1. *Work Design & Measurement*
2. *Facilities Engineering & Energy Management*

PERBAIKAN METODE KERJA DAN TATA LETAK BARANG DI GUDANG PT X UNTUK PENINGKATAN EFEKTIVITAS DAN EFISIENSI OPERASIONAL

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai

derajat Sarjana Teknik Industri

Athanasius Marvel Arraya Zebua	**220611771**
Martinus Kidung Tirtayuda	**220611810**

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK INDUSTRI

DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA

YOGYAKARTA

2026

HALAMAN IDENTITAS

Judul Tugas Akhir:

Perbaikan Metode Kerja Dan Tata Letak Barang di Gudang PT X Untuk Peningkatan Efektivitas dan Efisiensi Operasional

***IE Body of Knowledge*:**

1. *Work Design & Measurement*
2. *Facilities Engineering & Energy Management*

Tim Tugas Akhir:

No.	Nama dan NPM	Program Studi	Perguruan Tinggi	Deskripsi Peran dalam Perancangan
1	Athanasius Marvel Arraya Zebua 220611771	Teknik Industri	UAJY	Melakukan evaluasi penataan barang dan jarak antar tata letak penyimpanan, melakukan pembuatan tata letak aktual dan perbaikan tata letak lalu dibandingkan dengan menggunakan *software* simulasi
2	Martinus Kidung Tirtayuda 220611810	Teknik Industri	UAJY	Mengevaluasi variasi metode kerja aktual melalui pengukuran waktu proses, melakukan perancangan metode kerja baku dengan metode *lean warehousing*, melakukan implementasi metode kerja usulan dan mengukur CSF yang terukur dari waktu proses sebelum dan sesudah perbaikan.

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir Berjudul

PERBAIKAN ALUR METODE KERJA DAN TATA LETAK GUDANG DALAM PENINGKATAN EFISIENSI OPERASIONAL PROSES MUAT BARANG GUDANG PADA PERUSAHAAN PRODUKSI SODIUM SILLICATE

yang disusun oleh

Athanasius Marvel Arraya Zebua

220611771

dinyatakan telah memenuhi syarat pada tanggal 29 Juli 2026

			Keterangan
Dosen Pembimbing 1	:	Dr. Ir. Maria Chandra Dewi K., S.T., M.T.	Telah Menyetujui
Tim Penguji			
Penguji 1	:	Dr. Ir. Maria Chandra Dewi K., S.T., M.T.	Telah Menyetujui
Penguji 2	:	Dr. Ir. Ign.Luddy Indra Purnama, M.Sc.	Telah Menyetujui
Penguji 3	:	Ir. B. Laksito Purnomo, S.T., M.Sc.	Telah Menyetujui

Yogyakarta, 29 Juli 2026

Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Teknologi Industri

Dekan

ttd.

Prof. Dr. Ir. Parama Kartika Dewa SP., S.T., M.T., IPU, ASEAN Eng.

Dokumen ini merupakan dokumen resmi UAJY yang tidak memerlukan tanda tangan karena dihasilkan secara elektronik oleh Sistem Bimbingan UAJY. UAJY bertanggung jawab penuh atas informasi yang tertera di dalam dokumen ini

HALAMAN PERSETUJUAN PERUSAHAAN



PT SINAR SAKTI KIMIA

SERTIFIKAT

PRAKTEK KERJA LAPANGAN

Diberikan Kepada :

Athanasius Marvel Arraya Zebua

PROGRAM STUDI : TEKNIK INDUSTRI
UNIVERSITAS ATMAJAYA YOGYAKARTA
NPM : 220611771

Telah melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di PT. Sinar Sakti Kimia, mulai 11 Agustus 2025 - 6 Februari 2026 dengan hasil :

BAIK

Sukoharjo, 6 Februari 2026
Manager HRD + UMUM

Diatnatali Broto Yuwono.



PT SINAR SAKTI KIMIA

SERTIFIKAT

PRAKTEK KERJA LAPANGAN

Diberikan Kepada :

Martinus Kidung Tirtayuda

PROGRAM STUDI : TEKNIK INDUSTRI
UNIVERSITAS ATMAJAYA YOGYAKARTA
NPM : 220611810

Telah melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di PT. Sinar Sakti Kimia, mulai 11 Agustus 2025 - 6 Februari 2026 dengan hasil :

BAIK

Sukoharjo, 6 Februari 2026
Manager HRD + UMUM

Diatnatali Broto Yuwono.

PERNYATAAN ORIGINALITAS

Kami yang bertanda tangan di bawah ini:

1. Nama : Athanasius Marvel Arraya Zebua
   NPM : 220611771
2. Nama : Martinus Kidung Tirtayuda
   NPM : 220611810

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir kami dengan judul “Perbaikan Metode Kerja Dan Tata Letak Barang di Gudang PT X Untuk Peningkatan Efektivitas dan Efisiensi Operasional” merupakan hasil karya kami pada Tahun Akademik 2025/2026 yang bersifat original dan tidak mengandung plagiasi dari karya manapun.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka kami bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku, termasuk dicabut gelar sarjana yang telah diberikan Universitas Atma Jaya Yogyakarta kepada kami.

Demikian pernyataan ini kami buat dengan sesungguhnya dan dengan sebenar-benarnya.

Yogyakarta, 29 Juli 2026

Yang menyatakan,







Athanasius Marvel Arraya Zebua

Martinus Kidung Tirtayuda

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul "Perbaikan Metode Kerja Dan Tata Letak Barang di Gudang PT X Untuk Peningkatan Efektivitas dan Efisiensi Operasional" sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Parama Kartika Dewa SP, ST., MT., IPU, ASEAN Eng, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
2. Bapak Dr. Ir. Ign. Luddy Indra P, M.Sc. IPU., selaku Ketua Departemen Teknik Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta dan Dosen Penguji 1 Tugas Akhir.
3. Bapak Ir. Twin Yoshua Raharjo Destyanto, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM., selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta
4. Ibu Dr. Ir. M. Chandra Dewi Kurnianingtyas, S.T., M.T., IPU, ASEAN Eng., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama proses pengerjaan.
5. Bapak Ir. B. Laksito Purnomo, S.T., M.Sc., selaku Dosen Penguji 2 Tugas Akhir.
6. Bapak Harsinto, selaku Komisaris Perusahaan yang memperkenankan untuk dijadikan objek penelitian Tugas Akhir.
7. Bapak Heri, Bapak Taufik, Bapak Lilik, Bapak Yulianto, Bapak Bambang, Bapak Harno, Ibu Ita, Mas Wahyu, Mas Yamdi, Mas Khotibul, Mas Suryadi, Mas Bandi, dan segenap karyawan perusahaan yang menjadi objek penelitian.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki keterbatasan dan kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi penyempurnaan di masa mendatang. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan menjadi kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Yogyakarta, 29 Juli 2026

Penulis,



Athanasius Marvel Arraya Zebua



Martinus Kidung Tirtayuda

DAFTAR ISI

SAMPUL i
HALAMAN IDENTITAS ii
HALAMAN PENGESAHAN iii
HALAMAN PERSETUJUAN PERUSAHAAN iv
PERNYATAAN ORIGINALITAS v
PENGANTAR vi
DAFTAR ISI viii
DAFTAR TABEL x
DAFTAR GAMBAR xv
DAFTAR LAMPIRAN xviii
INTISARI xxii
BAB 1 PENDAHULUAN 23
1.1 Latar Belakang 23
1.2 Eksplorasi Masalah 25
1.3 Rumusan Masalah 32
1.4 Tujuan 32
1.5 Persyaratan dan Batasan 32
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI 34
2.1 Tinjauan Pustaka 34
2.2 Dasar Teori 50
2.3 Standar dan Kode Etik 69
BAB 3 ANALISIS AKAR MASALAH DAN PEMILIHAN ALTERNATIF SOLUSI 74
3.1 Gambaran Sistem 74
3.2 Identifikasi Akar Masalah 81
3.3 Pengembangan dan Pemilihan Alternatif Solusi 89
3.4 Perencanaan Kerja Tim untuk Perancangan Solusi 107
3.5 Pemilihan *Metode* dan *Tools* 108
BAB 4 METODOLOGI TUGAS AKHIR 116
4.1 Tahapan Tugas Akhir 116
4.2 Tahapan Empathizing 117
4.3 Tahapan *Defining* 119
4.4 Tahapan *Ideating* 120
4.5 Tahapan *Prototyping* dan Metode Perancangan Keseluruhan 122

4.6 Tahapan *Prototyping* dan Metode Perancangan Individu 124
4.7 Tahapan *Testing* 129
4.8 Rekapitulasi Tahapan Tugas Akhir 131
4.9 Keunikan Tugas Akhir 133
4.10 Rencana Jadwal Pengerjaan Tugas Akhir 133
BAB 5 RANCANGAN PERBAIKAN METODE KERJA 136
5.1 Analisis Kondisi Awal Proses Muat Barang 136
5.2 Identifikasi *Waste* dengan Menggunakan *Lean Warehousing* 150
5.3 Perbaikan Metode Kerja Pemuatan Barang 157
BAB 6 PERANCANGAN *STORAGE WAREHOUSE* 168
6.1 Analisis Kondisi Gudang pada Perusahaan 168
6.2 Perancangan *Storage Policy* 183
6.3 Perancangan *Storage Medium* Gudang 200
6.4 Perancangan *Building Shell* 203
6.5 Perancangan *Material Handling System* 208
6.6 Simulasi Proses Pemuatan Aktual (*As-Is*) 215
6.7 Perancangan Model Simulasi *Storage Warehouse* Usulan (*To-Be*) 224
BAB 7 HASIL IMPLEMENTASI 230
7.1 Implementasi Perbaikan Metode Kerja 230
7.2 Implementasi Perbaikan *Storage Warehouse* 251
7.3 Standardisasi Waktu Proses Pemuatan Barang 268
7.4 Analisis Biaya Solusi Permasalahan 302
7.5 Prioritas Implementasi Perbaikan 312
BAB 8 KESIMPULAN DAN SARAN 315
8.1 Kesimpulan 315
8.2 Saran 316
DAFTAR PUSTAKA xxii
LAMPIRAN xxviii

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Rekapitulasi peneliti terdahulu 45
Tabel 3.1 Rangkuman permasalahan dan harapan *stakeholders* 76
Tabel 3.2 Rekapitulasi permasalahan 77
Tabel 3.3 *Throughput time* tiap pengiriman 80
Tabel 3.4 Pertimbangan akar permasalahan 88
Tabel 3.5 Penelusuran alternatif solusi dengan *benchmarking* 90
Tabel 3.6 Analisis 5W+1H akar masalah metode kerja 101
Tabel 3.7 Analisis 5W+1H akar masalah tata letak 102
Tabel 3.8 Rekapitulasi alternatif solusi berdasarkan *benchmark* 104
Tabel 3.9 Matrix eisenhower akar masalah 1 105
Tabel 3.10 Matrix eisenhower akar masalah 2 106
Tabel 3.11 Perencanaan kerja tim 107
Tabel 3.12 Alternatif metode pengukuran waktu kerja 109
Tabel 3.13 Alternatif *tools* jam henti 109
Tabel 3.14 Alternatif metode eliminasi *waste* 110
Tabel 3.15 Alternatif *tools lean warehousing* 111
Tabel 3.16 Alternatif metode perancangan *storage warehouse* 113
Tabel 3.17 Alternatif *tools class-based storage* 114
Tabel 5.1 Rekapitulasi waktu muat barang keseluruhan 138
Tabel 5.2 Waktu proses pengiriman 1 sebelum perbaikan 140
Tabel 5.3 Waktu proses pengiriman 2 sebelum perbaikan 140
Tabel 5.4 Waktu proses pengiriman 3 sebelum perbaikan 140
Tabel 5.5 Waktu proses pengiriman 4 sebelum perbaikan 141
Tabel 5.6 Waktu proses pengiriman 5 sebelum perbaikan 141
Tabel 5.7 Waktu proses pengiriman 6 sebelum perbaikan 141
Tabel 5.8 Waktu proses pengiriman 7 sebelum perbaikan 141
Tabel 5.9 Waktu proses pengiriman 8 sebelum perbaikan 142
Tabel 5.10 Waktu proses pengiriman 9 sebelum perbaikan 142
Tabel 5.11 Waktu proses pengiriman 10 sebelum perbaikan 142
Tabel 5.12 Waktu proses pengiriman 11 sebelum perbaikan 142
Tabel 5.13 Waktu proses pengiriman 12 sebelum perbaikan 143
Tabel 5.14 Waktu proses pengiriman 13 sebelum perbaikan 143

Tabel 5.15 Waktu proses pengiriman 14 sebelum perbaikan 143
Tabel 5.16 Rekapitulasi waktu proses sebelum perbaikan 144
Tabel 5.17 Data rekapitulasi durasi muat pengiriman *cullet* 144
Tabel 5.18 Analisis aktivitas utama 151
Tabel 5.19 Analisis aktivitas pemborosan 152
Tabel 5.20 *Waste* pada proses pemuatan 153
Tabel 5.21 Klasifikasi *waste* 154
Tabel 5.22 *Waiting time* berdasarkan kategori *waste* 155
Tabel 5.23 Perbandingan proporsi *waste* 156
Tabel 5.24 Ringkasan masalah 158
Tabel 5.25 Analisis ECRS aktivitas utama 159
Tabel 5.26 Analisis ECRS berdasarkan *waiting time* 159
Tabel 5.27 PAP Usulan *pre-loading* 163
Tabel 5.28 PAP usulan *loading* 166
Tabel 5.29 Analisis rancangan perbaikan 167
Tabel 6.1 *Stock sheet* gudang utara (Agustus) 171
Tabel 6.2 *Stock sheet* gudang utara (September) 172
Tabel 6.3 *Stock sheet* gudang utara (Oktober) 174
Tabel 6.4 *Stock sheet* gudang utara (November) 175
Tabel 6.5 Ukuran area penyimpanan zona X 181
Tabel 6.6 Ukuran area penyimpanan zona Y 182
Tabel 6.7 Ukuran area penyimpanan zona Z 183
Tabel 6.8 Frekuensi perpindahan barang bulan Juni 2025 185
Tabel 6.9 Frekuensi perpindahan barang bulan Juli 2025 186
Tabel 6.10 Frekuensi perpindahan barang bulan Agustus 2025 187
Tabel 6.11 Frekuensi perpindahan barang bulan September 2025 188
Tabel 6.12 Frekuensi perpindahan barang bulan Oktober 2025 189
Tabel 6.13 Frekuensi perpindahan barang bulan November 2025 191
Tabel 6.14 Rekapitulasi persentase frekuensi perpindahan barang setiap bulan 193
Tabel 6.15 Frekuensi perpindahan barang periode pengiriman Juni-Juli 195
Tabel 6.16 Frekuensi perpindahan barang periode pengiriman Agustus-September 195
Tabel 6.17 Frekuensi perpindahan barang periode pengiriman Oktober-November 196
Tabel 6.18 Rekapitulasi persentase frekuensi perpindahan barang periode produksi 198
Tabel 6.19 Kapasitas maksimal setiap zona penyimpanan 203

Tabel 6.20 Spesifikasi *forklift* (Sumber : triguna.co.id) 205
Tabel 6.21 Rekomendasi kelonggaran lorong (Sumber : Tompkins et al., 2010) 205
Tabel 6.22 Rekapitulasi jarak dari pengukuran *flow path distance* 213
Tabel 6.23 Konversi kecepatan *forklift* 214
Tabel 6.24 Waktu tempuh *forklift* isi dari zona ke truk pemuatan 215
Tabel 6.25 Waktu tempuh *forklift* kosong dari truk ke zona penyimpanan 215
Tabel 6.26 Analisis nilai minimum, rata-rata, dan maksimal aktivitas pemuatan 216
Tabel 6.27 Rekapitulasi hasil simulasi *as-is* 222
Tabel 6.28 Perbandingan durasi pemuatan *time study* dan simulasi *as-is* 223
Tabel 6.29 Perbandingan durasi pemuatan *time study* dan simulasi *as-is* (lanjutan) 224
Tabel 6.30 Distribusi waktu tempuh 225
Tabel 7.1 Data setelah implementasi perbaikan metode kerja 231
Tabel 7.2 Waktu proses pengiriman 1 setelah perbaikan 234
Tabel 7.3 Waktu proses pengiriman 2 setelah perbaikan 234
Tabel 7.4 Waktu proses pengiriman 3 setelah perbaikan 234
Tabel 7.5 Waktu proses pengiriman 4 setelah perbaikan 235
Tabel 7.6 Waktu proses pengiriman 5 setelah perbaikan 235
Tabel 7.7 Waktu proses pengiriman 6 setelah perbaikan 235
Tabel 7.8 Waktu proses pengiriman 7 setelah perbaikan 236
Tabel 7.9 Waktu proses pengiriman 8 setelah perbaikan 236
Tabel 7.10 Waktu proses pengiriman 9 setelah perbaikan 236
Tabel 7.11 Waktu proses pengiriman 10 setelah perbaikan 237
Tabel 7.12 Waktu proses pengiriman 11 setelah perbaikan 237
Tabel 7.13 Waktu proses pengiriman 12 setelah perbaikan 237
Tabel 7.14 Waktu proses pengiriman 13 setelah perbaikan 238
Tabel 7.15 Waktu proses pengiriman 14 setelah perbaikan 238
Tabel 7.16 Waktu proses pengiriman 15 setelah perbaikan 238
Tabel 7.17 Waktu proses pengiriman 16 setelah perbaikan 239
Tabel 7.18 Rekapitulasi waktu proses setelah perbaikan 239
Tabel 7.19 Data setelah perbaikan 240
Tabel 7.20 *Waiting time* setelah perbaikan 243
Tabel 7.21 Klasifikasi *waste* setelah perbaikan 244
Tabel 7.22 Perbandingan proporsi *waste* setelah perbaikan 245
Tabel 7.23 Perbandingan WS > 105 detik 246

Tabel 7.24 Perbandingan frekuensi *waiting time* terjadi 247
Tabel 7.25 Perbandingan kategori waste 248
Tabel 7.26 Perbandingan *throughput time* 249
Tabel 7.27 Perbandingan perhitungan statistik sebelum dan sesudah perbaikan 250
Tabel 7.28 Rekapitulasi replikasi simulasi kelas A dari zona Y 253
Tabel 7.29 Uji keseragaman dan kecukupan zona Y 254
Tabel 7.30 Rekapitulasi replikasi simulasi kelas A dari zona X 256
Tabel 7.31 Uji keseragaman dan kecukupan zona X 257
Tabel 7.32 Rekapitulasi replikasi simulasi kelas A dari zona Z 259
Tabel 7.33 Uji keseragaman dan kecukupan zona Z 260
Tabel 7.34 Rekapitulasi rata-rata waktu simulasi sebelum dan alternatif perbaikan 262
Tabel 7.35 Perbandingan waktu tempuh alternatif perbaikan 262
Tabel 7.36 Perbandingan penurunan waktu siklus alternatif perbaikan 264
Tabel 7.37 Perbandingan penurunan durasi muat alternatif perbaikan 264
Tabel 7.38 Perbandingan durasi total simulasi *as-is* dan simulasi *to-be* 266
Tabel 7.39 Penjelasan pemilihan *rating factor* 269
Tabel 7.40 Penjelasan pemilihan *allowance forklift* pria 269
Tabel 7.41 Penjelasan pemilihan *allowance* wanita 270
Tabel 7.42 Pengolahan *travel time* pengambilan perbaikan metode kerja 272
Tabel 7.43 Pengolahan *travel time* pengambilan perbaikan *storage warehouse* 272
Tabel 7.44 Pengujian keseragaman & kecukupan data *travel time* pengambilan 273
Tabel 7.45 *Rating factor travel time* pengambilan 275
Tabel 7.46 *Allowance travel time* pengambilan 276
Tabel 7.47 Pengolahan waktu *setup* pemilihan sak 278
Tabel 7.48 Pengujian keseragaman & kecukupan data *setup* pemilihan sak 279
Tabel 7.49 *Rating factor setup* pemilihan sak 281
Tabel 7.50 *Allowance* proses *setup* pemilihan sak 282
Tabel 7.51 Pengolahan waktu QC 283
Tabel 7.52 Pengujian keseragaman & kecukupan data QC 284
Tabel 7.53 *Rating factor* QC 286
Tabel 7.54 *Allowance* proses QC 287
Tabel 7.55 Pengolahan waktu *travel time loading* perbaikan metode kerja 288
Tabel 7.56 Pengolahan *travel time loading* perbaikan perbaikan *storage warehouse* 289
Tabel 7.57 Pengujian keseragaman & kecukupan data *travel time loading* 289

Tabel 7.58 *Rating factor travel time loading* 292
Tabel 7.59 *Allowance* proses *travel time loading* 293
Tabel 7.60 Pengolahan waktu *loading* barang 295
Tabel 7.61 Pengujian keseragaman & kecukupan data waktu *loading* barang 296
Tabel 7.62 *Rating factor loading* barang 298
Tabel 7.63 *Allowance* proses *loading* barang 299
Tabel 7.64 Rekapitulasi waktu baku hasil implementasi metode kerja 300
Tabel 7.65 Rekapitulasi waktu baku hasil perbaikan *storage warehouse* sisi kiri 301
Tabel 7.66 Rekapitulasi waktu baku hasil perbaikan *storage warehouse* sisi kanan 301
Tabel 7.67 Data gaji bulanan 302
Tabel 7.68 Data gaji bulanan (lanjutan) 303
Tabel 7.69 Perhitungan biaya operasional operator 303
Tabel 7.70 Perbandingan rata-rata waktu pemuatan 304
Tabel 7.71 Perbandingan biaya operasional 304
Tabel 7.72 Benefit pengiriman/bulan (10 pengiriman) 305
Tabel 7.73 Biaya implementasi metode kerja 305
Tabel 7.74 Analisis Kelayakan Ekonomi Metode Kerja 306
Tabel 7.75 Perhitungan penyusutan *material handling* 308
Tabel 7.76 Perhitungan faktor biaya operasional 309
Tabel 7.77 Biaya operasional sebelum perbaikan *storage warehouse* 309
Tabel 7.78 Biaya operasional setelah perbaikan *storage warehouse* 310
Tabel 7.79 Perbandingan biaya operasional perbaikan *storage warehouse* 310
Tabel 7.80 Perbandingan biaya operasional perbaikan *storage warehouse* (lanjutan) 311
Tabel 7.81 Biaya implementasi perbaikan *storage warehouse* 311
Tabel 7.82 *Payback period* implementasi perbaikan *storage warehouse* 312
Tabel 7.83 Perbandingan implementasi perbaikan 313

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 *The seven wastes* 51
Gambar 2.2 Contoh *value stream mapping* 53
Gambar 2.3 Contoh peta aliran proses 54
Gambar 2.4 Metode *westinghouse* 59
Gambar 2.5 Faktor kelonggaran 60
Gambar 2.6 Contoh *interrelationship* diagram 61
Gambar 2.7 Kuadran *eisenhower matrix* 61
Gambar 2.8 Contoh *fishbone* diagram 66
Gambar 3.1 Struktur organisasi perusahaan 75
Gambar 3.2 Perbandingan waktu pemuatan dan waktu *shift* 79
Gambar 3.3 Lama waktu tunggu truk 80
Gambar 3.4. *Fishbone* diagram 82
Gambar 3.5 Variabilitas waktu muat barang 84
Gambar 3.6 Waktu tunggu 85
Gambar 3.7 Aktivitas kerja 85
Gambar 3.8 *Interrelation diagram* 86
Gambar 4.1 *Flowchart* langkah penelitian 116
Gambar 4.2 *Flowchart* tahap *empathizing* 118
Gambar 4.3 *Flowchart* tahap *defining* 119
Gambar 4.4 *Flowchart* tahap *ideation* 121
Gambar 4.5 *Flowchart* tahap *prototyping* keseluruhan 123
Gambar 4.6 *Flowchart prototyping* perbaikan metode kerja 125
Gambar 4.7 *Flowchart prototyping* perbaikan *storage warehouse* 127
Gambar 4.8 *Flowchart* tahap *test* 130
Gambar 4.9 Rekapitulasi tahapan tugas akhir 132
Gambar 4.10 *Gantt chart* tahapan penelitian 134
Gambar 5.1 Alur kerja sebelum perbaikan 136
Gambar 5.2 Uji *mann-whitney* 139
Gambar 5.3 *Current value stream mapping* 148
Gambar 5.4 Proporsi perbandingan 157
Gambar 5.5 Alur pre-*loading* 161
Gambar 5.6 Alur *loading* barang 164

Gambar 6.1 Dokumentasi gudang pasir 169
Gambar 6.2 Dokumentasi gudang utara 169
Gambar 6.3 Penyusunan barang pada zona penyimpanan gudang utara 177
Gambar 6.4 Lokasi operasi pemuatan *cullet* rasio tinggi 178
Gambar 6.5 *Digital twin* tata letak keseluruhan perusahaan 179
Gambar 6.6 Zona penyimpanan dan area pemuatan 180
Gambar 6.7 Area penyimpanan zona X 181
Gambar 6.8 Area penyimpanan zona Y 182
Gambar 6.9 Area penyimpanan zona Z 182
Gambar 6.10 Frekuensi perpindahan barang bulan Juni-November 2025 193
Gambar 6.11 Diagram pareto perpindahan barang per periode pengiriman 198
Gambar 6.12 Sak *cullet* rasio tinggi 200
Gambar 6.13 Pengukuran lebar sak 201
Gambar 6.14 Pengukuran panjang sak 201
Gambar 6.15 Susunan sak pada *digital twin* 202
Gambar 6.16 Forklift untuk pemuatan barang 204
Gambar 6.17 *Digital twin forklift* 206
Gambar 6.18 *Digital twin* gudang setelah perancangan kelonggaran 207
Gambar 6.19 Penentuan titik tengah zona penyimpanan pada *digital twin* 209
Gambar 6.20 Hasil *flow path distance* dari zona X 210
Gambar 6.21 Hasil *flow path distance* dari zona Y 211
Gambar 6.22 Hasil *flow path distance* dari zona Z 212
Gambar 6.23 *Location* simulasi *as-is* 217
Gambar 6.24 *Entities* simulasi *as-is* 218
Gambar 6.25 *Arrivals* simulasi *as-is* 218
Gambar 6.26 *Resources* simulasi *as-is* 218
Gambar 6.27 *Path network* simulasi *as-is* 219
Gambar 6.28 *Node* simulasi *as-is* 219
Gambar 6.29 *Process* simulasi *as-is* 220
Gambar 6.30 *Routing* simulasi *as-is* 220
Gambar 6.31 Simulasi aktual *as-is* 220
Gambar 6.32 Pengaturan simulasi *as-is* 221
Gambar 6.33 Pengujian *Mann-Whitney* data *time study* dan simulasi *as-is* 224
Gambar 6.34 *Locations* simulasi *to-be* 226

Gambar 6.35 *Entity* simulasi *to-be* 226
Gambar 6.36 *Arrivals* simulasi *to-be* 227
Gambar 6.37 *Resources* simulasi *to-be* 227
Gambar 6.38 *Path networks* simulasi *to-be* 228
Gambar 6.39 Node simulasi *to-be* 228
Gambar 6.40 *Process* simulasi *to-be* 229
Gambar 6.41 *Routing* simulasi *to-be* 229
Gambar 7.1 Pengujian data setelah implementasi 232
Gambar 7.2 VSM setelah perbaikan 242
Gambar 7.3 Proporsi perbandingan setelah perbaikan 246
Gambar 7.4 Hasil pengujian sebelum dan sesudah perbaikan 251
Gambar 7.5 Pengaturan replikasi simulasi pendahuluan 252
Gambar 7.6 Grafik pengujian data zona Y 254
Gambar 7.7 Grafik pengujian data zona X 257
Gambar 7.8 Grafik pengujian data zona Z 260
Gambar 7.9 Hasil uji t-*test* sebelum dan sesudah perbaikan *storage warehouse* 267
Gambar 7.10 Grafik uji keseragaman *travel time* pengambilan dari metode kerja 274
Gambar 7.11 Grafik uji keseragaman *travel time* pengambilan perbaikan *storage warehouse* kiri 274
Gambar 7.12 Grafik uji keseragaman *travel time* pengambilan perbaikan *storage warehouse* kanan 275
Gambar 7.13 Grafik uji keseragaman *setup* pemilihan sak dari metode kerja 280
Gambar 7.14 Grafik uji keseragaman *setup* pemilihan sak dari perbaikan *storage warehouse* 280
Gambar 7.15 Grafik uji keseragaman QC dari metode kerja 285
Gambar 7.16 Grafik uji keseragaman QC dari perbaikan *storage warehouse* 285
Gambar 7.17 Grafik uji keseragaman *travel time loading* dari metode kerja 290
Gambar 7.18 Grafik uji keseragaman *travel time loading* dari perbaikan *storage warehouse* sisi kiri 291
Gambar 7.19 Grafik uji keseragaman *travel time loading* dari perbaikan *storage warehouse* sisi kanan 291
Gambar 7.20 Grafik uji keseragaman *loading* barang dari metode kerja 297
Gambar 7.21 Grafik uji keseragaman loading barang dari perbaikan *storage warehouse* 297

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Surat Pernyataan Semua Anggota Kelompok	xxv
Lampiran 2.	Hasil Turnitin	xxvi
Lampiran 3.	*Logbook* Bimbingan Dengan Calon Dosen Pembimbing	xxvii
Lampiran 4.	Tangkapan Layar dari Sistem Bimbingan Catatan dari Calon Dosen Pembimbing 1 atas Proposal yang Diajukan (Athanasius Marvel Arraya Zebua)	xxvii
Lampiran 5.	Tangkapan Layar dari Sistem Bimbingan Catatan dari Calon Dosen Pembimbing 1 atas Proposal yang Diajukan (Martinus Kidung Tirtayuda)	xxviii
Lampiran 6.	Bukti Persetujuan Dosen Pembimbing Tugas Akhir	xxviii
Lampiran 7.	Skrip Wawancara dengan Operator Gudang	xxix
Lampiran 8.	Skrip Wawancara dengan Supervisor Gudang	xxx
Lampiran 9.	Skrip Wawancara dengan Supervisor Produksi	xxxi
Lampiran 10.	Skrip Wawancara dengan Operator Produksi	xxxii
Lampiran 11.	Skrip Wawancara dengan Manajer HRD	xxxiii
Lampiran 12.	Skrip Wawancara dengan Supir Ekspedisi	xxxiv
Lampiran 13.	Skrip Wawancara dengan Manajer Operasional	xxxv
Lampiran 14.	ABET Athanasius Marvel Arraya Zebua	xxxvi
Lampiran 15.	ABET Martinus Kidung Tirtayuda	xxxvi
Lampiran 16.	Gudang Perusahaan	xxxvii
Lampiran 17.	Proses Pemuatan Barang	xxxvii
Lampiran 18.	Pengukuran Jarak Pada Gudang	xxxviii
Lampiran 19.	Proses *Wrapping*	xxxviii
Lampiran 20.	Pengamatan Waktu Pada Proses Pemuatan	xxxix
Lampiran 21.	Perhitungan Tonase Sak	xxxix
Lampiran 22.	Lembar Persetujuan Perusahaan	xl
Lampiran 23.	PAP Pemuatan 1 Sebelum Perbaikan	xli
Lampiran 24.	PAP Pemuatan 2 Sebelum Perbaikan	xliv
Lampiran 25.	PAP Pemuatan 3 Sebelum Perbaikan	xlvii
Lampiran 26.	PAP Pemuatan 4 Sebelum Perbaikan	l
Lampiran 27.	PAP Pemuatan 5 Sebelum Perbaikan	liii
Lampiran 28.	PAP Pemuatan 6 Sebelum Perbaikan	lvi
Lampiran 29.	PAP Pemuatan 7 Sebelum Perbaikan	lix
Lampiran 30	PAP Pemuatan 8 Sebelum Perbaikan	lxii

Lampiran 31	PAP Pemuatan 9 Sebelum Perbaikan	lxv
Lampiran 32	PAP Pemuatan 10 Sebelum Perbaikan	lxviii
Lampiran 33	PAP Pemuatan 11 Sebelum Perbaikan	lxxi
Lampiran 34	PAP Pemuatan 12 Sebelum Perbaikan	lxxiv
Lampiran 35	PAP Pemuatan 13 Sebelum Perbaikan	lxxvii
Lampiran 36	PAP Pemuatan 14 Sebelum Perbaikan	lxxx
Lampiran 37	PAP Pemuatan 1 Sesudah Perbaikan	lxxxiii
Lampiran 38	PAP Pemuatan 2 Sesudah Perbaikan	lxxxvi
Lampiran 39	PAP Pemuatan 3 Sesudah Perbaikan	lxxxix
Lampiran 40	PAP Pemuatan 4 Sesudah Perbaikan	xcii
Lampiran 41	PAP Pemuatan 5 Sesudah Perbaikan	xcv
Lampiran 42	PAP Pemuatan 6 Sesudah Perbaikan	xcviii
Lampiran 43	PAP Pemuatan 7 Sesudah Perbaikan	ci
Lampiran 44	PAP Pemuatan 8 Sesudah Perbaikan	civ
Lampiran 45	PAP Pemuatan 9 Sesudah Perbaikan	cvii
Lampiran 46	PAP Pemuatan 10 Sesudah Perbaikan	cx
Lampiran 47	PAP Pemuatan 11 Sesudah Perbaikan	cxiii
Lampiran 48	PAP Pemuatan 12 Sesudah Perbaikan	cxvi
Lampiran 49	PAP Pemuatan 13 Sesudah Perbaikan	cxix
Lampiran 50	PAP Pemuatan 14 Sesudah Perbaikan	cxxii
Lampiran 51	PAP Pemuatan 15 Sesudah Perbaikan	cxxv
Lampiran 52	PAP Pemuatan 16 Sesudah Perbaikan	cxxviii
Lampiran 53	Simulasi *As-Is* Replikasi 1	cxxxi
Lampiran 54	Simulasi *As-Is* Replikasi 2	cxxxii
Lampiran 55	Simulasi *As-Is* Replikasi 3	cxxxiii
Lampiran 56	Simulasi *As-Is* Replikasi 4	cxxxiv
Lampiran 57	Simulasi *As-Is* Replikasi 5	cxxxv
Lampiran 58	Simulasi *As-Is* Replikasi 6	cxxxvi
Lampiran 59	Simulasi *As-Is* Replikasi 7	cxxxvii
Lampiran 60	Simulasi *As-Is* Replikasi 8	cxxxviii
Lampiran 61	Simulasi *As-Is* Replikasi 9	cxxxix
Lampiran 62	Simulasi *As-Is* Replikasi 10	cxl
Lampiran 63	Simulasi *As-Is* Replikasi 11	cxli
Lampiran 64	Simulasi *As-Is* Replikasi 12	cxlii

Lampiran 65 Simulasi *As-Is* Replikasi 13 cxliii
Lampiran 66 Simulasi *As-Is* Replikasi 14 cxliv
Lampiran 67 Simulasi *To-Be* Zona A Replikasi 1 cxlv
Lampiran 68 Simulasi *To-Be* Zona A Replikasi 2 cxlvi
Lampiran 69 Simulasi *To-Be* Zona A Replikasi 3 cxlvii
Lampiran 70 Simulasi *To-Be* Zona A Replikasi 4 cxlviii
Lampiran 71 Simulasi *To-Be* Zona A Replikasi 5 cxlix
Lampiran 72 Simulasi *To-Be* Zona A Replikasi 6 cl
Lampiran 73 Simulasi *To-Be* Zona A Replikasi 7 cli
Lampiran 74 Simulasi *To-Be* Zona A Replikasi 8 clii
Lampiran 75 Simulasi *To-Be* Zona A Replikasi 9 cliii
Lampiran 76 Simulasi *To-Be* Zona A Replikasi 10 cliv
Lampiran 77 Simulasi *To-Be* Zona A Replikasi 11 clv
Lampiran 78 Simulasi *To-Be* Zona A Replikasi 12 clvi
Lampiran 79 Simulasi *To-Be* Zona A Replikasi 13 clvii
Lampiran 80 Simulasi *To-Be* Zona A Replikasi 14 clviii
Lampiran 81 Simulasi *To-Be* Zona B Replikasi 1 clix
Lampiran 82 Simulasi *To-Be* Zona B Replikasi 2 clx
Lampiran 83 Simulasi *To-Be* Zona B Replikasi 3 clxi
Lampiran 84 Simulasi *To-Be* Zona B Replikasi 4 clxii
Lampiran 85 Simulasi *To-Be* Zona B Replikasi 5 clxiii
Lampiran 86 Simulasi *To-Be* Zona B Replikasi 6 clxiv
Lampiran 87 Simulasi *To-Be* Zona B Replikasi 7 clxv
Lampiran 88 Simulasi *To-Be* Zona B Replikasi 8 clxvi
Lampiran 89 Simulasi *To-Be* Zona B Replikasi 9 clxvii
Lampiran 90 Simulasi *To-Be* Zona B Replikasi 10 clxviii
Lampiran 91 Simulasi *To-Be* Zona B Replikasi 11 clxix
Lampiran 92 Simulasi *To-Be* Zona B Replikasi 12 clxx
Lampiran 93 Simulasi *To-Be* Zona B Replikasi 13 clxxi
Lampiran 94 Simulasi *To-Be* Zona B Replikasi 14 clxxii
Lampiran 95 Simulasi *To-Be* Zona C Replikasi 1 clxxiii
Lampiran 96 Simulasi *To-Be* Zona C Replikasi 2 clxxiv
Lampiran 97 Simulasi *To-Be* Zona C Replikasi 3 clxxv
Lampiran 98 Simulasi *To-Be* Zona C Replikasi 4 clxxvi

Lampiran 99 Simulasi *To-Be* Zona C Replikasi 5 clxxvii
Lampiran 100 Simulasi *To-Be* Zona C Replikasi 6 clxxviii
Lampiran 101 Simulasi *To-Be* Zona C Replikasi 7 clxxix
Lampiran 102 Simulasi *To-Be* Zona C Replikasi 8 clxxx
Lampiran 103 Simulasi *To-Be* Zona C Replikasi 9 clxxxi
Lampiran 104 Simulasi *To-Be* Zona C Replikasi 10 clxxxii
Lampiran 105 Simulasi *To-Be* Zona C Replikasi 11 clxxxiii
Lampiran 106 Simulasi *To-Be* Zona C Replikasi 12 clxxxiv
Lampiran 107 Simulasi *To-Be* Zona C Replikasi 13 clxxxv
Lampiran 108 Simulasi *To-Be* Zona C Replikasi 14 clxxxvi

INTISARI

Kegiatan operasional gudang berperan penting dalam menjamin kelancaran distribusi produk. Pada proses pemuatan produk *cullet rasio tinggi* di perusahaan produksi *sodium silicate*, masih ditemukan permasalahan berupa tingginya dan tidak stabilnya *throughput time*. Permasalahan tersebut disebabkan oleh metode kerja pemuatan yang belum baku dan tata letak barang yang belum terstandardisasi, sehingga menimbulkan variasi waktu proses serta aktivitas yang kurang efisien dan efektif.

Penelitian ini bertujuan merancang perbaikan metode kerja dan perbaikan *storage warehouse* untuk mengurangi variabilitas waktu proses serta memenuhi target *Critical Success Factor* (CSF) perusahaan sebesar 50–105 detik/sak. Data penelitian diperoleh melalui observasi langsung dan pengukuran waktu kerja menggunakan metode jam henti (*stopwatch time study*), kemudian dianalisis menggunakan *Peta Aliran Proses (PAP)*. Identifikasi akar masalah dilakukan menggunakan *fishbone diagram* dan *interrelationship diagram*. Perbaikan metode kerja dirancang menggunakan pendekatan *lean warehousing* melalui *Value Stream Mapping* (VSM) dan prinsip ECRS (*Eliminate, Combine, Rearrange,* dan *Simplify*), sedangkan perbaikan *storage warehouse* dirancang menggunakan metode *class-based storage* dan dievaluasi melalui simulasi menggunakan ProModel.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi metode kerja baru menurunkan rata-rata *throughput time* dari 128 detik/sak menjadi 72 detik/sak, dengan penurunan standar deviasi sebesar 96,44% dan koefisien variasi sebesar 93,88%. Waktu siklus hasil pembakuan sebesar 104 detik/sak telah memenuhi target CSF perusahaan. Sementara itu, perbaikan *storage warehouse* menurunkan rata-rata *throughput time* dari 130,4 detik/sak menjadi 72,1 detik/sak atau sebesar 45%, dengan waktu siklus hasil pembakuan sebesar 93 detik/sak yang juga memenuhi target CSF. Dengan demikian, kedua usulan perbaikan berhasil mengurangi variabilitas waktu proses dan memenuhi target kinerja perusahaan sehingga dapat digunakan sebagai dasar peningkatan efisiensi operasional gudang secara berkelanjutan.

Kata kunci: *lean warehousing*, ECRS, *class-based storage*, simulasi, *throughput time*.