

Tugas Akhir

**PENGENDALIAN PERSEDIAAN DETERMINISTIK DINAMIS PADA
BAHAN BAKU BATA RINGAN AAC (*AUTOCLAVED AERATED
CONCRETE*) MENGGUNAKAN *WAGNER-WITHIN ALGORITHM* DAN
*SILVER-MEAL ALGORITHM***

(Studi Kasus: PT. Bumi Sarana Beton)



Oleh:

MUHAMMAD JAYADI HB

D221 14 503

DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2021

**PENGENDALIAN PERSEDIAAN DETERMINISTIK DINAMIS PADA
BAHAN BAKU BATA RINGAN AAC (*AUTOCLAVED AERATED
CONCRETE*) MENGGUNAKAN *WAGNER-WITHIN ALGORITHM* DAN
*SILVER-MEAL ALGORITHM***

(Studi Kasus: PT. Bumi Sarana Beton)

OLEH:

MUHAMMAD JAYADI HB

D221 14 503

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat ujian
guna memperoleh gelar Sarjana Teknik
pada Departemen Teknik Industri
Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



**DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA**

2021

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir:

**PENGENDALIAN PERSEDIAAN DETERMINISTIK DINAMIS PADA
BAHAN BAKU BATA RINGAN AAC (*AUTOCLAVED AERATED
CONCRETE*) MENGGUNAKAN *WAGNER-WITHIN ALGORITHM* DAN
*SILVER-MEAL ALGORITHM***

(Studi Kasus: PT. Bumi Sarana Beton)

Disusun oleh:

MUHAMMAD JAYADI HB

D221 14 503

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan studi guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I



Dr. Ir. Sapta Asmal, S.T., M.T.
NIP. 19681005199603 1 002

Dosen Pembimbing II



Dr. Ir. Saiful, S.T., M.T., IPM.
NIP. 19810606 200604 1 004

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin



Dr. Ir. Saiful, S.T., M.T., IPM.
NIP. 19810606 200604 1 004

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Jayadi HB

NIM : D22114503

Judul Tugas Akhir : “Pengendalian Persediaan Deterministik Dinamis pada Bahan Baku Bata Ringan AAC (*Autoclaved Aerated Concrete*) menggunakan *Wagner-Within Algorithm* dan *Silver-Meal Algorithm* (Studi Kasus: PT. Bumi Sarana Beton)”

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan Tugas Akhir ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran, dan pemaparan asli dari saya sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan yang tercantum sebagai bagian dari Tugas Akhir ini. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini dan sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Hasanuddin.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Gowa, 26 Februari 2021

Yang membuat pernyataan



Muhammad Jayadi HB
NIM. D22114503

ABSTRAK

PT Bumi Sarana Beton merupakan perusahaan yang bergerak pada sektor industri material konstruksi sebagai produsen Bata Ringan AAC. Permasalahan yang dihadapi perusahaan belum menerapkan metode perhitungan ilmiah tertentu dalam pengendalian persediaan bahan baku Bata Ringan AAC. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan perencanaan pengendalian persediaan deterministik dinamis dan menentukan metode pengendalian persediaan yang optimal pada bahan baku Bata Ringan AAC.

Berdasarkan permasalahan yang dihadapi, maka dilakukan perencanaan persediaan deterministik dinamis menggunakan metode *Wagner-Within Algorithm* dan *Silver-Meal Algorithm*. Langkah awal yang dilakukan ialah peramalan permintaan menggunakan *Single Exponential Smoothing*, kemudian menentukan *safety stock* dan *reorder point*, *lot size* optimal, dan menghitung total biaya persediaan.

Hasil dari penelitian ini adalah pengendalian persediaan deterministik dinamis dengan metode *Wagner-Within Algorithm* dan *Silver-Meal Algorithm* mampu menghemat total biaya persediaan bahan baku Bata Ringan AAC masing-masing sebesar 4,38% dan 4,99% dari total biaya persediaan menggunakan metode *Lot for Lot* yang diterapkan oleh perusahaan. *Silver-Meal Algorithm* merupakan metode pengendalian persediaan paling optimal dengan total biaya persediaan sebesar Rp6.741.879.412,19.

Kata Kunci: Pengendalian Persediaan, Bata Ringan AAC, *Wagner-Within Algorithm*, *Silver-Meal Algorithm*

ABSTRACT

PT Bumi Sarana Beton is a company engaged in the construction material industry sector as a manufacturer of AAC Block. The problems faced by the company is has not applied a certain scientific calculation method to control the inventory of AAC Block. Therefore, this research aims to plan a dynamic deterministic inventory control and determine the optimal inventory control method for AAC Block.

Based on the stated problems, dynamic inventory planning is carried out using the Wagner-Within Algorithm and Silver-Meal Algorithm methods. The initial step taken is forecasting demand using Single Exponential Smoothing method, then determining the safety stock and reorder point, the optimal lot size, and calculating the total cost of inventory.

The result of this research is dynamic deterministic inventory control using the Wagner-Within Algorithm and Silver-Meal Algorithm methods is able to save the total inventory cost of AAC block, respectively by 4.38% and 4.99% of the total inventory cost using the Lot for Lot method applied by the company. Silver-Meal Algorithm is the most optimal inventory control method with a total inventory cost of Rp6,741,879,412.19.

Keywords: Inventory Control, AAC Block, Wagner-Within Algorithm, Silver-Meal Algorithm

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga Penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Shalawat dan salam senantiasa tercurah kepada Rasulullah SAW yang mengantarkan manusia dari zaman kegelapan ke zaman yang terang benderang ini. Penulisan Tugas Akhir ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat guna mencapai gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa penulisan Tugas Akhir ini tidak dapat terselesaikan tanpa dukungan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun secara tidak langsung. Oleh karena itu, Penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penulisan tugas akhir ini kepada:

1. Kedua orang tua penulis, ayahanda tercinta Hasrul Baharuddin, S.P. dan ibunda tersayang Hairunnisa, S.P. yang telah memberikan dukungan baik moril maupun materil serta doa yang tiada henti-hentinya kepada penulis.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Bapak Dr. Ir. Saiful, S.T., M.T., IPM., selaku Ketua Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin sekaligus menjadi Dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang telah membimbing dan mengarahkan Penulis secara langsung untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Ir. Sapta Asmal, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir I yang juga telah membimbing dan mengarahkan Penulis secara langsung untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Departemen Teknik Industri yang telah menurunkan ilmu dan pengetahuan akademiknya selama masa perkuliahan.
6. Seluruh Bapak dan Ibu Staf di lingkup Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, dan Universitas Hasanuddin terutama pak Afif, bu Mufly, dan bu Hikma yang telah membantu Penulis untuk memenuhi segala keperluan administrasi kemahasiswaan.

7. Pihak PT Bumi Sarana Beton, terutama bapak Muh. Shobir, bapak Ahmad Biadi, dan bapak Suardi yang telah memberikan izin penelitian/studi kasus dan meluangkan waktu untuk membantu penulis dalam mengumpulkan data-data yang dibutuhkan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
8. Seluruh Keluarga dan Kerabat yang telah memberikan dorongan dan semangat kepada Penulis untuk mengakhiri status mahasiswanya secepat mungkin.
9. Saudara-saudara Teknik Industri 2014, Radiator, Poizon, dan Teknik 2014 yang telah menjadi teman seperjuangan Penulis dalam segala hal sejak awal masa kemahasiswaan.
10. Kanda-kanda Senior Teknik yang telah banyak menginspirasi Penulis dan memberikan pengetahuan kemahasiswaannya.
11. Himpunan Mahasiswa Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin (HMM FT-UH), Himpunan Mahasiswa Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin (HMTI FT-UH), Mahasiswa Pencinta Alam 09 Senat Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin (MAPALA 09 SMFT-UH), dan Organisasi Kemahasiswaan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin (OKFT-UH) yang telah menjadi wadah pengembangan diri Penulis.
12. Saudara Hendra Citra, selaku partner penelitian yang telah menemani Penulis dari awal penelitian Tugas Akhir sampai memperoleh gelar Sarjana Teknik.
13. Serta seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah turut andil dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna dikarenakan terbatasnya pengalaman dan pengetahuan yang dimiliki Penulis. Oleh karena itu, Penulis mengharapkan segala bentuk saran serta masukan bahkan kritik yang membangun dari berbagai pihak. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan semua pihak khususnya dalam bidang ilmu Teknik Industri.

Gowa, Desember 2020

Penulis,

(Muhammad Jayadi HB)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR PERSAMAAN.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Pengendalian Persediaan.....	6
2.1.1 Definisi Pengendalian Persediaan	6
2.1.2 Fungsi Persediaan.....	7
2.1.3 Jenis-jenis Persediaan.....	9
2.1.4 Biaya-biaya Dalam Sistem Persediaan.....	10
2.1.5 Model Persediaan	11

2.1.6	Permasalahan Dalam Persediaan.....	12
2.2	Model Pengendalian Persediaan Deterministik Dinamis.....	14
2.2.1	<i>Wagner-Within Algorithm</i> (WWA).....	14
2.2.2	<i>Silver-Meal Algorithm</i> (SMA).....	15
2.3	Peramalan.....	16
2.3.1	Definisi Peramalan	16
2.3.2	Teknik-teknik Peramalan.....	17
2.3.3	Ukuran Akurasi Hasil Peramalan	19
2.4	<i>Safety Stock</i>	20
2.5	<i>Reorder Point</i>	21
2.6	Penelitian Terdahulu	21
BAB III METODE PENELITIAN		24
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian.....	24
3.2	Metode Pengumpulan Data.....	24
3.3	Sumber Data.....	24
3.4	Prosedur Penelitian	25
3.5	Diagram Alir Penelitian	27
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....		28
4.1	Pengumpulan Data	28
4.1.1	<i>Bill of Material</i> Bata Ringan AAC.....	28
4.1.2	Data Historis Permintaan Bata Ringan AAC	29
4.1.3	Data Biaya Sistem Persediaan	29
4.1.4	Data Pemasok dan <i>Lead Time</i>	31
4.2	Pengolahan Data	31
4.2.1	Peramalan	31
4.2.2	<i>Safety Stock</i> dan <i>Reorder Point</i>	35
4.2.3	<i>Wagner-Within Algorithm</i>	36
4.2.4	<i>Silver-Meal algorithm</i>	57
4.2.5	Pengendalian Persediaan Aktual Perusahaan	62
4.2.6	Total Biaya Persediaan	64

BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN	65
5.1 Analisa Peramalan	65
5.2 Analisa Pengendalian Persediaan	65
5.2.1 <i>Safety Stock</i> dan <i>Reorder Point</i>	65
5.2.2 Pengendalian Persediaan Deterministik Dinamis.....	66
5.3 Analisa Perbandingan Total Biaya Persediaan	68
BAB VI PENUTUP	74
6.1 Kesimpulan	74
6.2 Saran	75
DAFTAR PUSTAKA	76
LAMPIRAN.....	78

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	27
Gambar 4.1 <i>Bill of Material</i> Bata Ringan AAC 10cm.....	28
Gambar 4.2 Diagram Pola Permintaan Bata Ringan AAC 10cm	31
Gambar 5.1 Perbandingan Total Biaya Persediaan Pasir Silika	69
Gambar 5.2 Perbandingan Total Biaya Persediaan Gypsum	70
Gambar 5.3 Perbandingan Total Biaya Persediaan Kapur.....	71
Gambar 5.4 Perbandingan Total Biaya Persediaan Semen.....	71
Gambar 5.5 Perbandingan Total Biaya Persediaan Aluminium	72

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 1 Total Biaya Variabel WWA	16
Persamaan 2 Biaya Minimum WWA.....	17
Persamaan 3 <i>Lot Size</i> Optimal WWA	17
Persamaan 4 Rata-rata Total Biaya SMA	17
Persamaan 5 Periode Optimal SMA	18
Persamaan 6 <i>Lot Size</i> Optimal SMA.....	18
Persamaan 7 <i>Weighted Moving Average</i>	20
Persamaan 8 <i>Single Expoential Smoothing</i>	20
Persamaan 9 <i>Mean Absolute Deviation</i>	21
Persamaan 10 <i>Mean Square Error</i>	21
Persamaan 11 <i>Mean Forcast Error</i>	22
Persamaan 12 <i>Safety Stock</i>	22
Persamaan 13 <i>Reorder Point</i>	23

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Posisi Penelitian	6
Tabel 2.2 Ketentuan dari Keputusan Persediaan.....	14
Tabel 4.1 <i>Bill of Material</i> Bata Ringan AAC 10cm	28
Tabel 4.2 Data Riwayat Permintaan Bata Ringan AAC 10cm	29
Tabel 4.3 Data Biaya Pembelian Bahan Baku Bata Ringan AAC.....	30
Tabel 4.4 Data Biaya Pemesanan Bahan Baku Bata Ringan AAC.....	30
Tabel 4.5 Data Biaya Penyimpanan Bahan Baku Bata Ringan AAC.....	30
Tabel 4.6 Data Pemasok dan <i>Lead Time</i> Bahan Baku Bata Ringan AAC.....	31
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Akurasi Peramalan Bata Ringan AAC 10cm.....	33
Tabel 4.8 Hasil Peramalan Bata Ringan AAC 10cm (SES $\alpha = 0,9$).....	34
Tabel 4.9 Permintaan Bahan Baku Bata Ringan AAC 10cm.....	34
Tabel 4.10 <i>Safety Stock</i> dan <i>Reorder Point</i> Bahan Baku Bata Ringan AAC.....	36
Tabel 4.11 Permintaan Aluminium.....	36
Tabel 4.12 Rekapitulasi Total Biaya Variabel Aluminium.....	50
Tabel 4.13 Rekapitulasi Biaya Minimum Aluminium.....	55
Tabel 4.14 MRP Aluminium dengan <i>Wagner-Within Algorithm</i>	56
Tabel 4.15 Total Biaya Persediaan menggunakan <i>Wagner-Within Algorithm</i>	57
Tabel 4.16 Permintaan Aluminium.....	58
Tabel 4.17 Hasil Perhitungan <i>Lot Size</i> Aluminium menggunakan <i>Silver-Meal Algorithm</i>	60

Tabel 4.18 MRP Aluminium dengan <i>Silver-Meal Algorithm</i>	61
Tabel 4.19 Total Biaya Persediaan menggunakan <i>Silver-Meal Algorithm</i>	62
Tabel 4.20 MRP Aluminium dengan <i>Lot for Lot</i>	63
Tabel 4.21 Total Biaya Persediaan menggunakan <i>Lot for Lot</i>	64
Tabel 4.22 Perbandingan Total Biaya Persediaan.....	64

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Peramalan Permintaan Bata Ringan AAC 10cm

Lampiran 2 Perhitungan MAD, MSE, dan MFE

Lampiran 3 Perhitungan Permintaan Bahan Baku Bata Ringan AAC 10cm

Lampiran 4 Perhitungan *Safety Stock* dan *Reorder Point*

Lampiran 5 Total Biaya Variabel (Z_{ce}) bahan baku Bata Ringan AAC 10cm

Lampiran 6 Biaya Minimum (f_e) bahan baku Bata Ringan AAC 10cm

Lampiran 7 MRP (*Wagner-Within Algorithm*) bahan baku Bata Ringan AAC 10cm

Lampiran 8 Perhitungan *Lot Size (Silver-Meal Algorithm)* bahan baku Bata Ringan AAC 10cm

Lampiran 9 MRP (*Silver-Meal Algorithm*) bahan baku Bata Ringan AAC 10cm

Lampiran 10 MRP (*Lot for Lot*) bahan baku Bata Ringan AAC 10cm

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknologi pada sektor industri material konstruksi saat ini sedang mengalami kemajuan sehingga selalu dituntut untuk berinovasi menciptakan produk material yang sesuai dengan tren konstruksi saat ini. Salah satu inovasi dalam industri material konstruksi yang sudah banyak digunakan saat ini yaitu Bata Ringan AAC (*Autoclaved Aerated Concrete*). Bata Ringan AAC merupakan produk yang dibuat dengan melalui proses kimiawi. Material jenis ini terbuat dari campuran pasir silika, semen, kapur, gypsum, air, dan aluminium sebagai bahan pengembangnya. Bata Ringan AAC memiliki kelebihan dibandingkan dengan jenis batu bata lainnya yaitu ukuran Bata Ringan AAC jauh lebih presisi dan rapi, memudahkan dalam proses pemasangannya. Bata Ringan AAC juga sangat baik dalam menyerap panas, sehingga rumah akan terasa jauh lebih sejuk.

Bata Ringan AAC merupakan salah satu jenis batu bata yang mulai banyak digunakan di Indonesia. Hal ini dapat dilihat dari banyaknya perusahaan yang bergerak pada sektor industri material konstruksi sebagai produsen Bata Ringan AAC, salah satunya yaitu PT BSB (Bumi Sarana Beton). Apalagi perusahaan dituntut untuk memenuhi kebutuhan pasar, supaya pencapaian perusahaan dalam memproduksi dapat memperoleh keuntungan yang maksimal. PT BSB merupakan anak perusahaan dari Kalla Group yang bergerak dalam industri material konstruksi. PT BSB memiliki *plant* produksi Bata Ringan AAC di Kawasan Industri Makassar dengan area penyebaran produknya sudah menjangkau seluruh kabupaten dan kota di Sulawesi Selatan dan Barat serta Indonesia Timur seperti Palu, Kendari, dan Ambon.

Pada awal tahun 2020, di tengah-tengah perkembangan dan kemajuan teknologi pada sektor industri material konstruksi serta persaingannya yang semakin ketat, dunia sedang dilanda bencana berupa pandemi virus Covid-19 yang menyebabkan pertumbuhan ekonomi dan industri melambat. Pengaruh

pandemi ini juga dirasakan langsung oleh PT BSB sebagai produsen Bata Ringan AAC. Berdasarkan hasil wawancara, pihak PT BSB memberitahukan bahwa pandemi virus Covid-19 mengakibatkan permintaan dan kapasitas produksi Bata Ringan AAC mengalami penurunan, sedangkan biaya produksinya yang bersifat *fixed cost* seperti *direct labour* dan *factory overhead* sama dengan sebelum pandemi virus Covid-19. Oleh karena itu, perusahaan harus memiliki strategi yang baik untuk melakukan efisiensi di masa pandemi ini sehingga tetap mampu memperoleh keuntungan dan dapat bersaing dengan perusahaan lain. Salah satu strategi yang dapat diterapkan perusahaan adalah dengan pengendalian persediaan yang optimal. Persediaan bahan baku merupakan salah satu faktor produksi yang sangat penting karena menunjang kelancaran dan kesinambungan dalam proses produksi. Kelebihan maupun kekurangan persediaan bahan baku akan merugikan perusahaan, apalagi dalam masa pandemi saat ini.

Berdasarkan hasil observasi dan wawancara, diperoleh informasi bahwa PT BSB belum menerapkan metode perhitungan ilmiah tertentu dalam pengendalian persediaan bahan baku Bata Ringan AAC. Hal ini menyebabkan sering terjadinya kekurangan persediaan bahan baku pada saat dibutuhkan sehingga menghambat kelancaran proses produksi dan juga terkadang mengalami *overstock* sehingga perusahaan melakukan pemborosan. Berdasarkan data historis PT BSB, diperoleh juga data bahwa permintaan Bata Ringan AAC bersifat deterministik yang artinya jumlah permintaan diketahui secara pasti walaupun besarnya permintaan tidak sama dari waktu ke waktu atau bersifat dinamis.

Menurut permasalahan yang terjadi di PT BSB, penerapan model pengendalian persediaan deterministik dinamis dapat menjadi solusi. Model persediaan deterministik dinamis merupakan model yang digunakan jika permintaan barang diketahui secara pasti namun besarnya permintaan bervariasi antara satu periode dengan periode lainnya (Tersine, 1994). Model persediaan deterministik dinamis terdiri dari berbagai metode yang bertujuan untuk menentukan ukuran atau waktu pemesanan dengan mempertimbangkan

biaya pesan dan biaya simpan (Bushuev, Guiffrida, Jaber, & Khan, 2015). *Wagner-Within Algorithm* dan *Silver-Meal Algorithm* merupakan contoh variasi model deterministik dinamis. Menurut Basuki (2016) pada penelitiannya mengenai optimasi ukuran pemesanan *lot* yang ekonomis pada permintaan deterministik dinamis menggunakan *Wagner-Within Algorithm*, disimpulkan bahwa *Wagner-Within Algorithm* salah satu solusi optimal untuk memecahkan permasalahan persediaan bahan baku yang bersifat deterministik dinamis. Selain itu, menurut Erika (2019) pada penelitiannya mengenai perencanaan persediaan komponen pada perusahaan *original equipment manufacturer* menggunakan metode persediaan deterministik dinamis, disimpulkan bahwa metode pengendalian persediaan optimal yang dipilih yaitu metode *Least Unit Cost*, *Wagner-Within Algorithm*, dan *Silver-Meal Algorithm* karena memberikan biaya total persediaan yang paling rendah.

Berdasarkan penelitian terdahulu di atas, dapat disimpulkan bahwa metode *Wagner-Within Algorithm* dan *Silver-Meal Algorithm* dapat menjadi solusi optimal dalam melakukan pengendalian persediaan karena menggunakan program dinamis dan pendekatan matematis yang sangat detail. Maka penulis melakukan penelitian dengan judul **“Pengendalian Persediaan Deterministik Dinamis pada Bahan Baku Bata Ringan AAC (*Autoclaved Aerated Concrete*) Menggunakan *Wagner-Within Algorithm* dan *Silver-Meal Algorithm* (Studi Kasus: PT. Bumi Sarana Beton)”**

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang terkait dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana pengendalian persediaan deterministik dinamis bahan baku Bata Ringan AAC yang optimal?
2. Apa metode pengendalian persediaan yang optimal pada bahan baku Bata Ringan AAC?
3. Berapa total biaya persediaan yang efisien pada bahan baku Bata Ringan AAC?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Melakukan perencanaan pengendalian persediaan deterministik dinamis pada bahan baku Bata Ringan AAC.
2. Menganalisa metode pengendalian persediaan yang optimal pada bahan baku Bata Ringan AAC.
3. Menghitung total biaya persediaan yang efisien pada bahan baku Bata Ringan AAC.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Data permintaan bahan baku Bata Ringan AAC 10cm diketahui secara pasti mulai dari Juli 2018 sampai Juni 2020.
2. Objek yang diteliti hanya bahan baku dari jenis Bata Ringan AAC 10cm (Dimensi: 60cm×20cm×10cm).
3. Tidak ada diskon dalam pemesanan bahan baku Bata Ringan AAC.
4. Tidak ada *shortage cost* pada bahan baku Bata Ringan AAC.
5. Metode yang digunakan untuk pengendalian persediaan adalah *Wagner-Within Algorithm* dan *Silver-Meal Algorithm*.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat bagi berbagai pihak, diantaranya yaitu:

1. Pihak perusahaan
Memberikan masukan berupa solusi alternatif dalam penentuan metode pengendalian persediaan dengan efisiensi total biaya persediaan.
2. Pihak lain

Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai sumber referensi bagi pihak-pihak yang akan melakukan penelitian yang serupa ataupun dijadikan sebagai pembelajaran terkait materi yang ada pada penelitian ini.

3. Pihak penulis

Penelitian ini adalah hasil implementasi dari ilmu yang diperoleh di bangku perkuliahan. Sehingga ilmu-ilmu yang diperoleh tersebut dapat dikembangkan untuk memberikan solusi pada masalah yang timbul.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Persediaan

2.1.1 Definisi Persediaan

Menurut Handoko (2015), persediaan adalah segala sesuatu atau sumber daya-sumber daya organisasi yang disimpan dalam antisipasi terhadap pemenuhan permintaan.

Menurut Heizer dan Render (2015), persediaan adalah salah satu aset termahal dari banyak perusahaan, mewakili sebanyak 50% dari keseluruhan modal yang diinvestasikan. Manajer operasi diseluruh dunia telah menyadari bahwa manajemen persediaan sangatlah penting. Di satu sisi, sebuah perusahaan dapat mengurangi biaya dengan mengurangi persediaan. Di sisi lain, produksi dapat berhenti dan pelanggan menjadi tidak puas ketika sebuah barang tidak tersedia. Tujuan manajemen persediaan adalah menentukan keseimbangan antara investasi persediaan dengan pelayanan pelanggan.

Menurut Pide (2018), persediaan adalah suatu aktiva yang meliputi barang-barang milik perusahaan dengan maksud untuk dijual, dalam suatu periode, atau persediaan barang dalam proses atau persediaan bahan baku yang akan diproses. persediaan bahan baku dan pasokan, dibutuhkan untuk menyelenggarakan proses produksi dengan biaya minimum dan menurut jadwal yang ditentukan. Kebijakan persediaan dikembangkan untuk menentukan kapan pesanan kembali sediaan dilakukan dan berapa banyak harus dipesan dalam sekali pesanan, hal ini masih ditambah dengan masalah potongan harga dan kebutuhan untuk memastikan bahwa keterlambatan waktu pasokan akan mengganggu kebutuhan operasi.

Dari beberapa pengertian persediaan di atas, dapat disimpulkan bahwa persediaan adalah modal berupa bahan mentah, barang dalam

proses, dan barang jadi yang diadakan dan disimpan untuk digunakan oleh perusahaan dalam operasi bisnisnya.

2.1.2 Fungsi Persediaan

Terdapat empat macam fungsi dari persediaan, antara lain (Eunike, et al., 2018):

1. Persediaan dalam Transportasi

Persediaan ini bergantung kepada waktu yang digunakan untuk mengirim barang dari perusahaan ke lokasi lainnya. Persediaan ini juga disebut sebagai persediaan saluran (*pipeline inventory*). Perusahaan dapat mempengaruhi jumlah dari persediaan dalam transportasi dengan merubah desain sistem distribusi. Sebagai contoh pada persediaan di lokasi untuk transisi diantara pemasok bahan baku dan perusahaan yang dapat disederhanakan dengan cara merubah metode transportasi seperti dengan mengganti pengiriman menggunakan truk dengan pengiriman menggunakan kereta api, dengan memilih lokasi dari pemasok yang lebih dekat dengan perusahaan atau dengan tidak menanggung biaya pengiriman bahan baku dengan pemasok. Beberapa pilihan tersebut memungkinkan terjadinya peningkatan biaya untuk bahan baku maupun biaya untuk pengiriman. Analisisnya sebagai berikut ketika kita membeli bahan baku dari pemasok yang memiliki lokasi yang jauh dari perusahaan maka ada beberapa pilihan alat transportasi seperti pesawat terbang atau kereta api, keduanya akan memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Pesawat terbang jika dipandang memiliki biaya yang lebih mahal dan kapasitas pengiriman terbatas tetapi waktu pengiriman akan lebih cepat, sedangkan kereta api mungkin lebih murah dan kapasitas bisa banyak tetapi waktu pengiriman menjadi lebih lama. Begitulah *trade off* yang dihadapi oleh perusahaan yang penentuan atau pemilihannya harus dipertimbangkan dengan baik.

2. Persediaan Siklus

Persediaan ini akan muncul ketika permintaan kepada bagian produksi lebih banyak dari pada permintaan yang muncul dari pelanggan yang akan digunakan untuk memenuhi adanya skala ekonomi. Sebagai contoh, bagian pemasaran mungkin menjual delapan unit produk pada setiap transaksinya. Maka bagian pemasaran akan memesan untuk dibuat produk sebanyak 8 unit. Karena ada pertimbangan skala ekonomi dalam proses produksi yang dilakukan perusahaan tidak akan membuat 8 tetapi akan membuat sebanyak 10 unit. Hal ini akan mengakibatkan perusahaan yaitu biaya produksi yang muncul untuk setiap produk menjadi lebih kecil.

3. Persediaan Pengaman

Persediaan ini akan memberikan perlindungan kepada perusahaan ketika terjadi ketidakpastian permintaan dan pasokan bahan baku. Hal ini terjadi ketika permintaan lebih besar dari apa yang diramalkan oleh perusahaan atau ketika waktu untuk memesan bahan baku ulang lebih lama dari yang diestimasi. Persediaan pengaman akan menjamin bahwa permintaan pelanggan dapat dipenuhi dengan segera, dan apa yang tidak diinginkan oleh pelanggan yang tidak ingin menunggu ketika barang yang diinginkan tidak tersedia. Sebagai contoh, rata-rata permintaan pada pusat distribusi adalah 100 unit per minggu dengan waktu untuk memenuhi persediaan kembali adalah satu minggu dan permintaan yang masuk kepada perusahaan akan menjadi sebanyak 150 dalam rangka ketika pada saat pemesanan ulang barang jadi mengalami kendala di pusat distribusi masih memiliki persediaan sebanyak 50 unit.

4. Persediaan Antisipasi

Persediaan antisipasi dibutuhkan untuk produk yang memiliki pola data bersifat musiman dan pasokan yang seragam. Permintaan

AC, jaket, jas hujan, dan busana muslim merupakan contoh dari barang yang memiliki karakteristik pola data bersifat musiman. Persediaan antisipasi digunakan untuk mengantisipasi kondisi jumlah permintaan yang tinggi. Hal ini juga perlu adanya *trade off* yang dilakukan perusahaan.

2.1.3 Jenis-Jenis Persediaan

Sementara itu persediaan dapat dibedakan menurut jenis-jenisnya yaitu (Pide, 2018):

1. Bahan Baku (*Raw Material*)

Persediaan bahan baku yaitu persediaan barang-barang berupa komoditas dan komponen-komponen lainnya yang digunakan dalam proses produksi.

2. Komponen Rakitan (*Spare Parts*)

Persediaan komponen-komponen rakitan yaitu persediaan barang yang terdiri dari komponen-komponen yang diperoleh dari perusahaan lain, dimana secara langsung dapat dirakit menjadi satu produk.

3. Bahan Pembantu (*Indirect Material*)

Persediaan bahan pembantu yaitu persediaan bahan yang diperlukan dalam proses produksi tetapi tidak merupakan bagian komponen atau bahan baku dari barang jadi.

4. Bahan Setengah Jadi (*Work In Process*)

Persediaan bahan setengah jadi yaitu persediaan yang merupakan keluaran dari setiap bagian dalam proses produksi atau yang telah diolah menjadi suatu bentuk, tetapi masih memerlukan proses lebih lanjut untuk menjadi barang jadi.

5. Barang Jadi (*Finished Goods*)

Persediaan barang jadi yaitu persediaan barang yang telah selesai diproses dan siap untuk dijual kepada para pelanggan.

2.1.4 Biaya-biaya dalam Sistem Persediaan

Ada beberapa biaya dalam sistem persediaan, di antaranya adalah:

1. Biaya pembelian (*purchasing cost*), yaitu biaya yang digunakan untuk membeli barang. Jumlah barang yang dibeli dan harga satuan barang tersebut akan berpengaruh pada biaya pembelian. Dalam hal ini biaya pembelian lebih bersifat variabel karena tergantung pada jumlah barang yang dipesan. Sehingga biasa disebut unit *variabel cost* atau *purchasing cost* (Sofyan, 2013).
2. Biaya pengadaan barang (*procurement cost*), yaitu biaya pengadaan kebutuhan akan barang yang dibedakan atas dua jenis biaya sesuai dengan asal barang, yaitu (Sofyan, 2013):
 - a. Biaya pemesanan (*ordering cost*), bila barang yang dibutuhkan didapatkan dari pihak pemasok (*supplier*).
 - b. Biaya pembuatan (*setup cost*), yaitu keseluruhan pengeluaran yang timbul dalam mempersiapkan produksi suatu barang. Biaya ini timbul di dalam perusahaan yang meliputi biaya penyusunan peralatan produksi, menyetel mesin, penyusunan barang di gudang, dan sebagainya.
3. Biaya penyimpanan (*holding cost*), yaitu semua pengeluaran yang timbul akibat penyimpanan barang. Biaya penyimpanan tersendiri atas biaya-biaya yang bervariasi secara langsung dengan kuantitas persediaan. Biaya penyimpanan per periode akan semakin besar apabila kuantitas barang yang dipesan semakin banyak atau rata-rata persediaan semakin tinggi. Pengelolaan penyimpanan akan berhubungan dengan biaya yang dikeluarkan untuk jumlah barang, lama penyimpanan, dan nilai dari barang yang disimpan. Dengan modal yang dialokasikan ke persediaan, perusahaan melakukan pengorbanan pada kesempatan untuk melakukan investasi pada bidang yang lain seperti mesin baru, gedung baru, pengembangan produk baru, dan lain sebagainya. Oleh karena itu, biaya modal, yang ditunjukkan sebagai suku bunga akan dijadikan acuan dalam

investasi dalam persediaan. Biaya modal mungkin berdasar pada suku bunga yang ditetapkan oleh bank. Biaya modal hanya salah satu dari biaya untuk persediaan, biaya yang lain seperti pajak, asuransi, biaya karena produk kadaluarsa, biaya operasi saat penyimpanan, biaya sewa gudang, fasilitas gudang, tenaga kerja, dan lain sebagainya. Sebagai contoh adalah jika modal yang dikeluarkan diasumsikan 15%, dan biaya untuk fasilitas, pajak, peralatan, tenaga kerja dalam penyimpanan diasumsikan 20%. Maka dapat kita ketahui biaya untuk penyimpanan adalah 35% dari harga produk (Eunike, et al., 2018).

4. Biaya kekurangan persediaan (*shortage cost/backorder cost*), yaitu biaya yang timbul apabila ada permintaan terhadap barang yang kebetulan tidak tersedia di gudang (*stock out*). Dalam hal ini proses produksi akan terganggu dan menimbulkan kerugian karena perusahaan kehilangan kesempatan untuk mendapatkan keuntungan atau kehilangan pelanggan karena konsumen akan beralih pada para pesaing (Sofyan, 2013).

2.1.5 Model Persediaan

Berdasarkan sifat permintaan barang secara umum, model persediaan dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu (Taha, 2007):

1. Model deterministik, adalah sistem persediaan yang parameter dan seluruh variabel telah diketahui secara pasti. Model ini dibagi menjadi dua karakteristik:

- a. Deterministik Statis

Pada model ini permintaan diketahui secara pasti atau total permintaan unit pada setiap periode waktu adalah diketahui konstan serta laju permintaan adalah sama untuk setiap periode.

- b. Deterministik Dinamis

Pada model ini permintaan untuk setiap periode diketahui dan konstan, tetapi laju permintaan dapat bervariasi dari satu periode ke periode lainnya.

2. Model probabilistik, adalah sebuah model pengendalian persediaan yang memiliki parameter persediaan bersifat variatif. Model ini dibagi menjadi dua karakteristik:

a. Probabilistik Statis

Pada model ini variabel permintaan bersifat random dan distribusi probabilistik dipengaruhi oleh waktu setiap periode.

b. Probabilistik Dinamis

Model ini mirip dengan probabilistik statis dengan pengecualian bahwa distribusi probabilitas permintaan dapat bervariasi dari satu periode ke periode lainnya.

2.1.6 Permasalahan dalam Persediaan

Beberapa permasalahan yang berkaitan dengan persediaan adalah sebagai berikut (Eunike, et al., 2018):

1. Keputusan Jumlah Persediaan

Secara mendasar hanya dua keputusan yang dibutuhkan dalam pegolahan permintaan *independent* adalah berapa banyak jumlah pemesanan dan kapan kita melakukan pemesanan. Dua keputusan ini dapat dibuat secara periodik dengan menggunakan salah satu dari empat faktor pengendali persediaan seperti **Tabel 2.2**. Keputusan terkait kebijakan pemesanan juga mewadahi kondisi jumlah pesanan tetap dan variabel (berubah-ubah). Sebagai contoh, pada kondisi umum penggunaan titik pemesanan menggunakan aturan Q, R pemesanan dilakukan ketika jumlah persediaan telah mencapai jumlah minimum persediaan untuk melakukan pemesanan kembali (*reorder point*), selain itu aturan S, T pada table 2.1 juga menyebutkan bahwa pemesanan dilakukan pada setiap T periode sehingga jumlah persediaan sama dengan tingkat yang diharapkan.

Tabel 2.2 Ketentuan dari Keputusan Persediaan

Frekuensi Pemesanan	Jumlah Pesanan	
	Tetap (Q)	Variabel (S)
Variabel	Q,R	S,R
Tetap	Q,T	S,T

(Sumber: Eunike, et al., 2018)

Keterangan:

Q = Melakukan pemesanan dengan jumlah tetap

S = Melakukan pemesanan sampai jumlah sama dengan tingkat persediaan yang diharapkan

R = Melakukan pemesanan ketika keseimbangan persediaan menurun

T = Melakukan pemesanan untuk setiap T periode

2. Penentuan Sistem Kinerja Persediaan

Kunci dari pengelolaan persediaan adalah penentuan standar kinerja dari sistem pengendalian persediaan. Kita sudah menjelaskan seberapa besar investasi pada persediaan. Ukuran investasi yang digunakan dapat ditetapkan sebagai salah satu tolak ukur dalam pengukuran kinerja persediaan. Selain itu beberapa parameter yang digunakan untuk mengukur kinerja dari persediaan perusahaan adalah dengan menggunakan pergantian barang/aliran barang di persediaan. Hal ini berhubungan dengan tingkat penjualan dari produk perusahaan. Sebagai contoh adalah sejumlah produk yang memiliki hasil penjualan sebesar Rp1.000.000,- dan rata-rata investasi pada persediaan untuk produk ini adalah Rp50.000,- maka dapat diketahui bahwa pergantian persediaan sebanyak 20 kali. Hal ini mengidentifikasikan bahwa persediaan akan mengalir dengan pergantian produk di gudang sebanyak 20 kali. Pergantian atau perputaran barang di gudang sering digunakan oleh masing-masing perusahaan. Perputaran yang tinggi dapat diartikan sebagai pengembalian yang tinggi pada investasi yang dilakukan di persediaan barang. Hal ini juga mengidentifikasikan bahwa kinerja dari penjualan yang tinggi. Tetapi semua itu tidak serta-merta mencerminkan keuntungan dari adanya persediaan.

Perusahaan juga menggunakan layanan pelanggan dalam menilai kinerja dari sistem persediaan mereka. Salah satu parameter yang umum digunakan adalah tingkat pemenuhan yang dari produk

yang diminta oleh pelanggan. Sebagai contoh tingkat pemenuhan adalah 95% maka artinya adalah hanya 5% dari total permintaan pelanggan yang tidak dapat dipenuhi oleh perusahaan. 95% yang dipenuhi mendapat penilaian baik oleh pelanggan. Beberapa perusahaan menggunakan analisis ketidakpuasan pelanggan untuk melakukan perbaikan berkelanjutan dari layanan pelanggan. Diantara alternatif tersebut maka dapat kita ketahui parameter utama dari kinerja persediaan perusahaan adalah ketidaktersediaan barang yang diminta pelanggan dalam waktu produk tersedia.

3. Ketepatan Waktu Penerapan Sistem Persediaan

Prosedur informasi mungkin sedikit efektif dalam mengelola persediaan pada persediaan skala kecil. Tetapi ketika permintaan produk meningkat dan variasi produk juga bertambah maka dibutuhkan suatu metode yang lebih terstruktur untuk menangani persediaan. Kebijakan persediaan antara satu perusahaan dengan perusahaan memungkinkan berbeda yang dikarenakan kondisi dari masing-masing perusahaan yang berbeda. Sebagai contoh penggunaan sistem computer dalam persediaan, jika ketepatan dalam persediaan akan membantu mempermudah dalam pelacakan dan meningkatkan keakurasiannya.

2.2 Model Pengendalian Persediaan Deterministik Dinamis

2.2.1 *Wagner-Within Algorithm* (WWA)

Metode ini merupakan metode dengan total biaya yang paling minimum karena menggunakan program dinamis dan pendekatan matematisnya sangat detail sehingga diperoleh biaya minimum. Menghitung ongkos variabel matrik untuk semua alternatif pesanan pada horizon waktu N periode (Z_{ce}) (Eunike, et al., 2018). Terdapat tiga langkah pengerjaan untuk WWA menurut Tersine (1994):

1. Menghitung jumlah biaya variabel untuk setiap kemungkinan alternatif pemesanan pada jangka waktu tertentu dengan N periode,

yang termasuk dalam total biaya variabel adalah biaya pesan dan biaya penyimpanan dengan rumus sebagai berikut:

$$Z_{ce} = C + hP \sum_{i=c}^e (Q_{ce} - Q_{ci}) \text{ untuk } 1 \leq c \leq e \leq N \quad (1)$$

Dimana:

C = Biaya pesan setiap satu kali pesan

h = Fraksi biaya penyimpanan setiap periode

P = Biaya per unit produk atau material

$$Q_{ce} = \sum_{k=c}^e R_k$$

R_k = Tingkat permintaan pada periode k

2. Mendefinisikan bahwa nilai f_e untuk menjadi biaya paling minimum yang dapat diperoleh pada periode pertama melalui e dengan kondisi bahwa jumlah persediaan pada akhir periode e adalah nol. Sehingga, algoritma ini akan mulai dengan $f_0 = 0$ dan akan menghitung nilai f_n dengan dari f_0 . Sedangkan nilai f_e akan dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$f_e = \text{Min} (Z_{ce} + f_{c-1}) \text{ untuk } c = 1, 2, \dots, e \quad (2)$$

3. Mencari solusi optimal f_N dengan algoritma untuk menghitung jumlah yang akan dipesan melalui rumus sebagai berikut:

$$f_N = Z_{WN} + f_{W-1} \quad (3)$$

2.2.2 Silver-Meal Algorithm (SMA)

Metode ini dikembangkan oleh Edward Silver dan Harlan Meal untuk menentukan *lot sizing* heuristik bersifat dinamis berdasarkan kondisi *least periodic cost* sehingga dapat menentukan rata-rata total biaya persediaan per periode sehingga memberikan biaya dengan optimal pada setiap pembelian ulang material. Perhitungan untuk metode SMA dilakukan sebagai berikut (Eunike, et al., 2018):

$$\begin{aligned} \frac{TRC(T)}{T} &= \frac{C + \text{total holding cost to the end of period } T}{T} \\ &= \frac{C + Ph \sum_{k=1}^T (k-1) R_k}{T} \end{aligned} \quad (4)$$

Dimana:

C = Biaya pesan setiap satu kali pesan

h = Fraksi biaya penyimpanan setiap periode

P = Biaya per unit produk atau material

P_h = Biaya penyimpanan perperiode

$TRC(T)$ = Total biaya yang relevan selama periode T

T = Waktu pasokan dari pemesanan ulang bahan baku setiap periode

R_k = Tingkat permintaan pada periode k

Tujuan dari metode ini untuk memilih nilai T yang dapat digunakan untuk meminimasi total biaya yang relevan setiap periode. Dengan rumus sebagai berikut ini:

$$\frac{TRC(T+1)}{T+1} > \frac{TRC(T)}{T} \quad (5)$$

Sedangkan nilai jumlah pemesanan yang harus dipesan dirumuskan sebagai berikut:

$$Q = \sum_{k=1}^T R_k \quad (6)$$

2.3 Peramalan

2.3.1 Definisi Peramalan

Menurut Pide (2018), peramalan adalah merupakan seni atau ilmu untuk memperkirakan kejadian dimasa yang akan datang. Peramalan memerlukan data historis dan memproyeksikannya ke masa depan dengan beberapa bentuk model matematika. Peramalan dapat berupa ramalan tentang perubahan permintaan, perkembangan teknologi, ataupun perkembangan dunia usaha yang dapat mempengaruhi perencanaan produk. Untuk dapat mengetahui kesempatan yang ada serta apa yang sebaiknya diperbuat oleh perusahaan pada masa yang akan datang, maka perlu memperkirakan permintaan serta kebutuhan akan perusahaan dimasa yang akan datang.

Menurut Sofyan (2015), tujuan utama peramalan adalah untuk meramalkan permintaan di masa yang akan datang, sehingga diperoleh suatu perkiraan yang mendekati keadaan yang sebenarnya. Adapaun menurut Eunike dkk (2018), tujuan dari peramalan adalah menggunakan

informasi terbaik yang tersedia saat ini sebagai panduan aktivitas di waktu ke depan untuk mencapai tujuan dari organisasi.

2.3.2 Teknik-teknik Peramalan

1. Metode Kualitatif

Metode peramalan kualitatif adalah metode yang dalam memperoleh data yang diperlukan lebih didasarkan pada data yang didasarkan pada penggunaan intuitif ataupun subjektif. Sehingga, seringkali data peramalan menggunakan metode kualitatif ini tidak dapat digunakan pada metode kuantitatif yang data yang diperlukan berdasarkan pada data historis.

2. Metode Kuantitatif

Dalam metode peramalan kuantitatif, data yang digunakan adalah data historis yang kemudian dianalisa secara statistik setelah melihat dan menentukan pola atau rumusan yang sesuai agar dapat meramalkan kondisi pada masa mendatang dengan nilai kesalahan yang kecil. Terdapat dua jenis peramalan yang utama, yaitu:

a. *Causal*

Metode peramalan kausal sendiri mengembangkan suatu model sebab-akibat (*causal relationship*) diantara variabel yang akan diramalkan (permintaan) dan satu atau lebih variabel lain yang berpengaruh terhadapnya. Contohnya permintaan terhadap handphone mungkin berhubungan dengan banyaknya populasi masyarakat, lingkungan atau budaya, jenis kelamin, pekerjaan.

b. *Time Series*

Time series merupakan suatu seri pengamatan suatu variabel dalam bentuk interval waktu diskrit (Eunike, et al., 2018). Waktu pengamatan terdiri dari periode sebelum hingga periode saat ini. Dengan mempelajari perubahan permintaan terhadap waktu, maka hubungan antara permintaan dan waktu dapat diformulasikan untuk selanjutnya digunakan memprediksi

permintaan di periode selanjutnya. Berikut ini beberapa metode *time series* yang dapat digunakan, yaitu (Eunike, et al., 2018):

1) *Weighted Moving Average*

Moving average menghasilkan peramalan untuk periode berikutnya dengan merata-rata permintaan actual sejumlah n periode terakhir. Pada *moving average* biasa memberi bobot yang sama pada sejumlah n periode data yang digunakan. Pada beberapa kondisi peramalan, data terbaru memiliki bobot yang lebih besar maka sejumlah n periode yang dirata-ratakan memiliki bobot yang berbeda. *Weighted moving average* memberikan bobot yang berbeda-beda pada n periode yang digunakan, umumnya data periode terbaru memiliki bobot yang lebih besar. *Weighted moving average* dapat digambarkan secara matematis sebagai berikut:

$$F_t = W_{t-1}A_{t-1} + W_{t-2}A_{t-2} + \dots + W_{t-n}A_{t-n} \quad (7)$$

$$\sum_{t=1}^n W_{t-i} = 1$$

Dimana:

F_t = Peramalan untuk periode t

W_{t-i} = Bobot masing-masing periode untuk n periode terbaru

A_{t-i} = Permintaan aktual periode n terbaru

2) *Single Exponential Smoothing*

Exponential smoothing (penghalusan eksponensial) merupakan metode peramalan rata-rata bergerak dengan pembobotan di mana titik-titik data dibobotkan oleh fungsi eksponensial. *Single Exponential Smoothing* dapat digambarkan secara matematis sebagai berikut:

$$F_t = \alpha A_{t-1} + (1 - \alpha) F_{t-1} \quad (8)$$

Dimana:

F_t = Peramalan untuk periode t

F_{t-1} = Peramalan untuk periode $t - 1$

α = Konstanta penghalusan ($0 \leq \alpha \leq 1$)

A_{t-1} = Permintaan aktual periode $t - 1$

2.3.3 Ukuran Akurasi Hasil Peramalan

Ukuran akurasi hasil peramalan merupakan ukuran kesalahan peramalan mengenai tingkat perbedaan antara hasil peramalan dengan permintaan yang sebenarnya. Ada beberapa pengukuran yang biasa digunakan, yaitu (Nasution, 2003):

1. *Mean Absolute Deviation* (MAD)

MAD (*Mean Absolute Deviation*), yang mengukur besarnya rata-rata kesalahan peramalan MAD merupakan rata-rata kesalahan mutlak selama periode tertentu tanpa memperhatikan apakah hasil peramalan lebih besar atau lebih kecil dibandingkan kenyataannya.

$$\text{MAD} = \sum \left| \frac{A_t - F_t}{n} \right| \quad (9)$$

Dimana:

A_t = Permintaan aktual pada perioda t

F_t = Peramalan permintaan pada perioda t

n = Jumlah periode peramalan yang terlibat

2. *Mean Square Error* (MSE)

MSE (*Mean Square Error*), yang dapat dihitung dengan menjumlahkan kuadrat semua kesalahan peramalan pada setiap periode dan membaginya dengan jumlah periode peramalan. Pendekatan ini penting karena teknik ini menghasilkan kesalahan yang moderat lebih disukai oleh suatu peramalan yang menghasilkan kesalahan yang sangat besar.

$$\text{MSE} = \sum \frac{(A_t - F_t)^2}{n} \quad (10)$$

Dimana:

A_t = Permintaan aktual pada perioda t

F_t = Peramalan permintaan pada perioda t

n = Jumlah periode peramalan yang terlibat

3. *Mean Forecast Error* (MFE)

MFE (*Mean Forecast Error*), yang digunakan sangat efektif untuk mengetahui apakah suatu hasil peramalan selama periode tertentu terlalu tinggi atau terlalu rendah. Bila hasil peramalan tidak bias, maka nilai MFE akan mendekati nol. MFE dihitung dengan menjumlahkan semua kesalahan peramalan selama periode peramalan dan membaginya dengan jumlah periode peramalan. Secara matematis, MFE dinyatakan sebagai berikut:

$$\text{MFE} = \sum \frac{(A_t - F_t)}{n} \quad (11)$$

Dimana:

A_t = Permintaan aktual pada perioda t

F_t = Peramalan permintaan pada perioda t

n = Jumlah periode peramalan yang terlibat

2.4 *Safety Stock*

Safety stock merupakan persediaan pengaman yang digunakan untuk mengantisipasi kekurangan persediaan pada saat *lead time* (waktu tunggu) pemesanan (Eunike, et al., 2018). *Safety stock* mempunyai dua efek yaitu meningkatkan biaya simpan dan menurunkan biaya *stockout*. Oleh karena itu, penentuan jumlah *safety stock* harus diperhitungkan dengan cermat. Apabila permintaan selama *lead time* lebih besar dari *safety stock*, maka akan terjadi *shortage* atau *stockout*, sehingga permintaan produk tidak bisa dipenuhi dari persediaan yang dimiliki dan perusahaan menanggung biaya *shortage*. Sebaliknya, bila *safety stock* berlebihan, maka persediaan menumpuk dan menyebabkan biaya simpan naik.

Stok pengaman akan bergantung pada beberapa hal berikut antara lain variabilitas permintaan selama waktu menunggu, frekuensi pemesanan, *service level* yang digunakan, dan lama *lead time*. Stok pengaman (*safety stock*) dapat dihitung dengan menggunakan formula berikut (Siswanto, 2007):

$$SS = Z \times \sigma \times \sqrt{L} \quad (12)$$

Dimana:

$SS = \text{Safety stock}$

$Z = \text{Service factor}$

$\sigma = \text{Standar deviasi}$

$L = \text{Lead time}$

2.5 Reorder Point

Reorder point adalah banyaknya barang tersisa dimana kita harus melakukan pemesanan kembali (Pujawan & ER, 2010). *Reorder point* menjawab pertanyaan kapan mulai mengadakan pemesanan. *Reorder point* terjadi apabila jumlah persediaan yang terdapat di dalam stok berkurang terus. Dengan demikian kita harus menentukan berapa banyak batas minimal tingkat persediaan yang harus dipertimbangkan sehingga tidak terjadi kekurangan persediaan. Jumlah yang diharapkan tersebut dihitung selama *lead time*. Mungkin dapat juga ditambahkan dengan *safety stock* yang biasanya mengacu kepada probabilitas atau kemungkinan terjadinya kekurangan stok selama *lead time*.

Reorder point atau biasa disebut dengan titik pemesanan kembali termasuk permintaan yang diinginkan atau dibutuhkan selama *lead time*, misalnya suatu tambahan/ekstra stok. Rumus umum *reorder point* untuk tingkat permintaan variabel dan *lead time* yang konstan yaitu (Rangkuti, 2007):

$$ROP = (d \times L) + SS \quad (13)$$

Dimana:

$ROP = \text{Reorder point}$

$SS = \text{Safety stock}$

$d = \text{Rata-rata permintaan harian}$

$L = \text{Lead time}$

2.6 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu dapat disajikan sebagai pertimbangan dan acuan dalam penelitian ini. Penulis mengambil beberapa contoh dari penelitian yang terkait sebelumnya, penelitian yang berhubungan dengan pengendalian

persediaan bahan baku Bata Ringan AAC dan pengendalian persediaan Deterministik Dinamis. Ada tiga penelitian terdahulu yang dipelajari sebagai acuan yaitu penelitian dari Basuki (2016), Hidayat (2017), dan Erika (2019). **Tabel 2.1** memberikan gambaran secara umum tentang posisi penelitian ini dan penelitian terdahulu, sebagai berikut:

Tabel 2.1 Posisi Penelitian

No	Peneliti	Judul	Metode	Hasil
1	Hidayat (2017)	Analisis Pengendalian Persediaan Bahan Baku dengan Menggunakan Metode EOQ (<i>Economic Order Quantity</i>) pada PT. Bumi Sarana Beton (<i>Kalla Block</i>) di Kota Makassar	<i>Economic Order Quantity</i>	Metode EOQ (<i>Economic Order Quantity</i>) maka dapat menghemat total biaya persediaan untuk bahan baku Gypsum dan Kapur sebesar Rp. 115.551.747.
2	Penelitian ini (2020)	Pengendalian Persediaan Deterministik Dinamis Pada Bahan Baku Bata Ringan AAC (<i>Autoclaved Aerated Concrete</i>) Menggunakan <i>Wagner-Within Algorithm</i> Dan <i>Silver-Meal Algorithm</i>	<i>Wagner-Within Algorithm</i> dan <i>Silver-Meal Algorithm</i>	Penelitian ini bertujuan untuk melakukan perencanaan pengendalian persediaan deterministik dinamis pada bahan baku Bata Ringan AAC

Berdasarkan **Tabel 2.1** di atas, telah ada penelitian terdahulu tentang pengendalian persediaan bahan baku (Gypsum dan Kapur) Bata Ringan AAC di PT Bumi Sarana Beton dengan menggunakan metode EOQ (*Economic Order Quantity*). Hal tersebutlah yang membuat peneliti ingin mencoba dengan pendekatan lain, yaitu dengan menggunakan model pengendalian persediaan deterministik dinamis menggunakan metode *Wagner-Within Algorithm* dan *Silver-Meal Algorithm*. Pada penelitian terdahulu lainnya seperti telah berhasil menggunakan model pengendalian persediaan deterministik dinamis sehingga dapat mengurangi dan menghemat total biaya persediaan. Seperti menurut Basuki (2016) pada penelitiannya mengenai optimasi ukuran pemesanan *lot* yang ekonomis pada permintaan deterministik dinamis menggunakan *Wagner-Within Algorithm*, disimpulkan bahwa *Wagner-Within Algorithm* salah satu solusi optimal untuk memecahkan permasalahan persediaan bahan baku yang

bersifat deterministik dinamis. Selain itu, menurut Erika (2019) pada penelitiannya mengenai perencanaan persediaan komponen pada perusahaan *original equipment manufacturer* menggunakan metode persediaan deterministik dinamis, disimpulkan bahwa metode pengendalian persediaan optimal yang dipilih yaitu metode *Least Unit Cost*, *Wagner-Within Algorithm*, dan *Silver-Meal Algorithm* karena memberikan biaya total persediaan yang paling rendah.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT. Bumi Sarana Beton, Wisma Kalla Lantai 10 Jl. Dr. Ratulangi No. 8, Mariso, Makassar dan Pabrik *Kalla Block* Jl. Kima XVII No. 17, Tamalanrea, Makassar. Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 5 Mei – 20 Juli 2020.

3.2 Metode Pengumpulan Data

Adapun beberapa metode pengumpulan data yang dilakukan, diantaranya yaitu:

1. Studi Pustaka

Studi pustaka (*library research*) merupakan suatu metode yang dilakukan untuk mendapatkan pengetahuan dan landasan teoretis dalam menganalisis data dan permasalahan melalui karya tulis dan sumber-sumber lainnya sebagai bahan pertimbangan dalam penulisan penelitian.

2. Observasi

Observasi adalah suatu studi yang dilakukan untuk melihat dan memahami gejala-gejala yang terjadi di lapangan yang dapat membantu dalam mencapai tujuan penelitian dan selanjutnya dilakukan pencatatan.

3. Wawancara

Wawancara merupakan suatu teknik pengumpulan data yang secara langsung diperoleh dari pihak narasumber, yaitu dengan mengadakan tanya jawab mengenai hal-hal yang berkaitan dengan permasalahan yang akan dibahas.

3.3 Sumber Data

Adapun jenis data yang diperlukan pada penelitian ini, yaitu:

1. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh dari pengamatan langsung yaitu dengan cara observasi dan wawancara. Informasi ini berguna untuk

mengetahui permasalahan apa yang dihadapi dan kebijakan apa yang diterapkan oleh perusahaan.

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari data historis perusahaan berupa data tentang produk (struktur dan permintaan Bata Ringan AAC) serta data biaya-biaya (biaya pemesanan, biaya penyimpanan, dan biaya beli bahan baku). Data penelitian ini berguna untuk menganalisis persediaan dan mengetahui perencanaan persediaan yang optimal.

3.4 Prosedur Penelitian

Tahapan-tahapan yang dilakukan pada penelitian ini dapat diurutkan sebagai berikut:

1. Tahap Pendahuluan

Mengidentifikasi permasalahan yang dijadikan sebagai topik penelitian dengan melakukan *survey* pendahuluan terhadap objek yang diteliti, yaitu meliputi kondisi Pabrik PT. Bumi Sarana Beton, proses produksi, dan beberapa informasi yang dapat mendukung penelitian yang dilakukan, serta melakukan studi pustaka sebagai teori pendukung untuk menentukan metode pemecahan masalah dan tujuan penelitian.

2. Tahap Pengambilan Data

Pengumpulan data merupakan kegiatan yang dilakukan untuk mengumpulkan data sekunder yang diperlukan dalam penelitian dengan observasi, wawancara, ataupun data-data yang telah tersedia di tempat penelitian. Data yang dikumpulkan meliputi:

- *Bill of Material* Bahan Baku Bata Ringan AAC 10cm
- Data Historis Permintaan Bata Ringan AAC 10cm
- Biaya Pembelian Bahan Baku Bata Ringan AAC
- Biaya Pemesanan Bahan Baku Bata Ringan AAC
- Biaya Penyimpanan Bahan Baku Bata Ringan AAC
- *Lead Time* Bahan Baku Bata Ringan AAC

3. Tahap Pengolahan Data

Langkah-langkah dalam melakukan pengolahan dibagi dalam beberapa tahapan meliputi:

- Peramalan Permintaan Produk
- Perhitungan *Safety Stock* dan *Reorder Point*
- Perhitungan *Wagner-Within Algorithm*
- Perhitungan *Silver-Meal Algorithm*
- Perhitungan Metode Pengendalian Persediaan Aktual Perusahaan
- Perhitungan Total Biaya Persediaan

4. Tahap Analisa dan Pembahasan

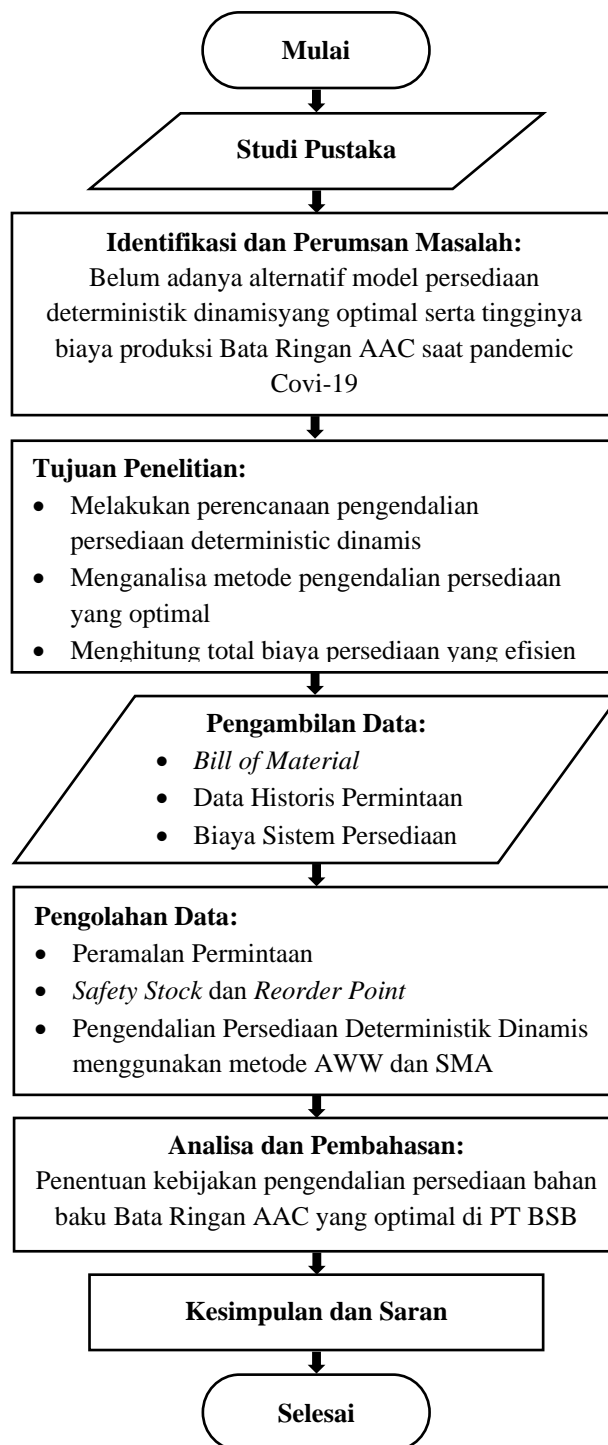
Analisa dan pembahasan dilakukan berdasarkan data awal dan hasil pengolahan data yang telah diperoleh. Pada tahap ini dilakukan analisa dan pembahasan tentang metode pengendalian persediaan yang paling efektif dan efisien untuk diterapkan di Pabrik PT. Bumi Sarana Beton.

5. Tahap Akhir

Pada tahap ini dilakukan penarikan kesimpulan berdasarkan tahap pengolahan data dan tahap analisa dan pembahasan yang dapat menggambarkan secara umum dari penelitian yang dilakukan. Selain itu, tahap ini juga memberikan solusi kepada PT. Bumi Sarana Beton tentang hasil penelitian yang dilakukan.

3.5 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian merupakan salah satu cara bagi penulis untuk melakukan penelitian secara baik dan sistematis. Berikut merupakan alur penelitian yang dijabarkan dalam bentuk *flowchart* pada gambar 3.1.1



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

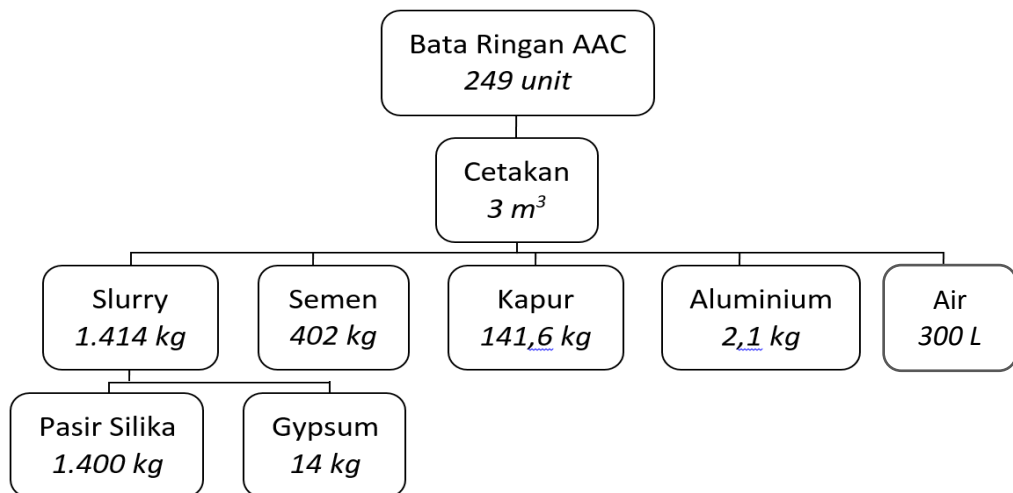
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

PT. Bumi Sarana Beton memproduksi 5 jenis Bata Ringan AAC berdasarkan ukuran ketebalannya yaitu Bata Ringan AAC 7,5cm, Bata Ringan AAC 10cm, Bata Ringan AAC 12,5cm, Bata Ringan AAC 15cm dan Bata Ringan AAC 20cm. Pada penelitian ini, yang menjadi objek penelitian adalah Bata Ringan AAC dengan ketebalan 10cm. Berikut merupakan data-data yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu data historis permintaan, data biaya persediaan dan data *lead time*. Data-data diperoleh bersumber dari wawancara, observasi, dan data historis di PT Bumi Sarana Beton. Adapun data yang diperlukan yaitu data historis jumlah permintaan Bata Ringan AAC 10cm setiap bulan pada tahun 2018 dan 2020, *bill of material* Bata Ringan AAC 10cm, data *lead time* bahan baku Bata Ringan AAC, dan biaya-biaya dalam sistem persediaan bahan baku Bata Ringan AAC.

4.1.1 *Bill of Materials* Bata Ringan AAC 10cm

Bahan baku Bata Ringan AAC yang menjadi objek penilitan terdiri dari 5 jenis, yaitu Pasir Silika, Gypsum, Kapur, Semen, dan Aluminium. Berikut ini merupakan *bill of material* dari Bata Ringan AAC 10cm.



Gambar 4.1 *Bill of Material* Bata Ringan AAC 10cm

Tabel 4.1 Bill of Material Bata Ringan AAC 10cm

No	Bahan Baku	Level	Kuantitas
1.	Bata Ringan AAC	0	249 unit
2.	Cetakan	1	3 m ³
3.	Air	2	300 liter
4.	Aluminium	2	2,1 kg
5.	Kapur	2	141,6 kg
6.	Semen	2	402 kg
7.	Slurry	2	1.414 kg
8.	Gypsum	3	14 kg
9.	Pasir Silika	3	1.400 kg

(Sumber: PT Bumi Sarana Beton)

4.1.2 Data Historis Permintaan Bata Ringan AAC

Berikut ini merupakan data historis permintaan Bata Ringan AAC 10cm di PT Bumi Sarana Beton periode Juli 2018 sampai dengan periode Juni 2020.

Tabel 4.2 Data Historis Permintaan Bata Ringan AAC 10cm

No	Periode	Permintaan	
		Unit (pcs)	Volume (m ³)
1.	Juli 2018	195.722	2.358,10
2.	Agustus 2018	427.678	5.152,75
3.	September 2018	398.940	4.806,50
4.	Oktober 2018	460.559	5.548,90
5.	November 2018	491.651	5.923,50
6.	Desember 2018	478.429	5.764,20
7.	Januari 2019	375.907	4.529,00
8.	Februari 2019	324.323	3.907,50
9.	Maret 2019	319.112	3.844,73
10.	April 2019	468.950	5.650,00
11.	Mei 2019	413.722	4.984,60
12.	Juni 2019	290.625	3.501,50
13.	Juli 2019	223.685	2.695,00
14.	Agustus 2019	531.989	6.409,50
15.	September 2019	426.371	5.137,00
16.	Oktober 2019	423.591	5.103,50
17.	November 2019	519.082	6.254,00
18.	Desember 2019	311.831	3.757,00
19.	Januari 2020	323.742	3.900,50
20.	Februari 2020	302.660	3.646,50
21.	Maret 2020	272.323	3.281,00
22.	April 2020	313.906	3.782,00
23.	Mei 2020	211.194	2.544,50
24.	Juni 2020	201.690	2.430,00

(Sumber: Data Historis PT Bumi Sarana Beton)

4.1.3 Data Biaya Sistem Persediaan

Biaya sistem persediaan secara umum dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu biaya pembelian, biaya pemesanan, dan biaya penyimpanan.

Berikut ini merupakan rincian biaya sistem persediaan pada bahan baku Bata Ringan AAC di PT Bumi Sarana Beton.

1. Biaya Pembelian

Biaya pembelian merupakan harga beli dari setiap bahan baku Bata Ringan AAC. Berikut ini merupakan rincian biaya pembelian pada bahan baku Bata Ringan AAC.

Tabel 4.3 Data Biaya Pembelian Bahan Baku Bata Ringan AAC

No	Bahan Baku	Satuan	Biaya Pembelian (Rp/kg)
1.	Pasir Silika	Kg	245,21
2.	Gypsum	Kg	850,00
3.	Kapur	Kg	1.200,05
4.	Semen	Kg	865,45
5.	Aluminium	Kg	31.500,00

(Sumber: PT Bumi Sarana Beton)

2. Biaya Pemesanan

Biaya pemesanan merupakan biaya yang dikeluarkan untuk melakukan pengadaan bahan baku Bata Ringan AAC. Berikut ini merupakan rincian biaya pemesanan pada bahan baku Bata Ringan AAC.

Tabel 4.4 Data Biaya Pemesanan Bahan Baku Bata Ringan AAC

No	Bahan Baku	Biaya Pemesanan (Rp)
1.	Pasir Silika	485.781.980,95
2.	Gypsum	9.907.500,00
3.	Kapur	12.513.500,00
4.	Semen	57.758.913,41
5.	Aluminium	8.880.192,91

(Sumber: PT Bumi Sarana Beton & Pemasok)

3. Biaya Penyimpanan

Biaya penyimpanan pada penelitian ini hanya berasal dari biaya modal yang berdasar pada suku bunga yang ditetapkan oleh Bank Indonesia. Berdasarkan PIPU (Pusat Informasi Pasar Uang) Bank Indonesia, bahwa suku bunga tahunan (12 bulan) sebesar 9%. Berikut ini merupakan rincian biaya penyimpanan pada bahan baku Bata Ringan AAC.

Tabel 4.5 Data Biaya Penyimpanan Bahan Baku Bata Ringan AAC

No	Bahan Baku	Biaya Pembelian (Rp)	Suku Bunga (%)	Biaya Modal (Rp/Kg/Tahun)
1.	Pasir Silika	245,21	9	22,07
2.	Gypsum	850,00	9	76,50

Lanjutan Tabel 4.5 Data Biaya Penyimpanan Bahan Baku Bata Ringan AAC

3.	Kapur	1.200,05	9	108,00
4.	Semen	865,45	9	77,89
5.	Aluminium	31.500,00	9	2.835,00
Biaya Simpan (Rp/Kg/Tahun)				3.119,46
Biaya Simpan (Rp/Kg/Bulan)				259,96

(Sumber: PT Bumi Sarana Beton & Pusat Informasi Pasar Uang Bank Indonesia)

4.1.4 Data Pemasok dan *Lead Time*

Berikut ini merupakan data pemasok dan *lead time* bahan baku Bata Ringan AAC di PT Bumi Sarana Beton.

Tabel 4.6 Data Pemasok dan *Lead Time* Bahan Baku Bata Ringan AAC

No	Bahan Baku	Pemasok	Lokasi	<i>Lead Time</i> (Hari)
1.	Pasir Silika	PT. Rajawali Trans Logistik	Palangkaraya	14
2.	Gypsum	PT. Setia Karya Tangerang	Tangerang	5
3.	Kapur	CV. Timbul Persada	Tuban	5
4.	Semen	PT. Padi Mas	Pangkep	1
5.	Aluminium	PT. Neochen Indonesia	Jakarta	5

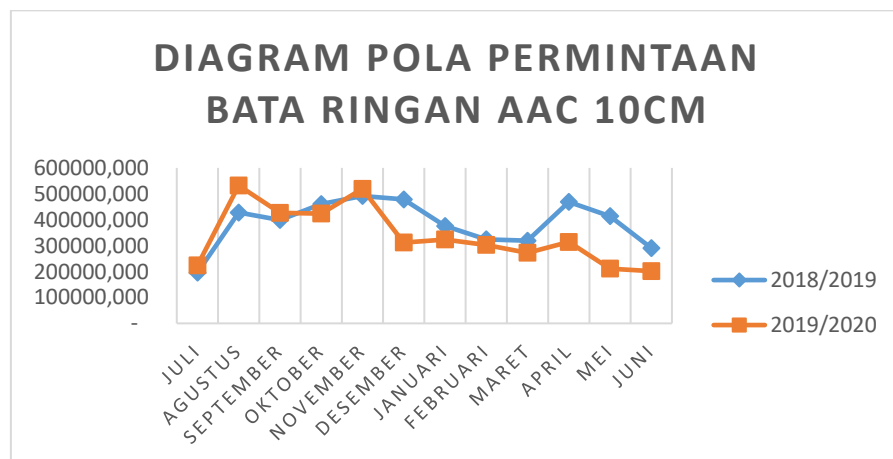
(Sumber: PT Bumi Sarana Beton)

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Peramalan

1. Pola Data Historis Permintaan

Berikut ini merupakan diagram pola permintaan Bata Ringan AAC 10cm di PT Bumi Sarana Beton periode Juli 2018 sampai dengan periode Juni 2020.



Gambar 4.2 Diagram Pola Permintaan Bata Ringan AAC 10cm

Berdasarkan **Gambar 4.2**, dapat diketahui bahwa jenis pola permintaan Bata Ringan AAC 10cm periode Juli 2018 - Juni 2020 adalah Variasi Acak. Oleh karena itu, metode peramalan yang digunakan yaitu *Weighted Moving Average* dan *Single Exponential Smoothing* karena relevan dengan jenis pola data Variasi Acak sehingga pengukuran akurasi peramalannya lebih kecil dibandingkan metode peramalan yang lainnya.

2. Metode Peramalan

Berdasarkan data historis permintaan Bata Ringan AAC 10cm periode Juli 2018 - Juni 2020, terlihat bahwa terjadi fluktuasi permintaan bahan baku setiap bulan, sehingga dalam penelitian ini menggunakan dua metode peramalan, yaitu *Weighted Moving Average* dan *Single Exponential Smoothing*.

Peramalan permintaan Bata Ringan AAC 10cm melalui metode *Weighted Moving Average* dapat diselesaikan dengan **Persamaan 7**, yaitu sebagai berikut:

$$F_t = W_{t-1}A_{t-1} + W_{t-2}A_{t-2} + \dots + W_{t-n}A_{t-n}$$

Sedangkan, Peramalan permintaan Bata Ringan AAC 10cm melalui metode *Single Exponential Smoothing* dapat diselesaikan dengan **Persamaan 8**, yaitu sebagai berikut:

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

Hasil peramalan dengan kedua metode peramalan di atas dapat dilihat pada **Lampiran 1**.

3. Ukuran Akurasi Peramalan

Dalam pemilihan metode peramalan terbaik dari kedua metode peramalan yaitu *Weighted Moving Average* dan *Single Exponential Smoothing*, maka dilakukan pengukuran akurasi peramalan dengan menghitung kesalahan antara permintaan aktual (A_t) dengan hasil peramalannya (F_t) menggunakan MAD (*Mean Absolute Deviation*), MSE (*Mean Square Error*), dan MFE (*Mean Forecasting Error*).

MAD dapat diselesaikan dengan **Persamaan 9**, yaitu sebagai berikut:

$$MAD = \sum \left| \frac{A_t - F_t}{n} \right|$$

Kalau, MSE dapat diselesaikan dengan **Persamaan 10**, yaitu sebagai berikut:

$$MSE = \sum \frac{(A_t - F_t)^2}{n}$$

Sedangkan, MFE dapat diselesaikan dengan **Persamaan 11**, yaitu sebagai berikut:

$$MFE = \sum \frac{(A_t - F_t)}{n}$$

Perhitungan MAD, MSE, dan MFE dapat dilihat pada **Lampiran 2**.

Dari hasil pengukuran kesalahan peramalan tersebut, dipilih nilai kesalahan (MFE, MAD, dan MSE) terkecil dari semua metode peramalan yang telah dilakukan untuk kemudian dijadikan sebagai permintaan Bata Ringan AAC 10cm pada 12 periode selanjutnya. Berikut ini merupakan hasil pengukuran akurasi peramalan permintaan Bata Ringan AAC 10cm.

Tabel 4.7 Hasil Pengukuran Akurasi Peramalan Bata Ringan AAC 10cm

No	Metode Peramalan	MFE	MAD	MSE
1.	<i>Weighted Moving Average</i> (3 bulan)	-7.924,94	44.915,28	3.191.867.317,14
2.	<i>Weighted Moving Average</i> (5 bulan)	-16.502,50	59.349,80	4.298.818.007,34
3.	<i>Single Exponential Smoothing</i> ($\alpha = 0,5$)	-10.003,37	41.533,36	2.804.557.205,16
4.	<i>Single Exponential Smoothing</i> ($\alpha = 0,9$)	-923,23	8.142,00	136.364.105,23

Dari **Tabel 4.7**, dapat dilihat bahwa metode peramalan yang terpilih yaitu *Single Exponential Smoothing* dengan $\alpha = 0,9$ karena memberikan nilai hasil pengukuran akurasi yang lebih kecil dibandingkan metode *Weighted Moving Average*.

4. Hasil Peramalan

Berikut ini merupakan hasil peramalan Bata Ringan AAC 10cm untuk periode Juli 2020 sampai dengan periode Juni 2021 dengan

menggunakan metode peramalan *Single Exponential Smoothing* ($\alpha = 0,9$).

Tabel 4.8 Hasil Peramalan Bata Ringan AAC 10cm (SES $\alpha = 0,9$)

No	Periode	Permintaan (pcs)
1.	Juli 2020	231.650
2.	Agustus 2020	501.955
3.	September 2020	433.929
4.	Oktober 2020	424.624
5.	November 2020	509.636
6.	Desember 2020	331.611
7.	Januari 2021	324.529
8.	Februari 2021	304.846
9.	Maret 2021	275.575
10.	April 2021	310.073
11.	Mei 2021	221.081
12.	Juni 2021	203.629
Total		4.073.140

Hasil peramalan pada **Tabel 4.8** kemudian dikonversi menjadi permintaan dari setiap bahan baku Bata Ringan AAC 10cm, dengan cara permintaan Bata Ringan AAC 10cm dibagi dengan kuantitas Bata Ringan AAC 10cm berdasarkan *bill of material* kemudian dikalikan dengan kuantitas bahan baku berdasarkan *bill of material*. Perhitungan konversi dapat dilihat pada **Lampiran 3**.

Berikut ini merupakan permintaan setiap bahan baku Bata Ringan AAC 10cm dari periode Juli 2020 – Juni 2021 yang telah dikonversi berdasarkan *bill of material* Bata Ringan AAC 10cm.

Tabel 4.9 Permintaan Bahan Baku Bata Ringan AAC 10cm

Periode	Permintaan (kg)				
	Pasir Silika	Gypsum	Kapur	Semen	Aluminium
Juli 2020	1.302.451,38	13.024,51	131.733,65	373.989,61	1.953,68
Agustus 2020	2.822.235,14	28.222,35	285.448,93	810.384,66	4.233,35
September 2020	2.439.764,51	24.397,64	246.764,65	700.560,67	3.659,65
Oktober 2020	2.387.446,35	23.874,46	241.473,15	685.538,17	3.581,17
November 2020	2.865.425,64	28.654,25	289.817,23	822.786,22	4.298,14
Desember 2020	1.864.482,46	18.644,82	188.579,08	535.372,82	2.796,72
Januari 2021	1.824.658,25	18.246,58	184.551,15	523.937,58	2.736,99
Februari 2021	1.713.996,82	17.139,96	173.358,43	492.161,66	2.570,99
Maret 2021	1.549.420,58	15.494,20	156.712,72	444.904,77	2.324,13
April 2021	1.743.382,96	17.433,82	176.330,63	500.599,68	2.615,07
Mei 2021	1.243.028,20	12.430,28	125.723,42	356.926,67	1.864,54
Juni 2021	1.144.903,82	11.449,03	115.798,74	328.750,67	1.717,35
Total	22.901.190,11	229.011,90	2.316.291,80	6.575.913,16	34.351,79
Standar Deviasi	592.259,93	19.084,33	59.902,76	170.062,92	888,39
Rata-rata	1.908.433,51	5.922,59	193.024,32	547.992,76	2.862,65

4.2.2 Safety Stock dan Reorder Point

Perhitungan *safety stock* (SS) dilakukan untuk menghindari terjadinya *stock out* apabila bahan baku mengalami keterlambatan pengiriman dari pemasok. Berikut ini merupakan penentuan *safety stock* (SS), dimana nilai *safety stock* (SS) dihasilkan dari *safety factor* (Z) yang dikalikan dengan standar deviasi (σ) permintaan dan akar *lead time* (L). Untuk bahan baku Aluminium, telah diketahui bahwa:

- *Lead time* (L) Aluminium selama 5 hari = 0,17 bulan.
- *Service level* Aluminium sebesar 95%, maka nilai *safety factor* (Z) Aluminium adalah 1,64.
- Standar deviasi (σ) permintaan Aluminium sebesar 888,39 kg.

Maka *safety stock* (SS) dari bahan baku Aluminium yaitu:

$$SS = Z \times \sigma \times \sqrt{L}$$

$$SS = 1,64 \times 888,39 \times \sqrt{0,17}$$

$$SS = 596,56 \text{ kg}$$

Perhitungan nilai *reorder point* (ROP) dilakukan karena saat melakukan pemesanan, bahan baku tidak dapat langsung tersedia di perusahaan. Perusahaan perlu menunggu selama *lead time* (L) hingga pesanan sampai di perusahaan. Berikut ini merupakan penentuan *reorder point* (ROP) yang dipengaruhi oleh jumlah *safety stock* (SS), rata-rata permintaan (D_r), dan *lead time* (L) pemesanan bahan baku. Untuk bahan baku Aluminium, telah diketahui bahwa:

- *Safety stock* (SS) Aluminium sebesar 596,56 kg.
- Rata-rata permintaan (D_r) Aluminium sebesar 2.862,65 kg.
- *Lead time* (L) Aluminium selama 5 hari = 0,17 bulan.

Maka *reorder point* (ROP) dari bahan baku Aluminium yaitu:

$$ROP = (D_r \times L) + SS$$

$$ROP = (2.862,65 \times 0,17) + 596,56$$

$$ROP = 1.073,67 \text{ kg}$$

Dari kedua perhitungan di atas, maka dapat diketahui bahwa bahan baku Aluminium memiliki *safety stock* sebesar 596,56 kg dan *reorder point* sebesar 1.073,67 kg. Untuk perhitungan *safety stock* dan *reorder point* pada bahan baku lainnya dapat dilihat pada **Lampiran 4**.

Berikut ini merupakan hasil perhitungan *safety stock* dan *reorder point* untuk untuk semua bahan baku Bata Ringan AAC 10cm.

Tabel 4.10 Safety Stock dan Reorder Point Bahan Baku Bata Ringan AAC 10cm

No	Bahan Baku	Safety Stock (kg)	Reorder Point (kg)
1.	Pasir Silika	665.491,12	1.556.092,96
2.	Gypsum	3.977,07	7.157,79
3.	Kapur	40.225,22	72.395,94
4.	Semen	51.071,22	69.337,65
5.	Aluminium	596,56	1.073,67

4.2.3 Wagner-Within Algorithm

Berdasarkan hasil peramalan dan biaya sistem persediaan yang telah diketahui, maka *lot sizing* bahan baku Bata Ringan AAC 10cm dengan menggunakan *Wagner-Within Algorithm* dapat diselesaikan dengan tiga langkah, yaitu menghitung total biaya variabel (Z_{ce}), menghitung biaya minimum (f_e), dan menentukan *lot size* optimal. Berikut ini merupakan langkah-langkah perhitungan *lot sizing* dengan *Wagner-Within Algorithm*.

1. Langkah I: Menghitung Total Biaya Variabel (Z_{ce})

Perhitungan total biaya variabel (Z_{ce}) menggunakan **Persamaan 1**, yaitu sebagai berikut:

$$Z_{ce} = C + hP \sum_{i=c}^e (Q_{ce} - Q_{ci}) \text{ untuk } 1 \leq c \leq e \leq N$$

Untuk bahan baku Aluminium, telah diketahui bahwa:

- Biaya pemesanan Aluminium sebesar Rp8.880.192,91/sekali pesan.
- Biaya penyimpanan bahan baku Bata Ringan AAC sebesar Rp259,96/kg/bulan.
- Permintaan Aluminium dari periode Juli 2020 sampai dengan periode Juni 2021, yaitu:

Tabel 4.11 Permintaan Aluminium

No	Periode	Permintaan (kg)
1.	Juli 2020	1.953,68
2.	Agustus 2020	4.233,35

Lanjutan Tabel 4.11 Permintaan Aluminium

3.	September 2020	3.659,65
4.	Oktober 2020	3.581,17
5.	November 2020	4.298,14
6.	Desember 2020	2.796,72
7.	Januari 2021	2.736,99
8.	Februari 2021	2.570,99
9.	Maret 2021	2.324,13
10.	April 2021	2.615,07
11.	Mei 2021	1.864,54
12.	Juni 2021	1.717,35
Total		34.351,79

Maka perhitungan Total Biaya Variabel (Z_{cc}) untuk bahan baku Aluminium yaitu sebagai berikut:

Periode 1:

$$Z_{1\ 1} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (1.953,68 - 1.953,68)$$

$$Z_{1\ 1} = 8.880.192,91$$

$$Z_{1\ 2} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (6.187,03 - 1.953,68) + (6.187,03 - 6.187,03)$$

$$Z_{1\ 2} = 9.980.695,28$$

$$Z_{1\ 3} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (9.846,68 - 1.953,68) + (9.846,68 - 6.187,03) + (9.846,68 - 9.846,68)$$

$$Z_{1\ 3} = 11.883.418,05$$

$$Z_{1\ 4} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (13.427,84 - 1.953,68) + (13.427,84 - 6.187,03) + (13.427,84 - 9.846,68) + (13.427,84 - 13.427,84)$$

$$Z_{1\ 4} = 14.676.300,54$$

$$Z_{1\ 5} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (17.725,98 - 1.953,68) + (17.725,98 - 6.187,03) + (17.725,98 - 9.846,68) + (17.725,98 - 13.427,84) + (17.725,98 - 17.725,98)$$

$$Z_{1\ 5} = 19.145.675,27$$

$$Z_{1\ 6} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (20.522,71 - 1.953,68) + (20.522,71 - 6.187,03) + (20.522,71 - 9.846,68) +$$

$$(20.522,71 - 13.427,84) + (20.522,71 - 17.725,98) + \\ (20.522,71 - 20.522,71)$$

$$Z_{16} = 22.780.856,73$$

$$Z_{17} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (23.259,69 - 1.953,68) + \\ (23.259,69 - 6.187,03) + (23.259,69 - 9.846,68) + \\ (23.259,69 - 13.427,84) + (23.259,69 - 17.725,98) + \\ (23.259,69 - 20.522,71) + (23.259,69 - 23.259,69)$$

$$Z_{17} = 27.049.900,15$$

$$Z_{18} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (25.830,69 - 1.953,68) + \\ (25.830,69 - 6.187,03) + (25.830,69 - 9.846,68) + \\ (25.830,69 - 13.427,84) + (25.830,69 - 17.725,98) + \\ (25.830,69 - 20.522,71) + (25.830,69 - 23.259,69) + \\ (25.830,69 - 25.830,69)$$

$$Z_{18} = 31.728.388,87$$

$$Z_{19} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (28.154,82 - 1.953,68) + \\ (28.154,82 - 6.187,03) + (28.154,82 - 9.846,68) + \\ (28.154,82 - 13.427,84) + (28.154,82 - 17.725,98) + \\ (28.154,82 - 20.522,71) + (28.154,82 - 23.259,69) + \\ (28.154,82 - 25.830,69) + (28.154,82 - 28.154,82)$$

$$Z_{19} = 36.561.834,25$$

$$Z_{110} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (30.769,89 - 1.953,68) + \\ (30.769,89 - 6.187,03) + (30.769,89 - 9.846,68) + \\ (30.769,89 - 13.427,84) + (30.769,89 - 17.725,98) + \\ (30.769,89 - 20.522,71) + (30.769,89 - 23.259,69) + \\ (30.769,89 - 25.830,69) + (30.769,89 - 28.154,82) + \\ (30.769,89 - 30.769,89)$$

$$Z_{110} = 42.680.163,49$$

$$\begin{aligned}
Z_{111} = & 8.880.192,91 + 259,96 \times (32.634,43 - 1.953,68) + \\
& (32.634,43 - 6.187,03) + (32.634,43 - 9.846,68) + \\
& (32.634,43 - 13.427,84) + (32.634,43 - 17.725,98) + \\
& (32.634,43 - 20.522,71) + (32.634,43 - 23.259,69) + \\
& (32.634,43 - 25.830,69) + (32.634,43 - 28.154,82) + \\
& (32.634,43 - 30.769,89) + (32.634,43 - 32.634,43)
\end{aligned}$$

$$Z_{111} = 47.527.227,64$$

$$\begin{aligned}
Z_{112} = & 8.880.192,91 + 259,96 \times (34.351,79 - 1.953,68) + \\
& (34.351,79 - 6.187,03) + (34.351,79 - 9.846,68) + \\
& (34.351,79 - 13.427,84) + (34.351,79 - 17.725,98) + \\
& (34.351,79 - 20.522,71) + (34.351,79 - 23.259,69) + \\
& (34.351,79 - 25.830,69) + (34.351,79 - 28.154,82) + \\
& (34.351,79 - 30.769,89) + (34.351,79 - 32.634,43) + \\
& (34.351,79 - 34.351,79)
\end{aligned}$$

$$Z_{112} = 52.438.105,10$$

Periode 2:

$$Z_{22} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (4.233,35 - 4.233,35)$$

$$Z_{22} = 8.880.192,91$$

$$\begin{aligned}
Z_{23} = & 8.880.192,91 + 259,96 \times (7.893,00 - 4.233,35) + \\
& (7.893,00 - 7.893,00)
\end{aligned}$$

$$Z_{23} = 9.831.554,29$$

$$\begin{aligned}
Z_{24} = & 8.880.192,91 + 259,96 \times (11.474,17 - 4.233,35) + \\
& (11.474,17 - 7.893,00) + (11.474,17 - 11.474,17)
\end{aligned}$$

$$Z_{24} = 11.693.475,96$$

$$\begin{aligned}
Z_{25} = & 8.880.192,91 + 259,96 \times (15.722,30 - 4.233,35) + \\
& (15.722,30 - 7.893,00) + (15.722,30 - 11.474,17) + \\
& (15.722,30 - 15.722,30)
\end{aligned}$$

$$Z_{25} = 15.045.507,00$$

$$Z_{26} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (18.569,03 - 4.233,35) + \\ (18.569,03 - 7.893,00) + (18.569,03 - 11.474,17) + \\ (18.569,03 - 15.722,30) + (18.569,03 - 18.569,03)$$

$$Z_{26} = 17.953.652,17$$

$$Z_{27} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (21.306,02 - 4.233,35) + \\ (21.306,02 - 7.893,00) + (21.306,02 - 11.474,17) + \\ (21.306,02 - 15.722,30) + (21.306,02 - 18.569,03) + \\ (21.306,02 - 21.306,02)$$

$$Z_{27} = 21.511.188,35$$

$$Z_{28} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (23.877,01 - 4.233,35) + \\ (23.877,01 - 7.893,00) + (23.877,01 - 11.474,17) + \\ (23.877,01 - 15.722,30) + (23.877,01 - 18.569,03) + \\ (23.877,01 - 21.306,02) + (23.877,01 - 23.877,01)$$

$$Z_{28} = 25.521.321,54$$

$$Z_{29} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (26.201,12 - 4.233,35) + \\ (26.201,12 - 7.893,00) + (26.201,12 - 11.474,17) + \\ (26.201,12 - 15.722,30) + (26.201,12 - 18.569,03) + \\ (26.201,12 - 21.306,02) + (26.201,12 - 23.877,01) + \\ (26.201,12 - 26.201,12)$$

$$Z_{29} = 29.750.586,25$$

$$Z_{210} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (28.816,21 - 4.233,35) + \\ (28.816,21 - 7.893,00) + (28.816,21 - 11.474,17) + \\ (28.816,21 - 15.722,30) + (28.816,21 - 18.569,03) + \\ (28.816,21 - 21.306,02) + (28.816,21 - 23.877,01) + \\ (28.816,21 - 26.201,12) + (28.816,21 - 28.816,21)$$

$$Z_{210} = 35.189.101,13$$

$$Z_{211} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (30.680,75 - 4.233,35) + \\ (30.680,75 - 7.893,00) + (30.680,75 - 11.474,17) +$$

$$\begin{aligned}
& (30.680,75 - 15.722,30) + (30.680,75 - 18.569,03) + \\
& (30.680,75 - 21.306,02) + (30.680,75 - 23.877,01) + \\
& (30.680,75 - 26.201,12) + (30.680,75 - 28.816,21) + \\
& (30.680,75 - 30.680,75)
\end{aligned}$$

$$Z_{2\ 11} = 39.551.458,87$$

$$\begin{aligned}
Z_{2\ 12} = & 8.880.192,91 + 259,96 \times (32.398,11 - 4.233,35) + \\
& (32.398,11 - 7.893,00) + (32.398,11 - 11.474,17) + \\
& (32.398,11 - 15.722,30) + (32.398,11 - 18.569,03) + \\
& (32.398,11 - 21.306,02) + (32.398,11 - 23.877,01) + \\
& (32.398,11 - 26.201,12) + (32.398,11 - 28.816,21) + \\
& (32.398,11 - 30.680,75) + (32.398,11 - 32.398,11)
\end{aligned}$$

$$Z_{2\ 12} = 44.015.892,92$$

Periode 3:

$$Z_{3\ 3} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (3.659,65 - 3.659,65)$$

$$Z_{3\ 3} = 8.880.192,91$$

$$\begin{aligned}
Z_{3\ 4} = & 8.880.192,91 + 259,96 \times (7.240,81 - 3.659,65) + \\
& (7.240,81 - 7.240,81)
\end{aligned}$$

$$Z_{3\ 4} = 9.811.153,74$$

$$\begin{aligned}
Z_{3\ 5} = & 8.880.192,91 + 259,96 \times (11.538,95 - 3.659,65) + \\
& (11.538,95 - 7.240,81) + (11.538,95 - 11.538,95)
\end{aligned}$$

$$Z_{3\ 5} = 12.045.841,10$$

$$\begin{aligned}
Z_{3\ 6} = & 8.880.192,91 + 259,96 \times (14.335,68 - 3.659,65) + \\
& (14.335,68 - 7.240,81) + (14.335,68 - 11.538,95) + \\
& (14.335,68 - 14.335,68)
\end{aligned}$$

$$Z_{3\ 6} = 14.226.949,98$$

$$\begin{aligned}
Z_{3\ 7} = & 8.880.192,91 + 259,96 \times (17.072,66 - 3.659,65) + \\
& (17.072,66 - 7.240,81) + (17.072,66 - 11.538,95) + \\
& (17.072,66 - 14.335,68) + (17.072,66 - 17.072,66)
\end{aligned}$$

$$Z_{3\ 7} = 17.072.978,93$$

$$Z_{3\ 8} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (19.643,66 - 3.659,65) + \\ (19.643,66 - 7.240,81) + (19.643,66 - 11.538,95) + \\ (19.643,66 - 14.335,68) + (19.643,66 - 17.072,66) + \\ (19.643,66 - 19.643,66)$$

$$Z_{3\ 8} = 20.414.756,59$$

$$Z_{3\ 9} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (21.967,79 - 3.659,65) + \\ (21.967,79 - 7.240,81) + (21.967,79 - 11.538,95) + \\ (21.967,79 - 14.335,68) + (21.967,79 - 17.072,66) + \\ (21.967,79 - 19.643,66) + (21.967,79 - 21.967,79)$$

$$Z_{3\ 9} = 24.039.840,62$$

$$Z_{3\ 10} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (24.582,86 - 3.659,65) + \\ (24.582,86 - 7.240,81) + (24.582,86 - 11.538,95) + \\ (24.582,86 - 14.335,68) + (24.582,86 - 17.072,66) + \\ (24.582,86 - 19.643,66) + (24.582,86 - 21.967,79) + \\ (24.582,86 - 24.582,86)$$

$$Z_{3\ 10} = 28.798.541,14$$

$$Z_{3\ 11} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (26.447,40 - 3.659,65) + \\ (26.447,40 - 7.240,81) + (26.447,40 - 11.538,95) + \\ (26.447,40 - 14.335,68) + (26.447,40 - 17.072,66) + \\ (26.447,40 - 19.643,66) + (26.447,40 - 21.967,79) + \\ (26.447,40 - 24.582,86) + (26.447,40 - 26.447,40)$$

$$Z_{3\ 11} = 32.676.192,46$$

$$Z_{3\ 12} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (28.164,76 - 3.659,65) + \\ (28.164,76 - 7.240,81) + (28.164,76 - 11.538,95) + \\ (28.164,76 - 14.335,68) + (28.164,76 - 17.072,66) + \\ (28.164,76 - 19.643,66) + (28.164,76 - 21.967,79) +$$

$$(28.164,76 - 24.582,86) + (28.164,76 - 26.447,40) + \\ (28.164,76 - 28.164,76)$$

$$Z_{3\ 12} = 36.694.183,11$$

Periode 4:

$$Z_{4\ 4} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (3.581,17 - 3.581,17)$$

$$Z_{4\ 4} = 8.880.192,91$$

$$Z_{4\ 5} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (7.879,31 - 3.581,17) + \\ (7.879,31 - 7.879,31)$$

$$Z_{4\ 5} = 9.997.536,59$$

$$Z_{4\ 6} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (10.676,03 - 3.581,17) + \\ (10.676,03 - 7.879,31) + (10.676,03 - 10.676,03)$$

$$Z_{4\ 6} = 11.451.609,18$$

$$Z_{4\ 7} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (13.413,02 - 3.581,17) + \\ (13.413,02 - 7.879,31) + (13.413,02 - 10.676,03) + \\ (13.413,02 - 13.413,02)$$

$$Z_{4\ 7} = 13.586.130,89$$

$$Z_{4\ 8} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (15.984,01 - 3.581,17) + \\ (15.984,01 - 7.879,31) + (15.984,01 - 10.676,03) + \\ (15.984,01 - 13.413,02) + (15.984,01 - 15.984,01)$$

$$Z_{4\ 8} = 16.259.553,01$$

$$Z_{4\ 9} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (18.308,14 - 3.581,17) + \\ (18.308,14 - 7.879,31) + (18.308,14 - 10.676,03) + \\ (18.308,14 - 13.413,02) + (18.308,14 - 15.984,01) + \\ (18.308,14 - 18.308,14)$$

$$Z_{4\ 9} = 19.280.456,37$$

$$Z_{4\ 10} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (20.923,21 - 3.581,17) + \\ (20.923,21 - 7.879,31) + (20.923,21 - 10.676,03) +$$

$$(20.923,21 - 13.413,02) + (20.923,21 - 15.984,01) +$$

$$(20.923,21 - 18.308,14) + (20.923,21 - 20.923,21)$$

$$Z_{4\ 10} = 23.359.342,54$$

$$Z_{4\ 11} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (22.787,76 - 3.581,17) +$$

$$(22.787,76 - 7.879,31) + (22.787,76 - 10.676,03) +$$

$$(22.787,76 - 13.413,02) + (22.787,76 - 15.984,01) +$$

$$(22.787,76 - 18.308,14) + (22.787,76 - 20.923,21) +$$

$$(22.787,76 - 22.787,76)$$

$$Z_{4\ 11} = 26.752.287,44$$

$$Z_{4\ 12} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (24.505,11 - 3.581,17) +$$

$$(24.505,11 - 7.879,31) + (24.505,11 - 10.676,03) +$$

$$(24.505,11 - 13.413,02) + (24.505,11 - 15.984,01) +$$

$$(24.505,11 - 18.308,14) + (24.505,11 - 20.923,21) +$$

$$(24.505,11 - 22.787,76) + (24.505,11 - 24.505,11)$$

$$Z_{4\ 12} = 30.323.834,68$$

Periode 5:

$$Z_{5\ 5} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (4.298,14 - 4.298,14)$$

$$Z_{5\ 5} = 8.880.192,91$$

$$Z_{5\ 6} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (7.094,86 - 4.298,14) +$$

$$(7.094,86 - 7.094,86)$$

$$Z_{5\ 6} = 9.607.229,20$$

$$Z_{5\ 7} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (9.831,85 - 4.298,14) +$$

$$(9.831,85 - 7.094,86) + (9.831,85 - 9.831,85)$$

$$Z_{5\ 7} = 11.030.243,67$$

$$Z_{5\ 8} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (12.402,84 - 4.298,14) +$$

$$(12.402,84 - 7.094,86) + (12.402,84 - 9.831,85) +$$

$$(12.402,84 - 12.402,84)$$

$$Z_{5\ 8} = 13.035.310,27$$

$$Z_{5,9} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (14.726,97 - 4.298,14) +$$

$$(14.726,97 - 7.094,86) + (14.726,97 - 9.831,85) +$$

$$(14.726,97 - 12.402,84) + (14.726,97 - 14.726,97)$$

$$Z_{5,9} = 15.452.032,96$$

$$Z_{5,10} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (17.342,04 - 4.298,14) +$$

$$(17.342,04 - 7.094,86) + (17.342,04 - 9.831,85) +$$

$$(17.342,04 - 12.402,84) + (17.342,04 - 14.726,97) +$$

$$(17.342,04 - 17.342,04)$$

$$Z_{5,10} = 18.851.104,76$$

$$Z_{5,11} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (19.206,59 - 4.298,14) +$$

$$(19.206,59 - 7.094,86) + (19.206,59 - 9.831,85) +$$

$$(19.206,59 - 12.402,84) + (19.206,59 - 14.726,97) +$$

$$(19.206,59 - 17.342,04) + (19.206,59 - 19.206,59)$$

$$Z_{5,11} = 21.759.343,25$$

$$Z_{5,12} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (-4.298,14) +$$

$$(20.293,94 - 7.094,86) + (20.293,94 - 9.831,85) +$$

$$(20.293,94 - 12.402,84) + (20.293,94 - 14.726,97) +$$

$$(20.293,94 - 17.342,04) + (20.293,94 - 19.206,59) +$$

$$(20.293,94 - 20.293,94)$$

$$Z_{5,12} = 24.884.447,09$$

Periode 6:

$$Z_{6,6} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (2.796,72 - 2.796,72)$$

$$Z_{6,6} = 8.880.192,91$$

$$Z_{6,7} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (5.533,71 - 2.796,72) +$$

$$(5.533,71 - 5.533,71)$$

$$Z_{6,7} = 9.591.700,15$$

$$Z_{6,8} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (8.104,70 - 2.796,72) +$$

$$(8.104,70 - 5.533,71) + (8.104,70 - 8.104,70)$$

$$Z_{6,8} = 10.928.411,21$$

$$Z_{6,9} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (10.428,83 - 2.796,72) + \\ (10.428,83 - 5.533,71) + (10.428,83 - 8.104,70) + \\ (10.428,83 - 10.428,83)$$

$$Z_{6,9} = 12.740.953,23$$

$$Z_{6,10} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (13.043,91 - 2.796,72) + \\ (13.043,91 - 5.533,71) + (13.043,91 - 8.104,70) + \\ (13.043,91 - 10.428,83) + (13.043,91 - 13.043,91)$$

$$Z_{6,10} = 15.460.210,67$$

$$Z_{6,11} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (16.625,80 - 2.796,72) + \\ (16.625,80 - 5.533,71) + (16.625,80 - 8.104,70) + \\ (16.625,80 - 10.428,83) + (16.625,80 - 13.043,91) + \\ (16.625,80 - 14.908,45)$$

$$Z_{6,11} = 17.883.742,74$$

$$Z_{6,12} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (6.625,80 - 2.796,72) + \\ (6.625,80 - 5.533,71) + (6.625,80 - 8.104,70) + \\ (6.625,80 - 10.428,83) + (6.625,80 - 13.043,91) + \\ (6.625,80 - 14.908,45) + (6.625,80 - 16.625,80)$$

$$Z_{6,12} = 20.562.403,18$$

Periode 7:

$$Z_{7,7} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (2.736,99 - 2.736,99)$$

$$Z_{7,7} = 8.880.192,91$$

$$Z_{7,8} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (5.307,98 - 2.736,99) + \\ (5.307,98 - 5.307,98)$$

$$Z_{7,8} = 9.548.548,44$$

$$Z_{7,9} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (7.632,11 - 2.736,99) + \\ (7.632,11 - 5.307,98) + (7.632,11 - 7.632,11)$$

$$Z_{7,9} = 10.756.909,79$$

$$Z_{7,10} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (10.247,18 - 2.736,99) + \\ (10.247,18 - 5.307,98) + (10.247,18 - 7.632,11) + \\ (10.247,18 - 10.247,18)$$

$$Z_{7,10} = 12.796.352,87$$

$$Z_{7,11} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (12.111,73 - 2.736,99) + \\ (12.111,73 - 5.307,98) + (12.111,73 - 7.632,11) + \\ (12.111,73 - 10.247,18) + (12.111,73 - 12.111,73)$$

$$Z_{7,11} = 14.735.178,53$$

$$Z_{7,12} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (13.829,08 - 2.736,99) + \\ (13.829,08 - 5.307,98) + (13.829,08 - 7.632,11) + \\ (13.829,08 - 10.247,18) + (13.829,08 - 12.111,73) + \\ (13.829,08 - 13.829,08)$$

$$Z_{7,12} = 16.967.395,55$$

Periode 8:

$$Z_{8,8} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (2.570,99 - 2.570,99)$$

$$Z_{8,8} = 8.880.192,91$$

$$Z_{8,9} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (4.895,12 - 2.570,99) + \\ (4.895,12 - 4.895,12)$$

$$Z_{8,9} = 9.484.373,58$$

$$Z_{8,10} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (7.510,20 - 2.570,99) + \\ (7.510,20 - 4.895,12) + (7.510,20 - 7.510,20)$$

$$Z_{8,10} = 10.844.002,30$$

$$Z_{8,11} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (9.374,74 - 2.570,99) + \\ (9.374,74 - 4.895,12) + (9.374,74 - 7.510,20) + \\ (9.374,74 - 9.374,74)$$

$$Z_{8,11} = 12.298.121,55$$

$$Z_{8\ 12} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (11.092,09 - 2.570,99) + \\ (11.092,09 - 4.895,12) + (11.092,09 - 7.510,20) + \\ (11.092,09 - 9.374,74) + (11.092,09 - 11.092,09)$$

$$Z_{8\ 12} = 14.083.895,17$$

Periode 9:

$$Z_{9\ 9} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (2.324,13 - 2.324,13)$$

$$Z_{9\ 9} = 8.880.192,91$$

$$Z_{9\ 10} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (4.939,20 - 2.324,13) + \\ (4.939,20 - 4.939,20)$$

$$Z_{9\ 10} = 9.560.007,27$$

$$Z_{9\ 11} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (6.803,74 - 2.324,13) + \\ (6.803,74 - 4.939,20) + (6.803,74 - 6.803,74)$$

$$Z_{9\ 11} = 10.529.420,10$$

$$Z_{9\ 12} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (8.521,10 - 2.324,13) + \\ (8.521,10 - 4.939,20) + (8.521,10 - 6.803,74) + \\ (8.521,10 - 8.521,10)$$

$$Z_{9\ 12} = 11.868.750,32$$

Periode 10:

$$Z_{10\ 10} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (2.615,07 - 2.615,07)$$

$$Z_{10\ 10} = 8.880.192,91$$

$$Z_{10\ 11} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (4.479,62 - 2.615,07) + \\ (4.479,62 - 4.479,62)$$

$$Z_{10\ 11} = 9.364.899,32$$

$$Z_{10\ 12} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (6.196,97 - 2.615,07) + \\ (6.196,97 - 4.479,62) + (6.196,97 - 6.196,97)$$

$$Z_{10\ 12} = 10.257.786,14$$

Periode 11:

$$Z_{11\ 11} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (1.864,54 - 1.864,54)$$

$$Z_{11\ 11} = 8.880.192,91$$

$$Z_{11\ 12} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (3.581,90 - 1.864,54) + \\ (3.581,90 - 3.581,90)$$

$$Z_{11\ 12} = 9.326.636,32$$

Periode 12:

$$Z_{12\ 12} = 8.880.192,91 + 259,96 \times (1.717,35 - 1.717,35)$$

$$Z_{12\ 12} = 8.880.192,91$$

Hasil perhitungan untuk setiap total biaya variabel (Z_{ce}) Aluminium di atas kemudian dirangkum ke dalam **Tabel 4.12**. Berikut ini merupakan rangkuman total biaya variabel (Z_{ce}) untuk bahan baku Aluminium.

Tabel 4.12 Rekapitulasi Total Biaya Variabel Aluminium

Periode	e=1	e=2	e=3	e=4	e=5	e=6	e=7	e=8	e=9	e=10	e=11	e=12
c=1	8.880.192,91	9.980.695,28	11.883.418,05	14.676.300,54	19.145.675,27	22.780.856,73	27.049.900,15	31.728.388,87	36.561.834,25	42.680.163,49	47.527.227,64	52.438.105,10
c=2		8.880.192,91	9.831.554,29	11.693.475,96	15.045.507,00	17.953.652,17	21.511.188,35	25.521.321,54	29.750.586,25	35.189.101,13	39.551.458,87	44.015.892,92
c=3			8.880.192,91	9.811.153,74	12.045.841,10	14.226.949,98	17.072.978,93	20.414.756,59	24.039.840,62	28.798.541,14	32.676.192,46	36.694.183,11
c=4				8.880.192,91	9.997.536,59	11.451.609,18	13.586.130,89	16.259.553,01	19.280.456,37	23.359.342,54	26.752.287,44	30.323.834,68
c=5					8.880.192,91	9.607.229,20	11.030.243,67	13.035.310,27	15.452.032,96	18.851.104,76	21.759.343,25	24.884.447,09
c=6						8.880.192,91	9.591.700,15	10.928.411,21	12.740.953,23	15.460.210,67	17.883.742,74	20.562.403,18
c=7							8.880.192,91	9.548.548,44	10.756.909,79	12.796.352,87	14.735.178,53	16.967.395,55
c=8								8.880.192,91	9.484.373,58	10.844.002,30	12.298.121,55	14.083.895,17
c=9									8.880.192,91	9.560.007,27	10.529.420,10	11.868.750,32
c=10										8.880.192,91	9.364.899,32	10.257.786,14
c=11											8.880.192,91	9.326.636,32
c=12												8.880.192,91

Rekapitulasi hasil perhitungan total biaya variabel (Z_{cc}) untuk semua Bahan Baku Bata Ringan AAC 10cm dapat dilihat pada **Lampiran**

5. Rekapitulasi perhitungan total biaya variabel akan menjadi acuan dalam perhitungan tahap selanjutnya, yaitu perhitungan biaya minimum (f_e).

2. Langkah 2: Perhitungan Biaya Minimum (f_e)

Perhitungan biaya minimum (f_e) dimulai dari $f_0 = 0$ dan selanjutnya menghitung secara beruntun menggunakan **Persamaan 2**, yaitu sebagai berikut:

$$f_e = \text{Min}(Z_{ce} + f_{c-1}) \text{ untuk } c = 1, 2, \dots, e$$

Berikut ini merupakan perhitungan biaya minimum (f_e) untuk bahan baku Aluminium.

$$f_0 = 0$$

$$f_1 = \text{Min}[(Z_{11} + f_0)]$$

$$f_1 = \text{Min}[(8.880.192,91 + 0)]$$

$$f_1 = 8.880.192,91 \text{ untuk } (Z_{11} + f_0)$$

$$f_2 = \text{Min}[(Z_{12} + f_0); (Z_{22} + f_1)]$$

$$f_2 = \text{Min}[(9.980.695,28 + 0); (8.880.192,91 + 8.880.192,91)]$$

$$f_2 = 9.980.695,28 \text{ untuk } (Z_{12} + f_0)$$

$$f_3 = \text{Min}[(Z_{13} + f_0); (Z_{23} + f_1); (Z_{33} + f_2)]$$

$$f_3 = \text{Min}[(11.883.418,05 + 0); (9.831.554,29 + 8.880.192,91); \\ (8.880.192,91 + 9.980.695,28)]$$

$$f_3 = 11.883.418,05 \text{ untuk } (Z_{13} + f_0)$$

$$f_4 = \text{Min}[(Z_{14} + f_0); (Z_{24} + f_1); (Z_{34} + f_2); (Z_{44} + f_3)]$$

$$f_4 = \text{Min}[(14.676.300,54 + 0); (11.693.475,96 + 8.880.192,91); \\ (9.811.153,74 + 9.980.695,28); (8.880.192,91 + \\ 11.883.418,05)]$$

$$f_4 = 14.676.300,54 \text{ untuk } (Z_{14} + f_0)$$

$$f_5 = \text{Min}[(Z_{15} + f_0); (Z_{25} + f_1); (Z_{35} + f_2); (Z_{45} + f_3); \\ (Z_{55} + f_4)]$$

$$f_5 = \text{Min}[(19.145.675,27 + 0); (15.045.507,00 + 8.880.192,91); \\ (12.045.841,10 + 9.980.695,28); (9.997.536,59 + \\ 11.883.418,05); (8.880.192,91 + 14.676.300,54)]$$

$$f_5 = 19.145.675,27 \text{ untuk } (Z_{15} + f_0)$$

$$f_6 = \text{Min}[(Z_{16} + f_0); (Z_{26} + f_1); (Z_{36} + f_2); (Z_{46} + f_3); \\ (Z_{56} + f_4); (Z_{66} + f_5)]$$

$$f_6 = \text{Min}[(22.780.856,73 + 0); (17.953.652,17 + 8.880.192,91); \\ (14.226.949,98 + 9.980.695,28); (11.451.609,184 + \\ 11.883.418,05); (9.607.229,20 + 14.676.300,54); \\ (8.880.192,91 + 19.145.675,27)]$$

$$f_6 = 21.385.475,92 \text{ untuk } (Z_{56} + f_4)$$

$$f_7 = \text{Min}[(Z_{17} + f_0); (Z_{27} + f_1); (Z_{37} + f_2); (Z_{47} + f_3); \\ (Z_{57} + f_4); (Z_{67} + f_5); (Z_{77} + f_6)]$$

$$f_7 = \text{Min}[(27.049.900,15 + 0); (21.511.188,35 + 8.880.192,91); \\ (17.072.978,93 + 9.980.695,28); (13.586.130,89 + \\ 11.883.418,05); (11.030.243,67 + 14.676.300,54); \\ (9.591.700,15 + 19.145.675,27); (8.880.192,91 + \\ 21.385.475,92)]$$

$$f_7 = 22.808.490,39 \text{ untuk } (Z_{57} + f_4)$$

$$f_8 = \text{Min}[(Z_{18} + f_0); (Z_{28} + f_1); (Z_{38} + f_2); (Z_{48} + f_3); \\ (Z_{58} + f_4); (Z_{68} + f_5); (Z_{78} + f_6); (Z_{88} + f_7)]$$

$$f_8 = \text{Min}[(31.728.388,87 + 0); (25.521.321,54 + 8.880.192,91); \\ (20.414.756,59 + 9.980.695,28); (16.259.553,01 + \\ 11.883.418,05); (13.035.310,27 + 14.676.300,54); \\ (10.928.411,21 + 19.145.675,27); (9.548.548,44 + \\ 21.385.475,92); (8.880.192,91 + 22.808.490,39)]$$

$$f_8 = 24.813.556,99 \text{ untuk } (Z_{58} + f_4)$$

$$f_9 = \text{Min}[(Z_{19} + f_0); (Z_{29} + f_1); (Z_{39} + f_2); (Z_{49} + f_3); \\ (Z_{59} + f_4); (Z_{69} + f_5); (Z_{79} + f_6); (Z_{89} + f_7); (Z_{99} + f_8)]$$

$$f_9 = \text{Min}[(36.561.834,25 + 0); (29.750.586,25 + 8.880.192,91);$$

(24.039.840,62 + 9.980.695,28); (19.280.456,37 + 11.883.418,05); (15.452.032,96 + 14.676.300,54); (12.740.953,23 + 19.145.675,27); (10.756.909,79 + 21.385.475,92); (9.484.373,58 + 22.808.490,39); (8.880.192,91 + 24.813.556,99)]

$$f_9 = 26.587.434,61 \text{ untuk } (Z_{7_9} + f_6)$$

$$f_{10} = \text{Min}[(Z_{1_{10}} + f_0); (Z_{2_{10}} + f_1); (Z_{3_{10}} + f_2); (Z_{4_{10}} + f_3); (Z_{5_{10}} + f_4); (Z_{6_{10}} + f_5); (Z_{7_{10}} + f_6); (Z_{8_{10}} + f_7); (Z_{9_{10}} + f_8); (Z_{10_{10}} + f_9)]$$

$$f_{10} = \text{Min}[(42.680.163,49 + 0); (35.189.101,13 + 8.880.192,91); (28.798.541,14 + 9.980.695,28); (23.359.342,54 + 11.883.418,05); (18.851.104,76 + 14.676.300,54); (15.460.210,67 + 19.145.675,27); (12.796.352,87 + 21.385.475,92); (10.844.002,30 + 22.808.490,39); (9.560.007,27 + 24.813.556,99); (8.880.192,91 + 26.587.434,61)]$$

$$f_{10} = 28.626.877,69 \text{ untuk } (Z_{7_{10}} + f_6)$$

$$f_{11} = \text{Min}[(Z_{1_{11}} + f_0); (Z_{2_{11}} + f_1); (Z_{3_{11}} + f_2); (Z_{4_{11}} + f_3); (Z_{5_{11}} + f_4); (Z_{6_{11}} + f_5); (Z_{7_{11}} + f_6); (Z_{8_{11}} + f_7); (Z_{9_{11}} + f_8); (Z_{10_{11}} + f_9); (Z_{11_{11}} + f_{10})]$$

$$f_{11} = \text{Min}[(47.527.227,64 + 0); (39.551.458,87 + 8.880.192,91); (32.676.192,46 + 9.980.695,28); (26.752.287,44 + 11.883.418,05); (21.759.343,25 + 14.676.300,54); (17.883.742,74 + 19.145.675,27); (14.735.178,53 + 21.385.475,92); (12.298.121,55 + 22.808.490,39); (10.529.420,10 + 24.813.556,99); (9.364.899,32 + 26.587.434,61); (8.880.192,91 + 28.626.877,69)]$$

$$f_{11} = 30.263.168,08 \text{ untuk } (Z_{8_{11}} + f_7)$$

$$f_{12} = \text{Min}[(Z_{1_{12}} + f_0); (Z_{2_{12}} + f_1); (Z_{3_{12}} + f_2); (Z_{4_{12}} + f_3);$$

$$\begin{aligned}
& (Z_{5\ 12} + f_4); (Z_{6\ 12} + f_5); (Z_{7\ 12} + f_6); (Z_{8\ 12} + f_7); \\
& (Z_{9\ 12} + f_8); (Z_{10\ 12} + f_9); (Z_{11\ 12} + f_{10}); (Z_{12\ 12} + f_{11})] \\
f_{12} = & \text{Min}[(52.438.105,10 + 0); (44.015.892,92 + 8.880.192,91); \\
& (36.694.183,11 + 9.980.695,28); (30.323.834,68 + \\
& 11.883.418,05); (24.884.447,09 + 14.676.300,54); \\
& (20.562.403,18 + 19.145.675,27); (16.967.395,55 + \\
& 21.385.475,92); (14.083.895,17 + 22.808.490,39); \\
& (11.868.750,32 + 24.813.556,99); (10.257.786,14 + \\
& 26.587.434,61); (9.326.636,32 + 28.626.877,69); \\
& (8.880.192,91 + 30.263.168,08)] \\
f_{12} = & 32.048.941,70 \text{ untuk } (Z_{8\ 12} + f_7)
\end{aligned}$$

Hasil perhitungan untuk setiap biaya minimum (f_e) Aluminium di atas kemudian dirangkum ke dalam **Tabel 4.13**. Berikut ini merupakan rangkuman biaya minimum (f_e) untuk bahan baku Aluminium.

Tabel 4.13 Rekapitulasi Biaya Minimum Aluminium

Periode	e=1	e=2	e=3	e=4	e=5	e=6	e=7	e=8	e=9	e=10	e=11	e=12
c=1	8.880.192,91	9.980.695,28	11.883.418,05	14.676.300,54	19.145.675,27	22.780.856,73	27.049.900,15	31.728.388,87	36.561.834,25	42.680.163,49	47.527.227,64	52.438.105,10
c=2		17.760.385,82	18.711.747,20	20.573.668,87	23.925.699,91	26.833.845,08	30.391.381,26	34.401.514,45	38.630.779,16	44.069.294,04	48.431.651,78	52.896.085,83
c=3			18.310.637,00	19.241.597,83	21.476.285,19	23.657.394,07	26.503.423,02	29.845.200,68	33.470.284,71	38.228.985,23	42.106.636,55	46.124.627,20
c=4				19.261.998,39	20.379.342,07	21.833.414,66	23.967.936,37	26.641.358,49	29.662.261,85	33.741.148,02	37.134.092,92	40.705.640,16
c=5					20.658.439,63	21.385.475,92	22.808.490,39	24.813.556,99	27.230.279,68	30.629.351,48	33.537.589,97	36.662.693,81
c=6						22.893.127,00	23.604.634,24	24.941.345,30	26.753.887,32	29.473.144,76	31.896.676,83	34.575.337,27
c=7							24.710.717,73	25.379.073,26	26.587.434,61	28.626.877,69	30.565.703,35	32.797.920,37
c=8								26.845.239,44	27.449.420,11	28.809.048,83	30.263.168,08	32.048.941,70
c=9									29.184.483,80	29.864.298,16	30.833.710,99	32.173.041,21
c=10										31.601.206,49	32.085.912,90	32.978.799,72
c=11											34.524.088,47	34.970.531,88
c=12												35.978.207,71

Keterangan: ■ = Optimal

Rekapitulasi hasil perhitungan biaya minimum (f_e) untuk semua bahan baku Bata Ringan AAC 10cm dapat dilihat pada **Lampiran**

6. Rekapitulasi perhitungan biaya minimum (f_e) akan menjadi acuan dalam perhitungan tahap selanjutnya, yaitu menentukan *lot size* optimal. Nilai f_e yang terpilih merupakan nilai yang paling minimum.

3. Langkah 3: Menentukan *Lot Size* Optimal

Nilai f_e paling minimum pada langkah ke-2 kemudian dijabarkan dalam *lot size* optimal dan periode pemesanannya (*plan order release*). Berikut ini merupakan *lot size* optimal dan periode pemesanan Aluminium.

- Pemesanan sebesar 3.81,90 kg Aluminium yang dilakukan pada periode 11 untuk memenuhi permintaan pada periode 11 dan 12.
- Pemesanan sebesar 4.939,20 kg Aluminium yang dilakukan pada periode 9 untuk memenuhi permintaan pada periode 9 dan 10.
- Pemesanan sebesar 8.104,70 kg Aluminium yang dilakukan pada periode 6 untuk memenuhi permintaan pada periode 6 – 8.
- Pemesanan sebesar 17.725,98 kg Aluminium yang dilakukan pada periode 1 untuk memenuhi permintaan pada periode 1, periode 2, periode 3, periode 4, dan periode 5.

Dengan demikian, hasil perhitungan dan penentuan *lot size* optimal dan periode pemesanan Aluminium menggunakan *Wagner-Within Algorithm* di atas kemudian dirangkum ke dalam MRP (*material requirement planning*) pada **Tabel 4.14**. Berikut ini merupakan MRP untuk bahan baku Aluminium.

Tabel 4.14. MRP Aluminium dengan *Wagner-Within Algorithm*

Aluminium	Periode						
	1	2	3	4	5	6	7
GR	1.953,68	4.233,35	3.659,65	3.581,17	4.298,14	2.796,72	2.736,99
SR							
OI	15.772,30	11.538,95	7.879,31	4.298,14	0	5.307,98	2.570,99
NR							
PORec	17.725,98					8.104,70	
PORel	17.725,98					8.104,70	
Aluminium	Periode					Total	
	8	9	10	11	12		
GR	2.570,99	2.324,13	2.615,07	1.864,54	1.717,35	34.351,79	
SR							
OI	0	2.615,07	0	1.717,35	0	51.700,10	
NR							
PORec		4.939,20		3.581,90		34.351,79	
PORel		4.939,20		3.581,90		34.351,79	

MRP untuk semua bahan baku Bata Ringan AAC 10cm berdasarkan metode *Wagner-Within Algorithm* dapat dilihat pada **Lampiran 7**. Berikut ini

merupakan perhitungan total biaya persediaan berdasarkan metode *Wagner-Within Algorithm* yang dihasilkan dari akumulasi biaya pemesanan dan biaya penyimpanan. Untuk bahan baku Aluminium, telah diketahui bahwa:

- Total permintaan Aluminium sebesar 34.351,79 kg.
- Frekuensi pemesanan Aluminium selama 4 kali.
- Biaya pemesanan Aluminium sebesar Rp8.880.192,91/sekali pesan.
- Biaya penyimpanan bahan baku Bata Ringan AAC sebesar Rp 259,96/kg/bulan.
- *Safety stock* Aluminium sebesar 596,56 kg.
- Total *On-hand Inventory* (OI) Aluminium sebesar 51.700,10 kg.

Maka total biaya persediaan untuk bahan baku Aluminium berdasarkan metode *Wagner-Within Algorithm* yaitu:

$$\text{Total Biaya} = \text{Total Biaya Pemesanan} + \text{Total Biaya Penyimpanan}$$

$$\text{Total Biaya} = (4 \times 8.880.192,91) + ((51.700,10 + 596,56) \times 259,96)$$

$$\text{Total Biaya} = 49.115.567,28$$

Berikut ini merupakan total biaya persediaan semua bahan baku Bata Ringan AAC 10cm berdasarkan metode *Wagner-Within Algorithm*.

Tabel 4.15 Total Biaya Persediaan menggunakan *Wagner-Within Algorithm*

No	Bahan Baku	Total Biaya Persediaan (Rp)
1.	Pasir Silika	5.772.903.842,68
2.	Gypsum	96.035.142,83
3.	Kapur	160.618.760,91
4.	Semen	706.383.197,32
5.	Aluminium	49.115.567,28
Total		6.785.056.511,02

4.2.4 *Silver Meal Algorithm*

Berdasarkan hasil peramalan dan biaya sistem persediaan yang telah diketahui, maka *lot sizing* bahan baku Bata Ringan AAC 10cm dengan menggunakan *Silver-Meal Algorithm* dapat diselesaikan dengan menghitung rata-rata total biaya persediaan per periode menggunakan **Persamaan 4**, yaitu sebagai berikut:

$$\frac{TRC(T)}{T} = \frac{C + Ph \sum_{k=1}^T (k - 1) R_k}{T}$$

Untuk bahan baku Aluminium, telah diketahui bahwa:

- Biaya pemesanan Aluminium sebesar Rp8.880.192,91/sekali pesan.
- Biaya penyimpanan bahan baku Bata Ringan AAC sebesar Rp259,96/kg/bulan.
- Permintaan Aluminium dari periode Juli 2020 sampai dengan periode Juni 2021, yaitu:

Tabel 4.16 Permintaan Aluminium

No	Periode	Permintaan (kg)
1.	Juli 2020	1.953,68
2.	Agustus 2020	4.233,35
3.	September 2020	3.659,65
4.	Oktober 2020	3.581,17
5.	November 2020	4.298,14
6.	Desember 2020	2.796,72
7.	Januari 2021	2.736,99
8.	Februari 2021	2.570,99
9.	Maret 2021	2.324,13
10.	April 2021	2.615,07
11.	Mei 2021	1.864,54
12.	Juni 2021	1.717,35
Total		34.351,79

Maka perhitungan *lot size* menggunakan *Silver-Meal Algorithm* untuk bahan baku Aluminium yaitu sebagai berikut:

Pemesanan 1:

$$\frac{TRC(1)}{1} = \frac{1}{1} \times (8.880.192,91 + (259,96 \times 1.953,68 \times 0))$$

$$\frac{TRC(1)}{1} = 8.880.192,91$$

$$\frac{TRC(2)}{2} = \frac{1}{2} \times (8.880.192,91 + (259,96 \times 1.953,68 \times 0) + (259,96 \times 4.233,35 \times 1))$$

$$\frac{TRC(2)}{2} = 4.990.337,74$$

$$\frac{TRC(3)}{3} = \frac{1}{3} \times (8.880.192,91 + (259,96 \times 1.953,68 \times 0) + (259,96 \times 4.233,35 \times 1) + (259,96 \times 3.659,65 \times 2))$$

$$\frac{TRC(3)}{3} = 3.961.121,33$$

$$\frac{TRC(4)}{4} = \frac{1}{4} \times (8.880.192,91 + (259,96 \times 1.953,68 \times 0) +$$

$$(259,96 \times 4.233,35 \times 1) + (259,96 \times 3.659,65 \times 2) + \\ (259,96 \times 3.581,17 \times 3))$$

$$\frac{TRC(4)}{4} = 3.669.049,06$$

$$\frac{TRC(5)}{5} = \frac{1}{5} \times (8.880.192,91 + (259,96 \times 1.953,68 \times 0) + \\ (259,96 \times 4.233,35 \times 1) + (259,96 \times 3.659,65 \times 2) + \\ (259,96 \times 3.581,17 \times 3) + (259,96 \times 4.298,14 \times 4))$$

$$\frac{TRC(5)}{5} = 3.829.098,11$$

Karena $\frac{TRC(5)}{5} > \frac{TRC(4)}{4}$, maka diambil $\frac{TRC(4)}{4}$ sebagai *lot size* optimal untuk pemesanan 1.

Pemesanan 2:

$$\frac{TRC(5)}{1} = \frac{1}{1} \times (8.880.192,91 + (259,96 \times 4.298,14 \times 0))$$

$$\frac{TRC(5)}{1} = 8.880.192,91$$

$$\frac{TRC(6)}{2} = \frac{1}{2} \times (8.880.192,91 + (259,96 \times 4.298,14 \times 0) + \\ (259,96 \times 2.796,72 \times 1))$$

$$\frac{TRC(6)}{2} = 4.803.608,06$$

$$\frac{TRC(7)}{3} = \frac{1}{3} \times (8.880.192,91 + (259,96 \times 4.298,14 \times 0) + \\ (259,96 \times 2.796,72 \times 1) + (259,96 \times 2.736,99 \times 2))$$

$$\frac{TRC(7)}{3} = 3.676.734,99$$

$$\frac{TRC(8)}{4} = \frac{1}{4} \times (8.880.192,91 + (259,96 \times 4.298,14 \times 0) + \\ (259,96 \times 2.796,72 \times 1) + (259,96 \times 2.736,99 \times 2) + \\ (259,96 \times 2.570,99 \times 3))$$

$$\frac{TRC(8)}{4} = 3.258.808,87$$

$$\frac{TRC(9)}{5} = \frac{1}{5} \times (8.880.192,91 + (259,96 \times 4.298,14 \times 0) +$$

$$\begin{aligned} & (259,96 \times 2.796,72 \times 1) + (259,96 \times 2.736,99 \times 2) + \\ & (259,96 \times 2.570,99 \times 3) + (259,96 \times 2.324,13 \times 4) \\ \frac{TRC(9)}{5} &= 3.090.382,94 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{TRC(10)}{6} &= \frac{1}{6} \times (8.880.192,91 + (259,96 \times 4.298,14 \times 0) + \\ & (259,96 \times 2.796,72 \times 1) + (259,96 \times 2.736,99 \times 2) + \\ & (259,96 \times 2.570,99 \times 3) + (259,96 \times 2.324,13 \times 4) + \\ & (259,96 \times 2.615,07 \times 5)) \\ \frac{TRC(10)}{6} &= 3.141.820,89 \end{aligned}$$

Karena $\frac{TRC(10)}{6} > \frac{TRC(9)}{5}$, maka diambil $\frac{TRC(9)}{5}$ sebagai *lot size* optimal untuk pemesanan 2.

Pemesanan 3:

$$\frac{TRC(10)}{1} = \frac{1}{1} \times (8.880.192,91 + (259,96 \times 2.615,07 \times 0))$$

$$\frac{TRC(10)}{1} = 8.880.192,91$$

$$\begin{aligned} \frac{TRC(11)}{2} &= \frac{1}{2} \times (8.880.192,91 + (259,96 \times 2.615,07 \times 0) + \\ & (259,96 \times 1.864,54 \times 1)) \end{aligned}$$

$$\frac{TRC(11)}{2} = 4.682.445,30$$

$$\begin{aligned} \frac{TRC(12)}{3} &= \frac{1}{3} \times (8.880.192,91 + (259,96 \times 2.615,07 \times 0) + \\ & (259,96 \times 1.864,54 \times 1) + (259,96 \times 1.717,35 \times 2)) \end{aligned}$$

$$\frac{TRC(12)}{3} = 3.419.253,78$$

Karena $\frac{TRC(10)}{1} > \frac{TRC(11)}{2} > \frac{TRC(12)}{3}$, maka diambil $\frac{TRC(12)}{3}$ sebagai *lot size* optimal untuk pemesanan 3. Hasil perhitungan *lot size* Aluminium di atas kemudian dirangkum ke dalam **Tabel 4.17**. Berikut ini merupakan rekapitulasi *lot size* untuk bahan baku Aluminium.

Tabel 4.17. Hasil Perhitungan Lot Size Aluminium menggunakan Silver-Meal Algorithm

Kombinasi Periode	Permintaan Kumulatif (pcs)	Total Biaya (Rp)	Rata-rata Total Biaya per Periode (Rp)
1	1.953,68	8.880.192,91	8.880.192,91
1,2	6.187,03	9.980.675,47	4.990.337,74
1,2,3	9.846,68	11.883.364,00	3.961.121,33
1,2,3,4	13.427,84	14.676.196,23	3.669.049,06
1,2,3,4,5	17.725,98	19.145.490,54	3.829.098,11
5	4.298,14	8.880.192,91	8.880.192,91
5,6	7.094,86	9.607.216,12	4.803.608,06
5,6,7	9.831,85	11.030.204,98	3.676.734,99
5,6,7,8	12.402,84	13.035.235,50	3.258.808,87
5,6,7,8,9	14.726,97	15.451.914,69	3.090.382,94
5,6,7,8,9,10	17.342,04	18.850.925,33	3.141.820,89
10	2.615,07	8.880.192,91	8.880.192,91
10,11	4.479,62	9.364.890,60	4.682.445,30
10,11,12	6.196,97	10.257.761,34	3.419.253,78

Keterangan: ■ = Optimal

Hasil perhitungan *lot size* untuk semua bahan baku Bata Ringan AAC 10cm berdasarkan metode *Silver-Meal Algorithm* dapat dilihat pada **Lampiran 8**. Dengan demikian, hasil perhitungan *lot size* Aluminium menggunakan *Silver-Meal Algorithm* di atas kemudian dirangkum ke dalam MRP (*material requirement planning*) pada **Tabel 4.17**. Berikut ini merupakan MRP untuk bahan baku Aluminium.

Tabel 4.18. MRP Aluminium dengan Silver-Meal Algorithm

Aluminium	Periode						
	1	2	3	4	5	6	7
GR	1.953,68	4.233,35	3.659,65	3.581,17	4.298,14	2.796,72	2.736,99
SR							
OI	11.474,17	7.240,81	3.581,17	0	10.428,83	7.632,11	4.895,12
NR							
PORec	13.427,84				14.726,97		
PORel	13.427,84				14.726,97		
Aluminium	Periode					Total	
	8	9	10	11	12		
GR	2.570,99	2.324,13	2.615,07	1.864,54	1.717,35	34.351,79	
SR							
OI	2.324,13	0	3.581,90	1.717,35	0	52.875,60	
NR							
PORec			6.196,97			34.351,79	
PORel			6.196,97			34.351,79	

MRP untuk semua bahan baku Bata Ringan AAC 10cm berdasarkan metode *Silver-Meal Algorithm* dapat dilihat pada **Lampiran 9**. Berikut ini merupakan perhitungan total biaya persediaan berdasarkan metode *Silver-*

Meal Algorithm yang dihasilkan dari akumulasi biaya pemesanan dan biaya penyimpanan. Untuk bahan baku Aluminium, telah diketahui bahwa:

- Total permintaan Aluminium sebesar 34.351,79 kg.
- Frekuensi pemesanan Aluminium selama 3 kali.
- Biaya pemesanan Aluminium sebesar Rp8.880.192,91/sekali pesan.
- Biaya penyimpanan bahan baku Bata Ringan AAC sebesar Rp259,96/kg/bulan.
- *Safety stock* Aluminium sebesar 596,56 kg.
- Total *On-hand Inventory* (OI) Aluminium sebesar 52.875,60 kg.

Maka total biaya persediaan untuk bahan baku Aluminium berdasarkan metode *Silver-Meal Algorithm* yaitu:

$$\text{Total Biaya} = \text{Total Biaya Pemesanan} + \text{Total Biaya Penyimpanan}$$

$$\text{Total Biaya} = (3 \times 8.880.192,91) + ((52.875,60 + 596,56) \times 259,96)$$

$$\text{Total Biaya} = 40.235.374,37$$

Berikut ini merupakan total biaya persediaan semua bahan baku Bata Ringan AAC 10cm berdasarkan metode *Silver-Meal Algorithm*.

Tabel 4.19 Total Biaya Persediaan menggunakan *Silver-Meal Algorithm*

No	Bahan Baku	Total Biaya Persediaan (Rp)
1.	Pasir Silika	5.740.323.279,93
2.	Gypsum	94.318.799,66
3.	Kapur	160.618.760,91
4.	Semen	706.383.197,32
5.	Aluminium	40.235.374,37
Total		6.741.879.412,19

4.2.5 Pengendalian Persediaan Aktual Perusahaan

Kebijakan yang diterapkan oleh PT Bumi Sarana Beton dalam melakukan pengendalian persediaan bahan baku Bata Ringan AAC yaitu dengan menggunakan metode *Lot for Lot*. Perusahaan melakukan pemesanan bahan baku Bata Ringan AAC berdasarkan jumlah permintaan (*net/gross requirement*).

Berdasarkan hasil peramalan dan biaya sistem persediaan yang telah diketahui, maka *lot sizing* bahan baku Bata Ringan AAC dengan menggunakan metode *Lot for Lot* dirangkum ke dalam MRP (*material*

requirement planning) pada **Tabel 4.19**. Berikut ini merupakan MRP untuk bahan baku Aluminium.

Tabel 4.20 MRP Aluminium dengan Lot for Lot

Aluminium	Periode						
	1	2	3	4	5	6	7
GR	1.953,68	4.233,35	3.659,65	3.581,17	4.298,14	2.796,72	2.736,99
SR							
OI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NR							
PORec	1.953,68	4.233,35	3.659,65	3.581,17	4.298,14	2.796,72	2.736,99
PORel	1.953,68	4.233,35	3.659,65	3.581,17	4.298,14	2.796,72	2.736,99
Aluminium	Periode					Total	
	8	9	10	11	12		
GR	2.570,99	2.324,13	2.615,07	1.864,54	1.717,35	34.351,79	
SR							
OI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
NR							
PORec	2.570,99	2.324,13	2.615,07	1.864,54	1.717,35	34.351,79	
PORel	2.570,99	2.324,13	2.615,07	1.864,54	1.717,35	34.351,79	

MRP untuk semua bahan baku Bata Ringan AAC 10cm berdasarkan metode *Lot for Lot* dapat dilihat pada **Lampiran 10**. Berikut ini merupakan perhitungan total biaya persediaan berdasarkan metode *Lot for Lot* yang diterapkan oleh PT Bumi Sarana Beton. Untuk bahan baku Aluminium, telah diketahui bahwa:

- Total permintaan Aluminium sebesar 34.351,79 kg.
- Frekuensi pemesanan Aluminium selama 12 kali.
- Biaya pemesanan Aluminium sebesar Rp8.880.192,91/sekali pesan.
- Biaya penyimpanan bahan baku Bata Ringan AAC sebesar Rp259,96/kg/bulan.
- *Safety stock* Aluminium sebesar 596,56 kg.
- Total *On-hand Inventory* (OI) Aluminium sebesar 0 kg.

Maka total biaya persediaan untuk bahan baku Aluminium berdasarkan metode *Silver-Meal Algorithm* yaitu:

$$\text{Total Biaya} = \text{Total Biaya Pemesanan} + \text{Total Biaya Penyimpanan}$$

$$\text{Total Biaya} = (12 \times 8.880.192,91) + ((0 + 596,56) \times 259,96)$$

$$\text{Total Biaya} = 106.717.393,97$$

Berikut ini merupakan total biaya persediaan semua bahan baku Bata Ringan AAC 10cm berdasarkan metode *Lot for Lot* yang diterapkan oleh PT Bumi Sarana Beton.

Tabel 4.21 Total Biaya Persediaan menggunakan *Lot for Lot*

No	Bahan Baku	Total Biaya Persediaan (Rp)
1.	Pasir Silika	6.002.381.729,09
2.	Gypsum	119.923.860,54
3.	Kapur	160.618.760,91
4.	Semen	706.383.197,32
5.	Aluminium	106.717.393,97
Total		6.997.064.994,56

4.2.6 Total Biaya Persediaan

Berikut perbandingan hasil perhitungan total biaya persediaan menggunakan *Wagner-Within Algorithm* dan *Silver-Meal Algorithm* dengan metode *Lot for Lot* yang diterapkan oleh PT Bumi Sarana Beton.

Tabel 4.22 Perbandingan Total Biaya Persediaan

No	Bahan Baku	<i>Lot for Lot</i> (Rp)	<i>Wagner-Within Algorithm</i>		<i>Silver-Meal Algorithm</i>	
			Biaya (Rp)	Efisiensi	Biaya (Rp)	Efisiensi
1.	Pasir Silika	6.002.381.729,09	5.772.903.842,68	3,82%	5.740.323.279,93	4,37%
2.	Gypsum	119.923.860,54	96.035.142,83	19,92%	94.318.799,66	21,35%
3.	Kapur	160.618.760,91	160.618.760,91	0%	160.618.760,91	0%
4.	Semen	706.383.197,32	706.383.197,32	0%	706.383.197,32	0%
5.	Aluminium	106.717.393,97	49.115.567,28	53,98%	40.235.374,37	62,30%
Total		6.997.064.994,56	6.785.056.511,02	4,38%	6.741.879.412,19	4,99%

Keterangan: ■ = Optimal

BAB V

ANALISA DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisa Peramalan Permintaan

Berdasarkan **Gambar 4.2**, dapat diketahui bahwa jenis pola permintaan Bata Ringan AAC 10cm periode Juli 2018 – Juni 2020 adalah Variasi Acak. Oleh karena itu, metode peramalan yang digunakan yaitu *Weighted Moving Average* dan *Single Exponential Smoothing* untuk mendapatkan hasil peramalan permintaan selama satu tahun berikutnya, mulai dari Juli 2020 – Juni 2021.

Berdasarkan **Tabel 4.7** dapat dilihat perbandingan hasil ukuran akurasi peramalan yaitu MSE, MAD, dan MFE dari kedua jenis metode peramalan, yaitu *Weighted Moving Average* dan *Single Exponential Smoothing*. Adapun hasil yang diperoleh yaitu metode peramalan *Single Exponential Smoothing* dengan $\alpha = 0,9$ yang memiliki nilai MSE, MAD, dan MFE terkecil yang berarti memiliki tingkat akurasi peramalan yang paling tinggi. Hasil peramalan permintaan Bata Ringan AAC 10cm dari Juli 2020 – Juni 2021 dapat dilihat pada **Tabel 4.8** dengan total permintaan sebesar 4.073.140,24 kg.

Berdasarkan *bill of material* Bata Ringan AAC 10cm pada **Gambar 4.1** dan **Tabel 4.1**, hasil peramalan pada **Tabel 4.8** kemudian dikonversi menjadi permintaan dari setiap bahan baku Bata Ringan AAC 10cm yang terdiri dari Pasir Silika, Gypsum, Kapur, Semen, dan Aluminium. Permintaan bahan baku Bata Ringan AAC 10cm dari Juli 2020 – Juni 2021 dapat dilihat pada **Tabel 4.9**.

5.2 Analisa Pengendalian Persediaan

5.2.1 *Safety Stock* dan *Reorder Point*

Hasil perhitungan *safety stock* dan *reorder point* bahan baku Bata Ringan AAC 10cm dapat dilihat pada **Tabel 4.10**. *Safety stock* atau stok pengaman merupakan jumlah persediaan yang dijaga kuantitasnya untuk tetap ada agar dapat digunakan dalam mengantisipasi permintaan selama waktu menunggu (*lead time*). Dimana jumlah *safety stock* bergantung

pada dua hal yaitu standar deviasi permintaan selama *lead time* dan nilai *safety factor* (z) dari *service level*. Sedangkan *reorder point* merupakan batas dari jumlah persediaan yang ada dan pada titik ini pesanan harus diadakan kembali. *Reorder point* ditentukan berdasarkan dua variable, yaitu *lead time* dan tingkat kebutuhan selama *lead time*.

Pada **Tabel 4.10** menunjukkan bahwa *safety stock* dan *reorder point* beragam untuk masing-masing jenis material. Jenis material yang memiliki standar deviasi yang besar tentu memiliki jumlah *safety stock* yang besar dibandingkan jenis material yang memiliki standar deviasi yang kecil. *Safety factor* untuk setiap bahan baku Bata Ringan AAC 10cm bernilai sama karena perusahaan memiliki *service level* sebesar 95%. Begitupun dengan *reorder point* yang memiliki nilai yang berbeda-beda karena memiliki *lead time* dan permintaan yang berbeda pula.

5.2.2 Pengendalian Persediaan Deterministik Dinamis

Pengendalian persediaan bahan baku Bata Ringan AAC 10cm menggunakan dua metode deterministik dinamis usulan, yaitu metode *Wagner-Within Algorithm* dan *Silver-Meal Algorithm*. Metode ini dipilih karena pada permintaan bahan baku Bata Ringan AAC 10cm tidak selalu tetap/konstan tetapi mengalami perubahan yang berfluktuasi dari periode waktu satu ke periode waktu yang lain. Permasalahan yang dijumpai pada fenomena permintaan yang dinamis ini adalah terkait dengan penentuan *operating stock* dan bagaimana cara mendapatkan solusi optimalnya melalui dua metode deterministik dinamis usulan tersebut.

1. *Wagner-Within Algorithm*

Perhitungan pengendalian persediaan bahan baku Bata Ringan AAC menggunakan *Wagner-Within Algorithm* dapat dilihat pada **BAB IV**. Perhitungan *Wagner-Within Algorithm* memiliki proses yang cukup rumit karena menggunakan algoritma yang panjang yang terdiri dari beberapa langkah agar menghasilkan kuantitas pemesanan yang optimal dengan biaya seminimal mungkin. Berdasarkan contoh perhitungan menggunakan *Wagner-Within*

Algorithm untuk bahan baku Aluminium diperoleh frekuensi pemesanan sebanyak 4 kali pada periode 1 di bulan Juli 2020, periode 6 di bulan Desember 2020, periode 9 di Bulan Maret 2021, dan periode 11 di bulan Mei 2020, dimana mempertimbangkan total biaya minimum (f_e) untuk setiap periode perencanaan. Sedangkan, untuk jenis bahan baku lainnya memiliki frekuensi pemesanan yang berbeda-beda karena dipengaruhi oleh total permintaan dan biaya untuk masing-masing jenis bahan baku untuk memperoleh hasil yang optimal.

2. *Silver-Meal Algorithm*

Perhitungan pengendalian persediaan bahan baku Bata Ringan AAC menggunakan *Silver-Meal Algorithm* dapat dilihat pada **BAB IV**. Dari contoh perhitungan menggunakan *Silver-Meal Algorithm* untuk bahan baku Aluminium diperoleh frekuensi pemesanan sebanyak 3 kali pada periode 1 di bulan Juli 2020, periode 5 di bulan November 2020, dan periode 10 di bulan April 2020, dimana mempertimbangkan rata-rata biaya minimum untuk setiap periode perencanaan. Perhitungan menggunakan *Silver-Meal Algorithm* ini memberikan solusi optimal untuk melakukan pemesanan untuk bahan baku Aluminium selama periode perencanaan dibandingkan dengan menggunakan *Wagner-Within Algorithm* untuk melakukan pemesanan untuk bahan baku Aluminium selama periode perencanaan. Sedangkan, untuk jenis bahan baku lainnya juga memiliki frekuensi pemesanan yang berbeda-beda sesuai dengan total permintaan dan biaya untuk masing-masing jenis bahan baku untuk memperoleh hasil yang optimal.

3. Pengendalian Persediaan Aktual Perusahaan

Kebijakan yang diterapkan oleh PT Bumi Sarana Beton dalam melakukan pengendalian persediaan bahan baku Bata Ringan AAC yaitu dengan menggunakan metode *Lot for Lot*. Perusahaan melakukan pemesanan bahan baku Bata Ringan AAC berdasarkan

jumlah permintaan (*net/gross requirement*) tanpa mempertimbangkan biaya pemesanan dan biaya penyimpanan bahan baku Bata Ringan AAC. Perhitungan pengendalian persediaan bahan baku Bata Ringan AAC menggunakan *Lot for Lot* dapat dilihat pada **BAB IV**. Dari contoh perhitungan menggunakan *Lot for Lot* untuk bahan baku Aluminium diperoleh frekuensi pemesanan sebanyak 12 kali pada setiap periode.

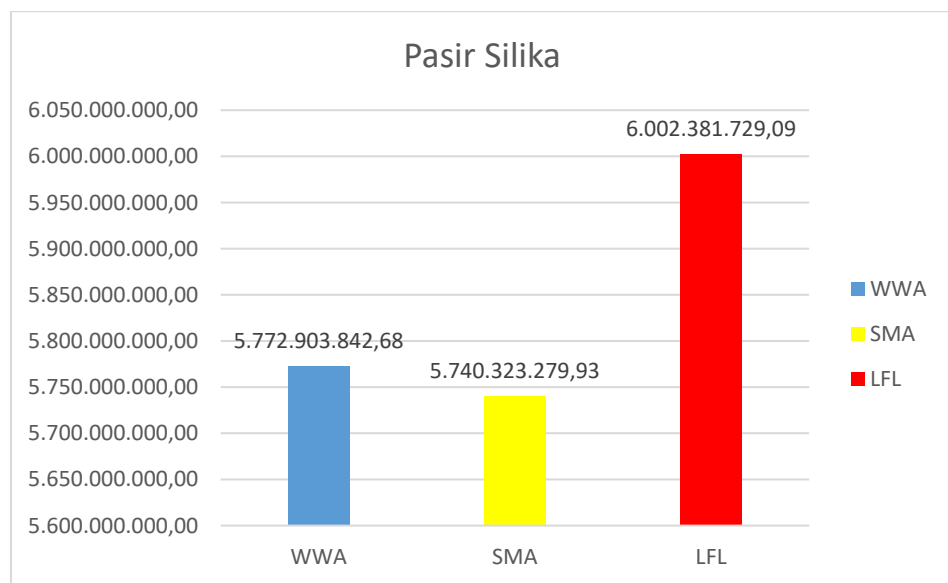
5.3 Analisa Perbandingan Total Biaya Persediaan

Penentuan total biaya persediaan menggunakan metode *Wagner-Within Algorithm* dan *Silver-Meal Algorithm* dipengaruhi oleh kuantitas pemesanan, biaya pemesanan, dan biaya penyimpanan. Kuantitas pemesanan berpengaruh terhadap biaya pemesanan, dimana untuk memperoleh biaya pemesanan dibutuhkan input berupa kuantitas pemesanan optimal dalam satu periode perencanaan dan biaya pesan untuk satu kali pemesanan dilakukan. Biaya penyimpanan dipengaruhi oleh jumlah bahan baku yang tersimpan di gudang dan *safety stock*. Hasil perhitungan total biaya persediaan menggunakan kedua metode deterministik dinamis akan dibandingkan dengan total biaya persediaan yang dikeluarkan oleh perusahaan, dimana metode pengendalian persediaan bahan baku Bata Ringan AAC yang diterapkan oleh perusahaan saat ini yaitu metode *Lot For Lot*.

Berdasarkan **Tabel 4.21** dapat diketahui bahwa dengan menggunakan *Wagner-Within Algorithm* mampu menghemat total biaya persediaan bahan baku Bata Ringan AAC sebesar 4,38% dari total biaya persediaan menggunakan metode *Lot For Lot* yang diterapkan oleh perusahaan. Sedangkan, dengan menggunakan *Silver-Meal Algorithm* mampu menghemat total biaya persediaan bahan baku Bata Ringan AAC sebesar 4,99% dari total biaya persediaan menggunakan metode *Lot For Lot* yang diterapkan oleh perusahaan. Perbedaan ini terjadi karena kuantitas pemesanan bahan baku Bata Ringan AAC yang dilakukan ketika menggunakan metode deterministik dinamis usulan lebih optimal daripada metode yang diterapkan perusahaan saat

ini yang hanya melakukan pemesanan bahan baku Bata Ringan AAC berdasarkan jumlah permintaan (*gross/net requirement*). Selain itu, kedua metode deterministik dinamis usulan sangat memperhatikan biaya pemesanan dan biaya penyimpanan yang paling minimum untuk mengadakan persediaan bahan baku. Di antara kedua metode deterministik dinamis, dapat dilihat bahwa total biaya persediaan dengan menggunakan metode *Silver-Meal Algorithm* lebih efisien dibanding metode *Wagner-Within Algorithm*.

1. Pasir Silika

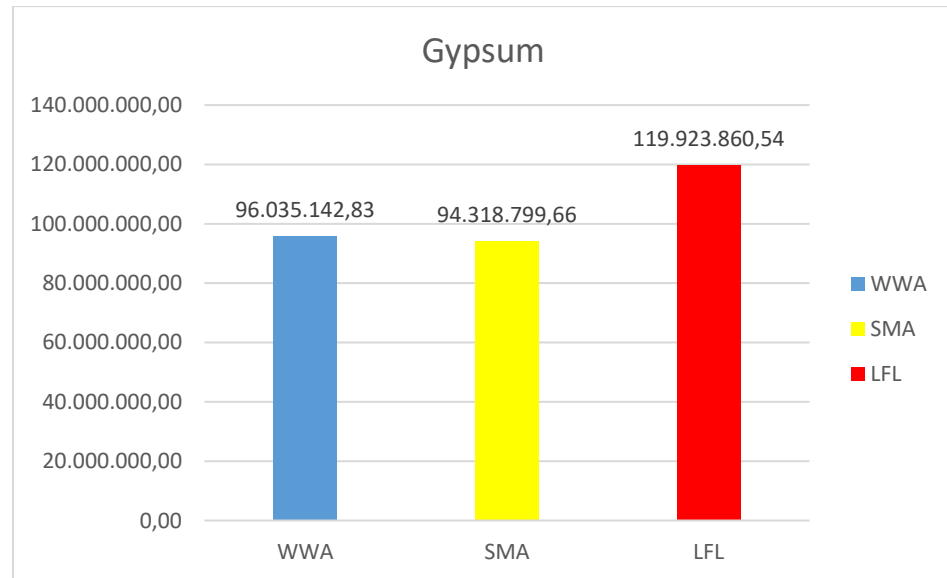


Gambar 5.1 Perbandingan Total Biaya Persediaan Pasir Silika

Berdasarkan **Gambar 5.1**, maka dapat dilihat bahwa hasil yang diperoleh oleh perencanaan persediaan bahan baku Pasir Silika menggunakan *Silver-Meal Algorithm* lebih optimal dibandingkan dengan *Wagner-Within Algorithm* dan *Lot for Lot* dengan tingkat efisiensi sebesar 4,37%. Sedangkan perencanaan persediaan bahan baku menggunakan *Wagner-Within Algorithm* lebih optimal dibandingkan dengan *Lot for Lot* dengan tingkat efisiensi sebesar 3,82%. Hal ini disebabkan karena biaya pemesanan untuk bahan baku Pasir Silika merupakan variabel yang dominan dibandingkan dengan biaya penyimpanan sehingga metode yang optimal merupakan metode yang memiliki frekuensi pemesanan yang paling rendah yaitu *Silver-Meal Algorithm* dengan 8 kali pemesanan.

Sedangkan *Wagner-Within Algorithm* dan *Lot for Lot* masing-masing melakukan 9 dan 12 kali pemesanan.

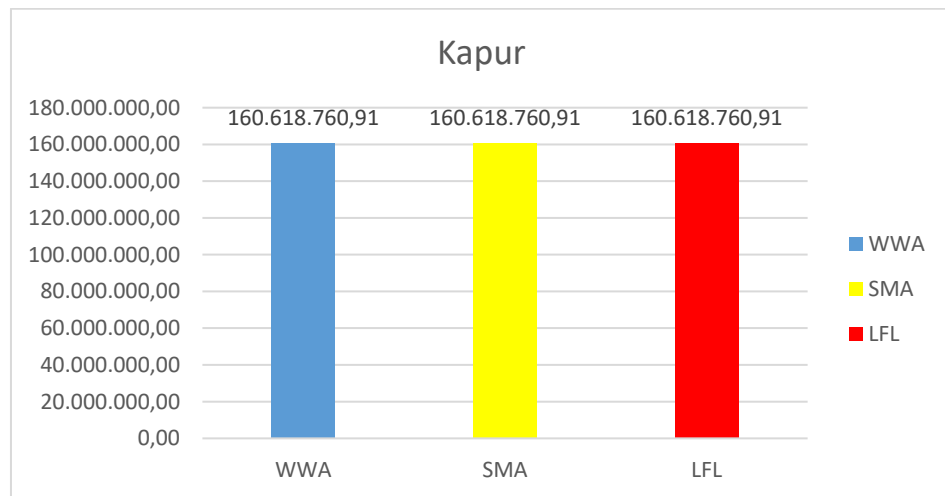
2. Gypsum



Gambar 5.2 Perbandingan Total Biaya Persediaan Gypsum

Berdasarkan **Gambar 5.2**, maka dapat dilihat bahwa hasil yang diperoleh oleh perencanaan persediaan bahan baku Gypsum menggunakan *Silver-Meal Algorithm* lebih optimal dibandingkan dengan *Wagner-Within Algorithm* dan *Lot for Lot* dengan tingkat efisiensi sebesar 21,35%. Sedangkan perencanaan persediaan bahan baku menggunakan *Wagner-Within Algorithm* lebih optimal dibandingkan dengan *Lot for Lot* dengan tingkat efisiensi sebesar 19,92%. Hal ini disebabkan karena biaya pemesanan untuk bahan baku Gypsum merupakan variabel yang dominan dibandingkan dengan biaya penyimpanan sehingga metode yang optimal merupakan metode yang memiliki frekuensi pemesanan yang paling rendah yaitu *Silver-Meal Algorithm* dengan 6 kali pemesanan. Sedangkan *Wagner-Within Algorithm* dan *Lot for Lot* masing-masing melakukan 7 dan 12 kali pemesanan.

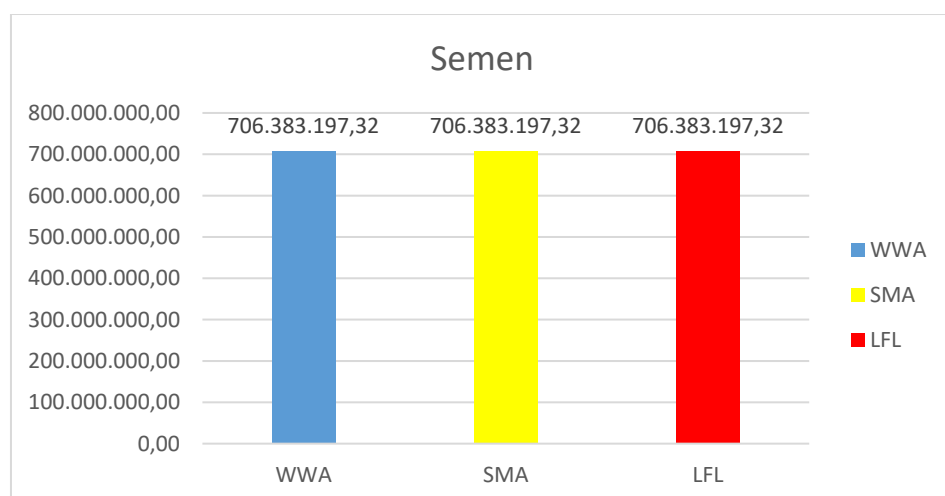
3. Kapur



Gambar 5.3 Perbandingan Total Biaya Persediaan Kapur

Berdasarkan **Gambar 5.3**, maka dapat dilihat bahwa hasil yang diperoleh oleh perencanaan persediaan bahan baku Kapur menggunakan *Silver-Meal Algorithm*, *Wagner-Within Algorithm*, dan *Lot for Lot* memiliki Total Biaya Persediaan yang sama. Hal ini disebabkan karena biaya penyimpanan untuk bahan baku Kapur merupakan variabel yang dominan dibandingkan dengan biaya pemesanan sehingga metode yang optimal merupakan metode yang memiliki kuantitas penyimpanan yang paling rendah dimana ketiga metode sama-sama tidak memiliki kuantitas penyimpanan.

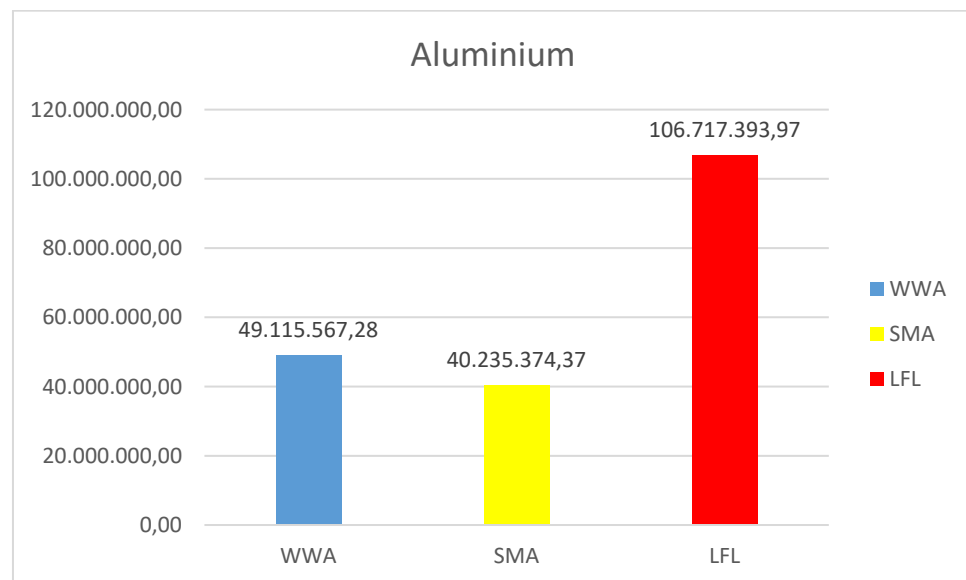
4. Semen



Gambar 5.4 Perbandingan Total Biaya Persediaan Semen

Berdasarkan **Gambar 5.4**, maka dapat dilihat bahwa hasil yang diperoleh oleh perencanaan persediaan bahan baku Semen menggunakan *Silver-Meal Algorithm*, *Wagner-Within Algorithm*, dan *Lot for Lot* memiliki Total Biaya Persediaan yang sama. Hal ini disebabkan karena biaya penyimpanan untuk bahan baku Semen merupakan variabel yang dominan dibandingkan dengan biaya pemesanan sehingga metode yang optimal merupakan metode yang memiliki kuantitas penyimpanan yang paling rendah dimana ketiga metode sama-sama tidak memiliki kuantitas penyimpanan.

5. Aluminium



Gambar 5.5 Perbandingan Total Biaya Persediaan Aluminium

Berdasarkan **Gambar 5.5**, maka dapat dilihat bahwa hasil yang diperoleh oleh perencanaan persediaan bahan baku Aluminium menggunakan *Silver-Meal Algorithm* lebih optimal dibandingkan dengan *Wagner-Within Algorithm* dan *Lot for Lot* dengan tingkat efisiensi sebesar 62,30%. Sedangkan perencanaan persediaan bahan baku menggunakan *Wagner-Within Algorithm* lebih optimal dibandingkan dengan *Lot for Lot* dengan tingkat efisiensi sebesar 53,98%. Hal ini disebabkan karena biaya pemesanan untuk bahan baku Aluminium merupakan variabel yang dominan dibandingkan dengan biaya penyimpanan sehingga metode yang

optimal merupakan metode yang memiliki frekuensi pemesanan yang paling rendah yaitu *Silver-Meal Algorithm* dengan 8 kali pemesanan. Sedangkan *Wagner-Within Algorithm* dan *Lot for Lot* masing-masing melakukan 9 dan 12 kali pemesanan.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini merupakan hasil dari pengolahan data yang telah dilakukan untuk menjawab tujuan penelitian. Adapun kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini, yaitu:

1. Pengendalian persediaan bahan baku Bata Ringan AAC 10cm menggunakan dua metode deterministik dinamis usulan, yaitu metode *Wagner-Within Algorithm* dan *Silver-Meal Algorithm*. Dengan menggunakan *Wagner-Within Algorithm*, dilakukan pemesanan sebanyak 9 kali pemesanan untuk bahan baku Pasir Silika; 7 kali pemesanan untuk bahan baku Gypsum; 12 kali pemesanan untuk bahan baku Kapur dan Semen; dan 4 kali pemesanan untuk bahan baku Aluminium. Sedangkan, dengan menggunakan *Silver-Meal Algorithm*, dilakukan pemesanan sebanyak 8 kali pemesanan untuk bahan baku Pasir Silika; 6 kali pemesanan untuk bahan baku Gypsum; 12 kali pemesanan untuk bahan baku Kapur dan Semen; dan 3 kali pemesanan untuk bahan baku Aluminium.
2. Secara keseluruhan, metode deterministik dinamis usulan lebih optimal dibandingkan dengan metode pengendalian persediaan yang diterapkan oleh perusahaan saat ini karena dengan menggunakan *Wagner-Within Algorithm* dan *Silver-Meal Algorithm* mampu menghemat total biaya persediaan bahan baku Bata Ringan AAC masing-masing sebesar 4,38% dan 4,99% dari total biaya persediaan menggunakan metode *Lot for Lot* yang diterapkan oleh perusahaan. *Silver-Meal Algorithm* merupakan metode pengendalian persediaan paling optimal untuk semua bahan baku yaitu Pasir Silika (penghematan 4,37%), Gypsum (penghematan 21,35%), Kapur dan Semen (penghematan 0%), dan Aluminium (penghematan 62,30%).

3. *Silver-Meal Algorithm* merupakan metode pengendalian persediaan paling optimal dengan total biaya persediaan sebesar Rp6.741.879.412,19 yang dijumlah dari semua bahan baku yaitu Pasir Silika (Rp5.740.323.279,93), Gypsum (Rp94.318.799,66), Kapur (Rp160.618.760,91), Semen (Rp706.383.197,32), dan Aluminium (Rp40.235.374,37).

6.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka saran yang dapat diajukan oleh penulis adalah sebagai berikut:

1. Perusahaan dapat mempertimbangkan setiap metode pengendalian persediaan yang optimal untuk masing-masing bahan baku Bata Ringan AAC.
2. Perusahaan dapat mempertimbangkan untuk menerapkan *reorder point* untuk menghindari kekurangan persediaan (*stock out*) apabila peramalan permintaan tidak sesuai.
3. Perusahaan sebaiknya mulai melakukan perencanaan tata letak gudang penyimpanan bahan baku untuk mengetahui secara pasti kapasitas penyimpanan semua jenis bahan baku dan biaya penyimpanan (*holding cost*) yang dikeluarkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Basuki. (2016). Optimasi Ukuran Pemesanan Lot Yang Ekonomis pada Permintaan. *Industrial Engineering Journal Vol.5 No.1*, 29-34.
- Bushuev, M. A., Guiffrida, A., Jaber, M. Y., & Khan, M. (2015). *A Review of Inventory Lot Sizing Review Papers. Management Research Review*, 283-289.
- Erika, F., Indriani, I. R., & Messy, F. (2019). Perencanaan Persediaan Komponen pada Perusahaan *Original Equipment Manufacturer* Menggunakan Metode Persediaan Deterministik Dinamis. *Spektrum Industri, Vol. 17, No. 1*, 1-91.
- Eunike, A., Setyanto, N. W., Yuniarti, R., Hamdala, I., Lukodono, R. P., & Fanani, A. A. (2018). *Perencanaan Produksi dan Pengendalian Persediaan*. Malang: UB Press.
- Gaspersz, V. (2009). *Production Planning and Inventory Control (Berdasarkan Pendekatan Sistem Terintegrasi MRP II dan JIT Menuju Manufaktur 21)*. Jakarta: Kompas Gramedia.
- Haizer, J., & Render, B. (2015). *Manajemen Operasi: Manajemen Keberlangsungan dan Rantai Pasokan (Edisi 11)*. Jakarta: Salempa Empat.
- Handoko, T. H. (2015). *Manajemen Edisi 2*. Yogyakarta: BPF E.
- Hidayat, M., Nofianti, & Lisdayanti. (2017). Analisis Pengendalian Persediaan Bahan Baku dengan Menggunakan Metode EOQ (*Economic Order Quantity*) pada PT. Bumi Sarana Beton (Kalla Block) di Kota Makassar. *Jurnal Ekonomi Balance Fakultas Ekonomi dan Bisnis Volume 13 No.1*.
- Nasution, A. H. (2003). *Perencanaan dan Pengendalian Produksi (Edisi Pertama-Cetakan Kedua)*. Surabaya: Penerbit Guna Widya.
- Pide, A. (2018). *Manajemen Operasi: Teori dan Aplikasi dalam Dunia Bisnis*. Bogor: Azkiya Publishing.
- Pujawan, I. N., & ER, M. (2010). *Supply Chain Management (Edisi Kedua)*. Surabaya: Guna Widya.
- Rangkuti, F. (2007). *Manajemen Persediaan: Aplikasi di Bidang Bisnis*. Jakarta: Rajawali Pers.
- Siswanto. (2007). *Operation Research Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.

Sofyan, D. K. (2013). *Perencanaan & Pengendalian Produksi (Edisi Pertama)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Taha, H. A. (2007). *Operation Research: An Introduction (Eighth Edition)*. New Jersey: Pearson Education.

Tersine, R. J. (1994). *Principles of inventory and materials management*. London: Prentice.

LAMPIRAN

Lampiran 1

Lampiran 1 berisi hasil peramalan permintaan Bata Ringan AAC 10cm dengan metode *Weighted Moving Average* dan *Single Exponential Smoothing*. Berikut ini hasil peramalan Bata Ringan AAC 10cm berdasarkan data historis permintaan Bata Ringan AAC 10cm:

- *Weighted Moving Average* (3 Bulan)

Tabel Lampiran 1 Hasil Peramalan Metode *Weighted Moving Average* (3 Bulan)

Periode	A _t	F _t	A _t - F _t	A _t - F _t	(A _t - F _t) ²
Juli 2018	195.722,30				
Agustus 2018	427.678,25				
September 2018	398.939,50	355.319,89			
Oktober 2018	460.558,70	436.933,79			
November 2018	491.650,50	460.699,80			
Desember 2018	478.428,60	477.266,60			
Januari 2019	375.907,00	430.473,28			
Februari 2019	324.322,50	375.745,15			
Maret 2019	319.112,36	334.613,55			
April 2019	468.950,00	395.333,71			
Mei 2019	413.721,80	403.876,49			
Juni 2019	290.624,50	365.980,20			
Juli 2019	223.685,00	287.929,08	64.244,08	64.244,08	4.127.301.172,61
Agustus 2019	531.988,50	394.571,63	137.416,88	137.416,88	18.883.397.534,77
September 2019	426.371,00	402.103,88	24.267,13	24.267,13	588.893.355,77
Oktober 2019	423.590,50	451.385,13	-27.794,63	27.794,63	772.541.178,89
November 2019	519.082,00	472.031,38	47.050,63	47.050,63	2.213.761.312,89
Desember 2019	311.831,00	391.583,63	-79.752,63	79.752,63	6.360.481.194,39
Januari 2020	323.741,50	369.599,00	-45.857,50	45.857,50	2.102.910.306,25
Februari 2020	302.659,50	310.222,88	-7.563,38	7.563,38	57.204.641,39
Maret 2020	272.323,00	292.761,75	-20.438,75	20.438,75	417.742.501,56
April 2020	313.906,00	300.698,63	13.207,38	13.207,38	174.434.754,39
Mei 2020	211.193,50	252.154,00	-40.960,50	40.960,50	1.677.762.560,25
Juni 2020	201.690,00	232.119,87	-30.429,87	30.429,87	925.977.292,51
Total			-95.099,33	538.983,33	38.302.407.805,67

- *Weighted Moving Average* (5 Bulan)

Tabel Lampiran 1 Hasil Peramalan Metode *Weighted Moving Average* (5 Bulan)

Periode	A _t	F _t	A _t - F _t	A _t - F _t	(A _t - F _t) ²
Juli 2018	195.722,30				
Agustus 2018	427.678,25				
September 2018	398.939,50				
Oktober 2018	460.558,70				
November 2018	491.650,50	419.095,01			
Desember 2018	478.428,60	458.195,48			
Januari 2019	375.907,00	424.799,40			
Februari 2019	324.322,50	400.710,72			
Maret 2019	319.112,36	378.191,23			
April 2019	468.950,00	412.245,57			
Mei 2019	413.721,80	388.732,50			

Lanjutan Tabel Lampiran 1 Hasil Peramalan Metode *Weighted Moving Average* (5 Bulan)

Juni 2019	290.624,50	345.165,80			
Juli 2019	223.685,00	313.335,30	-89.650,30	89.650,30	8.037.176.025,87
Agustus 2019	531.988,50	422.342,60	109.645,91	109.645,91	12.022.224.483,27
September 2019	426.371,00	389.551,37	36.819,63	36.819,63	1.355.685.153,34
Oktober 2019	423.590,50	390.336,55	33.253,95	33.253,95	1.105.825.190,60
November 2019	519.082,00	448.478,05	70.603,95	70.603,95	4.984.917.755,60
Desember 2019	311.831,00	409.887,20	-98.056,20	98.056,20	9.615.018.358,44
Januari 2020	323.741,50	381.627,78	-57.886,28	57.886,28	3.350.820.833,38
Februari 2020	302.659,50	357.800,55	-55.141,05	55.141,05	3.040.535.395,10
Maret 2020	272.323,00	327.526,30	-55.203,30	55.203,30	3.047.404.330,89
April 2020	313.906,00	307.145,65	6.760,35	6.760,35	45.702.332,12
Mei 2020	211.193,50	266.371,90	-55.178,40	55.178,40	3.044.655.826,57
Juni 2020	201.690,00	245.688,30	-43.998,30	43.998,30	1.935.850.402,89
Total			198.030,04	712.197,61	51.585.816.088,07

- *Single Exponential Smoothing* ($\alpha = 0,5$)

Tabel Lampiran 1 Hasil Peramalan Metode *Single Exponential Smoothing* ($\alpha = 0,5$)

Periode	A _t	F _t	A _t - F _t	A _t - F _t	(A _t - F _t) ²
Juli 2018	195.722,30	195.722,30			
Agustus 2018	427.678,25	311.700,28			
September 2018	398.939,50	355.319,89			
Oktober 2018	460.558,70	407.939,29			
November 2018	491.650,50	449.794,90			
Desember 2018	478.428,60	464.111,75			
Januari 2019	375.907,00	420.009,37			
Februari 2019	324.322,50	372.165,94			
Maret 2019	319.112,36	345.639,15			
April 2019	468.950,00	407.294,57			
Mei 2019	413.721,80	410.508,19			
Juni 2019	290.624,50	350.566,34			
Juli 2019	223.685,00	287.125,67	-63.440,67	63.440,67	4.024.718.823,97
Agustus 2019	531.988,50	409.557,09	122.431,41	122.431,41	14.989.451.172,48
September 2019	426.371,00	417.964,04	8.406,96	8.406,96	70.676.927,32
Oktober 2019	423.590,50	420.777,27	2.813,23	2.813,23	7.914.254,81
November 2019	519.082,00	469.929,64	49.152,36	49.152,36	2.415.954.913,29
Desember 2019	311.831,00	390.880,32	-79.049,32	79.049,32	6.248.794.654,95
Januari 2020	323.741,50	357.310,91	-33.569,41	33.569,41	1.126.905.216,08
Februari 2020	302.659,50	329.985,20	-27.325,70	27.325,70	746.694.124,58
Maret 2020	272.323,00	301.154,10	-28.831,10	28.831,10	831.232.455,98
April 2020	313.906,00	307.530,05	6.375,95	6.375,95	40.652.724,16
Mei 2020	211.193,50	259.361,78	-48.168,28	48.168,28	2.320.182.770,26
Juni 2020	201.690,00	230.525,89	-28.835,89	28.835,89	831.508.424,01
Total			120.040,46	498.400,28	33.654.686.461,91

- *Single Exponential Smoothing* ($\alpha = 0,9$)

Tabel Lampiran 1 Hasil Peramalan Metode *Single Exponential Smoothing* ($\alpha = 0,9$)

Periode	A _t	F _t	A _t - F _t	A _t - F _t	(A _t - F _t) ²
Juli 2018	195.722,30	195.722,30			
Agustus 2018	427.678,25	404.482,66			
September 2018	398.939,50	399.493,82			
Oktober 2018	460.558,70	454.452,21			
November 2018	491.650,50	487.930,67			
Desember 2018	478.428,60	479.378,81			
Januari 2019	375.907,00	386.254,18			
Februari 2019	324.322,50	330.515,67			
Maret 2019	319.112,36	320.252,69			
April 2019	468.950,00	454.080,27			
Mei 2019	413.721,80	417.757,65			
Juni 2019	290.624,50	303.337,81			
Juli 2019	223.685,00	231.650,28	-7.965,28	7.965,28	63.445.708,88
Agustus 2019	531.988,50	501.954,68	30.033,82	30.033,82	902.030.455,10
September 2019	426.371,00	433.929,37	-7.558,37	7.558,37	57.128.924,02
Oktober 2019	423.590,50	424.624,39	-1.033,89	1.033,89	1.068.921,88
November 2019	519.082,00	509.636,24	9.445,76	9.445,76	89.222.406,95
Desember 2019	311.831,00	331.611,52	19.780,52	19.780,52	391.269.124,49
Januari 2020	323.741,50	324.528,50	-787,00	787,00	619.372,76
Februari 2020	302.659,50	304.846,40	-2.186,90	2.186,90	4.782.532,65
Maret 2020	272.323,00	275.575,34	-3.252,34	3.252,34	10.577.715,63
April 2020	313.906,00	310.072,93	3.833,07	3.833,07	14.692.394,94
Mei 2020	211.193,50	221.081,44	-9.887,94	9.887,94	97.771.424,69
Juni 2020	201.690,00	203.629,14	-1.939,14	1.939,14	3.760.280,77
Total			11.078,74	97.704,04	1.636.369.262,76

Lampiran 2

Lampiran 2 berisi perhitungan MAD, MSE, dan MFE untuk mengukur akurasi peramalan permintaan Bata Ringan AAC 10cm dengan metode *Weighted Moving Average* dan *Single Exponential Smoothing*.

Telah diketahui bahwa, permintaan aktual (A_t) dan hasil peramalan (F_t) Bata Ringan AAC 10cm serta selisih kesalahannya dapat dilihat pada tabel **Lampiran 1**; Maka ukuran akurasi peramalan permintaan Bata Ringan AAC 10cm dengan metode *Weighted Moving Average* dan *Single Exponential Smoothing*, yaitu:

- *Weighted Moving Average* (3 Bulan)

$$\text{MFE} = \frac{-95.099,33}{12} = -7.924,94$$

$$\text{MAD} = \frac{538.983,33}{12} = 44.915,28$$

$$\text{MSE} = \frac{38.302.407.805,67}{12} = 3.191.867.317,14$$

- *Weighted Moving Average* (5 Bulan)

$$\text{MFE} = \frac{-198.030,04}{12} = -16.502,50$$

$$\text{MAD} = \frac{712.197,61}{12} = 59.349,80$$

$$\text{MSE} = \frac{51.585.816.088,07}{12} = 4.298.818.007,34$$

- *Single Exponential Smoothing* ($\alpha = 0,5$)

$$\text{MFE} = \frac{-120.040,46}{12} = -10.003,37$$

$$\text{MAD} = \frac{498.400,28}{12} = 41.533,36$$

$$\text{MSE} = \frac{33.654.686.461,91}{12} = 2.804.557.205,16$$

- *Single Exponential Smoothing* ($\alpha = 0,9$)

$$\text{MFE} = \frac{-11.078,74}{12} = -923,23$$

$$\text{MAD} = \frac{97.704,04}{12} = 8.142,00$$

$$\text{MSE} = \frac{1.636.369.262,76}{12} = 136.364.105,23$$

Lampiran 3

Lampiran 3 berisi perhitungan konversi dari Permintaan Bata Ringan AAC 10cm menjadi Permintaan setiap bahan baku Bata Ringan AAC 10cm berdasarkan *bill of material*.

Telah diketahui bahwa, permintaan Bata Ringan AAC 10cm dari periode Juli 2020 – periode Juni 2021 dapat dilihat pada **Tabel 4.8**; dan kuantitas Bata Ringan AAC 10cm dan semua bahan bakunya dapat dilihat pada **Tabel 4.1**. Maka permintaan setiap bahan baku Bata Ringan AAC 10cm pada dari periode Juli 2020 – Juni 2021 yaitu:

- Juli 2020

$$\text{Permintaan}_{\text{pasir Silika}} = \frac{231.650,28}{249} \times 1400 = 1.302.451,38$$

$$\text{Permintaan}_{\text{Gypsum}} = \frac{231.650,28}{249} \times 14 = 13.024,51$$

$$\text{Permintaan}_{\text{Kapur}} = \frac{231.650,28}{249} \times 402 = 131.733,65$$

$$\text{Permintaan}_{\text{Semen}} = \frac{231.650,28}{249} \times 141,6 = 373.989,61$$

$$\text{Permintaan}_{\text{Aluminium}} = \frac{231.650,28}{249} \times 2,1 = 1.953,68$$

- Agustus 2020

$$\text{Permintaan}_{\text{pasir Silika}} = \frac{501.954,68}{249} \times 1400 = 2.822.235,14$$

$$\text{Permintaan}_{\text{Gypsum}} = \frac{501.954,68}{249} \times 14 = 28.222,35$$

$$\text{Permintaan}_{\text{Kapur}} = \frac{501.954,68}{249} \times 402 = 285.448,93$$

$$\text{Permintaan}_{\text{Semen}} = \frac{501.954,68}{249} \times 141,6 = 810.384,66$$

$$\text{Permintaan}_{\text{Aluminium}} = \frac{501.954,68}{249} \times 2,1 = 4.233,35$$

- September 2020

$$\text{Permintaan}_{\text{pasir Silika}} = \frac{433.929,37}{249} \times 1400 = 2.439.763,51$$

$$\text{Permintaan}_{\text{Gypsum}} = \frac{433.929,37}{249} \times 14 = 24.397,64$$

$$\text{Permintaan}_{\text{Kapur}} = \frac{433.929,37}{249} \times 402 = 246.764,65$$

$$\text{Permintaan}_{\text{Semen}} = \frac{433.929,37}{249} \times 141,6 = 700.560,67$$

$$\text{Permintaan}_{\text{Aluminium}} = \frac{433.929,37}{249} \times 2,1 = 3.659,65$$

- Oktober 2020

$$\text{Permintaan}_{\text{pasir Silika}} = \frac{424.624,39}{249} \times 1400 = 2.387.446,35$$

$$\text{Permintaan}_{\text{Gypsum}} = \frac{424.624,39}{249} \times 14 = 23.874,46$$

$$\text{Permintaan}_{\text{Kapur}} = \frac{424.624,39}{249} \times 402 = 241.473,15$$

$$\text{Permintaan}_{\text{Semen}} = \frac{424.624,39}{249} \times 141,6 = 685.538,17$$

$$\text{Permintaan}_{\text{Aluminium}} = \frac{424.624,39}{249} \times 2,1 = 3.581,17$$

- November 2020

$$\text{Permintaan}_{\text{pasir Silika}} = \frac{509.636,24}{249} \times 1400 = 2.865.424,64$$

$$\text{Permintaan}_{\text{Gypsum}} = \frac{509.636,24}{249} \times 14 = 28.654,25$$

$$\text{Permintaan}_{\text{Kapur}} = \frac{509.636,24}{249} \times 402 = 289.817,23$$

$$\text{Permintaan}_{\text{Semen}} = \frac{509.636,24}{249} \times 141,6 = 822.786,22$$

$$\text{Permintaan}_{\text{Aluminium}} = \frac{509.636,24}{249} \times 2,1 = 4.298,14$$

- Desember 2020

$$\text{Permintaan}_{\text{Pasir Silika}} = \frac{331.611,52}{249} \times 1400 = 1.864.482,46$$

$$\text{Permintaan}_{\text{Gypsum}} = \frac{331.611,52}{249} \times 14 = 18.644,82$$

$$\text{Permintaan}_{\text{Kapur}} = \frac{331.611,52}{249} \times 402 = 188.579,08$$

$$\text{Permintaan}_{\text{Semen}} = \frac{331.611,52}{249} \times 141,6 = 535.372,82$$

$$\text{Permintaan}_{\text{Aluminium}} = \frac{331.611,52}{249} \times 2,1 = 2.796,72$$

- Januari 2021

$$\text{Permintaan}_{\text{Pasir Silika}} = \frac{324.528,50}{249} \times 1400 = 1.824.658,25$$

$$\text{Permintaan}_{\text{Gypsum}} = \frac{324.528,50}{249} \times 14 = 18.246,58$$

$$\text{Permintaan}_{\text{Kapur}} = \frac{324.528,50}{249} \times 402 = 184.551,15$$

$$\text{Permintaan}_{\text{Semen}} = \frac{324.528,50}{249} \times 141,6 = 523.937,58$$

$$\text{Permintaan}_{\text{Aluminium}} = \frac{324.528,50}{249} \times 2,1 = 2.736,99$$

- Februari 2021

$$\text{Permintaan}_{\text{Pasir Silika}} = \frac{304.846,40}{249} \times 1400 = 1.713.995,82$$

$$\text{Permintaan}_{\text{Gypsum}} = \frac{304.846,40}{249} \times 14 = 17.139,96$$

$$\text{Permintaan}_{\text{Kapur}} = \frac{304.846,40}{249} \times 402 = 173.358,43$$

$$\text{Permintaan}_{\text{Semen}} = \frac{304.846,40}{249} \times 141,6 = 492.161,66$$

$$\text{Permintaan}_{\text{Aluminium}} = \frac{304.846,40}{249} \times 2,1 = 2.570,99$$

- Maret 2021

$$\text{Permintaan}_{\text{Pasir Silika}} = \frac{275.575,34}{249} \times 1400 = 1.549.419,58$$

$$\text{Permintaan}_{\text{Gypsum}} = \frac{275.575,34}{249} \times 14 = 15.494,20$$

$$\text{Permintaan}_{\text{Kapur}} = \frac{275.575,34}{249} \times 402 = 156.712,72$$

$$\text{Permintaan}_{\text{Semen}} = \frac{275.575,34}{249} \times 141,6 = 444.904,77$$

$$\text{Permintaan}_{\text{Aluminium}} = \frac{275.575,34}{249} \times 2,1 = 2.324,13$$

- April 2021

$$\text{Permintaan}_{\text{Pasir Silika}} = \frac{310.072,93}{249} \times 1400 = 1.743.381,96$$

$$\text{Permintaan}_{\text{Gypsum}} = \frac{310.072,93}{249} \times 14 = 17.433,82$$

$$\text{Permintaan}_{\text{Kapur}} = \frac{310.072,93}{249} \times 402 = 176.330,63$$

$$\text{Permintaan}_{\text{Semen}} = \frac{310.072,93}{249} \times 141,6 = 500.599,68$$

$$\text{Permintaan}_{\text{Aluminium}} = \frac{310.072,93}{249} \times 2,1 = 2.615,07$$

- Mei 2021

$$\text{Permintaan}_{\text{Pasir Silika}} = \frac{221.081,44}{249} \times 1400 = 1.243.028,20$$

$$\text{Permintaan}_{\text{Gypsum}} = \frac{221.081,44}{249} \times 14 = 12.430,28$$

$$\text{Permintaan}_{\text{Kapur}} = \frac{221.081,44}{249} \times 402 = 125.723,42$$

$$\text{Permintaan}_{\text{Semen}} = \frac{221.081,44}{249} \times 141,6 = 356.926,67$$

$$\text{Permintaan}_{\text{Aluminium}} = \frac{221.081,44}{249} \times 2,1 = 1.864,54$$

- Juni 2021

$$\text{Permintaan}_{\text{pasir silika}} = \frac{203.629,14}{249} \times 1400 = 1.144.902,82$$

$$\text{Permintaan}_{\text{Gypsum}} = \frac{203.629,14}{249} \times 14 = 11.449,03$$

$$\text{Permintaan}_{\text{kapur}} = \frac{203.629,14}{249} \times 402 = 115.798,74$$

$$\text{Permintaan}_{\text{semen}} = \frac{203.629,14}{249} \times 141,6 = 328.750,67$$

$$\text{Permintaan}_{\text{Aluminium}} = \frac{203.629,14}{249} \times 2,1 = 1.717,35$$

Lampiran 4

Lampiran 4 berisi perhitungan perhitungan *safety stock* dan *reorder point* pada setiap jenis bahan baku Bata Ringan AAC 10cm.

Telah diketahui bahwa, *lead time* (L) bahan baku Bata Ringan AAC 10cm dapat dilihat pada tabel 4.6; *service level* bahan baku Bata Ringan AAC 10cm maka nilai *safety factor* (Z) adalah 1,64; standar deviasi (σ) permintaan bahan baku Bata Ringan AAC 10cm dapat dilihat pada **Tabel 4.9**; dan rata-rata perminaan (D_r) bahan baku Bata Ringan AAC 10cm dapat dilihat pada **Tabel 4.9**. Maka *safety stock* (SS) dan *reorder point* (ROP) setiap bahan baku Bata Ringan AAC 10cm yaitu:

- *Safety Stcok*

$$SS_{Pasir\ Silika} = 1,64 \times 592.258,93 \times \sqrt{0,47} = 665.491,12$$

$$SS_{Gypsum} = 1,64 \times 19.084,33 \times \sqrt{0,17} = 3.977,07$$

$$SS_{Kapur} = 1,64 \times 59.902,76 \times \sqrt{0,17} = 40.225,22$$

$$SS_{Semen} = 1,64 \times 170.062,92 \times \sqrt{0,03} = 51.071,22$$

- *Reorder Point*

$$ROP_{Pasir\ Silika} = (1.908.432,51 \times 0,47) + 665.491,12 = 1.556.092,96$$

$$ROP_{Gypsum} = (5.922,59 \times 0,17) + 3.977,07 = 7.157,79$$

$$ROP_{Kapur} = (193.024,32 \times 0,17) + 40.225,22 = 72.395,94$$

$$ROP_{Semen} = (547.992,76 \times 0,03) + 51.071,22 = 69.337,65$$

Lampiran 6

Lampiran 6 berisi rekapitulasi hasil perhitungan biaya minimum (f_e) berdasarkan *Wagner-Within Algorithm* untuk semua bahan baku Bata Ringan AAC 10cm. Berikut ini merupakan rekapitulasi biaya minimum (f_e) untuk semua bahan baku Bata Ringan AAC 10cm:

- Pasir Silika

Tabel Lampiran 6 Rekapitulasi Biaya Minimum Pasir Silika

	e=1	e=2	e=3	e=4	e=5	e=6	e=7	e=8	e=9	e=10	e=11	e=12
c=1	485.781.980,95	1.219.450.227,47	2.487.932.073,57	4.349.853.734,09	7.329.436.886,69	9.752.891.192,77	12.598.920.139,10	15.717.912.621,10	18.940.209.538,36	23.019.095.703,15	26.250.471.801,01	29.524.390.107,78
c=2		971.563.961,90	1.605.804.884,95	2.847.085.991,96	5.081.773.356,41	7.020.536.801,27	9.392.227.589,88	12.065.649.717,31	14.885.159.519,92	18.510.836.110,84	21.419.074.598,92	24.395.363.968,71
c=3			1.338.398.085,16	1.959.038.638,67	3.448.830.214,97	4.902.902.798,61	6.800.255.429,50	9.028.107.202,36	11.444.829.890,30	14.617.296.907,36	17.202.397.785,65	19.881.058.218,46
c=4				1.774.466.404,38	2.519.362.192,53	3.488.743.914,96	4.911.758.388,13	6.694.039.806,41	8.707.975.379,70	11.427.232.822,89	13.689.196.091,40	16.070.227.587,23
c=5					2.134.500.342,86	2.619.191.204,08	3.567.867.519,52	4.904.578.583,23	6.515.727.041,86	8.781.774.911,19	10.720.600.569,91	12.804.003.128,76
c=6						2.620.282.323,81	3.094.620.481,53	3.985.761.190,68	5.194.122.534,65	7.006.960.830,11	8.622.648.879,04	10.408.422.500,91
c=7							2.862.627.754,42	3.308.198.108,99	4.113.772.338,31	5.473.401.059,90	6.765.951.499,05	8.254.096.183,94
c=8								3.336.965.912,14	3.739.753.026,80	4.646.172.174,53	5.615.585.003,89	6.806.100.751,80
c=9									3.571.194.912,66	4.024.404.486,53	4.670.679.706,10	5.563.566.517,03
c=10										3.973.982.027,31	4.297.119.637,10	4.892.377.511,05
c=11											4.283.581.680,54	4.581.210.617,52
c=12												4.606.719.290,33

Keterangan: ■ = Optimal

- Gypsum

Tabel Lampiran 6 Rekapitulasi Biaya Minimum Gypsum

	e=1	e=2	e=3	e=4	e=5	e=6	e=7	e=8	e=9	e=10	e=11	e=12
c=1	9.907.500,00	17.244.182,47	29.929.000,93	48.548.217,53	78.344.049,06	102.578.592,12	131.038.881,58	162.228.806,40	194.451.775,57	235.240.637,22	267.554.398,20	300.293.581,27
c=2		19.815.000,00	26.157.409,23	38.570.220,30	60.917.093,95	80.304.728,39	104.021.636,28	130.755.857,55	158.950.955,58	195.207.721,49	224.290.106,37	254.053.000,07
c=3			23.483.341,23	29.689.746,77	44.587.662,53	59.128.388,36	78.101.914,67	100.380.432,40	124.547.659,28	156.272.329,45	182.123.338,23	208.909.942,56
c=4				29.825.750,46	37.274.708,34	46.968.525,57	61.198.670,30	79.021.484,48	99.160.840,21	126.353.414,65	148.973.047,33	172.783.362,29
c=5					36.494.044,00	41.340.952,61	50.827.715,77	64.194.826,40	80.306.310,99	102.966.789,68	122.355.046,27	143.189.071,86
c=6						43.457.729,40	48.201.110,98	57.112.518,07	69.196.131,51	87.324.514,46	103.481.394,95	121.339.131,17
c=7							48.304.638,01	61.959.426,68	60.816.083,85	74.412.371,06	87.337.875,46	102.219.322,31
c=8								53.568.379,88	57.596.251,03	66.660.442,50	76.354.570,80	88.259.728,28
c=9									60.192.623,73	64.724.719,47	71.187.471,66	80.116.339,77
c=10										64.467.860,93	67.699.237,03	73.651.815,77
c=11											70.021.911,19	72.998.200,56
c=12												74.868.975,34

Keterangan: ■ = Optimal

- Kapur

Tabel Lampiran 5 Rekapitulasi Biaya Minimum Kapur

	e=1	e=2	e=3	e=4	e=5	e=6	e=7	e=8	e=9	e=10	e=11	e=12
c=1	12.513.500,00	86.718.802,65	215.016.680,80	403.336.757,32	704.700.310,47	949.815.403,14	1.237.670.902,28	1.553.134.713,32	1.879.047.030,09	2.291.597.230,76	2.618.427.841,80	2.949.561.293,40
c=2		25.027.000,00	89.175.939,07	214.722.656,75	440.745.321,62	636.837.395,75	876.716.978,37	1.147.114.530,69	1.432.287.807,87	1.798.999.097,35	2.093.146.647,29	2.394.177.057,83
c=3			37.540.500,00	100.313.858,84	250.995.635,41	398.064.691,02	589.968.357,11	815.299.650,71	1.059.733.888,29	1.380.606.266,59	1.642.070.755,42	1.912.998.124,91
c=4				50.054.000,00	125.394.888,29	223.440.925,36	367.368.674,93	547.633.709,81	751.328.907,79	1.026.362.374,90	1.255.143.802,63	1.495.968.131,07
c=5					62.567.500,00	111.590.518,53	207.542.351,58	342.741.127,74	505.697.286,13	734.891.842,05	930.990.208,68	1.141.711.496,06
c=6						75.081.000,00	123.056.916,52	213.189.433,96	335.406.552,75	518.762.197,49	682.177.503,01	862.795.749,34
c=7							87.594.500,00	132.660.758,72	214.138.837,91	351.655.571,47	482.387.815,89	632.903.021,16
c=8								100.108.000,00	140.847.039,60	232.524.861,97	330.574.045,28	450.986.209,50
c=9									112.621.500,00	158.460.411,19	223.826.533,39	314.135.656,56
c=10										125.135.000,00	157.818.061,10	218.024.143,21
c=11											137.648.500,00	167.751.541,05
c=12												150.162.000,00

Keterangan: ■ = Optimal

- Semen

Tabel Lampiran 5 Rekapitulasi Biaya Minimum Semen

	e=1	e=2	e=3	e=4	e=5	e=6	e=7	e=8	e=9	e=10	e=11	e=12
c=1	57.758.913,41	268.426.509,91	632.662.011,43	1.167.299.516,81	2.022.865.536,34	2.718.743.129,95	3.535.960.013,11	4.431.556.425,80	5.356.815.969,18	6.528.038.996,50	7.455.905.561,74	8.395.987.818,40
c=2		115.517.826,82	297.635.577,58	654.060.581,17	1.295.735.095,82	1.852.437.170,70	2.533.451.240,00	3.301.105.308,02	4.110.707.408,48	5.151.794.543,87	5.986.874.452,59	6.841.494.685,92
c=3			173.276.740,23	351.489.242,02	779.272.251,79	1.196.798.807,95	1.741.610.063,39	2.381.321.786,74	3.075.266.444,28	3.986.217.687,75	4.728.510.939,94	5.497.669.149,93
c=4				231.035.653,64	444.927.158,52	723.278.195,96	1.131.886.637,54	1.643.656.016,22	2.221.943.230,84	3.002.758.582,38	3.652.265.178,06	4.335.961.364,72
c=5					288.794.567,05	427.970.085,77	700.375.713,49	1.084.202.747,50	1.546.832.519,19	2.197.511.978,81	2.754.231.917,96	3.352.466.081,29
c=6						346.553.480,46	482.756.294,32	738.640.983,66	1.085.613.312,43	1.606.156.880,13	2.070.090.162,75	2.582.862.302,74
c=7							404.312.393,87	532.254.738,54	763.569.624,39	1.153.977.300,16	1.525.123.926,26	1.952.434.042,92
c=8								462.071.307,28	577.728.750,20	838.000.534,05	1.116.360.503,62	1.458.208.596,95
c=9									519.830.220,69	649.966.112,61	835.539.425,66	1.091.925.495,66
c=10										577.589.134,10	670.375.790,62	841.299.837,29
c=11											635.348.047,51	720.810.070,84
c=12												681.741.375,77

Keterangan: ■ = Optimal

- Aluminium

Tabel Lampiran 5 Rekapitulasi Biaya Minimum Aluminium

Periode	e=1	e=2	e=3	e=4	e=5	e=6	e=7	e=8	e=9	e=10	e=11	e=12
c=1	8.880.192,91	9.980.695,28	11.883.418,05	14.676.300,54	19.145.675,27	22.780.856,73	27.049.900,15	31.728.388,87	36.561.834,25	42.680.163,49	47.527.227,64	52.438.105,10
c=2		17.760.385,82	18.711.747,20	20.573.668,87	23.925.699,91	26.833.845,08	30.391.381,26	34.401.514,45	38.630.779,16	44.069.294,04	48.431.651,78	52.896.085,83
c=3			18.310.637,00	19.241.597,83	21.476.285,19	23.657.394,07	26.503.423,02	29.845.200,68	33.470.284,71	38.228.985,23	42.106.636,55	46.124.627,20
c=4				19.261.998,39	20.379.342,07	21.833.414,66	23.967.936,37	26.641.358,49	29.662.261,85	33.741.148,02	37.134.092,92	40.705.640,16
c=5					20.658.439,63	21.385.475,92	22.808.490,39	24.813.556,99	27.230.279,68	30.629.351,48	33.537.589,97	36.662.693,81
c=6						22.893.127,00	23.604.634,24	24.941.345,30	26.753.887,32	29.473.144,76	31.896.676,83	34.575.337,27
c=7							24.710.717,73	25.379.073,26	26.587.434,61	28.626.877,69	30.565.703,35	32.797.920,37
c=8								26.845.239,44	27.449.420,11	28.809.048,83	30.263.168,08	32.048.941,70
c=9									29.184.483,80	29.864.298,16	30.833.710,99	32.173.041,21
c=10										31.601.206,49	32.085.912,90	32.978.799,72
c=11											34.524.088,47	34.970.531,88
c=12												35.978.207,71

Keterangan: ■ = Optimal

Lampiran 7

Lampiran 7 berisi MRP untuk semua bahan baku Bata Ringan AAC 10cm berdasarkan metode *Wagner-Within Algorithm*. Berikut ini merupakan MRP untuk semua bahan baku Bata Ringan AAC 10cm:

- Pasir Silika

Tabel Lampiran 7 MRP Pasir Silika dengan *Wagner-Within Algorithm*

Pasir Silika	Periode						
	1	2	3	4	5	6	7
GR	1.302.451,38	2.822.235,14	2.439.763,51	2.387.446,35	2.865.424,64	1.864.482,46	1.824.658,25
SR							
OI	0	0	0	0	1.864.482,46	0	1.713.995,82
NR							
PORec	1.302.451,38	2.822.235,14	2.439.763,51	2.387.446,35	4.729.907,10		3.538.654,07
PORel	1.302.451,38	2.822.235,14	2.439.763,51	2.387.446,35	4.729.907,10		3.538.654,07
Pasir Silika	Periode					Total	
	8	9	10	11	12		
GR	1.713.995,82	1.549.419,58	1.743.381,96	1.243.028,20	1.144.902,82	22.901.190,11	
SR							
OI	0	0	0	1.144.902,82	0	4.723.381,11	
NR							
PORec		1.549.419,58	1.743.381,96	2.387.931,02		22.901.190,11	
PORel		1.549.419,58	1.743.381,96	2.387.931,02		22.901.190,11	

- Gypsum

Tabel Lampiran 7 MRP Gypsum dengan *Wagner-Within Algorithm*

Gypsum	Periode						
	1	2	3	4	5	6	7
GR	13.024,51	28.222,35	24.397,64	23.874,46	28.654,25	18.644,82	18.246,58
SR							
OI	28.222,35	0	23.874,46	0	18.644,82	0	0
NR							
PORec	41.246,87		48.272,10		47.299,07		18.246,58
PORel	41.246,87		48.272,10		47.299,07		18.246,58
Gypsum	Periode					Total	
	8	9	10	11	12		
GR	17.139,96	15.494,20	17.433,82	12.430,28	11.449,03	229.011,90	
SR							
OI	15.494,20	0	12.430,28	0	0	98.666,12	
NR							
PORec	32.634,15		29.864,10		11.449,03	229.011,90	
PORel	32.634,15		29.864,10		11.449,03	229.011,90	

- Kapur

Tabel Lampiran 7 MRP Kapur dengan Wagner-Within Algorithm

Kapur	Periode						
	1	2	3	4	5	6	7
GR	131.733,65	285.448,93	246.764,65	241.473,15	289.817,23	188.579,08	184.551,15
SR							
OI	0	0	0	0	0	0	0
NR							
PORec	131.733,65	285.448,93	246.764,65	241.473,15	289.817,23	188.579,08	184.551,15
PORel	131.733,65	285.448,93	246.764,65	241.473,15	289.817,23	188.579,08	184.551,15
Kapur	Periode					Total	
	8	9	10	11	12		
GR	173.358,43	156.712,72	176.330,63	125.723,42	115.798,74	2.316.291,80	
SR							
OI	0	0	0	0	0	0	
NR							
PORec	173.358,43	156.712,72	176.330,63	125.723,42	115.798,74	2.316.291,80	
PORel	173.358,43	156.712,72	176.330,63	125.723,42	115.798,74	2.316.291,80	

- Semen

Tabel Lampiran 7 MRP Semen dengan Wagner-Within Algorithm

Semen	Periode						
	1	2	3	4	5	6	7
GR	373.989,61	810.384,66	700.560,67	685.538,17	822.786,22	535.372,82	523.937,58
SR							
OI	0	0	0	0	0	0	0
NR							
PORec	373.989,61	810.384,66	700.560,67	685.538,17	822.786,22	535.372,82	523.937,58
PORel	373.989,61	810.384,66	700.560,67	685.538,17	822.786,22	535.372,82	523.937,58
Semen	Periode					Total	
	8	9	10	11	12		
GR	492.161,66	444.904,77	500.599,68	356.926,67	328.750,67	6.575.913,16	
SR							
OI	0	0	0	0	0	0	
NR							
PORec	492.161,66	444.904,77	500.599,68	356.926,67	328.750,67	6.575.913,16	
PORel	492.161,66	444.904,77	500.599,68	356.926,67	328.750,67	6.575.913,16	

- Aluminium

Tabel Lampiran 7 MRP Aluminium dengan Wagner-Within Algorithm

Aluminium	Periode						
	1	2	3	4	5	6	7
GR	1.953,68	4.233,35	3.659,65	3.581,17	4.298,14	2.796,72	2.736,99
SR							
OI	15.772,30	11.538,95	7.879,31	4.298,14	0	5.307,98	2.570,99
NR							
PORec	17.725,98					8.104,70	
PORel	17.725,98					8.104,70	
Aluminium	Periode					Total	
	8	9	10	11	12		
GR	2.570,99	2.324,13	2.615,07	1.864,54	1.717,35	34.351,79	
SR							
OI	0	2.615,07	0	1.717,35	0	51.700,10	
NR							
PORec		4.939,20		3.581,90		34.351,79	
PORel		4.939,20		3.581,90		34.351,79	

Lampiran 8

Lampiran 8 berisi hasil perhitungan *lot size* untuk semua bahan baku Bata Ringan AAC 10cm berdasarkan metode *Silver-Meal Algorithm*. Berikut ini merupakan hasil perhitungan *lot size* untuk semua bahan baku Bata Ringan AAC 10cm:

- Pasir Silika

Tabel Lampiran 8 Hasil Perhitungan Lot Size Pasir Silika menggunakan Silver-Meal Algorithm

Kombinasi Periode	Permintaan Kumulatif (pcs)	Total Biaya (Rp)	Rata-rata Total Biaya per Periode (Rp)
1	1.302.451,38	485.781.980,95	485.781.980,95
1,2	4.124.686,52	1.219.437.024,85	609.718.512,43
2	2.822.235,14	485.781.980,95	485.781.980,95
2,3	5.261.998,65	1.120.011.490,62	560.005.745,31
3	2.439.763,51	485.781.980,95	485.781.980,95
3,4	4.827.209,87	1.106.411.365,81	553.205.682,91
4	2.387.446,35	485.781.980,95	485.781.980,95
4,5	5.252.870,99	1.230.664.364,44	615.332.182,22
5	2.865.424,64	485.781.980,95	485.781.980,95
5,6	4.729.907,10	970.464.119,99	485.232.059,99
5,6,7	6.554.565,35	1.919.123.363,66	639.707.787,89
7	1.824.658,25	485.781.980,95	485.781.980,95
7,8	3.538.654,07	931.344.317,33	465.672.158,66
7,8,9	5.088.073,65	1.736.904.050,05	578.968.016,68
9	1.549.419,58	485.781.980,95	485.781.980,95
9,10	3.292.801,54	938.983.399,15	469.491.699,58
9,10,11	4.535.829,74	1.585.246.988,78	528.415.662,93
11	1.243.028,20	485.781.980,95	485.781.980,95
11,12	2.387.931,02	783.405.561,99	391.702.781,00

Keterangan: ■ = Optimal

- Gypsum

Tabel Lampiran 8 Hasil Perhitungan Lot Size Gypsum menggunakan Silver-Meal Algorithm

Kombinasi Periode	Permintaan Kumulatif (pcs)	Total Biaya (Rp)	Rata-rata Total Biaya per Periode (Rp)
1	13.024,51	9.907.500,00	9.907.500,00
1,2	41.246,87	17.244.050,44	8.622.025,22
1,2,3	65.644,50	29.928.640,63	9.976.213,54
3	24.397,64	9.907.500,00	9.907.500,00
3,4	48.272,10	16.113.793,85	8.056.896,92
3,4,5	76.926,35	31.011.441,52	10.337.147,17
5	28.654,25	9.907.500,00	9.907.500,00
5,6	47.299,07	14.754.321,39	7.377.160,70
5,6,7	65.545,65	24.240.913,83	8.080.304,61
7	18.246,58	9.907.500,00	9.907.500,00
7,8	35.386,54	14.363.123,36	7.181.561,68

Lanjutan Tabel Lampiran 8 Hasil Perhitungan Lot Size Gypsum menggunakan Silver-Meal Algorithm

7,8,9	50.880,74	22.418.720,69	7.472.906,90
9	15.494,20	9.907.500,00	9.907.500,00
9,10	32.928,02	14.439.514,18	7.219.757,09
9,10,11	45.358,30	20.902.150,08	6.967.383,36
9,10,11,12	56.807,33	29.830.857,51	7.457.714,38
12	11.449,03	9.907.500,00	9.907.500,00

Keterangan: ■ = Optimal

- Kapur

Tabel Lampiran 8 Hasil Perhitungan Lot Size Kapur menggunakan Silver-Meal Algorithm

Kombinasi Periode	Permintaan Kumulatif (pcs)	Total Biaya (Rp)	Rata-rata Total Biaya per Periode (Rp)
1	131.733,65	12.513.500,00	12.513.500,00
1,2	417.182,58	86.717.467,30	43.358.733,65
2	285.448,93	12.513.500,00	12.513.500,00
2,3	532.213,58	76.661.284,69	38.330.642,35
3	246.764,65	12.513.500,00	12.513.500,00
3,4	488.237,80	75.285.729,21	37.642.864,61
4	241.473,15	12.513.500,00	12.513.500,00
4,5	531.290,38	87.853.032,50	43.926.516,25
5	289.817,23	12.513.500,00	12.513.500,00
5,6	478.396,32	61.535.636,35	30.767.818,17
6	188.579,08	12.513.500,00	12.513.500,00
6,7	373.130,23	60.488.553,18	30.244.276,59
7	184.551,15	12.513.500,00	12.513.500,00
7,8	357.909,58	57.578.947,74	28.789.473,87
8	173.358,43	12.513.500,00	12.513.500,00
8,9	330.071,16	53.251.806,48	26.625.903,24
9	156.712,72	12.513.500,00	12.513.500,00
9,10	333.043,36	58.351.586,30	29.175.793,15
10	176.330,63	12.513.500,00	12.513.500,00
10,11	302.054,06	45.195.972,96	22.597.986,48
11	125.723,42	12.513.500,00	12.513.500,00
11,12	241.522,17	42.615.999,34	21.307.999,67
12	115.798,74	12.513.500,00	12.513.500,00

Keterangan: ■ = Optimal

- Semen

Tabel Lampiran 8 Hasil Perhitungan Lot Size Semen menggunakan Silver-Meal Algorithm

Kombinasi Periode	Permintaan Kumulatif (pcs)	Total Biaya (Rp)	Rata-rata Total Biaya per Periode (Rp)
1	373.989,61	57.758.913,41	57.758.913,41
1,2	1.184.374,27	268.422.718,88	134.211.359,44
2	810.384,66	57.758.913,41	57.758.913,41
2,3	1.510.945,33	239.873.386,90	119.936.693,45
3	700.560,67	57.758.913,41	57.758.913,41

Lanjutan Tabel Lampiran 8 Hasil Perhitungan Lot Size Semen menggunakan Silver-Meal Algorithm

3,4	1.386.098,83	235.968.208,21	117.984.104,10
4	685.538,17	57.758.913,41	57.758.913,41
4,5	1.508.324,38	271.646.569,24	135.823.284,62
5	822.786,22	57.758.913,41	57.758.913,41
5,6	1.358.159,04	196.931.927,62	98.465.963,81
6	535.372,82	57.758.913,41	57.758.913,41
6,7	1.059.310,40	193.959.276,26	96.979.638,13
7	523.937,58	57.758.913,41	57.758.913,41
7,8	1.016.099,24	185.698.955,72	92.849.477,86
8	492.161,66	57.758.913,41	57.758.913,41
8,9	937.066,42	173.414.275,04	86.707.137,52
9	444.904,77	57.758.913,41	57.758.913,41
9,10	945.504,44	187.892.463,50	93.946.231,75
10	500.599,68	57.758.913,41	57.758.913,41
10,11	857.526,34	150.543.900,21	75.271.950,10
11	356.926,67	57.758.913,41	57.758.913,41
11,12	685.677,33	143.219.398,83	71.609.699,41
12	328.750,67	57.758.913,41	57.758.913,41

Keterangan: ■ = Optimal

- Aluminium

Tabel Lampiran 8 Hasil Perhitungan Lot Size Aluminium menggunakan Silver-Meal Algorithm

Kombinasi Periode	Permintaan Kumulatif (pcs)	Total Biaya (Rp)	Rata-rata Total Biaya per Periode (Rp)
1	1.953,68	8.880.192,91	8.880.192,91
1,2	6.187,03	9.980.675,47	4.990.337,74
1,2,3	9.846,68	11.883.364,00	3.961.121,33
1,2,3,4	13.427,84	14.676.196,23	3.669.049,06
1,2,3,4,5	17.725,98	19.145.490,54	3.829.098,11
5	4.298,14	8.880.192,91	8.880.192,91
5,6	7.094,86	9.607.216,12	4.803.608,06
5,6,7	9.831,85	11.030.204,98	3.676.734,99
5,6,7,8	12.402,84	13.035.235,50	3.258.808,87
5,6,7,8,9	14.726,97	15.451.914,69	3.090.382,94
5,6,7,8,9,10	17.342,04	18.850.925,33	3.141.820,89
10	2.615,07	8.880.192,91	8.880.192,91
10,11	4.479,62	9.364.890,60	4.682.445,30
10,11,12	6.196,97	10.257.761,34	3.419.253,78

Keterangan: ■ = Optimal

Lampiran 9

Lampiran 9 berisi MRP untuk semua bahan baku Bata Ringan AAC 10cm berdasarkan metode *Silver-Meal Algorithm*. Berikut ini merupakan MRP untuk semua bahan baku Bata Ringan AAC 10cm:

- Pasir Silika

Tabel Lampiran 7 MRP Pasir Silika dengan *Silver-Meal Algorithm*

Pasir Silika	Periode						
	1	2	3	4	5	6	7
GR	1.302.451,38	2.822.235,14	2.439.763,51	2.387.446,35	2.865.424,64	1.864.482,46	1.824.658,25
SR							
OI	0	0	0	0	1.864.482,46	0	1.713.995,82
NR							
PORec	1.302.451,38	2.822.235,14	2.439.763,51	2.387.446,35	4.729.907,10		3.538.654,07
PORel	1.302.451,38	2.822.235,14	2.439.763,51	2.387.446,35	4.729.907,10		3.538.654,07
Pasir Silika	Periode					Total	
	8	9	10	11	12		
GR	1.713.995,82	1.549.419,58	1.743.381,96	1.243.028,20	1.144.902,82	22.901.190,11	
SR							
OI	0	1.743.381,96	0	1.144.902,82	0	6.466.763,07	
NR							
PORec		3.292.801,54		2.387.931,02		22.901.190,11	
PORel		3.292.801,54		2.387.931,02		22.901.190,11	

- Gypsum

Tabel Lampiran 7 MRP Gypsum dengan *Silver-Meal Algorithm*

Gypsum	Periode						
	1	2	3	4	5	6	7
GR	13.024,51	28.222,35	24.397,64	23.874,46	28.654,25	18.644,82	18.246,58
SR							
OI	28.222,35	0	23.874,46	0	18.644,82	0	17.139,96
NR							
PORec	41.246,87		48.272,10		47.299,07		35.386,54
PORel	41.246,87		48.272,10		47.299,07		35.386,54
Gypsum	Periode					Total	
	8	9	10	11	12		
GR	17.139,96	15.494,20	17.433,82	12.430,28	11.449,03	229.011,90	
SR							
OI	0	29.864,10	12.430,28	0	0	130.175,98	
NR							
PORec		45.358,30			11.449,03	229.011,90	
PORel		45.358,30			11.449,03	229.011,90	

- Kapur

Tabel Lampiran 7 MRP Kapur dengan *Silver-Meal Algorithm*

Kapur	Periode						
	1	2	3	4	5	6	7
GR	131.733,65	285.448,93	246.764,65	241.473,15	289.817,23	188.579,08	184.551,15
SR							
OI	0	0	0	0	0	0	0
NR							
PORec	131.733,65	285.448,93	246.764,65	241.473,15	289.817,23	188.579,08	184.551,15
PORel	131.733,65	285.448,93	246.764,65	241.473,15	289.817,23	188.579,08	184.551,15
Kapur	Periode					Total	
	8	9	10	11	12		
GR	173.358,43	156.712,72	176.330,63	125.723,42	115.798,74	2.316.291,80	
SR							
OI	0	0	0	0	0	0	
NR							
PORec	173.358,43	156.712,72	176.330,63	125.723,42	115.798,74	2.316.291,80	
PORel	173.358,43	156.712,72	176.330,63	125.723,42	115.798,74	2.316.291,80	

- Semen

Tabel Lampiran 7 MRP Semen dengan *Silver-Meal Algorithm*

Semen	Periode						
	1	2	3	4	5	6	7
GR	373.989,61	810.384,66	700.560,67	685.538,17	822.786,22	535.372,82	523.937,58
SR							
OI	0	0	0	0	0	0	0
NR							
PORec	373.989,61	810.384,66	700.560,67	685.538,17	822.786,22	535.372,82	523.937,58
PORel	373.989,61	810.384,66	700.560,67	685.538,17	822.786,22	535.372,82	523.937,58
Semen	Periode					Total	
	8	9	10	11	12		
GR	492.161,66	444.904,77	500.599,68	356.926,67	328.750,67	6.575.913,16	
SR							
OI	0	0	0	0	0	0	
NR							
PORec	492.161,66	444.904,77	500.599,68	356.926,67	328.750,67	6.575.913,16	
PORel	492.161,66	444.904,77	500.599,68	356.926,67	328.750,67	6.575.913,16	

- Aluminium

Tabel Lampiran 7 MRP Aluminium dengan *Silver-Meal Algorithm*

Aluminium	Periode						
	1	2	3	4	5	6	7
GR	1.953,68	4.233,35	3.659,65	3.581,17	4.298,14	2.796,72	2.736,99
SR							
OI	11.474,17	7.240,81	3.581,17	0	10.428,83	7.632,11	4.895,12
NR							
PORec	13.427,84				14.726,97		
PORel	13.427,84				14.726,97		
Aluminium	Periode					Total	
	8	9	10	11	12		
GR	2.570,99	2.324,13	2.615,07	1.864,54	1.717,35	34.351,79	
SR							
OI	2.324,13	0	3.581,90	1.717,35	0	52.875,60	
NR							
PORec			6.196,97			34.351,79	
PORel			6.196,97			34.351,79	

Lampiran 10

Lampiran 10 berisi MRP untuk semua bahan baku Bata Ringan AAC 10cm berdasarkan metode *Lot for Lot*. Berikut ini merupakan MRP untuk semua bahan baku Bata Ringan AAC 10cm:

- Pasir Silika

Tabel Lampiran 7 MRP Pasir Silika dengan *Lot for Lot*

Pasir Silika	Periode						
	1	2	3	4	5	6	7
GR	1.302.451,38	2.822.235,14	2.439.763,51	2.387.446,35	2.865.424,64	1.864.482,46	1.824.658,25
SR							
OI	0	0	0	0	0	0	0
NR							
PORec	1.302.451,38	2.822.235,14	2.439.763,51	2.387.446,35	2.865.424,64	1.864.482,46	1.824.658,25
PORel	1.302.451,38	2.822.235,14	2.439.763,51	2.387.446,35	2.865.424,64	1.864.482,46	1.824.658,25
Pasir Silika	Periode					Total	
	8	9	10	11	12		
GR	1.713.995,82	1.549.419,58	1.743.381,96	1.243.028,20	1.144.902,82	22.901.190,11	
SR							
OI	0	0	0	0	0	0	
NR							
PORec	1.713.995,82	1.549.419,58	1.743.381,96	1.243.028,20	1.144.902,82	22.901.190,11	
PORel	1.713.995,82	1.549.419,58	1.743.381,96	1.243.028,20	1.144.902,82	22.901.190,11	

- Gypsum

Tabel Lampiran 7 MRP Gypsum dengan *Lot for Lot*

Gypsum	Periode						
	1	2	3	4	5	6	7
GR	13.024,51	28.222,35	24.397,64	23.874,46	28.654,25	18.644,82	18.246,58
SR							
OI	0	0	0	0	0	0	0
NR							
PORec	13.024,51	28.222,35	24.397,64	23.874,46	28.654,25	18.644,82	18.246,58
PORel	13.024,51	28.222,35	24.397,64	23.874,46	28.654,25	18.644,82	18.246,58
Gypsum	Periode					Total	
	8	9	10	11	12		
GR	17.139,96	15.494,20	17.433,82	12.430,28	11.449,03	229.011,90	
SR							
OI	0	0	0	0	0	0	
NR							
PORec	17.139,96	15.494,20	17.433,82	12.430,28	11.449,03	229.011,90	
PORel	17.139,96	15.494,20	17.433,82	12.430,28	11.449,03	229.011,90	

- Kapur

Tabel Lampiran 7 MRP Kapur dengan Lot for Lot

Kapur	Periode						
	1	2	3	4	5	6	7
GR	131.733,65	285.448,93	246.764,65	241.473,15	289.817,23	188.579,08	184.551,15
SR							
OI	0	0	0	0	0	0	0
NR							
PORec	131.733,65	285.448,93	246.764,65	241.473,15	289.817,23	188.579,08	184.551,15
PORel	131.733,65	285.448,93	246.764,65	241.473,15	289.817,23	188.579,08	184.551,15
Kapur	Periode					Total	
	8	9	10	11	12		
GR	173.358,43	156.712,72	176.330,63	125.723,42	115.798,74	2.316.291,80	
SR							
OI	0	0	0	0	0	0	
NR							
PORec	173.358,43	156.712,72	176.330,63	125.723,42	115.798,74	2.316.291,80	
PORel	173.358,43	156.712,72	176.330,63	125.723,42	115.798,74	2.316.291,80	

- Semen

Tabel Lampiran 7 MRP Semen dengan Lot for Lot

Semen	Periode						
	1	2	3	4	5	6	7
GR	373.989,61	810.384,66	700.560,67	685.538,17	822.786,22	535.372,82	523.937,58
SR							
OI	0	0	0	0	0	0	0
NR							
PORec	373.989,61	810.384,66	700.560,67	685.538,17	822.786,22	535.372,82	523.937,58
PORel	373.989,61	810.384,66	700.560,67	685.538,17	822.786,22	535.372,82	523.937,58
Semen	Periode					Total	
	8	9	10	11	12		
GR	492.161,66	444.904,77	500.599,68	356.926,67	328.750,67	6.575.913,16	
SR							
OI	0	0	0	0	0	0	
NR							
PORec	492.161,66	444.904,77	500.599,68	356.926,67	328.750,67	6.575.913,16	
PORel	492.161,66	444.904,77	500.599,68	356.926,67	328.750,67	6.575.913,16	

- Aluminium

Tabel Lampiran 7 MRP Aluminium dengan *Lot for Lot*

Aluminium	Periode						
	1	2	3	4	5	6	7
GR	1.953,68	4.233,35	3.659,65	3.581,17	4.298,14	2.796,72	2.736,99
SR							
OI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NR							
PORec	1.953,68	4.233,35	3.659,65	3.581,17	4.298,14	2.796,72	2.736,99
PORel	1.953,68	4.233,35	3.659,65	3.581,17	4.298,14	2.796,72	2.736,99
Aluminium	Periode					Total	
	8	9	10	11	12		
GR	2.570,99	2.324,13	2.615,07	1.864,54	1.717,35	34.351,79	
SR							
OI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
NR							
PORec	2.570,99	2.324,13	2.615,07	1.864,54	1.717,35	34.351,79	
PORel	2.570,99	2.324,13	2.615,07	1.864,54	1.717,35	34.351,79	