forecast Pasir Exponential Smoothing with Linear Trend* selama 60 bulan

| Tahun | | Bulan | Pasir (m ³) | Tt | Ft | Forecast | Error |
|-------|-----|-----------|-------------------------|-------|---------|----------|----------|
| [1] | [2] | [3] | [4] | [5] | [6] | [7] | [8] |
| 1998 | 1 | Januari | 2100 | 0.00 | 2100.00 | | |
| | 2 | Februari | 1470 | 0.56 | 1952.27 | 2100.00 | -482.27 |
| | 3 | Maret | 2100 | 0.43 | 1987.34 | 1953.38 | 112.66 |
| | 4 | April | 1960 | 0.45 | 1981.25 | 1988.62 | -21.25 |
| | 5 | Mei | 2100 | 0.35 | 2009.45 | 1983.06 | 90.55 |
| | 6 | Juni | 2240 | 0.14 | 2063.78 | 2011.18 | 176.22 |
| | 7 | Juli | 1750 | 0.42 | 1990.31 | 2064.64 | -240.31 |
| | 8 | Agustus | 1750 | 0.64 | 1934.28 | 1993.26 | -184.28 |
| | 9 | September | 1890 | 0.68 | 1924.38 | 1939.36 | -34.38 |
| | 10 | Oktober | 1400 | 1.14 | 1801.93 | 1930.46 | -401.93 |
| | 11 | November | 1400 | 1.50 | 1708.55 | 1813.34 | -308.55 |
| | 12 | Desember | 3500 | -0.09 | 2129.79 | 1725.03 | 1370.21 |
| 1999 | 13 | Januari | 700 | 1.18 | 1794.44 | 2128.73 | -1094.44 |
| | 14 | Februari | 1050 | 1.84 | 1620.77 | 1809.76 | -570.77 |
| | 15 | Maret | 2100 | 1.42 | 1734.56 | 1646.52 | 365.44 |
| | 16 | April | 2100 | 1.09 | 1821.34 | 1755.80 | 278.66 |
| | 17 | Mei | 1750 | 1.16 | 1805.45 | 1838.83 | -55.45 |
| | 18 | Juni | 1400 | 1.52 | 1711.26 | 1825.13 | -311.26 |
| | 19 | Juli | 1400 | 1.80 | 1639.43 | 1738.58 | -239.43 |
| | 20 | Agustus | 1750 | 1.70 | 1666.73 | 1673.54 | 83.27 |
| | 21 | September | 2590 | 0.88 | 1884.54 | 1700.71 | 705.46 |
| | 22 | Oktober | 1400 | 1.31 | 1771.59 | 1903.06 | -371.59 |
| | 23 | November | 2100 | 1.02 | 1849.61 | 1800.46 | 250.39 |
| | 24 | Desember | 1750 | 1.11 | 1827.03 | 1873.12 | -77.03 |
| 2000 | 25 | Januari | 350 | 2.42 | 1481.52 | 1853.71 | -1131.52 |
| | 26 | Februari | 1050 | 2.81 | 1382.18 | 1542.07 | -332.18 |
| | 27 | Maret | 2100 | 2.17 | 1552.66 | 1455.15 | 547.34 |
| | 28 | April | 1400 | 2.31 | 1518.52 | 1611.32 | -118.52 |
| | 29 | Mei | 1750 | 2.11 | 1574.57 | 1583.20 | 175.43 |
| | 30 | Juni | 2450 | 1.33 | 1781.47 | 1635.67 | 668.53 |
| | 31 | Juli | 2940 | 0.31 | 2054.17 | 1821.46 | 885.83 |
| | 32 | Agustus | 3150 | -0.66 | 2311.38 | 2063.69 | 838.62 |
| | 33 | September | 2940 | -1.22 | 2458.28 | 2290.13 | 481.72 |
| | 34 | Oktober | 2450 | -1.22 | 2455.40 | 2417.96 | -5.40 |
| | 35 | November | 2800 | -1.52 | 2535.28 | 2414.07 | 264.72 |
| | 36 | Desember | 3640 | -2.50 | 2793.17 | 2482.01 | 846.83 |

Lanjutan Tabel 5.12

| [1] | [2] | [3] | [4] | [5] | [6] | [7] | [8] |
|------|-----|-----------|------|-------|---------|----------------|----------|
| 2001 | 37 | Januari | 1400 | -1.27 | 2464.56 | 2703.07 | -1064.56 |
| | 38 | Februari | 2800 | -1.57 | 2542.25 | 2417.57 | 257.75 |
| | 39 | Maret | 2450 | -1.49 | 2519.41 | 2482.64 | -69.41 |
| | 40 | April | 1400 | -0.50 | 2255.77 | 2461.38 | -855.77 |
| | 41 | Mei | 1540 | 0.14 | 2087.54 | 2235.89 | -547.54 |
| | 42 | Juni | 2800 | -0.49 | 2254.72 | 2093.15 | 545.28 |
| | 43 | Juli | 2940 | -1.10 | 2415.04 | 2233.95 | 524.96 |
| | 44 | Agustus | 2800 | -1.44 | 2504.47 | 2367.63 | 295.53 |
| | 45 | September | 2800 | -1.71 | 2572.66 | 2440.90 | 227.34 |
| | 46 | Oktober | 3150 | -2.22 | 2706.74 | 2495.81 | 443.26 |
| | 47 | November | 3850 | -3.24 | 2973.14 | 2604.57 | 876.86 |
| | 48 | Desember | 3500 | -3.71 | 3094.21 | 2821.02 | 405.79 |
| 2002 | 49 | Januari | 1400 | -2.21 | 2694.08 | 2916.30 | -1294.08 |
| | 50 | Februari | 1750 | -1.37 | 2471.00 | 2585.89 | -721.00 |
| | 51 | Maret | 2100 | -1.05 | 2382.95 | 2402.35 | -282.95 |
| | 52 | April | 1890 | -0.61 | 2266.55 | 2329.64 | -376.55 |
| | 53 | Mei | 2450 | -0.77 | 2309.11 | 2234.87 | 140.89 |
| | 54 | Juni | 2450 | -0.90 | 2341.55 | 2268.16 | 108.45 |
| | 55 | Juli | 2590 | -1.12 | 2399.13 | 2293.06 | 190.87 |
| | 56 | Agustus | 2250 | -0.99 | 2363.30 | 2337.58 | -113.30 |
| | 57 | September | 2135 | -0.79 | 2309.01 | 2307.98 | -174.01 |
| | 58 | Oktober | 2000 | -0.51 | 2235.94 | 2264.18 | -235.94 |
| | 59 | November | 2160 | -0.45 | 2217.74 | 2206.18 | -57.74 |
| | 60 | Desember | 1564 | 0.13 | 2064.10 | 2191.41 | -500.10 |
| | | | | | | 2072.06 | 23270.41 |

Perhitungan MAD

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |e_t|}{n} = \frac{23270.41}{60} = 387.84$$

c. Contoh perhitungan peramalan dengan menggunakan metode *Double Exponential*

Smoothing with Linear Trend (rumus 3.11, 3.12, 3.13, 3.14, 3.15 dan 3.16).

$$F'_0 = F_0 = A_1, \quad F'_t = \alpha A_t + (1-\alpha)F'_{t-1}, \quad F''_t = \alpha F'_t + (1-\alpha)F''_{t-1}, \quad T_t = A_t - F'_t,$$

$$\beta = \frac{n \sum TY - (\sum T * \sum Y)}{n \sum T^2 - (\sum T)^2}, \quad \alpha = \frac{\sum Y - \beta \sum T}{n}$$

Tabel 5.13 Perhitungan Alfa dan Beta untuk Pasir *Double Exponential Smoothing with Linear Trend*

| Tahun (T) | Jumlah Pasir (Y) * 10 ⁴ (Ton) | T*Y | T ² | Y ² |
|------------|--|--------|----------------|----------------|
| 1 | 0.2366 | 0.2366 | 1 | 0.05597956 |
| 2 | 0.2226 | 0.4452 | 4 | 0.04955076 |
| 3 | 0.2184 | 0.6552 | 9 | 0.04769856 |
| 4 | 0.2184 | 0.8736 | 16 | 0.04769856 |
| 5 | 0.2198 | 1.099 | 25 | 0.04831204 |
| Total = 15 | 1.1158 | 3.3096 | 55 | 0.24923948 |

$$\beta = \frac{n \sum TY - (\sum T * \sum Y)}{n \sum T^2 - (\sum T)^2} = \frac{5 * 3.3096 - 15 * 1.1158}{5 * 55 - 15^2} = -0.00378$$

$$\alpha = \frac{\sum Y - \beta \sum T}{n} = \frac{1.1158 - (-0.00378 * 15)}{5} = 0.2345$$

Perhitungan F_t

$$F_{t(\text{Jan})} = 2100 \text{ dan } T_{t(\text{Jan})} = 0$$

$$F_{t(\text{Feb})} = (0.2345 * 1470) + ((1 - 0.2345) * (2100)) = 1952.27$$

$$F_{t(\text{Feb})}' = (0.2345 * 1952.27) + ((1 - 0.2345) * (2100)) = 2065.36$$

$$T_{t(\text{Feb})} = 1470 - 2065.36 = -595.36$$

Perhitungan *forecast*

$$\text{Forecast february} = 2100 + 0 = 2100$$

$$\text{Forecast maret} = 1470 + (-595.36) = 874.64$$

Perhitungan *error* (e_r)

$$e_t = \text{Aktual} - F_t$$

$$e_{t(\text{Feb})} = 1470 - 1952.27 = -482.27$$

$$e_{t(\text{Mar})} = 2100 - 1986.91 = 113.09$$

Dengan cara analogi, perhitungan untuk bulan berikutnya hasil dipresentasikan seperti pada tabel 5.14.

Tabel 5.14 Forecast Pasir Double Exponential Smoothing with Linear Trend
selama 60 bulan

| Tahun | | Bulan | Pasir (m ³) | Ft | Ft' | Tt | Forecast | Error |
|-------|-----|-----------|----------------------------|---------|---------|----------|----------|----------|
| [1] | [2] | [3] | [4] | [5] | [6] | [7] | [8] | [9] |
| 1998 | 1 | Januari | 2100 | 2100.00 | 2100.00 | 0.00 | | |
| | 2 | Februari | 1470 | 1952.27 | 2065.36 | -595.36 | 2100.00 | -482.27 |
| | 3 | Maret | 2100 | 1986.91 | 2046.96 | 53.04 | 874.64 | 113.09 |
| | 4 | April | 1960 | 1980.60 | 2031.40 | -71.40 | 2153.04 | -20.60 |
| | 5 | Mei | 2100 | 2008.60 | 2026.05 | 73.95 | 1888.60 | 91.40 |
| | 6 | Juni | 2240 | 2062.86 | 2034.68 | 205.32 | 2173.95 | 177.14 |
| | 7 | Juli | 1750 | 1989.50 | 2024.09 | -274.09 | 2445.32 | -239.50 |
| | 8 | Agustus | 1750 | 1933.33 | 2002.81 | -252.81 | 1475.91 | -183.33 |
| | 9 | September | 1890 | 1923.17 | 1984.13 | -94.13 | 1497.19 | -33.17 |
| | 10 | Oktober | 1400 | 1800.49 | 1941.07 | -541.07 | 1795.87 | -400.49 |
| | 11 | November | 1400 | 1706.57 | 1886.08 | -486.08 | 858.93 | -306.57 |
| | 12 | Desember | 3500 | 2127.13 | 1942.61 | 1557.39 | 913.92 | 1372.87 |
| 1999 | 13 | Januari | 700 | 1792.47 | 1907.40 | -1207.40 | 5057.39 | -1092.47 |
| | 14 | Februari | 1050 | 1618.36 | 1839.62 | -789.62 | -507.40 | -568.36 |
| | 15 | Maret | 2100 | 1731.31 | 1814.22 | 285.78 | 260.38 | 368.69 |
| | 16 | April | 2100 | 1817.76 | 1815.05 | 284.95 | 2385.78 | 282.24 |
| | 17 | Mei | 1750 | 1801.87 | 1811.96 | -61.96 | 2384.95 | -51.87 |
| | 18 | Juni | 1400 | 1707.63 | 1787.50 | -387.50 | 1688.04 | -307.63 |
| | 19 | Juli | 1400 | 1635.49 | 1751.85 | -351.85 | 1012.50 | -235.49 |
| | 20 | Agustus | 1750 | 1662.35 | 1730.86 | 19.14 | 1048.15 | 87.65 |
| | 21 | September | 2590 | 1879.88 | 1765.81 | 824.19 | 1769.14 | 710.12 |
| | 22 | Oktober | 1400 | 1767.35 | 1766.17 | -366.17 | 3414.19 | -367.35 |
| | 23 | November | 2100 | 1845.36 | 1784.74 | 315.26 | 1033.83 | 254.64 |
| | 24 | Desember | 1750 | 1822.99 | 1793.71 | -43.71 | 2415.26 | -72.99 |
| 2000 | 25 | Januari | 350 | 1477.58 | 1719.58 | -1369.58 | 1706.29 | -1127.58 |
| | 26 | Februari | 1050 | 1377.31 | 1639.31 | -589.31 | -1019.58 | -327.31 |
| | 27 | Maret | 2100 | 1546.78 | 1617.62 | 482.38 | 460.69 | 553.22 |
| | 28 | April | 1400 | 1512.36 | 1592.93 | -192.93 | 2582.38 | -112.36 |
| | 29 | Mei | 1750 | 1568.09 | 1587.11 | 162.89 | 1207.07 | 181.91 |
| | 30 | Juni | 2450 | 1774.90 | 1631.14 | 818.86 | 1912.89 | 675.10 |
| | 31 | Juli | 2940 | 2048.11 | 1728.92 | 1211.08 | 3268.86 | 891.89 |
| | 32 | Agustus | 3150 | 2306.51 | 1864.37 | 1285.63 | 4151.08 | 843.49 |
| | 33 | September | 2940 | 2455.06 | 2002.88 | 937.12 | 4435.63 | 484.94 |
| | 34 | Oktober | 2450 | 2453.87 | 2108.64 | 341.36 | 3877.12 | -3.87 |
| | 35 | November | 2800 | 2535.04 | 2208.63 | 591.37 | 2791.36 | 264.96 |
| | 36 | Desember | 3640 | 2794.15 | 2345.94 | 1294.06 | 3391.37 | 845.85 |

Lanjutan Tabel 5.14

| [1] | [2] | [3] | [4] | [5] | [6] | [7] | [8] | [9] |
|------|-----|-----------|------|---------|---------|----------|---------------|----------|
| 2001 | 37 | Januari | 1400 | 2467.22 | 2374.38 | -974.38 | 4934.06 | -1067.22 |
| | 38 | Februari | 2800 | 2545.26 | 2414.45 | 385.55 | 425.62 | 254.7399 |
| | 39 | Maret | 2450 | 2522.92 | 2439.89 | 10.11 | 3185.55 | -72.9216 |
| | 40 | April | 1400 | 2259.60 | 2397.61 | -997.61 | 2460.11 | -859.597 |
| | 41 | Mei | 1540 | 2090.85 | 2325.67 | -785.67 | 402.39 | -550.851 |
| | 42 | Juni | 2800 | 2257.15 | 2309.60 | 490.40 | 754.33 | 542.8535 |
| | 43 | Juli | 2940 | 2417.28 | 2334.85 | 605.15 | 3290.40 | 522.7243 |
| | 44 | Agustus | 2800 | 2507.02 | 2375.23 | 424.77 | 3545.15 | 292.9755 |
| | 45 | September | 2800 | 2575.73 | 2422.24 | 377.76 | 3224.77 | 224.2727 |
| | 46 | Oktober | 3150 | 2710.39 | 2489.82 | 660.18 | 3177.76 | 439.6058 |
| | 47 | November | 3850 | 2977.63 | 2604.21 | 1245.79 | 3810.18 | 872.3682 |
| | 48 | Desember | 3500 | 3100.13 | 2720.50 | 779.50 | 5095.79 | 399.8729 |
| 2002 | 49 | Januari | 1400 | 2701.45 | 2716.03 | -1316.03 | 4279.50 | -1301.45 |
| | 50 | Februari | 1750 | 2478.33 | 2660.29 | -910.29 | 83.97 | -728.333 |
| | 51 | Maret | 2100 | 2389.61 | 2596.82 | -496.82 | 839.71 | -289.614 |
| | 52 | April | 1890 | 2272.45 | 2520.76 | -630.76 | 1603.18 | -382.454 |
| | 53 | Mei | 2450 | 2314.09 | 2472.29 | -22.29 | 1259.24 | 135.9112 |
| | 54 | Juni | 2450 | 2345.96 | 2442.67 | 7.33 | 2427.71 | 104.04 |
| | 55 | Juli | 2590 | 2403.19 | 2433.41 | 156.59 | 2457.33 | 186.8126 |
| | 56 | Agustus | 2250 | 2367.26 | 2417.90 | -167.90 | 2746.59 | -117.265 |
| | 57 | September | 2135 | 2312.80 | 2393.25 | -258.25 | 2082.10 | -177.799 |
| | 58 | Oktober | 2000 | 2239.45 | 2357.19 | -357.19 | 1876.75 | -239.447 |
| | 59 | November | 2160 | 2220.82 | 2325.21 | -165.21 | 1642.81 | -60.8171 |
| | 60 | Desember | 1564 | 2066.79 | 2264.61 | -700.61 | 1994.79 | -502.793 |
| | | | | | | | 863.39 | 20354.86 |

Perhitungan MAD

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |e_t|}{n} = \frac{20354.86}{60} = 339.25$$

Tabel 5.15 Perbandingan fungsi peramalan pemakaian Pasir

| NO | Metode Peramalan | Nilai MAD |
|----|--|-----------|
| 1 | Weight Moving Average | 274.55 |
| 2 | Exponential Smoothing with Linear Trend | 387.84 |
| 3 | Double Exponential Smoothing with Linear Trend | 339.25 |

Dengan melihat hasil MAD setiap teknik metode peramalan pada Tabel 5.15, maka metode yang terpilih untuk permintaan material semen adalah *Weight Moving Average*, kerana memberikan nilai MAD terkecil dari ketiga rumus metode peramalan.

Untuk selanjutnya adalah meramalkan pemakaian material pasir dengan memakai angka pada Tabel 5.10 (kolom 6 dan baris terakhir), terdapat nilai *forecast* 1754.50, nilai ini adalah anggapan sebagai nilai peramalan bulan Januari periode 2003. Sedangkan Untuk bulan Februari sampai dengan Desember dapat dilihat pada Tabel 5.16. Langkah perhitungan sama dengan point a 5.2.2.

Tabel 5.16 Nilai peramalan pasir untuk tahun 2003

| Tahun | | Bulan | Pasir (m ³) | Ft | Forecast | Error |
|-------|----|-----------|----------------------------|--------|------------------|-------|
| 2003 | 1 | Januari | 1754.5 | 1659.3 | 1754.5 | 95.3 |
| | 2 | Februari | 1754.5 | 1754.5 | 1659.3 | 0.0 |
| | 3 | Maret | 1659.3 | 1706.9 | 1754.5 | -47.6 |
| | 4 | April | 1754.5 | 1706.9 | 1706.9 | 47.6 |
| | 5 | Mei | 1706.9 | 1730.7 | 1706.9 | -23.8 |
| | 6 | Juni | 1706.9 | 1706.9 | 1730.7 | 0.0 |
| | 7 | Juli | 1730.7 | 1718.8 | 1706.9 | 11.9 |
| | 8 | Agustus | 1706.9 | 1718.8 | 1718.8 | -11.9 |
| | 9 | September | 1718.8 | 1712.8 | 1718.8 | 6.0 |
| | 10 | Oktober | 1718.8 | 1718.8 | 1712.8 | 0.0 |
| | 11 | November | 1712.8 | 1715.8 | 1718.8 | -3.0 |
| | 12 | Desember | 1718.8 | 1715.8 | 1715.8 | 3.0 |
| | | | | | $\Sigma=20604.5$ | |

Tabel 5.17 di bawah menunjukkan hasil peramalan untuk keseluruhan data pemakaian material yang kemudian diasumsikan sebagai laju pemakaian per bulan selama 12 bulan mendatang (tahun 2003).

Tabel 5.17 Peramalan pemakaian material Pasir

| NO | Bulan | Pemakaian Material (m ³) |
|----------------------------------|-----------|--------------------------------------|
| 1 | Januari | 1754.5 |
| 2 | Februari | 1659.3 |
| 3 | Maret | 1754.5 |
| 4 | April | 1706.9 |
| 5 | Mei | 1706.9 |
| 6 | Juni | 1730.7 |
| 7 | Juli | 1706.9 |
| 8 | Agustus | 1718.8 |
| 9 | September | 1718.8 |
| 10 | Oktober | 1712.8 |
| 11 | November | 1718.8 |
| 12 | Desember | 1715.8 |
| Perkiraan jumlah pemakaian total | | 20604.5 |
| Rat-rata pemakaian | | 1717.045 |

5.2.3 Peramalan pemakaian untuk material split

- a. Contoh perhitungan menggunakan metode *Weight Moving Average* (rumus 3.3)

$$F_t = \frac{\sum A_t}{m}$$

perhitungan F_t

$$F_{t(\text{Feb})} = \frac{1800 + 1428}{2} = 1614$$

$$F_{t(\text{Mar})} = \frac{1428 + 2040}{2} = 1734$$

perhitungan Forecast

$$\text{Forecast Maret} = F_{t(\text{Feb})} = 1614$$

$$\text{Forecast April} = F_{t(\text{Mar})} = 1734$$

perhitungan *Error* (e_t)

$$e_t = \text{Aktual} - F_t$$

$$e_{t(\text{Mar})} = 2100 - 1785 = 315$$

$$e_{t(\text{Apr})} = 1960 - 2030 = -70$$

Dengan cara analogi, perhitungan untuk bulan berikutnya hasil dipresentasikan seperti pada tabel 5.18.

Tabel 5.18 Forecasting Split Weight Moving Average Selama 60 bulan

| Tahun | | Bulan | Split (m ³) | Ft | Forecast | Error |
|-------|-----|-----------|----------------------------|--------|----------|--------|
| [1] | [2] | [3] | [4] | [5] | [6] | [7] |
| 1998 | 1 | Januari | 1800 | | | |
| | 2 | Februari | 1428 | 1614 | | |
| | 3 | Maret | 2040 | 1734 | 1614 | 306 |
| | 4 | April | 1904 | 1972 | 1734 | -68 |
| | 5 | Mei | 2040 | 1972 | 1972 | 68 |
| | 6 | Juni | 1920 | 1980 | 1972 | -60 |
| | 7 | Juli | 1700 | 1810 | 1980 | -110 |
| | 8 | Agustus | 1700 | 1700 | 1810 | 0 |
| | 9 | September | 1835 | 1767.5 | 1700 | 67.5 |
| | 10 | Oktober | 1360 | 1597.5 | 1767.5 | -237.5 |
| | 11 | November | 1360 | 1360 | 1597.5 | 0 |
| | 12 | Desember | 3400 | 2380 | 1360 | 1020 |
| 1999 | 13 | Januari | 680 | 2040 | 2380 | -1360 |
| | 14 | Februari | 1020 | 850 | 2040 | 170 |
| | 15 | Maret | 2040 | 1530 | 850 | 510 |
| | 16 | April | 2040 | 2040 | 1530 | 0 |
| | 17 | Mei | 1700 | 1870 | 2040 | -170 |
| | 18 | Juni | 1360 | 1530 | 1870 | -170 |
| | 19 | Juli | 1360 | 1360 | 1530 | 0 |
| | 20 | Agustus | 1700 | 1530 | 1360 | 170 |
| | 21 | September | 2615 | 2157.5 | 1530 | 457.5 |
| | 22 | Oktober | 1360 | 1987.5 | 2157.5 | -627.5 |
| | 23 | November | 2040 | 1700 | 1987.5 | 340 |
| | 24 | Desember | 1700 | 1870 | 1700 | -170 |
| 2000 | 25 | Januari | 340 | 1020 | 1870 | -680 |
| | 26 | Februari | 1020 | 680 | 1020 | 340 |
| | 27 | Maret | 2040 | 1530 | 680 | 510 |
| | 28 | April | 1360 | 1700 | 1530 | -340 |
| | 29 | Mei | 1700 | 1530 | 1700 | 170 |
| | 30 | Juni | 2380 | 2040 | 1530 | 340 |
| | 31 | Juli | 2856 | 2618 | 2040 | 238 |
| | 32 | Agustus | 3060 | 2958 | 2618 | 102 |
| | 33 | September | 2856 | 2958 | 2958 | -102 |
| | 34 | Oktober | 2380 | 2618 | 2958 | -238 |
| | 35 | November | 2720 | 2550 | 2618 | 170 |
| | 36 | Desember | 3536 | 3128 | 2550 | 408 |

Lanjutan Tabel 5.18

| [1] | [2] | [3] | [4] | [5] | [6] | [7] |
|------|-----|-----------|------|---------|----------------|----------|
| 2001 | 37 | Januari | 1360 | 2448.00 | 3128.00 | -1088.00 |
| | 38 | Februari | 2720 | 2040.00 | 2448.00 | 680.00 |
| | 39 | Maret | 2380 | 2550.00 | 2040.00 | -170.00 |
| | 40 | April | 1360 | 1870.00 | 2550.00 | -510.00 |
| | 41 | Mei | 1496 | 1428.00 | 1870.00 | 68.00 |
| | 42 | Juni | 2720 | 2108.00 | 1428.00 | 612.00 |
| | 43 | Juli | 2856 | 2788.00 | 2108.00 | 68.00 |
| | 44 | Agustus | 2720 | 2788.00 | 2788.00 | -68.00 |
| | 45 | September | 2720 | 2720.00 | 2788.00 | 0.00 |
| | 46 | Oktober | 3060 | 2890.00 | 2720.00 | 170.00 |
| | 47 | November | 3740 | 3400.00 | 2890.00 | 340.00 |
| | 48 | Desember | 3400 | 3570.00 | 3400.00 | -170.00 |
| 2002 | 49 | Januari | 1360 | 2380.00 | 3570.00 | -1020.00 |
| | 50 | Februari | 1700 | 1530.00 | 2380.00 | 170.00 |
| | 51 | Maret | 2040 | 1870.00 | 1530.00 | 170.00 |
| | 52 | April | 1836 | 1938.00 | 1870.00 | -102.00 |
| | 53 | Mei | 2380 | 2108.00 | 1938.00 | 272.00 |
| | 54 | Juni | 2380 | 2380.00 | 2108.00 | 0.00 |
| | 55 | Juli | 2310 | 2345.00 | 2380.00 | -35.00 |
| | 56 | Agustus | 2275 | 2292.50 | 2345.00 | -17.50 |
| | 57 | September | 2360 | 2317.50 | 2292.50 | 42.50 |
| | 58 | Oktober | 1996 | 2178.00 | 2317.50 | -182.00 |
| | 59 | November | 1768 | 1882.00 | 2178.00 | -114.00 |
| | 60 | Desember | 1756 | 1762.00 | 1882.00 | -6.00 |
| | | | | | 1762.00 | 13703.00 |

Perhitungan MAD

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |e_t|}{n} = \frac{13703}{60} = 228.383$$

b. Contoh perhitungan peramalan dengan menggunakan metode *Exponential*

Smoothing with Linear Trend (rumus 3.6, 3.7, 3.8, 3.9 dan 3.10).

$$F_o = A_t; T_o = 0$$

$$F_t = \alpha A_t + (1 - \alpha)(F_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta(F_t - F_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

Tabel 5.19 Perhitungan Alfa dan Beta untuk Split *Exponential Smoothing* with Linear Trend

| Tahun (T) | Jumlah Split (Y) * 10 ⁴ (Ton) | T*Y | T ² | Y ² |
|------------|--|---------|----------------|----------------|
| 1 | 0.22487 | 0.22487 | 1 | 0.050566517 |
| 2 | 0.21367 | 0.42734 | 4 | 0.045654869 |
| 3 | 0.20959 | 0.62877 | 9 | 0.043927968 |
| 4 | 0.20959 | 0.83836 | 16 | 0.043927968 |
| 5 | 0.21095 | 1.05475 | 25 | 0.044499903 |
| Total = 15 | 1.06867 | 3.17409 | 55 | 0.228577225 |

$$\beta = \frac{n \sum TY - (\sum T * \sum Y)}{n \sum T^2 - (\sum T)^2} = \frac{5 * 3.17409 - 15 * 1.06867}{5 * 55 - 15^2} = -0.003192$$

$$\alpha = \frac{\sum Y - \beta \sum T}{n} = \frac{1.06867 - (-0.003192 * 15)}{5} = 0.22331$$

perhitungan F_t

$$F_{t(\text{Jan})} = 1800 \text{ dan } T_{\text{Jan}} = 0$$

$$F_{t(\text{Feb})} = (0.2231 * 1428) + ((1 - 0.2231) * (1800 + 0)) = 1717.31$$

$$T_{t(\text{Feb})} = -0.003192(1717.31 - 1800) + (1 - (-0.003192)) * 0 = 0.26$$

perhitungan Forecast

$$\text{Forecast Februari} = 720 + (1 * 0) 0 = 2100$$

$$\text{Forecast Maret} = 1717.31 + (2 * 0.26) = 1717.83$$

perhitungan *Error* (e_t)

$$e_t = \text{Aktual} - F_t$$

$$e_{t(\text{Feb})} = 1428 - 1717.31 = -289.31$$

$$e_{t(\text{Mar})} = 2040 - 1789.93 = 250.07$$

Dengan cara analogi, perhitungan untuk bulan berikutnya hasil dipresentasikan seperti pada tabel 5.20.

Tabel 5.20 *Forecasting Split Exponential Smoothing with Linear Trend selama 60 bulan*

| Tahun | | Bulan | Split (m ³) | Tt | Ft | Forecast | Error |
|-------|-----|-----------|----------------------------|-------|---------|----------|----------|
| [1] | [2] | [3] | [4] | [5] | [6] | [7] | [8] |
| 1998 | 1 | Januari | 1800 | 0.00 | 1800.00 | | |
| | 2 | Februari | 1428 | 0.26 | 1717.31 | 1800.00 | -289.31 |
| | 3 | Maret | 2040 | 0.03 | 1789.93 | 1717.83 | 250.07 |
| | 4 | April | 1904 | -0.05 | 1815.81 | 1790.03 | 88.19 |
| | 5 | Mei | 2040 | -0.21 | 1866.21 | 1815.61 | 173.79 |
| | 6 | Juni | 1920 | -0.25 | 1878.45 | 1865.16 | 41.55 |
| | 7 | Juli | 1700 | -0.12 | 1838.80 | 1876.95 | -138.80 |
| | 8 | Agustus | 1700 | -0.03 | 1808.10 | 1837.93 | -108.10 |
| | 9 | September | 1835 | -0.05 | 1814.46 | 1807.88 | 20.54 |
| | 10 | Oktober | 1360 | 0.28 | 1713.32 | 1814.04 | -353.32 |
| | 11 | November | 1360 | 0.53 | 1634.99 | 1716.07 | -274.99 |
| | 12 | Desember | 3400 | -0.73 | 2029.89 | 1640.78 | 1370.11 |
| 1999 | 13 | Januari | 680 | 0.23 | 1728.30 | 2021.10 | -1048.30 |
| | 14 | Februari | 1020 | 0.73 | 1570.67 | 1731.26 | -550.67 |
| | 15 | Maret | 2040 | 0.40 | 1676.38 | 1580.92 | 363.62 |
| | 16 | April | 2040 | 0.14 | 1758.24 | 1682.32 | 281.76 |
| | 17 | Mei | 1700 | 0.18 | 1745.71 | 1760.42 | -45.71 |
| | 18 | Juni | 1360 | 0.45 | 1660.08 | 1748.72 | -300.08 |
| | 19 | Juli | 1360 | 0.66 | 1593.77 | 1668.19 | -233.77 |
| | 20 | Agustus | 1700 | 0.59 | 1618.34 | 1606.38 | 81.66 |
| | 21 | September | 2615 | -0.12 | 1841.70 | 1630.09 | 773.30 |
| | 22 | Oktober | 1360 | 0.22 | 1734.42 | 1839.11 | -374.42 |
| | 23 | November | 2040 | 0.00 | 1803.20 | 1739.23 | 236.80 |
| | 24 | Desember | 1700 | 0.07 | 1780.53 | 1803.19 | -80.53 |
| 2000 | 25 | Januari | 340 | 1.10 | 1459.27 | 1782.26 | -1119.27 |
| | 26 | Februari | 1020 | 1.41 | 1362.34 | 1486.72 | -342.34 |
| | 27 | Maret | 2040 | 0.93 | 1515.05 | 1399.02 | 524.95 |
| | 28 | April | 1360 | 1.04 | 1481.46 | 1540.10 | -121.46 |
| | 29 | Mei | 1700 | 0.88 | 1531.38 | 1510.53 | 168.62 |
| | 30 | Juni | 2380 | 0.28 | 1721.89 | 1556.96 | 658.11 |
| | 31 | Juli | 2856 | -0.53 | 1975.73 | 1730.19 | 880.27 |
| | 32 | Agustus | 3060 | -1.31 | 2217.86 | 1959.21 | 842.14 |
| | 33 | September | 2856 | -1.76 | 2359.81 | 2176.02 | 496.19 |
| | 34 | Oktober | 2380 | -1.78 | 2363.44 | 2301.58 | 16.56 |
| | 35 | November | 2720 | -2.04 | 2442.18 | 2302.86 | 277.82 |
| | 36 | Desember | 3536 | -2.82 | 2685.37 | 2370.82 | 850.63 |

Lanjutan Tabel 5.20

| [1] | [2] | [3] | [4] | [5] | [6] | [7] | [8] |
|------|-----|-----------|------|-------|---------|----------------|----------|
| 2001 | 37 | Januari | 1360 | -1.88 | 2387.77 | 2583.79 | -1027.77 |
| | 38 | Februari | 2720 | -2.12 | 2461.00 | 2318.19 | 259.00 |
| | 39 | Maret | 2380 | -2.07 | 2441.78 | 2380.43 | -61.78 |
| | 40 | April | 1360 | -1.30 | 2199.12 | 2361.21 | -839.12 |
| | 41 | Mei | 1496 | -0.80 | 2041.56 | 2147.20 | -545.56 |
| | 42 | Juni | 2720 | -1.28 | 2192.87 | 2008.80 | 527.13 |
| | 43 | Juli | 2856 | -1.76 | 2340.42 | 2138.91 | 515.58 |
| | 44 | Agustus | 2720 | -2.03 | 2424.30 | 2264.75 | 295.70 |
| | 45 | September | 2720 | -2.25 | 2489.27 | 2334.85 | 230.73 |
| | 46 | Oktober | 3060 | -2.66 | 2615.49 | 2388.15 | 444.51 |
| | 47 | November | 3740 | -3.46 | 2865.09 | 2493.27 | 874.91 |
| | 48 | Desember | 3400 | -3.85 | 2982.45 | 2702.37 | 417.55 |
| 2002 | 49 | Januari | 1360 | -2.70 | 2617.78 | 2797.76 | -1257.78 |
| | 50 | Februari | 1700 | -2.05 | 2411.29 | 2485.67 | -711.29 |
| | 51 | Maret | 2040 | -1.78 | 2327.29 | 2309.01 | -287.29 |
| | 52 | April | 1836 | -1.44 | 2216.68 | 2236.31 | -380.68 |
| | 53 | Mei | 2380 | -1.56 | 2252.50 | 2141.98 | 127.50 |
| | 54 | Juni | 2380 | -1.65 | 2280.24 | 2170.06 | 99.76 |
| | 55 | Juli | 2310 | -1.67 | 2286.08 | 2191.19 | 23.92 |
| | 56 | Agustus | 2275 | -1.67 | 2282.79 | 2194.07 | -7.79 |
| | 57 | September | 2360 | -1.73 | 2299.21 | 2189.39 | 60.79 |
| | 58 | Oktober | 1996 | -1.51 | 2230.65 | 2200.86 | -234.65 |
| | 59 | November | 1768 | -1.19 | 2126.63 | 2142.94 | -358.63 |
| | 60 | Desember | 1756 | -0.92 | 2043.39 | 2056.71 | -287.39 |
| | | | | | | 1988.00 | 23654.54 |

Perhitungan MAD

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |e_t|}{n} = \frac{23645.54}{60} = 412.86$$

c. Contoh perhitungan peramalan dengan menggunakan metode *Double Exponential Smoothing with Linear Trend* (rumus 3.11, 3.12, 3.13, 3.14, 3.15 dan 3.16).

$$F_o = F'_o = A_t, \quad F_t = \alpha A_t + (1-\alpha)F'_{t-1}, \quad F'_t = \alpha F_t + (1-\alpha)F'_{t-1}, \quad T_t = A_t - F'_t,$$

$$\beta = \frac{n \sum TY - (\sum T * \sum Y)}{n \sum T^2 - (\sum T)^2}, \quad \alpha = \frac{\sum Y - \beta \sum T}{n}$$

Tabel 5.21 Perhitungan Alfa dan Beta untuk Split *Double Exponential Smoothing with Linear Trend*

| Tahun (T) | Jumlah Split (Y) * 10 ⁴ (Ton) | T*Y | T ² | Y ² |
|------------|--|---------|----------------|----------------|
| 1 | 0.22487 | 0.22487 | 1 | 0.050566517 |
| 2 | 0.21367 | 0.42734 | 4 | 0.045654869 |
| 3 | 0.20959 | 0.62877 | 9 | 0.043927968 |
| 4 | 0.20959 | 0.83836 | 16 | 0.043927968 |
| 5 | 0.21095 | 1.05475 | 25 | 0.044499903 |
| Total = 15 | 1.06867 | 3.17409 | 55 | 0.228577225 |

$$\beta = \frac{n \sum TY - (\sum T * \sum Y)}{n \sum T^2 - (\sum T)^2} = \frac{5 * 3.17409 - 15 * 1.06867}{5 * 55 - 15^2} = -0.003192$$

$$\alpha = \frac{\sum Y - \beta \sum T}{n} = \frac{1.06867 - (-0.003192 * 15)}{5} = 0.22331$$

Perhitungan F_t

$$F_{t(\text{Jan})} = 1800 \text{ dan } T_{t(\text{Jan})} = 0$$

$$F_{t(\text{Feb})} = (0.2231 * 1428) + ((1 - 0.2231) * (1800)) = 1717.01$$

$$F_{t(\text{Feb})}' = (0.2231 * 1717.01) + ((1 - 0.2231) * (1800)) = 1781.48$$

$$T_{t(\text{Feb})} = 1428 - 1781.48 = -353.48$$

Perhitungan *forecast*

$$\text{Forecast february} = 1800 + 0 = 1800$$

$$\text{Forecast maret} = 1428 + (-353.48) = 1074.52$$

Perhitungan *error* (e_t)

$$e_t = \text{Aktual} - F_t$$

$$e_{t(\text{Feb})} = 1428 - 1717.01 = -289.01$$

$$e_{t(\text{Mar})} = 2040 - 1789.07 = 250.93$$

Dengan cara analogi, perhitungan untuk bulan berikutnya hasil dipresentasikan seperti pada tabel 5.22.

Tabel 5.22 Forecasting Split Double Exponential Smoothing with Linear
Trend selama 60 bulan

| Tahun | | Bulan | Split (m ³) | Ft | Ft' | Tt | Forecast | Error |
|-------|-----|-----------|----------------------------|---------|---------|----------|----------|----------|
| [1] | [2] | [3] | [4] | [5] | [6] | [7] | [8] | [9] |
| 1998 | 1 | Januari | 1800 | 1800.00 | 1800.00 | 0.00 | | |
| | 2 | Februari | 1428 | 1717.01 | 1781.48 | -353.48 | 1800.00 | -289.01 |
| | 3 | Maret | 2040 | 1789.07 | 1783.18 | 256.82 | 1074.52 | 250.93 |
| | 4 | April | 1904 | 1814.71 | 1790.21 | 113.79 | 2296.82 | 89.29 |
| | 5 | Mei | 2040 | 1864.97 | 1806.89 | 233.11 | 2017.79 | 175.03 |
| | 6 | Juni | 1920 | 1877.25 | 1822.59 | 97.41 | 2273.11 | 42.75 |
| | 7 | Juli | 1700 | 1837.70 | 1825.96 | -125.96 | 2017.41 | -137.70 |
| | 8 | Agustus | 1700 | 1806.98 | 1821.73 | -121.73 | 1574.04 | -106.98 |
| | 9 | September | 1835 | 1813.23 | 1819.83 | 15.17 | 1578.27 | 21.77 |
| | 10 | Oktober | 1360 | 1712.12 | 1795.80 | -435.80 | 1850.17 | -352.12 |
| | 11 | November | 1360 | 1633.56 | 1759.60 | -399.60 | 924.20 | -273.56 |
| | 12 | Desember | 3400 | 2027.65 | 1819.41 | 1580.59 | 960.40 | 1372.35 |
| 1999 | 13 | Januari | 680 | 1726.99 | 1798.79 | -1118.79 | 4980.59 | -1046.99 |
| | 14 | Februari | 1020 | 1569.26 | 1747.58 | -727.58 | -438.79 | -549.26 |
| | 15 | Maret | 2040 | 1674.28 | 1731.23 | 308.77 | 292.42 | 365.72 |
| | 16 | April | 2040 | 1755.87 | 1736.73 | 303.27 | 2348.77 | 284.13 |
| | 17 | Mei | 1700 | 1743.41 | 1738.22 | -38.22 | 2343.27 | -43.41 |
| | 18 | Juni | 1360 | 1657.87 | 1720.29 | -360.29 | 1661.78 | -297.87 |
| | 19 | Juli | 1360 | 1591.42 | 1691.54 | -331.54 | 999.71 | -231.42 |
| | 20 | Agustus | 1700 | 1615.64 | 1674.61 | 25.39 | 1028.46 | 84.36 |
| | 21 | September | 2615 | 1838.60 | 1711.19 | 903.81 | 1725.39 | 776.40 |
| | 22 | Oktober | 1360 | 1731.82 | 1715.80 | -355.80 | 3518.81 | -371.82 |
| | 23 | November | 2040 | 1800.58 | 1734.71 | 305.29 | 1004.20 | 239.42 |
| | 24 | Desember | 1700 | 1778.14 | 1744.40 | -44.40 | 2345.29 | -78.14 |
| 2000 | 25 | Januari | 340 | 1457.29 | 1680.34 | -1340.34 | 1655.60 | -1117.29 |
| | 26 | Februari | 1020 | 1359.73 | 1608.82 | -588.82 | -1000.34 | -339.73 |
| | 27 | Maret | 2040 | 1511.50 | 1587.10 | 452.90 | 431.18 | 528.50 |
| | 28 | April | 1360 | 1477.70 | 1562.70 | -202.70 | 2492.90 | -117.70 |
| | 29 | Mei | 1700 | 1527.29 | 1554.80 | 145.20 | 1157.30 | 172.71 |
| | 30 | Juni | 2380 | 1717.53 | 1591.10 | 788.90 | 1845.20 | 662.47 |
| | 31 | Juli | 2856 | 1971.53 | 1675.98 | 1180.02 | 3168.90 | 884.47 |
| | 32 | Agustus | 3060 | 2214.36 | 1796.09 | 1263.91 | 4036.02 | 845.64 |
| | 33 | September | 2856 | 2357.51 | 1921.34 | 934.66 | 4323.91 | 498.49 |
| | 34 | Oktober | 2380 | 2362.53 | 2019.77 | 360.23 | 3790.66 | 17.47 |
| | 35 | November | 2720 | 2442.28 | 2114.03 | 605.97 | 2740.23 | 277.72 |
| | 36 | Desember | 3536 | 2686.29 | 2241.70 | 1294.30 | 3325.97 | 849.71 |

Lanjutan Tabel 5.22

| [1] | [2] | [3] | [4] | [5] | [6] | [7] | [8] | [9] |
|------|-----|-----------|------|---------|---------|----------|----------------|----------|
| 2001 | 37 | Januari | 1360 | 2390.39 | 2274.88 | -914.88 | 4830.30 | -1030.39 |
| | 38 | Februari | 2720 | 2463.93 | 2317.05 | 402.95 | 445.12 | 256.0704 |
| | 39 | Maret | 2380 | 2445.20 | 2345.65 | 34.35 | 3122.95 | -65.2049 |
| | 40 | April | 1360 | 2203.10 | 2313.84 | -953.84 | 2414.35 | -843.096 |
| | 41 | Mei | 1496 | 2045.34 | 2253.94 | -757.94 | 406.16 | -549.343 |
| | 42 | Juni | 2720 | 2195.86 | 2240.98 | 479.02 | 738.06 | 524.1413 |
| | 43 | Juli | 2856 | 2343.14 | 2263.77 | 592.23 | 3199.02 | 512.8638 |
| | 44 | Agustus | 2720 | 2427.21 | 2300.24 | 419.76 | 3448.23 | 292.7855 |
| | 45 | September | 2720 | 2492.53 | 2343.14 | 376.86 | 3139.76 | 227.465 |
| | 46 | Oktober | 3060 | 2619.14 | 2404.71 | 655.29 | 3096.86 | 440.8636 |
| | 47 | November | 3740 | 2869.20 | 2508.34 | 1231.66 | 3715.29 | 870.7989 |
| | 48 | Desember | 3400 | 2987.62 | 2615.27 | 784.73 | 4971.66 | 412.3777 |
| 2002 | 49 | Januari | 1360 | 2624.50 | 2617.33 | -1257.33 | 4184.73 | -1264.5 |
| | 50 | Februari | 1700 | 2418.24 | 2572.91 | -872.91 | 102.67 | -718.244 |
| | 51 | Maret | 2040 | 2333.86 | 2519.58 | -479.58 | 827.09 | -293.858 |
| | 52 | April | 1836 | 2222.79 | 2453.36 | -617.36 | 1560.42 | -386.786 |
| | 53 | Mei | 2380 | 2257.86 | 2409.75 | -29.75 | 1218.64 | 122.1398 |
| | 54 | Juni | 2380 | 2285.11 | 2381.94 | -1.94 | 2350.25 | 94.89045 |
| | 55 | Juli | 2310 | 2290.66 | 2361.58 | -51.58 | 2378.06 | 19.33739 |
| | 56 | Agustus | 2275 | 2287.17 | 2344.98 | -69.98 | 2258.42 | -12.1683 |
| | 57 | September | 2360 | 2303.42 | 2335.70 | 24.30 | 2205.02 | 56.58296 |
| | 58 | Oktober | 1996 | 2234.83 | 2313.20 | -317.20 | 2384.30 | -238.832 |
| | 59 | November | 1768 | 2130.68 | 2272.48 | -504.48 | 1678.80 | -362.682 |
| | 60 | Desember | 1756 | 2047.09 | 2222.20 | -466.20 | 1263.52 | -291.09 |
| | | | | | | | 1289.80 | 23302.5 |

Perhitungan MAD

$$MAD = \sum_{t=1}^n \frac{|e_t|}{n} = \frac{23302.5}{60} = 388.37$$

Tabel 5.23 Perbandingan fungsi peramalan pemakaian Split

| NO | Metode Peramalan | Nilai MAD |
|----|--|-----------|
| 1 | Weight Moving Average | 228.383 |
| 2 | Exponential Smoothing with Linear Trend | 412.86 |
| 3 | Double Exponential Smoothing with Linear Trend | 388.37 |

Dengan melihat hasil MAD setiap teknik metode peramalan pada Tabel 5.23, maka metode yang terpilih untuk permintaan material semen adalah *Weight Moving Average*, kerana memberikan nilai MAD terkecil dari ketiga rumus metode peramalan.

Untuk selanjutnya adalah meramalkan pemakaian material pasir dengan memakai angka pada Tabel 5.18 (kolom 6 dan baris terakhir) terdapat nilai *forecast* 1762.00, nilai ini adalah anggapan sebagai nilai peramalan bulan Januari periode 2003. Sedangkan untuk bulan Februari sampai dengan Desember dapat dilihat pada Tabel 5.24. Langkah perhitungan sama dengan point a 5.2.3.

Tabel 5.24 Nilai peramalan split untuk tahun 2003

| Tahun | | Bulan | Split (m ³) | Ft | Forecast | Error |
|-------|----|-----------|----------------------------|---------|-------------------|-------|
| 2003 | 1 | Januari | 1762.00 | 1759.00 | 1762.00 | 3.00 |
| | 2 | Februari | 1762.00 | 1762.00 | 1759.00 | 0.00 |
| | 3 | Maret | 1759.00 | 1760.50 | 1762.00 | -1.50 |
| | 4 | April | 1762.00 | 1760.50 | 1760.50 | 1.50 |
| | 5 | Mei | 1760.50 | 1761.25 | 1760.50 | -0.75 |
| | 6 | Juni | 1760.50 | 1760.50 | 1761.25 | 0.00 |
| | 7 | Juli | 1761.25 | 1760.88 | 1760.50 | 0.38 |
| | 8 | Agustus | 1760.50 | 1760.88 | 1760.88 | -0.38 |
| | 9 | September | 1760.88 | 1760.69 | 1760.88 | 0.19 |
| | 10 | Oktober | 1760.88 | 1760.88 | 1760.69 | 0.00 |
| | 11 | November | 1760.69 | 1760.78 | 1760.88 | -0.09 |
| | 12 | Desember | 1760.88 | 1760.78 | 1760.78 | 0.09 |
| | | | | | $\Sigma=21129.84$ | |

Tabel 5.25 di bawah menunjukkan hasil peramalan untuk keseluruhan data pemakaian material yang kemudian diasumsikan sebagai laju pemakaian per bulan selama 12 bulan mendatang (tahun 2003).

Tabel 5.25 Peramalan pemakaian material split

| NO | Bulan | Pemakaian Material (m ³) |
|----------------------------------|-----------|--------------------------------------|
| 1 | Januari | 1762.00 |
| 2 | Februari | 1759.00 |
| 3 | Maret | 1762.00 |
| 4 | April | 1760.50 |
| 5 | Mei | 1760.50 |
| 6 | Juni | 1761.25 |
| 7 | Juli | 1760.50 |
| 8 | Agustus | 1760.88 |
| 9 | September | 1760.88 |
| 10 | Oktober | 1760.69 |
| 11 | November | 1760.88 |
| 12 | Desember | 1760.78 |
| Perkiraan jumlah pemakaian total | | 21129.84 |
| Rata-rata pemakaian | | 1760.82 |

5.2.4 Pemantuan akurasi hasil peramalan

Pemantauan keandalan hasil permalan yang dilakukan dengan cara memonitor kesalahan dengan menggunakan metode *tracking signal*. Data-data yang diperlukan adalah data-data kesalahan peramalan dan batas kendali yang dipakai adalah :

$$\sigma = \sqrt{MAD}, \text{ dimana BKA dan BKB} = 0 \pm z.\sigma$$

- 99% data *tracking signal* diharapkan berada dalam batas kontrol atas dan batas kontrol bawah sebesar $0 \pm 3.\sigma$.
- 95% data *tracking signal* diharapkan berada dalam batas kontrol atas dan batas kontrol bawah sebesar $0 \pm 2.\sigma$.

Pada Tugas akhir ini, pengambilan batas kontrol 99% didasarkan pada harapan agar nilai error untuk seluruh material 99% berada dalam batas kontrol sehingga hanya diperbolehkan 1% kesalahan. Perhitungan nilai *Tracking Signal* material semen diperlihatkan pada Tabel 5.26.

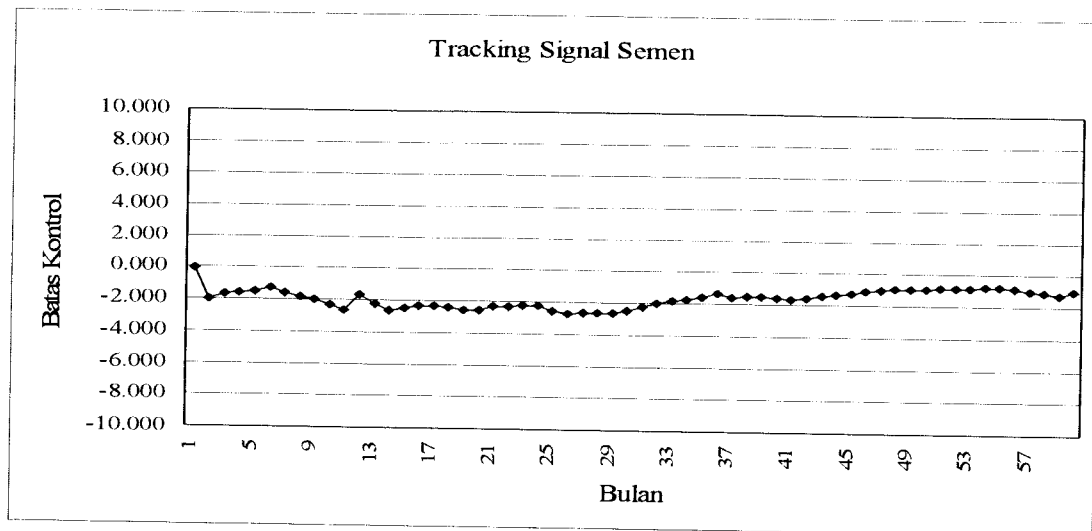
Tabel 5.26 Data Tracking Signal pemakaian Semen

| Periode | Peramalan | Aktual | Error | RSFE | Error Absolute | KUM Error Absolute | MAD | Tracking Signal |
|---------|-----------|--------|---------|---------|----------------|--------------------|---------|-----------------|
| [1] | [2] | [3] | [4] | [5] | [6] | [7] | [8] | [9] |
| - | - | - | [3]-[2] | kum [4] | Abs[5] | Kum [6] | [7]/[1] | [5]/[8] |
| 1 | 720.00 | 720 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| 2 | 506.25 | 504 | -2.25 | -2.25 | 2.25 | 2.25 | 1.13 | -2.000 |
| 3 | 720.46 | 720 | -0.46 | -2.72 | 2.72 | 4.97 | 1.66 | -1.640 |
| 4 | 672.62 | 672 | -0.62 | -3.33 | 3.33 | 8.30 | 2.08 | -1.607 |
| 5 | 720.16 | 720 | -0.16 | -3.49 | 3.49 | 11.79 | 2.36 | -1.480 |
| 6 | 767.57 | 768 | 0.43 | -3.06 | 3.06 | 14.85 | 2.47 | -1.236 |
| 7 | 601.20 | 600 | -1.20 | -4.26 | 4.26 | 19.10 | 2.73 | -1.559 |
| 8 | 601.53 | 600 | -1.53 | -5.78 | 5.78 | 24.89 | 3.11 | -1.859 |
| 9 | 649.11 | 648 | -1.11 | -6.89 | 6.89 | 31.78 | 3.53 | -1.952 |
| 10 | 482.79 | 480 | -2.79 | -9.68 | 9.68 | 41.47 | 4.15 | -2.335 |
| 11 | 483.15 | 480 | -3.15 | -12.83 | 12.83 | 54.30 | 4.94 | -2.600 |
| 12 | 1195.75 | 1200 | 4.25 | -8.58 | 8.58 | 62.89 | 5.24 | -1.638 |
| 13 | 244.26 | 240 | -4.26 | -12.84 | 12.84 | 75.73 | 5.83 | -2.204 |
| 14 | 364.72 | 360 | -4.72 | -17.56 | 17.56 | 93.29 | 6.66 | -2.635 |
| 15 | 721.11 | 720 | -1.11 | -18.67 | 18.67 | 111.95 | 7.46 | -2.501 |
| 16 | 720.41 | 720 | -0.41 | -19.08 | 19.08 | 131.03 | 8.19 | -2.330 |
| 17 | 601.53 | 600 | -1.53 | -20.61 | 20.61 | 151.64 | 8.92 | -2.310 |
| 18 | 483.02 | 480 | -3.02 | -23.63 | 23.63 | 175.27 | 9.74 | -2.426 |
| 19 | 483.34 | 480 | -3.34 | -26.96 | 26.96 | 202.23 | 10.64 | -2.533 |
| 20 | 602.19 | 600 | -2.19 | -29.15 | 29.15 | 231.38 | 11.57 | -2.520 |
| 21 | 886.98 | 888 | 1.02 | -28.13 | 28.13 | 259.51 | 12.36 | -2.276 |
| 22 | 482.59 | 480 | -2.59 | -30.72 | 30.72 | 290.24 | 13.19 | -2.329 |
| 23 | 720.83 | 720 | -0.83 | -31.55 | 31.55 | 321.79 | 13.99 | -2.255 |
| 24 | 601.74 | 600 | -1.74 | -33.29 | 33.29 | 355.08 | 14.80 | -2.250 |
| 25 | 126.94 | 120 | -6.94 | -40.23 | 40.23 | 395.32 | 15.81 | -2.544 |
| 26 | 365.53 | 360 | -5.53 | -45.77 | 45.77 | 441.08 | 16.96 | -2.698 |
| 27 | 721.56 | 720 | -1.56 | -47.33 | 47.33 | 488.41 | 18.09 | -2.616 |
| 28 | 483.30 | 480 | -3.30 | -50.63 | 50.63 | 539.04 | 19.25 | -2.630 |
| 29 | 602.42 | 600 | -2.42 | -53.05 | 53.05 | 592.09 | 20.42 | -2.598 |
| 30 | 839.78 | 840 | 0.22 | -52.83 | 52.83 | 644.91 | 21.50 | -2.457 |

Lanjutan Tabel 5.26

| [1] | [2] | [3] | [4] | [5] | [6] | [7] | [8] | [9] |
|-----|---------|------|-------|--------|-------|---------|-------|--------|
| 31 | 1005.51 | 1008 | 2.49 | -50.33 | 50.33 | 695.25 | 22.43 | -2.244 |
| 32 | 1076.28 | 1080 | 3.72 | -46.62 | 46.62 | 741.87 | 23.18 | -2.011 |
| 33 | 1004.76 | 1008 | 3.24 | -43.38 | 43.38 | 785.24 | 23.80 | -1.823 |
| 34 | 838.57 | 840 | 1.43 | -41.94 | 41.94 | 827.19 | 24.33 | -1.724 |
| 35 | 957.66 | 960 | 2.34 | -39.60 | 39.60 | 866.78 | 24.77 | -1.599 |
| 36 | 1242.45 | 1248 | 5.55 | -34.05 | 34.05 | 900.83 | 25.02 | -1.361 |
| 37 | 54.27 | 48 | -6.27 | -40.32 | 40.32 | 941.15 | 25.44 | -1.585 |
| 38 | 959.15 | 960 | 0.85 | -39.47 | 39.47 | 980.61 | 25.81 | -1.529 |
| 39 | 838.99 | 840 | 1.01 | -38.46 | 38.46 | 1019.07 | 26.13 | -1.472 |
| 40 | 482.70 | 480 | -2.70 | -41.16 | 41.16 | 1060.24 | 26.51 | -1.553 |
| 41 | 530.96 | 528 | -2.96 | -44.12 | 44.12 | 1104.36 | 26.94 | -1.638 |
| 42 | 978.33 | 980 | 1.67 | -42.45 | 42.45 | 1146.81 | 27.31 | -1.555 |
| 43 | 1005.11 | 1008 | 2.89 | -39.57 | 39.57 | 1186.38 | 27.59 | -1.434 |
| 44 | 957.35 | 960 | 2.65 | -36.91 | 36.91 | 1223.29 | 27.80 | -1.328 |
| 45 | 957.36 | 960 | 2.64 | -34.28 | 34.28 | 1257.57 | 27.95 | -1.227 |
| 46 | 1004.84 | 1008 | 3.16 | -31.12 | 31.12 | 1288.69 | 28.01 | -1.111 |
| 47 | 947.31 | 950 | 2.69 | -28.43 | 28.43 | 1317.11 | 28.02 | -1.014 |
| 48 | 942.42 | 945 | 2.58 | -25.85 | 25.85 | 1342.96 | 27.98 | -0.924 |
| 49 | 779.14 | 780 | 0.86 | -24.99 | 24.99 | 1367.95 | 27.92 | -0.895 |
| 50 | 660.72 | 660 | -0.72 | -25.71 | 25.71 | 1393.66 | 27.87 | -0.922 |
| 51 | 849.05 | 850 | 0.95 | -24.76 | 24.76 | 1418.42 | 27.81 | -0.890 |
| 52 | 862.57 | 864 | 1.43 | -23.33 | 23.33 | 1441.75 | 27.73 | -0.842 |
| 53 | 767.46 | 768 | 0.54 | -22.79 | 22.79 | 1464.54 | 27.63 | -0.825 |
| 54 | 838.88 | 840 | 1.12 | -21.68 | 21.68 | 1486.22 | 27.52 | -0.788 |
| 55 | 749.69 | 750 | 0.31 | -21.37 | 21.37 | 1507.59 | 27.41 | -0.780 |
| 56 | 565.79 | 564 | -1.79 | -23.16 | 23.16 | 1530.75 | 27.33 | -0.847 |
| 57 | 448.46 | 445 | -3.46 | -26.62 | 26.62 | 1557.37 | 27.32 | -0.974 |
| 58 | 544.81 | 542 | -2.81 | -29.43 | 29.43 | 1586.79 | 27.36 | -1.076 |
| 59 | 331.95 | 327 | -4.95 | -34.38 | 34.38 | 1621.17 | 27.48 | -1.251 |
| 60 | 85.79 | 92 | 6.21 | -28.17 | 28.17 | 1649.34 | 27.49 | -1.025 |

Nilai-nilai tracking signal di atas apabila diplotkan dalam peta kontrol akan tampak seperti Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Hasil plot kontrol tracking signal

Untuk memenuhi batas kontrol atas dan bawah, yaitu :

$$\sigma = \sqrt{MAD} = \sqrt{36.711} = 6.058$$

$$BKA = 0 + 3 * 6.058 = 18.177$$

$$BKB = 0 - 3 * 6.058 = -18.177$$

Dari Gambar di atas, dapat dilihat bahwa semua data *tracking signal* berada di dalam batas kontrol. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa penggunaan metode *Exponential Smoothing with Linear Trend* untuk meramalkan pemakaian material bahan baku dianggap layak.

Setelah melalui peramalan, maka didapat jumlah material semen yang sekurang-kurangnya harus tersedia untuk mengatasi permintaan dari konsumen, yaitu sebesar 948.88 Ton.

Selanjutnya, untuk *tracig signal* data-data pemakaian material pasir dapat dilihat pada Tabel 5.27.

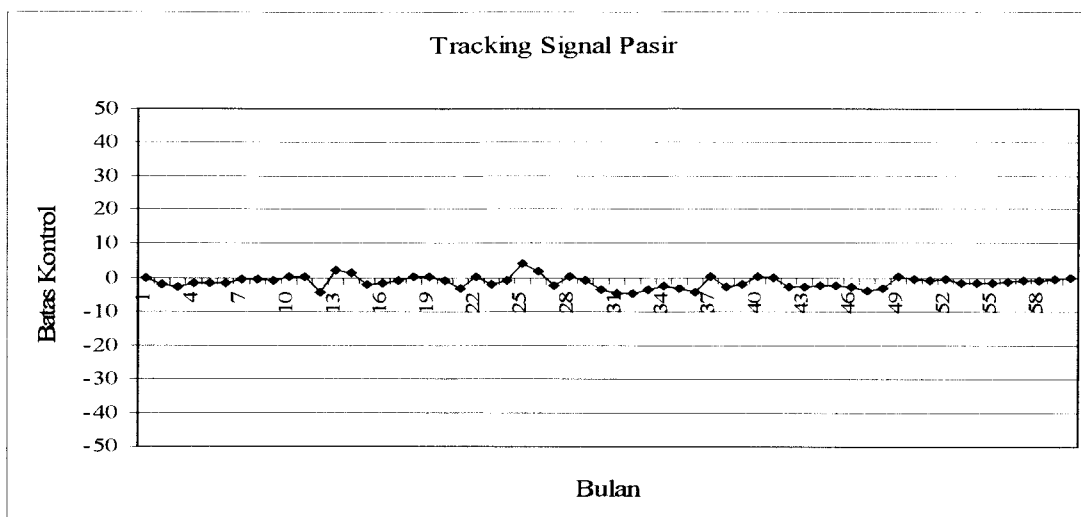
Tabel 5.27 Data Tracking Signal pemakaian Pasir

| Periode | Peramalan | Aktual | Error | RSFE | Error Absolute | KUM Error Absolute | MAD | Tracking Signal |
|---------|-----------|--------|----------|---------|----------------|--------------------|---------|-----------------|
| [1] | [2] | [3] | [4] | [5] | [6] | [7] | [8] | [9] |
| - | - | - | [3]-[2] | kum [4] | Abs[5] | Kum [6] | [7]/[1] | [5]/[8] |
| 1 | 2100.00 | 2100 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00000 |
| 2 | 1785.00 | 1470 | -315.00 | -315.00 | 315.00 | 315.00 | 157.50 | -2.00000 |
| 3 | 1785.00 | 2100 | 315.00 | 0.00 | 0.00 | 315.00 | 105.00 | 0.00000 |
| 4 | 2030.00 | 1960 | -70.00 | -70.00 | 70.00 | 385.00 | 96.25 | -0.72727 |
| 5 | 2030.00 | 2100 | 70.00 | 0.00 | 0.00 | 385.00 | 77.00 | 0.00000 |
| 6 | 2170.00 | 2240 | 70.00 | 70.00 | 70.00 | 455.00 | 75.83 | 0.92308 |
| 7 | 1995.00 | 1750 | -245.00 | -175.00 | 175.00 | 630.00 | 90.00 | -1.94444 |
| 8 | 1750.00 | 1750 | 0.00 | -175.00 | 175.00 | 805.00 | 100.63 | -1.73913 |
| 9 | 1820.00 | 1890 | 70.00 | -105.00 | 105.00 | 910.00 | 101.11 | -1.03846 |
| 10 | 1645.00 | 1400 | -245.00 | -350.00 | 350.00 | 1260.00 | 126.00 | -2.77778 |
| 11 | 1400.00 | 1400 | 0.00 | -350.00 | 350.00 | 1610.00 | 146.36 | -2.39130 |
| 12 | 2450.00 | 3500 | 1050.00 | 700.00 | 700.00 | 2310.00 | 192.50 | 3.63636 |
| 13 | 2100.00 | 700 | -1400.00 | -700.00 | 700.00 | 3010.00 | 231.54 | -3.02326 |
| 14 | 875.00 | 1050 | 175.00 | -525.00 | 525.00 | 3535.00 | 252.50 | -2.07921 |
| 15 | 1575.00 | 2100 | 525.00 | 0.00 | 0.00 | 3535.00 | 235.67 | 0.00000 |
| 16 | 2100.00 | 2100 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3535.00 | 220.94 | 0.00000 |
| 17 | 1925.00 | 1750 | -175.00 | -175.00 | 175.00 | 3710.00 | 218.24 | -0.80189 |
| 18 | 1575.00 | 1400 | -175.00 | -350.00 | 350.00 | 4060.00 | 225.56 | -1.55172 |
| 19 | 1400.00 | 1400 | 0.00 | -350.00 | 350.00 | 4410.00 | 232.11 | -1.50794 |
| 20 | 1575.00 | 1750 | 175.00 | -175.00 | 175.00 | 4585.00 | 229.25 | -0.76336 |
| 21 | 2170.00 | 2590 | 420.00 | 245.00 | 245.00 | 4830.00 | 230.00 | 1.06522 |
| 22 | 1995.00 | 1400 | -595.00 | -350.00 | 350.00 | 5180.00 | 235.45 | -1.48649 |
| 23 | 1750.00 | 2100 | 350.00 | 0.00 | 0.00 | 5180.00 | 225.22 | 0.00000 |
| 24 | 1925.00 | 1750 | -175.00 | -175.00 | 175.00 | 5355.00 | 223.13 | -0.78431 |
| 25 | 1050.00 | 350 | -700.00 | -875.00 | 875.00 | 6230.00 | 249.20 | -3.51124 |
| 26 | 700.00 | 1050 | 350.00 | -525.00 | 525.00 | 6755.00 | 259.81 | -2.02073 |
| 27 | 1575.00 | 2100 | 525.00 | 0.00 | 0.00 | 6755.00 | 250.19 | 0.00000 |
| 28 | 1750.00 | 1400 | -350.00 | -350.00 | 350.00 | 7105.00 | 253.75 | -1.37931 |
| 29 | 1575.00 | 1750 | 175.00 | -175.00 | 175.00 | 7280.00 | 251.03 | -0.69712 |
| 30 | 2100.00 | 2450 | 350.00 | 175.00 | 175.00 | 7455.00 | 248.50 | 0.70423 |

Lanjutan Tabel 5.27

| [1] | [2] | [3] | [4] | [5] | [6] | [7] | [8] | [9] |
|-----|---------|------|----------|---------|--------|----------|--------|----------|
| 31 | 2695.00 | 2940 | 245.00 | 420.00 | 420.00 | 7875.00 | 254.03 | 1.65333 |
| 32 | 3045.00 | 3150 | 105.00 | 525.00 | 525.00 | 8400.00 | 262.50 | 2.00000 |
| 33 | 3045.00 | 2940 | -105.00 | 420.00 | 420.00 | 8820.00 | 267.27 | 1.57143 |
| 34 | 2695.00 | 2450 | -245.00 | 175.00 | 175.00 | 8995.00 | 264.56 | 0.66148 |
| 35 | 2625.00 | 2800 | 175.00 | 350.00 | 350.00 | 9345.00 | 267.00 | 1.31086 |
| 36 | 3220.00 | 3640 | 420.00 | 770.00 | 770.00 | 10115.00 | 280.97 | 2.74048 |
| 37 | 2520.00 | 1400 | -1120.00 | -350.00 | 350.00 | 10465.00 | 282.84 | -1.23746 |
| 38 | 2100.00 | 2800 | 700.00 | 350.00 | 350.00 | 10815.00 | 284.61 | 1.22977 |
| 39 | 2625.00 | 2450 | -175.00 | 175.00 | 175.00 | 10990.00 | 281.79 | 0.62102 |
| 40 | 1925.00 | 1400 | -525.00 | -350.00 | 350.00 | 11340.00 | 283.50 | -1.23457 |
| 41 | 1470.00 | 1540 | 70.00 | -280.00 | 280.00 | 11620.00 | 283.41 | -0.98795 |
| 42 | 2170.00 | 2800 | 630.00 | 350.00 | 350.00 | 11970.00 | 285.00 | 1.22807 |
| 43 | 2870.00 | 2940 | 70.00 | 420.00 | 420.00 | 12390.00 | 288.14 | 1.45763 |
| 44 | 2870.00 | 2800 | -70.00 | 350.00 | 350.00 | 12740.00 | 289.55 | 1.20879 |
| 45 | 2800.00 | 2800 | 0.00 | 350.00 | 350.00 | 13090.00 | 290.89 | 1.20321 |
| 46 | 2975.00 | 3150 | 175.00 | 525.00 | 525.00 | 13615.00 | 295.98 | 1.77378 |
| 47 | 3500.00 | 3850 | 350.00 | 875.00 | 875.00 | 14490.00 | 308.30 | 2.83816 |
| 48 | 3675.00 | 3500 | -175.00 | 700.00 | 700.00 | 15190.00 | 316.46 | 2.21198 |
| 49 | 2450.00 | 1400 | -1050.00 | -350.00 | 350.00 | 15540.00 | 317.14 | -1.10360 |
| 50 | 1575.00 | 1750 | 175.00 | -175.00 | 175.00 | 15715.00 | 314.30 | -0.55679 |
| 51 | 1925.00 | 2100 | 175.00 | 0.00 | 0.00 | 15715.00 | 308.14 | 0.00000 |
| 52 | 1995.00 | 1890 | -105.00 | -105.00 | 105.00 | 15820.00 | 304.23 | -0.34513 |
| 53 | 2170.00 | 2450 | 280.00 | 175.00 | 175.00 | 15995.00 | 301.79 | 0.57987 |
| 54 | 2450.00 | 2450 | 0.00 | 175.00 | 175.00 | 16170.00 | 299.44 | 0.58442 |
| 55 | 2520.00 | 2590 | 70.00 | 245.00 | 245.00 | 16415.00 | 298.45 | 0.82090 |
| 56 | 2420.00 | 2250 | -170.00 | 75.00 | 75.00 | 16490.00 | 294.46 | 0.25470 |
| 57 | 2192.50 | 2135 | -57.50 | 17.50 | 17.50 | 16507.50 | 289.61 | 0.06043 |
| 58 | 2067.50 | 2000 | -67.50 | -50.00 | 50.00 | 16557.50 | 285.47 | -0.17515 |
| 59 | 1972.50 | 1945 | -27.50 | -77.50 | 77.50 | 16635.00 | 281.95 | -0.27487 |
| 60 | 1754.50 | 1564 | -190.50 | -268.00 | 268.00 | 16903.00 | 281.72 | -0.95131 |

Nilai-nilai tracking signal di atas apabila diplotkan dalam peta kontrol akan tampak seperti Gambar 5.5.



Gambar 5.5 Hasil plot kontrol tracking signal

Untuk memenuhi batas kontrol atas dan bawah, yaitu :

$$\sigma = \sqrt{MAD} = \sqrt{274.55} = 16.58$$

$$BKA = 0 + 3 * 16.58 = 49.71$$

$$BKB = 0 - 3 * 16.58 = -49.71$$

Dari Gambar di atas, dapat dilihat bahwa semua data *tracking signal* berada di dalam batas kontrol. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa penggunaan metode *Weight Moving Average* untuk meramalkan pemakaian material bahan baku dianggap layak.

Setelah melalui peramalan, maka didapat jumlah material pasir yang sekurang-kurangnya harus tersedia untuk mengatasi permintaan dari konsumen, yaitu sebesar 20604.5 m³.

Selanjutnya, untuk *tracig signal* data-data pemakaian material split dapat dilihat pada Tabel 5.28.

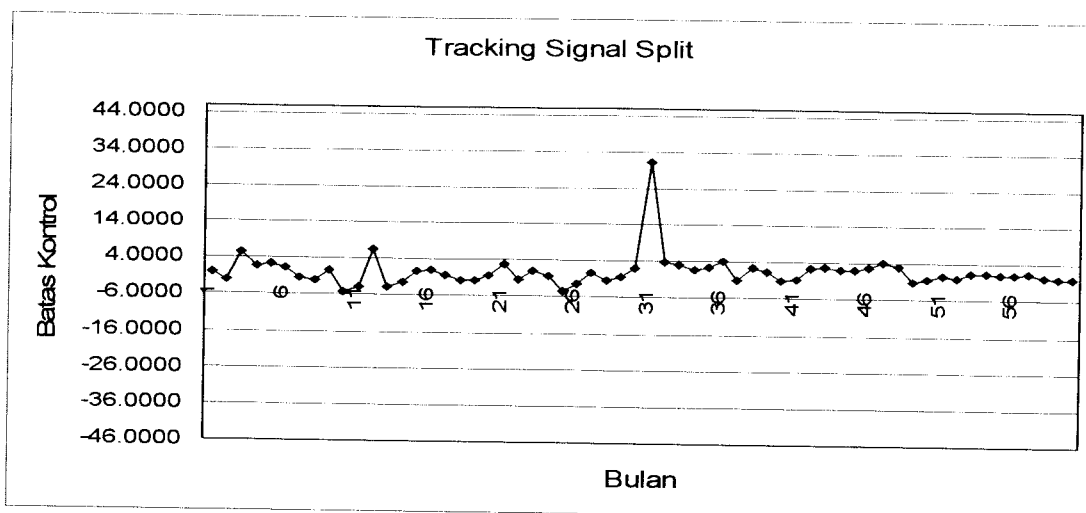
Tabel 5.28 Data Tracking Signal pemakaian Split

| Periode | Peramalan | Aktual | Error | RSFE | Error Absolute | KUM Error Absolute | MAD | Tracking Signal |
|---------|-----------|--------|----------|---------|----------------|--------------------|----------|-----------------|
| [1] | [2] | [3] | [4] | [5] | [6] | [7] | [8] | [9] |
| - | - | - | [3]-[2] | kum [4] | Abs[5] | Kum [6] | [7]/[1] | [5]/[8] |
| 1 | 1800.00 | 1800 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.0000 | 0.0000 |
| 2 | 1614.00 | 1428 | -186.00 | -186.00 | 186.00 | 186.00 | 93.0000 | -2.0000 |
| 3 | 1734.00 | 2040 | 306.00 | 120.00 | -120.00 | 66.00 | 22.0000 | 5.4545 |
| 4 | 1972.00 | 1904 | -68.00 | 52.00 | 52.00 | 118.00 | 29.5000 | 1.7627 |
| 5 | 1972.00 | 2040 | 68.00 | 120.00 | 120.00 | 238.00 | 47.6000 | 2.5210 |
| 6 | 1980.00 | 1920 | -60.00 | 60.00 | 60.00 | 298.00 | 49.6667 | 1.2081 |
| 7 | 1810.00 | 1700 | -110.00 | -50.00 | -50.00 | 248.00 | 35.4286 | -1.4113 |
| 8 | 1700.00 | 1700 | 0.00 | -50.00 | -50.00 | 198.00 | 24.7500 | -2.0202 |
| 9 | 1767.50 | 1835 | 67.50 | 17.50 | 17.50 | 215.50 | 23.9444 | 0.7309 |
| 10 | 1597.50 | 1360 | -237.50 | -220.00 | 220.00 | 435.50 | 43.5500 | -5.0517 |
| 11 | 1360.00 | 1360 | 0.00 | -220.00 | 220.00 | 655.50 | 59.5909 | -3.6918 |
| 12 | 2380.00 | 3400 | 1020.00 | 800.00 | 800.00 | 1455.50 | 121.2917 | 6.5957 |
| 13 | 2040.00 | 680 | -1360.00 | -560.00 | 560.00 | 2015.50 | 155.0385 | -3.6120 |
| 14 | 850.00 | 1020 | 170.00 | -390.00 | 390.00 | 2405.50 | 171.8214 | -2.2698 |
| 15 | 1530.00 | 2040 | 510.00 | 120.00 | -120.00 | 2285.50 | 152.3667 | 0.7876 |
| 16 | 2040.00 | 2040 | 0.00 | 120.00 | -120.00 | 2165.50 | 135.3438 | 0.8866 |
| 17 | 1870.00 | 1700 | -170.00 | -50.00 | 50.00 | 2215.50 | 130.3235 | -0.3837 |
| 18 | 1530.00 | 1360 | -170.00 | -220.00 | 220.00 | 2435.50 | 135.3056 | -1.6259 |
| 19 | 1360.00 | 1360 | 0.00 | -220.00 | 220.00 | 2655.50 | 139.7632 | -1.5741 |
| 20 | 1530.00 | 1700 | 170.00 | -50.00 | 50.00 | 2705.50 | 135.2750 | -0.3696 |
| 21 | 2157.50 | 2615 | 457.50 | 407.50 | 407.50 | 3113.00 | 148.2381 | 2.7490 |
| 22 | 1987.50 | 1360 | -627.50 | -220.00 | 220.00 | 3333.00 | 151.5000 | -1.4521 |
| 23 | 1700.00 | 2040 | 340.00 | 120.00 | -120.00 | 3213.00 | 139.6957 | 0.8590 |
| 24 | 1870.00 | 1700 | -170.00 | -50.00 | 50.00 | 3263.00 | 135.9583 | -0.3678 |
| 25 | 1020.00 | 340 | -680.00 | -730.00 | 730.00 | 3993.00 | 159.7200 | -4.5705 |
| 26 | 680.00 | 1020 | 340.00 | -390.00 | 390.00 | 4383.00 | 168.5769 | -2.3135 |
| 27 | 1530.00 | 2040 | 510.00 | 120.00 | -120.00 | 4263.00 | 157.8889 | 0.7600 |
| 28 | 1700.00 | 1360 | -340.00 | -220.00 | 220.00 | 4483.00 | 160.1071 | -1.3741 |
| 29 | 1530.00 | 1700 | 170.00 | -50.00 | 50.00 | 4533.00 | 156.3103 | -0.3199 |
| 30 | 2040.00 | 2380 | 340.00 | 290.00 | -290.00 | 4243.00 | 141.4333 | 2.0504 |

Lanjutan Tabel 5.28

| [1] | [2] | [3] | [4] | [5] | [6] | [7] | [8] | [9] |
|-----|---------|------|----------|---------|---------|----------|----------|---------|
| 31 | 2618.00 | 2856 | 238.00 | 528.00 | 528.00 | 4771.00 | 16.9200 | 31.2057 |
| 32 | 2958.00 | 3060 | 102.00 | 630.00 | 630.00 | 5401.00 | 168.7813 | 3.7326 |
| 33 | 2958.00 | 2856 | -102.00 | 528.00 | 528.00 | 5929.00 | 179.6667 | 2.9388 |
| 34 | 2618.00 | 2380 | -238.00 | 290.00 | 290.00 | 6219.00 | 182.9118 | 1.5855 |
| 35 | 2550.00 | 2720 | 170.00 | 460.00 | 460.00 | 6679.00 | 190.8286 | 2.4105 |
| 36 | 3128.00 | 3536 | 408.00 | 868.00 | 868.00 | 7547.00 | 209.6389 | 4.1405 |
| 37 | 2448.00 | 1360 | -1088.00 | -220.00 | -220.00 | 7327.00 | 198.0270 | -1.1110 |
| 38 | 2040.00 | 2720 | 680.00 | 460.00 | 460.00 | 7787.00 | 204.9211 | 2.2448 |
| 39 | 2550.00 | 2380 | -170.00 | 290.00 | 290.00 | 8077.00 | 207.1026 | 1.4003 |
| 40 | 1870.00 | 1360 | -510.00 | -220.00 | -220.00 | 7857.00 | 196.4250 | -1.1200 |
| 41 | 1428.00 | 1496 | 68.00 | -152.00 | -152.00 | 7705.00 | 187.9268 | -0.8088 |
| 42 | 2108.00 | 2720 | 612.00 | 460.00 | 460.00 | 8165.00 | 194.4048 | 2.3662 |
| 43 | 2788.00 | 2856 | 68.00 | 528.00 | 528.00 | 8693.00 | 202.1628 | 2.6118 |
| 44 | 2788.00 | 2720 | -68.00 | 460.00 | 460.00 | 9153.00 | 208.0227 | 2.2113 |
| 45 | 2720.00 | 2720 | 0.00 | 460.00 | 460.00 | 9613.00 | 213.6222 | 2.1533 |
| 46 | 2890.00 | 3060 | 170.00 | 630.00 | 630.00 | 10243.00 | 222.6739 | 2.8292 |
| 47 | 3400.00 | 3740 | 340.00 | 970.00 | 970.00 | 11213.00 | 238.5745 | 4.0658 |
| 48 | 3570.00 | 3400 | -170.00 | 800.00 | 800.00 | 12013.00 | 250.2708 | 3.1965 |
| 49 | 2380.00 | 1360 | -1020.00 | -220.00 | -220.00 | 11793.00 | 240.6735 | -0.9141 |
| 50 | 1530.00 | 1700 | 170.00 | -50.00 | -50.00 | 11743.00 | 234.8600 | -0.2129 |
| 51 | 1870.00 | 2040 | 170.00 | 120.00 | 120.00 | 11863.00 | 232.6078 | 0.5159 |
| 52 | 1938.00 | 1836 | -102.00 | 18.00 | 18.00 | 11881.00 | 228.4808 | 0.0788 |
| 53 | 2108.00 | 2380 | 272.00 | 290.00 | 290.00 | 12171.00 | 229.6415 | 1.2628 |
| 54 | 2380.00 | 2380 | 0.00 | 290.00 | 290.00 | 12461.00 | 230.7593 | 1.2567 |
| 55 | 2345.00 | 2310 | -35.00 | 255.00 | 255.00 | 12716.00 | 231.2000 | 1.1029 |
| 56 | 2292.50 | 2275 | -17.50 | 237.50 | 237.50 | 12953.50 | 231.3125 | 1.0267 |
| 57 | 2317.50 | 2360 | 42.50 | 280.00 | 280.00 | 13233.50 | 232.1667 | 1.2060 |
| 58 | 2178.00 | 1996 | -182.00 | 98.00 | 98.00 | 13331.50 | 229.8534 | 0.4264 |
| 59 | 1882.00 | 1768 | -114.00 | -16.00 | -16.00 | 13315.50 | 225.6864 | -0.0709 |
| 60 | 1762.00 | 1756 | -6.00 | -22.00 | -22.00 | 13293.50 | 221.5583 | -0.0993 |

Nilai-nilai tracking signal di atas apabila diplotkan dalam peta kontrol akan tampak seperti Gambar 5.6.



Gambar 5.6 Hasil plot kontrol tracking signal

Untuk memenuhi batas kontrol atas dan bawah, yaitu :

$$\sigma = \sqrt{MAD} = \sqrt{228.38} = 15.112$$

$$BKA = 0 + 3 * 15.112 = 45.336$$

$$BKB = 0 - 3 * 15.112 = -45.336$$

Dari Gambar di atas, dapat dilihat bahwa semua data *tracking signal* berada di dalam batas kontrol. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa penggunaan metode *Exponential Smoothing with Linear Trend* untuk meramalkan pemakaian material bahan baku dianggap layak.

Setelah melalui peramalan, maka didapat jumlah material pasir yang sekurang-kurangnya harus tersedia untuk mengatasi permintaan dari konsumen, yaitu sebesar 21129.84 m³.

5.3 Analisis Biaya Satuan Persediaan

5.3.1 Kapasitas tempat penyimpanan

Kapasitas gudang atau tempat penyimpanan maksimum dari masing-masing material yang ditinjau adalah :

- a. Semen : 4 * 50 Ton = 200 Ton
- b. Pasir : 2500 m³
- c. Split : 2500 m³

5.3.2 Biaya pembelian

Biaya pembelian material menurut harga kontrak yang berlaku pada saat analisis pola persediaan ini disusun, antara pihak perusahaan beton jadi dengan pemasok adalah :

- a. Semen : Rp.592/Kg atau Rp. 23700/Zak
- b. Pasir : Rp 32.000/m³
- c. Split : Rp 47.500/m³

5.3.3 Biaya pemesanan

Biaya pemesanan (Km) termasuk didalamnya biaya untuk menghubungi, angkutan dan tenaga, selama proses pengangkutan samapai tiba di tempat.

- a. Semen : Rp.10.000/pemesanan
- b. Pasir : Rp 10.000/ pemesanan
- c. Split : Rp 13.000/ pemesanan

5.3.4 Biaya penyimpanan

Diasumsikan bahwa bunga yang berlaku selama pengendalian adalah sebesar 1 %/bulan untuk semen dan 3%/bulan untuk pasir dan split dari harga pembelian.

Maka perhitungan biaya penyimpanan selama waktu pengendalian adalah :

- a. Semen : $1\% \times \text{Rp}23.700/\text{Zak} \times 12 = \text{Rp} 2.841,6/\text{Zak}$
- b. Pasir : $3\% \times \text{Rp} 32.000/\text{m}^3 \times 12 = \text{Rp} 11.520/\text{m}^3$
- c. Split : $3\% \times \text{Rp} 47.500/\text{m}^3 \times 12 = \text{Rp} 17.100/\text{m}^3$

5.4 Penentuan Jumlah Pesanan Optimal

5.4.1 Semen

- a. $K_m = \text{Rp} 10.000/1$ kali pemesanan
- b. $H_m = \text{Rp} 2.841,6/\text{Zak}$
- c. $n = 12$
- d. $\mu_m = 79,0732$ Ton

$$\text{Maka : } y_{opt} = \sqrt{\frac{2 * K_m * (\mu_m * n)}{H_m}}$$

$$y_{opt} = \sqrt{\frac{2 * 10.000 * (79.0732 * 12)}{2.841,6}} = 81,722 \text{ Ton}$$

5.4.2 Pasir

- a. $K_m = \text{Rp} 10.000/1$ kali pemesanan
- b. $H_m = \text{Rp} 11.520/\text{m}^3$
- c. $n = 12$
- d. $\mu_m = 1.717,045 \text{ m}^3$

$$\text{Maka : } y_{opt} = \sqrt{\frac{2 * Km * (\mu_m * n)}{Hm}}$$

$$y_{opt} = \sqrt{\frac{2 * 10.000 * (1.717,045 * 12)}{11.520}} = 189,134 \text{ m}^3$$

5.4.3 Split

- Km= Rp 13.000/1 kali pemesanan
- Hm= Rp 17.100/Kg
- n = 12
- $\mu_m = 1.760,82 \text{ m}^3$

$$\text{Maka : } y_{opt} = \sqrt{\frac{2 * Km * (\mu_m * n)}{Hm}}$$

$$y_{opt} = \sqrt{\frac{2 * 13.000 * (1.760,82 * 12)}{17.100}} = 179,24 \text{ m}^3$$

5.5 Penentuan Cadangan Penyangga

Untuk material semen mempunyai *lead time* (waktu tunggu) sebesar 3 hari. Karena waktu pengendalian dihitung dalam satuan waktu bulan, maka *lead time* semen sebesar 3/30, sedangkan untuk material agregat mempunyai *lead time* sebesar 3 hari atau 3/30 (data dari PT Adhi Karya, Semarang).

5.5.1 Perhitungan standar deviasi

a. Semen

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{N}}{N}} = 31,87402$$

b. Pasir

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{N}}{N}} = 686,899$$

c. Split

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{N}}{N}} = 704,328$$

Untuk perhitungan standar deviasi dapat dilihat pada lampiran 2. (sumber rumus *The Civil Engineering Handbook by W.F.Chen*)

5.5.2 Perhitungan cadangan penyangga (*buffer stock*)

1. **Alternatif 1** (Dengan tingkat layanan (*service level*) diambil 95 %)

maka perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$S = \phi^{-1}(1 - \alpha) = \phi^{-1}(1 - 0,05) = \phi^{-1}(0,95)$$

dari tabel uji normal distribusi t dengan $\alpha = 0,05$ dan jumlah data (n) = 60 maka diperoleh $S = 1,645$

Cadangan penyangga dengan menggunakan rumus (3.22) adalah $B_m = \mu_m + 1,645 * \sigma_m - \mu_m L$, sehingga diperoleh cadangan penyangga material material :

a. Semen = $B_m = 79,0732 + 1,645 * 31,87402 - 3 * 79,07362 / 30 = 123,593 \text{ Ton}$

b. Pasir = $B_m = 1.717,045 + 1,645 * 686,899 - 3 * 1.717,045 / 30 = 2.675,289 \text{ m}^3$

c. Split = $B_m = 1.760,82 + 1,645 * 707,328 - 3 * 1.760,82 / 30 = 2.748,293 \text{ m}^3$

Kapasitas maksimum gudang \geq Jumlah pesanan optimum + Cadangan penyangga.

- a. Semen
1. Gudang = 200 ton
 2. Pesanan optimum = 81,722 Ton
 3. Cadangan penyangga = 123,593 Ton
 4. Jumlah sediaan total = 81,722 Ton + 123,593 Ton = 205,315 Ton

- b. Pasir
1. Gudang = 2.500 m³
 2. Pesanan optimum = 189,134 m³
 3. Cadangan penyangga = 2.675,289 m³
 4. Jumlah sediaan total = 189,134 m³ + 2.678,289 m³ = 2.864,423 m³

- c. Split
1. Gudang = 2.500 m³
 2. Pesanan optimum = 179,24 m³
 3. Cadangan penyangga = 2.748,293 m³
 4. Jumlah sediaan total = 179,24 m³ + 2.748,293 m³ = 2.927,533 m³

Tabel 5.29 Check jumlah persediaan total terhadap gudang tingkat layanan 95%

| Material | Rata-Rata | CP | Jml OPT | CP + OPT | Gudang | Check |
|----------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|----------------------|-------|
| Semen | 79,0732 Ton | 123,593 Ton | 81,722 Ton | 205,315 Ton | 200 Ton | Tidak |
| Pasir | 1717,045 m ³ | 2675,289 m ³ | 189,134 m ³ | 2864,423 m ³ | 2.500 m ³ | Tidak |
| Split | 1760,82 m ³ | 2748,293 m ³ | 179,24m ³ | 2927,533 m ³ | 2.500 m ³ | Tidak |

2. Alternatif 2 (Dengan tingkat layanan (*service level*) diambil 90 %)

maka perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$S = \phi^{-1}(1 - \alpha) = \phi^{-1}(1 - 0,1) = \phi^{-1}(0,90)$$

dari tabel uji normal distribusi t dengan $\alpha = 0.1$ dan jumlah data (n) = 60 maka diperoleh $S = 1,282$

Cadangan penyangga dengan menggunakan rumus (3.22) adalah $B_m = \mu_m + 1,282 * \sigma_m - \mu_m L$, sehingga diperoleh cadangan penyangga material material :

- Semen = $B_m = 79,0732 + 1,282 * 31,87402 - 3 * 79,07362 / 30 = 112,024$ Ton
- Pasir = $B_m = 1.717,045 + 1,282 * 686,899 - 3 * 1.717,045 / 30 = 2.425,945$ m³
- Split = $B_m = 1.760,82 + 1,282 * 707,328 - 3 * 1.760,82 / 30 = 2.491,532$ m³

Kapasitas maksimum gudang \geq Jumlah pesanan optimum + Cadangan penyangga.

- Semen
 - Gudang = 200 ton
 - Pesanan optimum = 79,0732 Ton
 - Cadangan penyangga = 112,024 Ton
 - Jumlah sediaan total = 81,722 Ton + 112,024 Ton = 193,746 Ton
- Pasir
 - Gudang = 2.500 m³
 - Pesanan optimum = 189,134 m³

$$3. \text{ Cadangan penyangga} = 2.425,945 \text{ m}^3$$

$$4. \text{ Jumlah sediaan total} = 189,134 \text{ m}^3 + 2.425,945 \text{ m}^3 = 2.615,029 \text{ m}^3$$

c. Split

$$1. \text{ Gudang} = 2.500 \text{ m}^3$$

$$2. \text{ Pesanan optimum} = 179,24 \text{ m}^3$$

$$3. \text{ Cadangan penyangga} = 2.491,532 \text{ m}^3$$

$$4. \text{ Jumlah sediaan total} = 179,24 \text{ m}^3 + 2.491,532 \text{ m}^3 = 2.927,533 \text{ m}^3$$

Tabel 5.30 Check jumlah persediaan total terhadap gudang tingkat layanan 90%

| Material | Rata-Rata | CP | Jml OPT | CP + OPT | Gudang | Check |
|----------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|----------------------|-------|
| Semen | 79,0732 Ton | 112,024 Ton | 81,722 Ton | 193,746 Ton | 200 Ton | Ya |
| Pasir | 1717,045 m ³ | 2425,945 m ³ | 189,134 m ³ | 2615,029 m ³ | 2.500 m ³ | Tidak |
| Split | 1760,82 m ³ | 2491,532 m ³ | 179,24m ³ | 2927,533 m ³ | 2.500 m ³ | Tidak |

3. Alternatif 3 (Dengan tingkat layanan (*service level*) diambil 85 %)

maka perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$S = \phi^{-1}(1 - \alpha) = \phi^{-1}(1 - 0,15) = \phi^{-1}(0,85)$$

dari tabel uji normal distribusi t dengan $\alpha = 0,15$ dan jumlah data (n) = 60 maka diperoleh $S = 1,036$

Cadangan penyangga dengan menggunakan rumus (3.22) adalah

$B_m = \mu_m + 1,036 * \sigma_m - \mu_m L$, sehingga diperoleh cadangan penyangga material material :

$$a. \text{ Semen} = B_m = 79,0732 + 1,036 * 31,87402 - 3 * 79,07362 / 30 = 107,141 \text{ Ton}$$

$$b. \text{ Pasir} = B_m = 1.717,045 + 1,036 * 686,899 - 3 * 1.717,045 / 30 = 2.290,677 \text{ m}^3$$

$$c. \text{ Split} = B_m = 1.760,82 + 1,036 * 707,328 - 3 * 1.760,82 / 30 = 2.315,484 \text{ m}^3$$

Kapasitas maksimum gudang \geq Jumlah pesanan optimum + Cadangan penyangga.

- a. Semen
1. Gudang = 200 ton
 2. Pesanan optimum = 79,0732 Ton
 3. Cadangan penyangga = 107,141 Ton
 4. Jumlah sediaan total = 81,722 Ton + 107,141 Ton = 192,261 Ton
- b. Pasir
1. Gudang = 2.500 m³
 2. Pesanan optimum = 189,134 m³
 3. Cadangan penyangga = 2.290,677 m³
 4. Jumlah sediaan total = 189,134 m³ + 2.290,677 m³ = 2.481,863 m³
- c. Split
1. Gudang = 2.500 m³
 2. Pesanan optimum = 179,24 m³
 3. Cadangan penyangga = 2.315,484 m³
 4. Jumlah sediaan total = 179,24 m³ + 2315,484 m³ = 2491,303 m³

Tabel 5.31 Check jumlah persediaan total terhadap gudang tingkat layanan 85%

| Material | Rata-Rata | CP | Jml OPT | CP + OPT | Gudang | Check |
|----------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|----------------------|-------|
| Semen | 79,0732 Ton | 107,141 Ton | 81,722 Ton | 192,261 Ton | 200 Ton | Ya |
| Pasir | 1717,045 m ³ | 2290,677 m ³ | 189,134 m ³ | 2481,863 m ³ | 2.500 m ³ | Ya |
| Split | 1760,82 m ³ | 2315,484 m ³ | 179,24m ³ | 2491,303 m ³ | 2.500 m ³ | Ya |

5.6 Penentuan Titik Pemesanan Kembali (*Reorder Point*)

5.6.1 Semen

- a. Cadangan penyangga = 107,141 Ton
- b. Waktu tunggu (LT) = 3 hari
- c. Rata-rata kebutuhan = 79,0732 Ton
- d. Waktu pengendalian (n) = 12 bulan
- e. Pesanan optimum = 81,722 Ton

$$\begin{aligned}
 \text{f. Pemesanan kembali} \quad RP &= B_m + \frac{(\mu_m * n) * LT}{n * 30} \\
 &= 107,141 + \frac{79,0732 * 12 * 3}{12 * 30} = 115,048 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

5.6.2 Pasir

- a. Cadangan penyangga = 2.290,677 m³
- b. Waktu tunggu (LT) = 3 hari
- c. Rata-rata kebutuhan = 1717,045 m³
- d. Waktu pengendalian (n) = 12 bulan
- e. Pesanan optimum = 189,134 m³

$$\begin{aligned}
 \text{f. Pemesanan kembali} \quad RP &= B_m + \frac{(\mu_m * n) * LT}{n * 30} \\
 &= 2.290,677 + \frac{1.717,045 * 12 * 3}{12 * 30} = 2.462,382 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

5.6.3 Split

- a. Cadangan penyangga = 2.315,484 m³
- b. Waktu tunggu (LT) = 3 hari
- c. Rata-rata kebutuhan = 1.760,82 m³
- d. Waktu pengendalian (n) = 12 bulan
- e. Pesanan optimum = 179,24 m³

$$\begin{aligned}
 \text{f. Pemesanan kembali} \quad RP &= B_m + \frac{(\mu_m * n) * LT}{n * 30} \\
 &= 2.315,484 + \frac{1.760,82 * 12 * 3}{12 * 30} = 2.491,066 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

5.7 Siklus Pemesanan Kembali

Dengan menggunakan rumus (3.24) adalah $N = \frac{\mu_m * n - B_m}{Y_{optimum}}$ kali/tahun

5.7.1 Siklus semen

$$N = \frac{79,0732 * 12 - 107,141}{81,722} = 10,30 \approx 11 \text{ kali}$$

5.7.2 Siklus pasir

$$N = \frac{1.717,045 * 12 - 2.290,677}{189,134} = 93,83 \approx 97 \text{ kali}$$

5.7.3 Siklus split

$$N = \frac{1.760,82 * 12 - 2.2315,484}{179,24} = 104,96 \approx 105 \text{ kali}$$

5.8 Penentuan Biaya Persediaan Total

Penentuan biaya persediaan total didasarkan pada akumulasi dari biaya-biaya pemesanan material dengan biaya penyimpanan, rumus seperti di bawah ini:

$$\text{Biaya persediaan total (TIC)} = \text{Biaya pemesanan total} + \text{Biaya penyimpanan total}$$

5.8.1 Biaya persediaan total material semen

a. Biaya pemesanan = Rp 10.000/pemesanan

b. Biaya penyimpanan = Rp 2.841,6/Zak/tahun

$$TIC = (11 * 10.000) + \left(\frac{81,722}{3} * 2.841,6\right) = Rp.187.407,078$$

5.8.2 Biaya persediaan total material pasir

a. Biaya pemesanan = Rp 10.000/pemesanan

b. Biaya penyimpanan= Rp 11.520/m³/tahun

$$TIC = (97 * 10.000) + \left(\frac{189,134}{3} * 11.520\right) = Rp.1.696.274,56$$

5.8.3 Biaya persediaan total material split

a. Biaya pemesanan = Rp 13.000/pemesanan

b. Biaya penyimpanan= Rp 17.100/m³/tahun

$$TIC = (105 * 13.000) + \left(\frac{179,24}{3} * 17.100\right) = Rp.2.386.668$$

Tabel 5.32 Biaya Persediaan total terhadap siklus

| Material | Siklus (kali) | Jumlah Pesanan | Biaya Persediaan |
|----------|---------------|------------------------|------------------|
| Semen | 11 | 81,722 Ton | Rp. 187.407,078 |
| Pasir | 97 | 189,134 m ³ | Rp. 1.696.274,56 |
| Split | 105 | 179,24 m ³ | Rp. 2.386.668 |

5.9 Perbandingan Alternatif Lead Time

Dengan cara analogi yang sama (poin 5.3 sampai dengan 5.7), penulis mencoba memberikan alternatif pembanding agar diperoleh biaya produksi beton jadi yang paling ekonomis dengan menggunakan *lead time* sebesar 1 hari, 6 hari dan 9 hari untuk masing-masing material.

5.9.1 Lead Time 1 Hari

Tabel 5.33 Check jumlah persediaan total terhadap gudang tingkat layanan 95%

| Lead Time | Material | Rata-rata | CP | Jumlah Optimum | CP + OPT | Gudang | Check |
|-----------|----------|-----------|-----------|----------------|-----------|--------|-------|
| 1 | Semen | 79,0732 | 128,8702 | 81,772 | 210,6422 | 200 | Ya |
| | Pasir | 1.717,45 | 2.790,151 | 189,134 | 2.979,285 | | 2.500 |
| | Split | 1.760,82 | 2.865,681 | 179,24 | 3.044,921 | 2.500 | Tidak |

Tabel 5.34 Check jumlah persediaan total terhadap gudang tingkat layanan 90%

| Lead Time | Material | Rata-rata | CP | Jumlah Optimum | CP + OPT | Gudang | Check |
|-----------|----------|-----------|-----------|----------------|----------|--------|-------|
| 1 | Semen | 79,0732 | 117,2999 | 81,772 | 199,0719 | 200 | Ya |
| | Pasir | 1.717,45 | 2.540,806 | 189,134 | 2.729,94 | 2.500 | Tidak |
| | Split | 1.760,82 | 2.608,92 | 179,24 | 2.788,16 | 2.500 | Tidak |

Tabel 5.35 Check jumlah persediaan total terhadap gudang tingkat layanan 85%

| Lead Time | Material | Rata-rata | CP | Jumlah Optimum | CP + OPT | Gudang | Check |
|-----------|----------|-----------|-----------|----------------|-----------|--------|-------|
| 1 | Semen | 79,0732 | 109,4589 | 81,772 | 191,2309 | 200 | Ya |
| | Pasir | 1.717,45 | 2.371,829 | 189,134 | 2.560,963 | 2.500 | Tidak |
| | Split | 1.760,82 | 2.434,918 | 179,24 | 2.614,158 | 2.500 | Tidak |

Pada *lead time* 1 hari, dengan tingkat layanan sampai dengan 85% ternyata *check* jumlah persediaan (CP+OPT) terhadap gudang untuk material pasir dan split masih belum dapat terpenuhi sehingga penulis tidak melanjutkan perhitungan biaya total persediaan menggunakan *lead time* 1 hari.

5.9.2 *Lead Time* 6 hari

Dengan cara analogi yang sama (poin 5.3 sampai dengan 5.7), maka dapat dilihat pada Tabel 5.36, 5.37, dan 5.38 hasil *check* jumlah persediaan total terhadap gudang.

Tabel 5.36 Check jumlah persediaan total terhadap gudang tingkat layanan 95%

| Lead Time | Material | Rata-rata | CP | Jumlah Optimum | CP + OPT | Gudang | Check |
|-----------|----------|-----------|-----------|----------------|-----------|--------|-------|
| 6 | Semen | 79,0732 | 115,6913 | 81,772 | 197,4633 | 200 | Ya |
| | Pasir | 1.717,45 | 2.503,909 | 189,134 | 2.693,043 | 2.500 | Tidak |
| | Split | 1.760,82 | 2.538,605 | 179,24 | 2.717,845 | 2.500 | Tidak |

Tabel 5.37 Check jumlah persediaan total terhadap gudang tingkat layanan 90%

| Lead Time | Material | Rata-rata | CP | Jumlah Optimum | CP + OPT | Gudang | Check |
|-----------|----------|-----------|-----------|----------------|-----------|--------|-------|
| 6 | Semen | 79.,732 | 104,1211 | 81,772 | 185,8931 | 200 | Ya |
| | Pasir | 1.717,45 | 2.254,565 | 189,134 | 2.443,699 | 2.500 | Ya |
| | Split | 1.760,82 | 2.289,261 | 179,24 | 2.468,501 | 2.500 | Ya |

Tabel 5.38 Check jumlah persediaan total terhadap gudang tingkat layanan 85%

| Lead Time | Material | Rata-rata | CP | Jumlah Optimum | CP + OPT | Gudang | Check |
|-----------|----------|-----------|-----------|----------------|-----------|--------|-------|
| 6 | Semen | 79,0732 | 96,28004 | 81,772 | 178,052 | 200 | Ya |
| | Pasir | 1.717,45 | 2.085,587 | 189,134 | 2.274,721 | 2.500 | Ya |
| | Split | 1.760,82 | 2.120,283 | 179,24 | 2.299,523 | 2.500 | Ya |

Pada *lead time* 6 hari, *check* jumlah persediaan total (CP+OPT) sudah dapat terpenuhi pada tingkat layanan 90%, tetapi penulis ingin membandingkan biaya total persediaan dengan *lead time* 3 hari yang memiliki tingkat layanan sebesar 85%.

5.9.3 *Lead Time* 9 hari

Dengan cara analogi yang sama (poin 5.3 sampai dengan 5.7), maka dapat dilihat pada Tabel 5.39, 5.40, dan 5.41 hasil *check* jumlah persediaan total terhadap gudang.

Tabel 5.39 Check jumlah persediaan total terhadap gudang tingkat layanan 95%

| Lead Time | Material | Rata-rata | CP | Jumlah Optimum | CP + OPT | Gudang | Check |
|-----------|----------|-----------|-----------|----------------|-----------|--------|-------|
| 9 | Semen | 79,0732 | 107,784 | 81,772 | 189,556 | 200 | Ya |
| | Pasir | 1.717,45 | 2.332,164 | 189,134 | 2.521,298 | 2.500 | Tidak |
| | Split | 1.760,82 | 2.396,129 | 179,24 | 2.575,369 | 2.500 | Tidak |

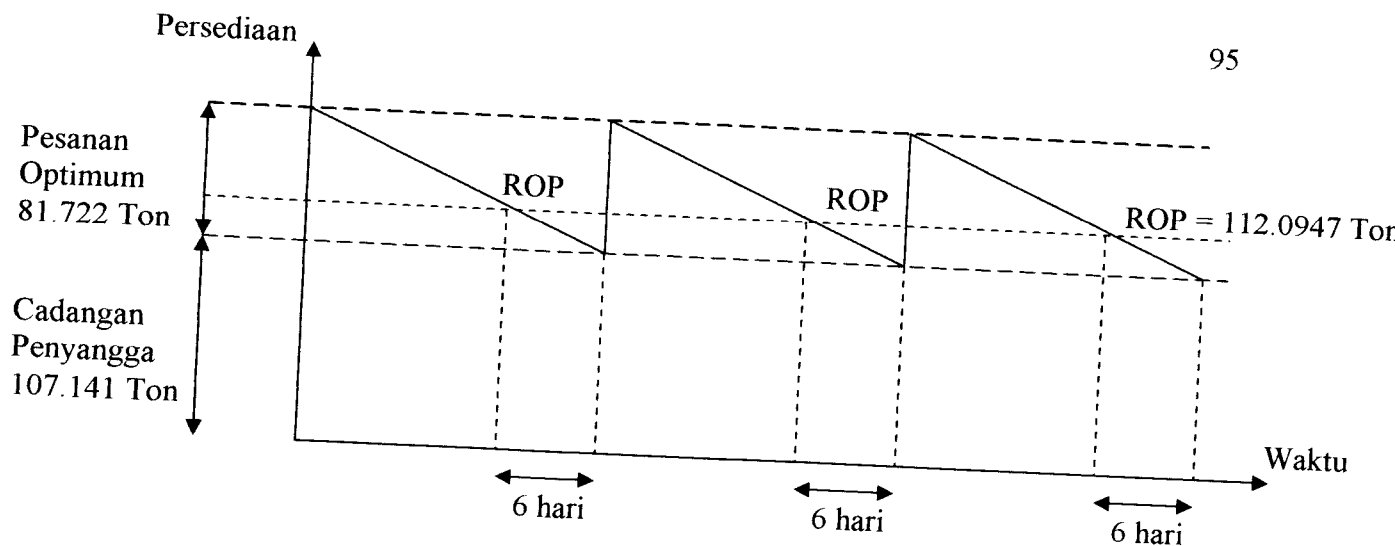
Tabel 5.40 Check jumlah persediaan total terhadap gudang tingkat layanan 90%

| Lead Time | Material | Rata-rata | CP | Jumlah Optimum | CP + OPT | Gudang | Check |
|-----------|----------|-----------|----------|----------------|-----------|--------|-------|
| 9 | Semen | 79,0732 | 96,21373 | 81,772 | 177,9857 | 200 | Ya |
| | Pasir | 1.717,45 | 2082,82 | 189,134 | 2.271,954 | 2.500 | Ya |
| | Split | 1.760,82 | 2139,368 | 179,24 | 2.318,608 | 2.500 | Ya |

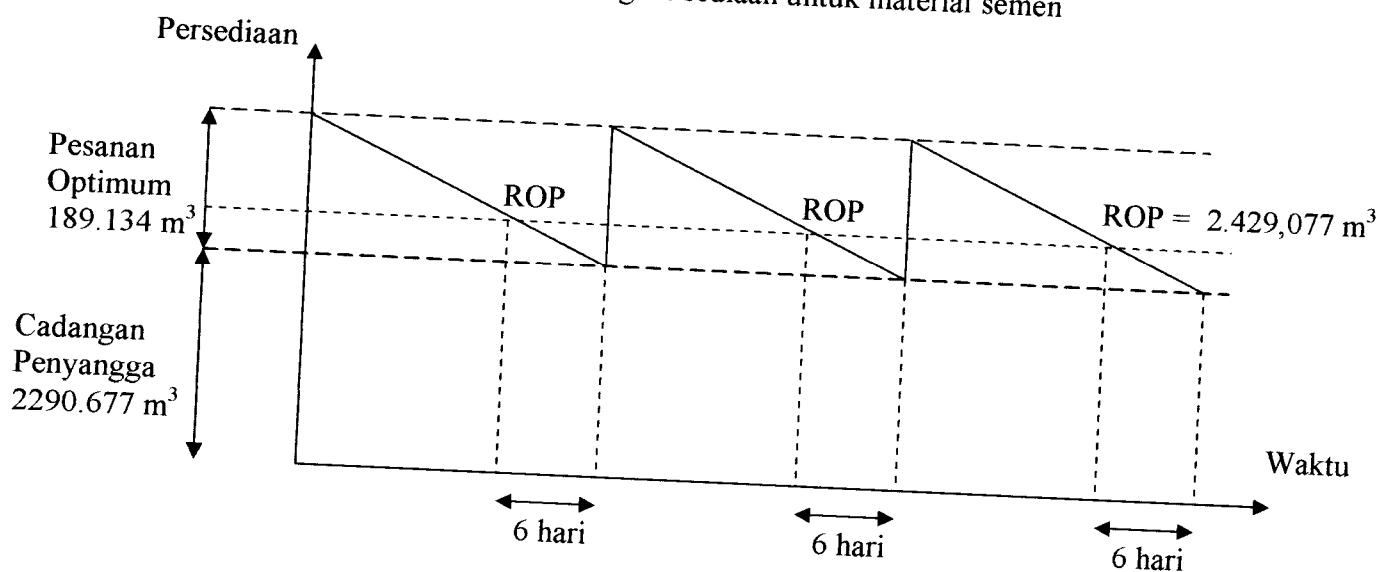
Tabel 5.41 Check jumlah persediaan total terhadap gudang tingkat layanan 85%

| Lead Time | Material | Rata-rata | CP | Jumlah Optimum | CP + OPT | Gudang | Check |
|-----------|----------|-----------|-----------|----------------|-----------|--------|-------|
| 9 | Semen | 79,0732 | 88,37272 | 81,772 | 170,1447 | 200 | Ya |
| | Pasir | 1.717,45 | 1.913,842 | 189,134 | 2.102,976 | 2.500 | Ya |
| | Split | 1.760,82 | 1.965,366 | 179,24 | 2.144,606 | 2.500 | Ya |

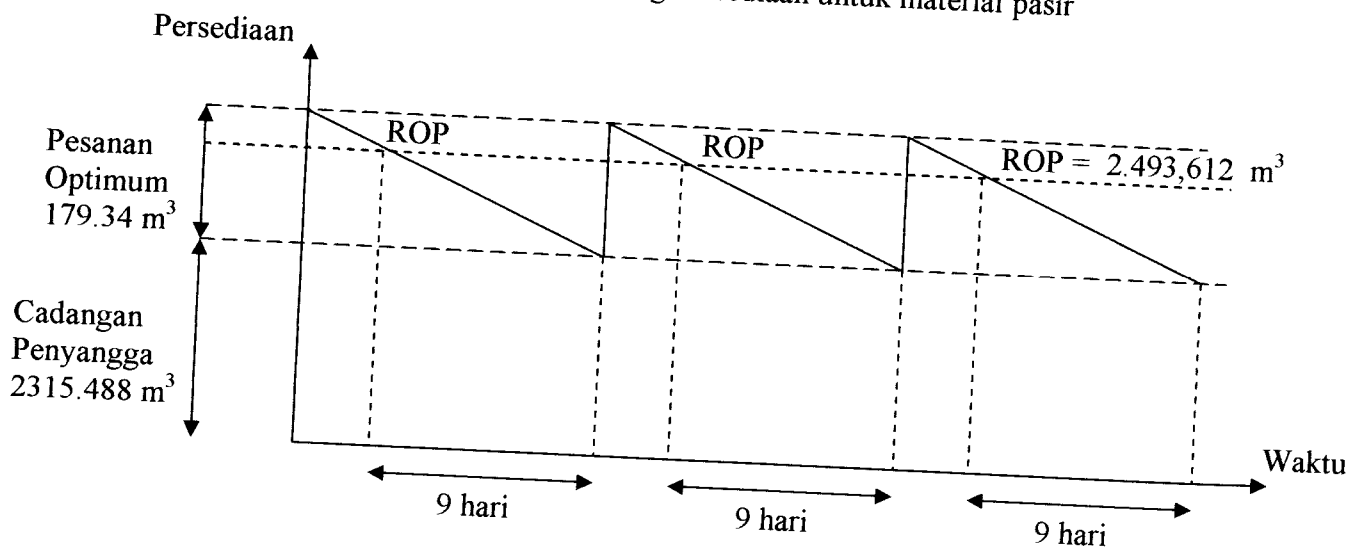
Pada *lead time* 9 hari, *check* jumlah persediaan total (CP+OPT) sudah dapat terpenuhi pada tingkat layanan 90%, tetapi penulis ingin membandingkan biaya total persediaan dengan *lead time* 3 hari yang memiliki tingkat layanan sebesar 85%.



Gambar 5.7 Grafik tingkat sediaan untuk material semen



Gambar 5.8 Grafik tingkat sediaan untuk material pasir



Gambar 5.9 Grafik tingkat sediaan untuk material split

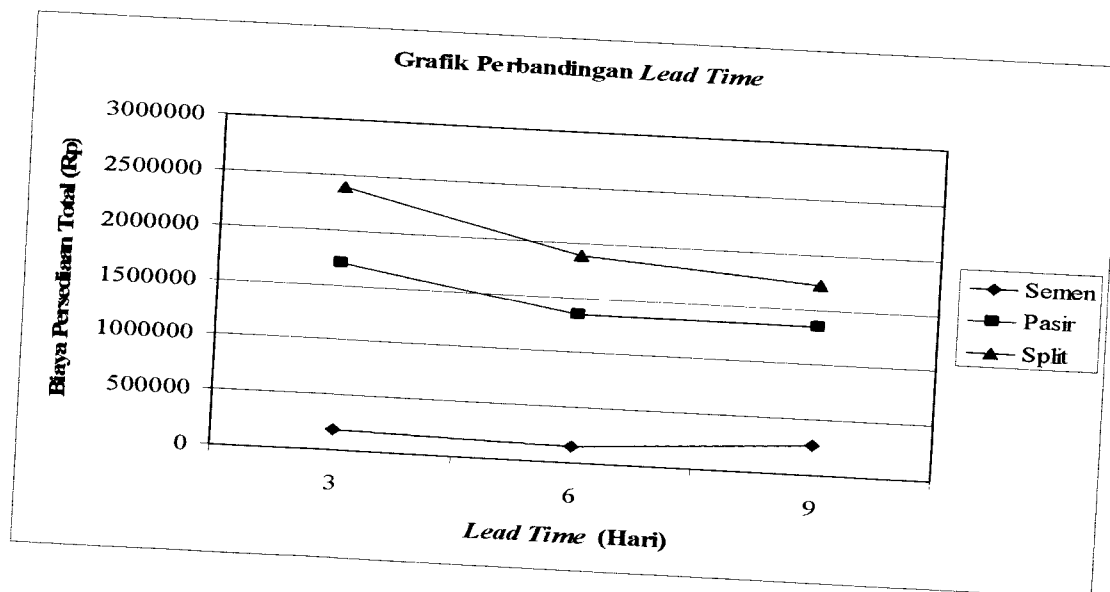
5.10 Perbandingan Biaya Total Persediaan

Dengan cara analogi yang sama (poin 5.8), penulis memberikan alternatif perbandingan agar diperoleh biaya produksi beton jadi yang paling ekonomis dengan melihat hasil perhitungan *lead time* 3 hari, 6 hari dan 9 hari untuk masing-masing material.

Tabel 5.42 Perbandingan biaya total persediaan terhadap 3 *lead time*

| Lead Time | Material | Rata-rata | CP | Jumlah Optimum | RP | Siklus | Biaya Total Persediaan |
|-----------|----------|-----------|-----------|----------------|-----------|--------|------------------------|
| 3 | Semen | 79,0732 | 107,141 | 81,772 | 115,0483 | 11 | 187.454,44 |
| | Pasir | 1.717,45 | 2.290,677 | 189,134 | 2.462,422 | 97 | 1.696.274,56 |
| | Split | 1.760,82 | 2.315,484 | 179,24 | 2.491,566 | 105 | 2.386.668 |
| 6 | Semen | 79,0732 | 96,28004 | 81,772 | 112,0947 | 11 | 148.727,22 |
| | Pasir | 1.717,45 | 2.085,587 | 189,134 | 2.429,077 | 98 | 1.343.137,28 |
| | Split | 1.760,82 | 2.141,448 | 179,24 | 2.493,612 | 106 | 1.888.834 |
| 9 | Semen | 79,0732 | 88,37272 | 81,772 | 112,0947 | 11 | 265.366,8 |
| | Pasir | 1.717,45 | 1.913,842 | 189,134 | 2.429,077 | 99 | 1.349.354,6 |
| | Split | 1.760,82 | 1.965,366 | 179,24 | 2.493,612 | 107 | 1.731.556 |

Agar dapat terlihat perbedaan yang nyata maka penulis memplotkan antara *lead time* terhadap biaya total persediaan seperti pada Gambar 5.10.



Gambar 5.10 Grafik Perbandingan Lead Time

Melihat perbandingan pada Tabel 5.42 dan Gambar 5.10, grafik dipengaruhi oleh siklus dan biaya pemesanan, terlihat pada grafik semen yang hampir membentuk garis lurus, hal ini disebabkan pada *lead time* 3, 6 dan 9 hari, biaya pemesanan dan siklus material yang tetap. Tidak demikian halnya untuk grafik pasir, biaya pemesanan dan siklus material yang bertambah akan menyebabkan grafik mengalami penurunan pada *lead time* 3 ke *lead time* 6 hari kemudian akan mengalami kenaikan pada *lead time* 6 hari ke 9 hari, sedangkan grafik split masih terjadi penurunan pada *lead time* 9 hari dan akan terjadi kenaikan pada *lead time* 12 hari.

Sehingga dapat disimpulkan, *lead time* 6 hari menghasilkan biaya total persediaan yang paling ekonomis untuk material semen dan pasir, sedangkan *lead time* 9 hari akan menghasilkan biaya total persediaan yang ekonomis untuk material split.

BAB VI

PEMBAHASAN

6.1 Umum

Untuk mengetahui bahwa pengaturan persediaan material merupakan hal yang penting dalam manajemen suatu perusahaan, maka dilakukan analisa terhadap masalah penyediaan material pada perusahaan beton jadi (*Readymix*) yaitu PT. Adhi Karya, Semarang. Dengan analisa Metode peramalan (*Forecasting*) dan *Economic Order Quantity* (EOQ), dapat diperoleh jumlah pemesanan ekonomis yang optimum (Y_{optimum}), jumlah cadangan penyangga (*Bufferstock*), titik pemesanan ulang (*Reorder point*) dan siklus pemesanan material semen, pasir, dan split yang dapat meminimumkan biaya persediaan secara total, dan akan didapatkan model persediaan yang optimal. Pembahasan keseluruhan metode disusun sebagai berikut

6.2 Orientasi Obyek Penelitian

Pemilihan perusahaan Adhi Karya sebagai obyek penelitian didasarkan pada beberapa hal :

1. Manajemennya lebih memberikan keleluasaan dan keterbukaan untuk mendapatkan data-data yang dibutuhkan.
2. Perusahaan termasuk ke dalam kategori perusahaan yang mempunyai kemampuan produksi beton jadi yang cukup tinggi.

6.3 Analisa Data

6.3.1 Peramalan

Data yang didapat dari perusahaan diplotkan ke dalam bentuk grafik garis menggunakan Microsoft Excel untuk mendapatkan pola data yang akan digunakan untuk menentukan rumus metode peramalan yang akan digunakan.

Dari hasil plot data material (Semen, pasir, dan split terhadap waktu) didapatkan pola data yang mengandung unsur stationer yaitu mencakup data trend dan data musiman, dengan demikian maka rumus yang terpilih untuk analisa peramalan yaitu :

1. *Weight Moving Average*
2. *Exponential Smoothing with Linear Trend*
3. *Double Exponential Smoothing with Linear Trend*

Ketiga rumusan metode peramalan di atas memberikan nilai kesalahan peramalan yang berbeda-beda, dicari nilai MAD yang terkecil hasil dari masing-masing peramalan tersebut, yang kemudian hasil peramalan yang didapat itulah yang digunakan.

Hasil peramalan dari ketiga rumus metode tersebut adalah :

a. Material semen

Menggunakan rumus *Exponential Smoothing with Linear Trend*, dengan rata-rata pemakaian/bulan dalam satu tahun ke depan (2003) adalah 79,0732 Ton.

b. Material pasir

Menggunakan rumus *Weight Moving Average*, dengan rata-rata pemakaian/bulan dalam satu tahun ke depan (2003) adalah 1.717,045 m³.

c. Material split

Menggunakan rumus *Weight Moving Average*, dengan rata-rata pemakaian/bulan dalam satu tahun ke depan (2003) adalah $1.760,82 \text{ m}^3$.

6.3.2 Pemantauan hasil peramalan

Pemantauan hasil peramalan dengan menggunakan metode *tracking signal*, data yang dibutuhkan adalah data kesalahan peramalan. Data yang telah berbentuk *tracking signal* tersebut untuk selanjutnya diplotkan ke dalam peta kontrol yang dalam penelitian ini digunakan batas kontrol atas (BKA) dan batas kontrol bawah (BKB) yaitu :

$$\sigma = \sqrt{MAD}, \text{ dimana BKA dan BKB} = \mu \pm z.\sigma$$

untuk $z=3$, maka 99% data *tracking signal* diharapkan berada dalam batas kendali.

untuk $z=2$, maka 95% data *tracking signal* diharapkan berada dalam batas kendali.

Pada Tugas akhir ini, pengambilan nilai $z=3$ didasarkan pada harapan agar nilai error untuk seluruh material 99% berada dalam batas kontrol sehingga hanya diperbolehkan 1% kesalahan.

Dari hasil pemantauan peramalan ketiga material, semua data *tracking signal* dari ketiga rumus metode peramalan 100% berada dalam batas kontrol. Dapat dikatakan bahwa metode peramalan untuk meramalkan pemakaian material yang akan datang adalah layak digunakan.

6.3.3 Analisa model persediaan

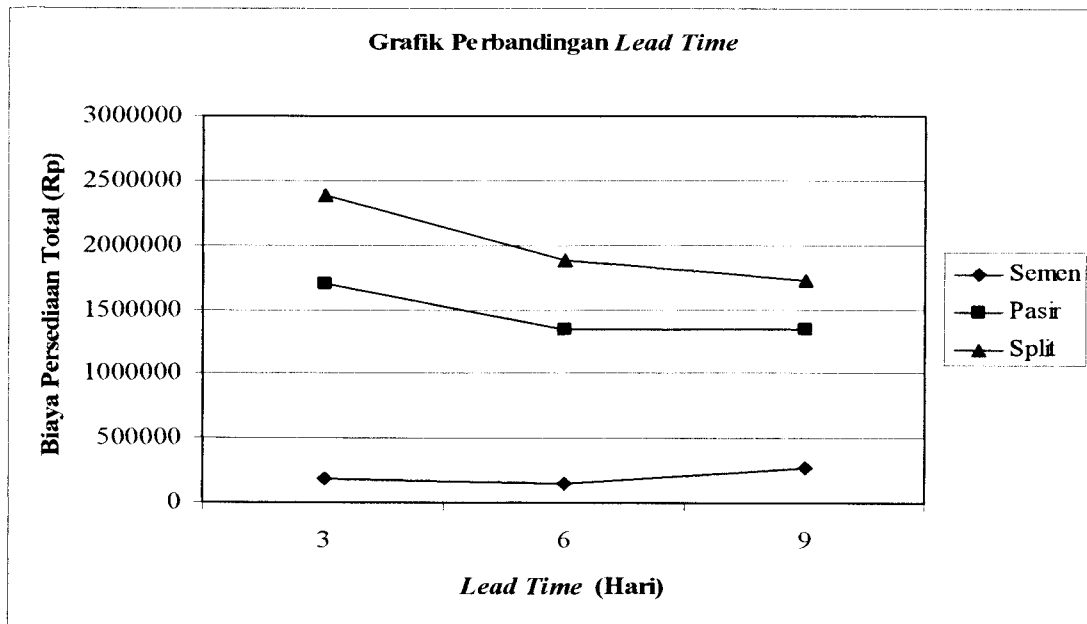
Dari perhitungan persediaan dengan menggunakan EOQ, maka dapat diperoleh jumlah pemesanan ekonomis yang optimum (Y_{optimum}), jumlah cadangan

penyangga (*Bufferstock*), titik pemesanan ulang (*Reorder point*) dan siklus pemesanan material semen, pasir, dan split yang dapat meminimumkan biaya persediaan secara total yang dapat dilihat pada Tabel 6.1.

Tabel 6.1 Pengaturan persediaan material beton jadi

| <i>Lead Time</i> | Material | Rata-rata | CP | Jumlah Optimum | RP | Siklus | Biaya Total Persediaan |
|------------------|----------|-----------|-----------|----------------|-----------|--------|------------------------|
| 3 | Semen | 79,0732 | 107,141 | 81,772 | 115,0483 | 11 | 187.454,44 |
| | Pasir | 1.717,45 | 2.290,677 | 189,134 | 2.462,422 | 97 | 1.696.274,56 |
| | Split | 1.760,82 | 2.315,484 | 179,24 | 2.491,566 | 105 | 2.386.668 |
| 6 | Semen | 79,0732 | 96,28004 | 81,772 | 112,0947 | 11 | 148.727,22 |
| | Pasir | 1.717,45 | 2.085,587 | 189,134 | 2.429,077 | 98 | 1.343.137,28 |
| | Split | 1.760,82 | 2.141,448 | 179,24 | 2.493,612 | 106 | 1.888.834 |
| 9 | Semen | 79,0732 | 88,37272 | 81,772 | 112,0947 | 11 | 265.366,8 |
| | Pasir | 1.717,45 | 1.913,842 | 189,134 | 2.429,077 | 99 | 1.349.354,6 |
| | Split | 1.760,82 | 1.965,366 | 179,24 | 2.493,612 | 107 | 1.731.556 |

Didalam pengujian ini dicari besar biaya persediaan total untuk setiap material berdasarkan *lead time*, hal ini terlihat pada perusahaan PT. Adhi Karya, Semarang, penggunaan *lead time* 3 ternyata belum menghasilkan biaya persediaan total yang ekonomis. Jumlah pesanan dikatakan optimum apabila dapat meminimalkan biaya persediaan total. Hasil analisis yang terdapat pada Tabel 6.1 kemudian diplotkan menjadi sebuah grafik yang merupakan perbandingan antara *lead time* dan biaya total persediaan terlihat pada Gambar 6.1



Gambar 6.1 Grafik perbandingan *lead time* dan biaya total persediaan

Berdasarkan Gambar 6.1, grafik material dipengaruhi oleh siklus dan biaya pemesanan, terlihat pada grafik semen yang hampir membentuk garis lurus, hal ini disebabkan pada *lead time* 3, 6 dan 9 hari, biaya pemesanan dan siklus material yang tetap. Tidak demikian halnya untuk grafik pasir, biaya pemesanan dan siklus material yang bertambah akan menyebabkan grafik mengalami penurunan pada *lead time* 3 ke *lead time* 6 hari kemudian akan mengalami kenaikan pada *lead time* 6 hari ke 9 hari, sedangkan grafik split masih terjadi penurunan pada *lead time* 9 hari dan akan terjadi kenaikan pada *lead time* 12 hari.

6.4 Pengendalian Persediaan Material pada Perusahaan PT. Adhi Karya

Sistem pengendalian merupakan hal yang harus diperhatikan dalam sistem manajemen logistik. Sistem persediaan hasil analisis sangat mungkin berbeda dengan sistem dalam praktek pada PT Adhi Karya, Semarang. Pada prakteknya tidak

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan model persediaan dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Model persediaan material pada PT. Adhi Karya, Semarang yang optimal dapat dicapai dengan menerapkan Model Jumlah Pesanan Ekonomis (*Economic Order Quantity*).
2. Jumlah pemakaian material satu tahun ke depan diramalkan dengan menggunakan Metode Peramalan Kuantitatif, dibantu dengan program *Microsoft Excel XP*, yang hasilnya diasumsikan sebagai laju rata-rata pemakaian material per bulan.
3. Kapasitas gudang PT. Adhi Karya, Semarang hanya mampu memberikan tingkat layanan 85% dari seluruh pesanan yang datang.
4. Optimasi persediaan material untuk PT. Adhi Karya, Semarang, sebaiknya menggunakan waktu tunggu (*lead time*) 6 hari untuk material semen dan pasir dimana dapat menghasilkan :
 - Semen, dengan jumlah pesanan ekonomis 81,722 ton dan siklus pemesanan 11 kali dalam satu tahun selang 6 hari

- Pasir, dengan jumlah pesanan ekonomis 189,134 m³ dan siklus pemesanan 98 kali dalam satu tahun selang 5-6 hari

Sedangkan untuk material split sebaiknya menggunakan *lead time* 9 hari dimana dapat menghasilkan :

- Split, dengan jumlah pesanan ekonomis 179,24 m³ dan siklus pemesanan 107 kali dalam satu tahun selang 5-6 hari

7.2 Saran

1. Manajemen PT. Adhi Karya dapat melakukan peninjauan ulang terhadap waktu tunggu (*lead time*) yang dipakai saat ini
2. Masalah manajemen logistik khususnya manajemen persediaan dalam industri beton jadi (*Readymix*) sangat penting, sehingga dari perusahaan perlu merencanakan dan mengendalikan material menggunakan metode yang sistematis dan terarah agar persediaan material dapat optimal.
3. Metode EOQ adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk menentukan biaya persediaan yang ekonomis, sehingga perlu dicoba pada perusahaan selain perusahaan beton jadi (*readymix*).
4. Selain Metode EOQ, metode POQ (*Periodic Order Quantity*) dapat menjadi bahan perbandingan bagi perusahaan untuk menentukan biaya ekonomis persediaan barang.

terdapat perencanaan dan sistem pengendalian persediaan material yang tepat guna. Jumlah persediaan, jumlah pesanan, serta berapa kali harus melakukan pemesanan tidak terencana. Perusahaan tersebut lebih cenderung menimbun persediaan dalam jumlah yang cukup perkiraan, yang tak jarang persediaan material menjadi sangat berlebihan. Perusahaan kurang memperhatikan serta kurang memperhitungkan akumulasi biaya dari penimbunan tersebut. Penimbunan tersebut akan menimbulkan biaya yang besar, yang nantinya akan mempengaruhi biaya persediaan total. Penurunan kualitas juga tidak mustahil terjadi pada meterial yang ditimbun, dikarenakan tempat penyimpanan hanya berupa lahan terbuka saja yang tentunya akan sangat dipengaruhi oleh cuaca.

Pemesanan material pun dilakukan tanpa adanya penjadwalan, padahal apabila ditilik dari perhitungan di atas, siklus pemesanan akan meberikan pengaruh yang sangat signifikan dari biaya persediaan.

Hasil analisa ini dimaksudkan untuk menyusun suatu persediaan material bahan baku yang optimal dengan biaya yang ekonomis menggunakan metode peramalan (*forecasting*) dan metode *Economic Order Quantity* (EOQ) pada industri beton jadi.

DAFTAR PUSTAKA

Assaf et al, 1995, *Causes of Delay in Large Building Construction Projects*, *Journal of Management in Engineering*, ASCE.

Buana HSH, 2000, **Praktek Manajemen Perencanaan dan Pengendalian Material Proyek Konstruksi di DIY**, Tesis Program Magister Teknik Sipil, UAJY, Yogyakarta.

Donald J. Bowersox, 2002, **Manajemen Logistik Jilid 1**, Penerbit Bumi Aksara, Yogyakarta.

Istimawan Dipohusodo, 1996, **Manajemen Proyek dan Konstruksi Jilid 1 dan 2**, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.

J. Supranto, 2000, **Statistik Teori dan Aplikasi**, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Junaedik Kushartanto, 2000, **Manajemen Persediaan Material Pada Beton Jadi (Readymix)**, UII, Yogyakarta.

Liana Ningsih S, 2000, **Sistem Pengendalian Biaya Konstruksi Studi Kasus di Indonesia**, Tesis Program Magister Teknik Sipil, UAJY, Yogyakarta.

Makridahis/Wheelwright/Mcgee, 1999, **Metode dan Aplikasi Peramalan Jilid 1**, Interaksara.

Tri Vadli Setia Budi, 2001, **Analisis Faktor Keterlambatan Pada Pelaksanaan Proyek Konstruksi Menurut Persepsi Pengguna Jasa dan Penyedia Jasa di DIY**, Tesis Program Magister Teknik Sipil, UII, Yogyakarta.

Walpole/Myers, 1995, **Ilmu peluang dan Statistika untuk Para Insinyur dan Ilmuwan**, Penerbit ITB, Bandung.

W.F.Chen, *The Civil Engineering Handbook*, Penerbit CRC Press, Indiana,

Yhi-Long Chang, 1995, **Quantitive System 3.0**, Penerbit Prentice Hall International, New Jersey.

Zulian Yamit, 1999, **Manajemen Persediaan**, Penerbit Ekonisia UII, Yogyakarta.

———, 1995, **Pedoman Praktik Kerja dan Tugas Akhir**, Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

LAMPIRAN 1

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

| NO. | N A M A | NO. MHS. | BID.STUDI |
|-----|----------------------|----------|--------------|
| 1 | Ulfah Dewi Kartika | 97511474 | Teknik Sipil |
| 2 | Hilyati Rivai Bungsu | 97511047 | Teknik Sipil |

JUDUL TUGAS AKHIR :

Manajemen logistik untuk meningkatkan mutu pekerjaan

**PERIODE II : DESEMBER - MEI
TAHUN : 2002 / 2003**

| No. | Kegiatan | Bulan Ke : | | | | | |
|-----|----------------------------|------------|------|------|------|------|------|
| | | Des. | Jan. | Peb. | Mar. | Apr. | Mei. |
| 1. | Pendaftaran | | | | | | |
| 2. | Penentuan Dosen Pembimbing | | | | | | |
| 3. | Pembuatan Proposal | | | | | | |
| 4. | Seminar Proposal | | | | | | |
| 5. | Konsultasi Penyusunan TA. | | | | | | |
| 6. | Sidang-Sidang | | | | | | |
| 7. | Pendadaran. | | | | | | |

DOSEN PEMBIMBING I : **Ir. Hj. Tuti Sumarningsih, MT.**
DOSEN PEMBIMBING II : **DR. Ir. Edy Purwanto, Ces, DEA.**



Yogyakarta, ..18 Jan 2003.....
a.n. Dekan,
(Signature)
(..... **Ir. H. Munadhir, MS**)

Catatan.

Seminar : 14 Mei 2003
Sidang : 21 Juni 2003
Pendadaran :

SEKELAH

LOKAT AGSAI
[Handwritten notes and signatures]

LAMPIRAN 2

DATA - DATA DARI ADMINISTRASI SDR. MUH. IGEMAL HUSNI

1. Pemakaian Bahan-Bahan Bekas Periode 1985-1986

| Tahun | Bulan | Serjan (kg) | Spintim (g) | Pasir (kg) |
|-------|----------|--------------|-------------|------------|
| 1985 | Januari | 1.100,00 | 1.800,00 | 2.100,00 |
| | Februari | 500,00 | 1.133,00 | 1.470,00 |
| | Maret | 720,00 | 1.000,00 | 2.100,00 |
| | April | 672,000,00 | 1.000,00 | 1.950,00 |
| | Mai | 720,000,00 | 1.000,00 | 2.100,00 |
| | Juni | 753,000,00 | 1.700,00 | 2.240,00 |
| | Juli | 1.000,00 | 1.700,00 | 2.100,00 |
| | Agst | 1.000,000,00 | 1.700,00 | 2.100,00 |
| | Sept | 1.000,00 | 1.535,00 | 1.900,00 |
| | Oktr | 480,000,00 | 1.260,00 | 1.400,00 |
| | Nov | 450,000,00 | 1.360,00 | 1.470,00 |
| | Des | 1.200,000,00 | 3.400,00 | 3.100,00 |
| 1986 | Januari | 240,000,00 | 1.000,00 | 1.700,00 |
| | Februari | 720,000,00 | 1.000,00 | 1.050,00 |
| | Maret | 1.000,000,00 | 2.040,00 | 2.100,00 |
| | April | 1.000,000,00 | 2.040,00 | 2.100,00 |
| | Mai | 800,000,00 | 1.700,00 | 1.750,00 |
| | Juni | 1.000,000,00 | 1.700,00 | 1.400,00 |
| | Juli | 800,000,00 | 1.380,00 | 1.400,00 |
| | Agst | 1.000,000,00 | 1.700,00 | 1.750,00 |
| | Sept | 950,000,00 | 1.000,00 | 2.590,00 |
| | Oktr | 450,000,00 | 1.000,00 | 1.400,00 |
| | Nov | 1.000,000,00 | 2.040,00 | 2.100,00 |
| | Des | 600,000,00 | 1.700,00 | 1.750,00 |
| 1987 | Januari | 120,000,00 | 1.040,00 | 1.350,00 |
| | Februari | 360,000,00 | 1.800,00 | 1.050,00 |
| | Maret | 720,000,00 | 3.040,00 | 2.100,00 |
| | April | 480,000,00 | 1.100,00 | 1.400,00 |
| | Mai | 600,000,00 | 1.700,00 | 1.750,00 |
| | Juni | 840,000,00 | 2.360,00 | 1.400,00 |
| | Juli | 1.008,000,00 | 2.700,00 | 2.940,00 |
| | Agst | 1.080,000,00 | 2.050,00 | 3.150,00 |
| | Sept | 1.008,000,00 | 2.835,00 | 2.940,00 |
| | Oktr | 840,000,00 | 2.050,00 | 2.450,00 |
| | Nov | 960,000,00 | 2.720,00 | 2.800,00 |
| | Des | 1.248,000,00 | 3.535,00 | 3.640,00 |
| 1988 | Januari | 48,000,00 | 1.350,00 | 1.400,00 |
| | Februari | 960,000,00 | 1.000,00 | 2.800,00 |
| | Maret | 840,000,00 | 1.000,00 | 2.400,00 |
| | April | 480,000,00 | 1.000,00 | 1.400,00 |
| | Mai | 420,000,00 | 1.000,00 | 1.400,00 |

| | | | |
|-------|--------------|----------|----------|
| Jan | 960.000,00 | 3.720,00 | 3.900,00 |
| Feb | 1.008.000,00 | 4.032,00 | 3.940,00 |
| Mart | 960.000,00 | 3.720,00 | 3.800,00 |
| April | 960.000,00 | 3.720,00 | 3.800,00 |
| Mai | 1.030.000,00 | 4.032,00 | 3.150,00 |
| Juni | 1.320.000,00 | 5.280,00 | 3.850,00 |
| Juli | 1.200.000,00 | 4.800,00 | 3.500,00 |

| | | | |
|----------|--------------|----------|----------|
| Agust | 480.000,00 | 1.920,00 | 4.000,00 |
| Sept | 600.000,00 | 2.400,00 | 500,00 |
| Okto | 720.000,00 | 2.880,00 | 2.100,00 |
| Nov | 840.000,00 | 3.360,00 | 1.200,00 |
| Des | 840.000,00 | 3.360,00 | 2.450,00 |
| 1992 Jan | 840.000,00 | 3.360,00 | 2.450,00 |
| Feb | 880.000,00 | 3.520,00 | 2.500,00 |
| Mart | 880.000,00 | 3.520,00 | 2.800,00 |
| April | 960.000,00 | 3.840,00 | 2.800,00 |
| Mai | 1.000.000,00 | 4.000,00 | 3.350,00 |
| Juni | 1.100.000,00 | 4.400,00 | 3.800,00 |
| Juli | 1.200.000,00 | 4.800,00 | 3.860,00 |

... di Sragen Gresik
 ... digunakan 3/4 ...

... kapasitas 50 ton
 ... kapasitas 1000 m3
 ... berkisar antara 2.000 m3 - 6.000 m3
 ... kapasitas 7 m3
 ... menurut harga kontrak
 ... pada tahun 1990 maksimum rata-rata berkisar antara 5 - 10 ...
 ... tahun 1998 maksimum rata-rata berkisar antara 5 - 10 ...
 ... tahun 1998 maksimum rata-rata berkisar antara 5 - 10 ...
 ... ada
 ... dari harga kontrak
 ... Rp/m3
 ... Rp/m3
 ...
 ...
 ...
 ...
 ...
 ...

LAMPIRAN 3

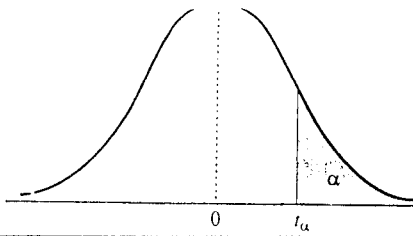
Lampiran Hasil perhitungan standar deviasi untuk material

| Semen | | Pasir | | Split | |
|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| x | x ² | x | x ² | x | x ² |
| 82.3556 | 6782.4373 | 1754.5000 | 3078270.2500 | 1762.0000 | 3104644.0000 |
| 82.3556 | 6782.4373 | 1659.2500 | 2753110.5625 | 1759.0000 | 3094081.0000 |
| 83.9023 | 7039.5988 | 1754.5000 | 3078270.2500 | 1762.0000 | 3104644.0000 |
| 78.2701 | 6126.2041 | 1706.8750 | 2913422.2656 | 1760.5000 | 3099360.2500 |
| 85.3948 | 7292.2644 | 1706.8750 | 2913422.2656 | 1760.5000 | 3099360.2500 |
| 74.1044 | 5491.4637 | 1730.6875 | 2995279.2227 | 1761.2500 | 3102001.5625 |
| 86.8994 | 7551.5041 | 1706.8750 | 2913422.2656 | 1760.5000 | 3099360.2500 |
| 69.9279 | 4889.9086 | 1718.7813 | 2954208.9854 | 1760.8750 | 3100680.7656 |
| 88.3721 | 7809.6299 | 1718.7813 | 2954208.9854 | 1760.8750 | 3100680.7656 |
| 65.7904 | 4328.3749 | 1712.8281 | 2933780.1858 | 1760.6875 | 3100020.4727 |
| 89.7633 | 8057.4476 | 1718.7813 | 2954208.9854 | 1760.8750 | 3100680.7656 |
| 61.7420 | 3812.0791 | 1715.8047 | 2943985.7256 | 1760.7813 | 3100350.6104 |
| 900368.9956 | 75963.3498 | 424547029.9781 | 35385589.9495 | 446470296.8994 | 37205864.6924 |

31.87402283

686.8989023

704.3282033



Tabel L.4* Nilai kritis distribusi-t

| v | α | | | | |
|------|-------|-------|--------|--------|--------|
| | 0,10 | 0,05 | 0,025 | 0,01 | 0,005 |
| 1 | 3,078 | 6,314 | 12,706 | 31,821 | 63,657 |
| 2 | 1,886 | 2,920 | 4,303 | 6,965 | 9,925 |
| 3 | 1,638 | 2,353 | 3,182 | 4,541 | 5,841 |
| 4 | 1,533 | 2,132 | 2,776 | 3,747 | 4,604 |
| 5 | 1,476 | 2,015 | 2,571 | 3,365 | 4,032 |
| 6 | 1,440 | 1,943 | 2,447 | 3,143 | 3,707 |
| 7 | 1,415 | 1,895 | 2,365 | 2,998 | 3,499 |
| 8 | 1,397 | 1,860 | 2,306 | 2,896 | 3,355 |
| 9 | 1,383 | 1,833 | 2,262 | 2,821 | 3,250 |
| 10 | 1,372 | 1,812 | 2,228 | 2,764 | 3,169 |
| 11 | 1,363 | 1,796 | 2,201 | 2,718 | 3,106 |
| 12 | 1,356 | 1,782 | 2,179 | 2,681 | 3,055 |
| 13 | 1,350 | 1,771 | 2,160 | 2,650 | 3,012 |
| 14 | 1,345 | 1,761 | 2,145 | 2,624 | 2,977 |
| 15 | 1,341 | 1,753 | 2,131 | 2,602 | 2,947 |
| 16 | 1,337 | 1,746 | 2,120 | 2,583 | 2,921 |
| 17 | 1,333 | 1,740 | 2,110 | 2,567 | 2,898 |
| 18 | 1,330 | 1,734 | 2,101 | 2,552 | 2,878 |
| 19 | 1,328 | 1,729 | 2,093 | 2,539 | 2,861 |
| 20 | 1,325 | 1,725 | 2,086 | 2,528 | 2,845 |
| 21 | 1,323 | 1,721 | 2,080 | 2,518 | 2,831 |
| 22 | 1,321 | 1,717 | 2,074 | 2,508 | 2,819 |
| 23 | 1,319 | 1,714 | 2,069 | 2,500 | 2,807 |
| 24 | 1,318 | 1,711 | 2,064 | 2,492 | 2,797 |
| 25 | 1,316 | 1,708 | 2,060 | 2,485 | 2,787 |
| 26 | 1,315 | 1,706 | 2,056 | 2,479 | 2,779 |
| 27 | 1,314 | 1,703 | 2,052 | 2,473 | 2,771 |
| 28 | 1,313 | 1,701 | 2,048 | 2,267 | 2,763 |
| 29 | 1,311 | 1,699 | 2,045 | 2,462 | 2,756 |
| inf. | 1,282 | 1,645 | 1,960 | 2,326 | 2,576 |

*) Dari tabel 4 R.A. Fisher, *Statistical Methods for Research Workers*, diterbitkan oleh Oliver & Boyd, Edinburgh, seizin pengarang dan penerbit.