

**PERANCANGAN TATA LETAK FASILITAS GUDANG LOGISTIK
DENGAN STRATEGI *DEDICATED STORAGE* DAN *CLASS BASED
STORAGE* MENGGUNAKAN PENDEKATAN SIMULASI (Studi Kasus :
PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Yogyakarta)
TUGAS AKHIR**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1
Program Studi Teknik Industri - Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia**



Nama : DZYQI UGIH QINTHARA
No. Mahasiswa : 21522179

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2025**

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya mengakui bahwa tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang seluruhnya sudah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 26 - Maret - 2025



(DZYQI UGIH QINTHARA)
21522179

LEMBAR PENELITIAN



SURAT KETERANGAN

No. 015/EXT/SZEJNT/VII/2025

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Muhammad Arifin
Jabatan : Associate Business Manager (ABM)

Menerangkan bahwa,

Nama : Dzyqi Ugih Qinthara
Nama Universitas : Universitas Islam Indonesia
Jurusan : Teknik Industri

Telah melakukan Magang dan Pengambilan Data Tugas Akhir di Perusahaan kami, dengan keterangan sebagai berikut,

Tanggal : 1 Maret 2025 s/d 1 Juni 2025
Di bagian : Sales and Distribution

Demikianlah surat keterangan ini dibuat, untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 17 Juli 2025
PT. FRISIAN FLAG INDONESIA



Muhammad Arifin
Associate Business Manager (ABM)



LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**PERANCANGAN TATA LETAK FASILITAS GUDANG LOGISTIK DENGAN
STRATEGI *DEDICATED STORAGE* DAN *CLASS-BASED STORAGE*
MENGUNAKAN PENDEKATAN SIMULASI (Studi Kasus : PT. Frisian Flag
Indonesia Distributor Yogyakarta)**

TUGAS AKHIR**Disusun Oleh :****Nama : DZYQI UGIH QINTHARA****No. Mahasiswa : 21522179****Yogyakarta, 18 - November - 2025****Dosen Pembimbing****(Dr. Agus Mansur, S.T., M.Eng.Sc)**

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI
PERANCANGAN TATA LETAK FASILITAS GUDANG LOGISTIK DENGAN
STRATEGI *DEDICATED STORAGE* DAN *CLASS-BASED STORAGE*
MENGGUNAKAN PENDEKATAN SIMULASI (Studi Kasus : PT. Frisian Flag
Indonesia Distributor Yogyakarta)

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : DZYQI UGIH QINTHARA

No. Mahasiswa : 21522179

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk
 memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 18 - November – 2025

Tim Penguji

Dr. Agus Mansur S.T., M.Eng.Sc.

Ketua

Dr. Joko Sulistio, S.T., M.Sc., M.T

Anggota I

Putri Dwi Annisa, S.T., M.Sc.

Anggota II

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



Ir. M. Ridwan Andi Purnomo, ST., M.Sc., Ph.D., IPM

NIK. 015220101

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabal allamin, Tugas akhir ini merupakan salah satu bentuk perjuangan awal yang membuka ke perjalanan berikutnya sebagai bukti perjuangan penulis dalam menyelesaikan program sarjana Teknik Industri Universitas Islam Indonesia. Penulisan Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada saya sendiri yang telah berjuang melalui berbagai hambatan yang ada hingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan maksimal. Selain itu, saya persembahkan kepada kedua orang tua tercinta saya Bapak Sugih Bagjo Sayad dan Ibu Daryati Nurhayati, serta saudara kandung Zakka Ugih Rizqi, Zyba Ugih Arkana, yang senantiasa memberikan cinta kasih yang telah diberikan selama penulis kecil hingga saat ini serta doa yang selalu dipanjatkan. Semoga karya ini dapat menjadi salah satu hal yang dapat dibanggakan dari seorang yang masih banyak belajar dan akan terus belajar.

MOTTO

"Dan jika mereka berpaling, maka katakanlah: Cukuplah Allah bagiku."

(QS. At-Taubah:129)

"Jangan iri sama orang yang sudah sampai duluan. Kita mungkin lambat, tapi kita tetap jalan.
Dan orang yang tetap jalan, pasti sampai."

(Luthfi Halimawan)

"I also want to make my family proud"

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh,

Alhamdulillah rabbil'alamiin, segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Perancangan Tata Letak Fasilitas Gudang Logistik Dengan Strategi *Dedicated storage* Dan *Class-based storage* Menggunakan Pendekatan Simulasi (Studi Kasus: PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Yogyakarta)”, sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Shalawat serta salam tak lupa penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membawa cahaya ilmu pengetahuan bagi umat manusia.

Tugas Akhir ini bukan sekadar rangkaian menyelesaikan data atau metode. Ia adalah saksi dari malam-malam panjang yang sunyi, dari doa-doa lirih yang tak terdengar, dari lembar-lembar revisi yang kadang membuat hati ingin menyerah. Ini adalah tentang keberanian untuk melangkah, bahkan ketika langkah terasa berat. Tentang keyakinan, bahwa meski tak selalu mudah, semua perjuangan akan menemukan ujungnya. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T., IPU., ASEAN.Eng. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Dr. Drs. Imam Djati Widodo, M.Eng.Sc. selaku Ketua Jurusan Teknik Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM. selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Dr. Agus Mansur S.T., M.Eng.Sc. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan ilmu, arahan, koreksi, dan semangat dalam setiap tahapan penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Kedua orang tua penulis, yaitu Bapak Sugih Bagjo Sayad dan Ibu Daryati Nurhayati serta saudara kandung saya, yaitu Zakka Ugih Rizqi dan Zyba Ugih Arkana yang selalu hadir dalam setiap ketikan Tugas Akhir ini, selalu memberikan doa yang tulus, dan selalu memberikan dukungan dengan baik dan halus.
6. Bapak Riki Rakeandana dan Bapak Muntaji selaku Business Regional Manager (BRM) wilayah Jawa Tengah dan Malang yang sudah memberikan saya izin untuk magang dan melakukan penelitian pada PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Bantul.
7. Bapak Muhammad Arifin selaku Associate Business Manager (ABM) yang sudah memberikan saya tempat untuk tumbuh dan belajar untuk menuntun ilmu serta memberikan dukungan penuh untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Bapak Wahid, bapak Fauzan, dan bapak Adit selaku mentor yang memberikan saya tempat yang teduh untuk menimba ilmu di tempat kerja, diberikan arahan perlahan, dan terus diberikan pelajaran yang berharga.
9. Anis Daratista, yang selalu menjadi sumber dukungan dan semangat selama proses penyusunan tugas akhir ini. Kehadirannya memberikan ketenangan, ruang bercerita, serta dorongan yang membantu penulis tetap teguh hingga tahap akhir penyelesaian studi. Penulis sangat menghargai kesabaran, perhatian, dan doa yang telah diberikan, yang menjadi bagian penting dalam perjalanan akademik ini.
10. Moch Adib Heramunida M. Zidan Al-Fachri, Adhira Yudanto, Ahmad Fuad Nazhif, Fadillah Aditya Maulana, Ilham Bintang, Dandy Fri Subagja, Muhammad Nurhadi, Adam

Althaf Salim, Sasty, Vira, Nabila, Kharnisya, Dhita dan teman-teman saya yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.

11. Serta teman-teman kos griya tentrem yang sudah menemani canda tawa dan hal-hal yang selalu membuat kebahagiaan di kos dari awal di jogja hingga tahun terakhir perkuliahan. Akhir kata, penulis menyadari sepenuhnya bahwa karya ini belumlah sempurna. Namun semoga apa yang ditulis, dihitung, dan direnungkan dalam lembaran ini dapat memberi manfaat bagi dunia akademik maupun praktisi industri yang sedang mencari efisiensi dalam distribusi.

Yogyakarta, 15 - November - 2025



Dzyqi Ugih Qinthara

21522179

ABSTRAK

Operasional gudang memiliki peran penting dalam menjamin kelancaran aliran barang dari produsen hingga ke pelanggan, namun pada PT Frisian Flag Indonesia Distributor Yogyakarta penerapan sistem penyimpanan berdasarkan kategori *fast-moving*, *medium-moving*, dan *slow-moving* belum berjalan secara konsisten. Penempatan barang di lapangan tidak selalu mengikuti pola pergerakan aktual sehingga produk dengan frekuensi perpindahan tinggi tidak ditempatkan di area yang dekat dengan pintu masuk maupun keluar. Kondisi ini berdampak pada meningkatnya jarak tempuh operator, lamanya proses penyimpanan dan pengambilan barang, serta tingginya ongkos *material handling*. Penelitian ini dilakukan untuk merancang ulang tata letak gudang dengan membandingkan dua strategi penyimpanan, yaitu *dedicated storage* dan *class-based storage*, guna menentukan metode yang lebih efisien dalam menurunkan jarak tempuh dan biaya *material handling*. Metode penelitian meliputi analisis frekuensi perpindahan barang, klasifikasi ABC, perhitungan kebutuhan ruang, penyusunan rancangan tata letak usulan, dan simulasi menggunakan pendekatan *discrete event simulation* melalui FlexSim 2021. Tiga skenario disimulasikan, yaitu kondisi awal, *dedicated storage*, dan *class-based storage*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *class-based storage* merupakan strategi paling efisien dengan total jarak tempuh 575.773,35 meter, lebih rendah dibanding *dedicated storage* sebesar 974.742,72 meter dan kondisi awal sebesar 1.015.646,55 meter. Dari sisi biaya, *class-based storage* menghasilkan ongkos *material handling* terendah, yaitu Rp 16.704.688, sedangkan kondisi awal sebesar Rp 16.827.801 dan *dedicated storage* sebesar Rp 16.862.075. Dengan performansi jarak dan biaya yang lebih baik, *class-based storage* direkomendasikan sebagai tata letak paling efektif untuk meningkatkan efisiensi operasional gudang.

Kata Kunci: *Class-based storage*, *Dedicated storage*, Simulasi, Tata Letak Gudang.

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	ii
LEMBAR PENELITIAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iv
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
MOTTO.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
ABSTRAK.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Kajian Literatur	7
2.2 Landasan Teori.....	10
2.2.1 Perancangan Tata Letak Fasilitas	10
2.2.2 Perancangan Tata Letak Gudang	10
2.2.3 <i>Dedicated storage</i>	11
2.2.4 <i>Class-based storage</i>	11
2.2.5 Ongkos <i>Material handling</i>	12
2.2.6 Simulasi.....	13
2.2.7 <i>Discrete event simulation</i>	14
2.2.8 <i>Software FlexSim 2021</i>	14
BAB III METODE PENELITIAN	16
3.1 Objek Penelitian	16
3.2 Jenis Data	16
3.3 Metode Pengumpulan Data	16
3.4 <i>Software</i> yang digunakan selama penelitian	17
3.5 Key Performance Indicator	17
3.6 Alur Penelitian	17
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	21

4.1	Gambaran Umum Objek Penelitian	21
4.2	Pengumpulan Data	21
4.2.1	<i>Layout</i> Awalan Gudang	21
4.2.2	Data Keluar Masuk Barang	23
4.3	Pengolahan Data	30
4.3.1	Perhitungan Frekuensi Perpindahan Barang	30
4.3.2	Perhitungan Peringkat Barang (Klasifikasi ABC)	32
4.3.3	Perhitungan Nilai <i>Space Requirement Class based storage</i>	38
4.3.4	Menghitung Nilai <i>Space Requirement Dedicated storage</i>	51
4.3.5	Menghitung Nilai <i>Throughput</i>	53
4.3.6	Menghitung Nilai <i>Assignment</i>	55
4.3.7	Perancangan Tata Letak Usulan	57
4.3.8	Penentuan Uji Distribusi	60
4.3.9	Pembuatan Model Simulasi <i>Layout</i> Awalan	66
BAB V	ANALISIS DAN PEMBAHASAN	81
5.1	Analisis Tata Letak Usulan <i>Class based storage</i>	81
5.2	Analisis Tata Letak Usulan <i>Dedicated storage</i>	83
5.3	Analisis Model Simulasi	85
5.4	Perhitungan Ongkos <i>Material handling</i>	87
BAB VI	PENUTUP	92
6.1	Kesimpulan	92
6.2	Saran	92
	DAFTAR PUSTAKA	94
	LAMPIRAN	A-1

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kajian Literatur	6
Tabel 4. 1 Data Keluar Masuk Barang Bantul Periode Juli 2025	24
Tabel 4. 2 Data Barang Masuk Keluar Sleman Periode Juli 2025	26
Tabel 4. 3 Data Barang Masuk Keluar Periode Juli Wonosari	28
Tabel 4. 4 Frekuensi Perpindahan Barang Bantul	30
Tabel 4. 5 Data Frekuensi Barang Sleman	30
Tabel 4. 6 Frekuensi Perpindahan Barang Wonosari	31
Tabel 4. 7 Klasifikasi ABC Bantul.....	32
Tabel 4. 8 Klasifikasi ABC Sleman	34
Tabel 4. 9 Klasifikasi ABC Wonosari.....	36
Tabel 4. 10 <i>Space Requirement Class based storage</i> Bantul	40
Tabel 4. 11 <i>Space Requirement Class based storage</i> Sleman.....	46
Tabel 4. 12 <i>Space Requirement Class based storage</i> Wonosari	47
Tabel 4. 13 Kebutuhan Luas Penyimpanan <i>Dedicated storage</i> Bantul.....	51
Tabel 4. 14 <i>Space Requirement Dedicated storage</i> Sleman	52
Tabel 4. 15 <i>Space Requirement Dedicated storage</i> Wonosari.....	52
Tabel 4. 16 Nilai <i>Throughput</i> Bantul	53
Tabel 4. 17 Nilai <i>Throughput</i> Sleman	54
Tabel 4. 18 Nilai <i>Throughput</i> Wonosari	54
Tabel 4. 19 Nilai <i>Assignment</i> Bantul.....	55
Tabel 4. 20 Nilai <i>Assignment</i> Sleman	55
Tabel 4. 21 Nilai <i>Assignment</i> Wonosari.....	56
Tabel 4. 22 Data Waktu Antar Kedatangan Barang.....	61
Tabel 4. 23 Data Waktu <i>Loading</i> Barang.....	61
Tabel 4. 24 Data Waktu <i>Loading</i> Barang.....	61
Tabel 4. 25 <i>Expertfit</i>	65
Tabel 4. 26 Titik Koordinat Tiap Lokasi Model Awal	66
Tabel 4. 27 Koordinat Tiap Lokasi Usulan <i>Class based storage</i>	71
Tabel 4. 28 Titik Koordinat Tiap Lokasi <i>Dedicated storage</i>	74
Tabel 4. 29 Data Validasi Output Bantul	76
Tabel 4. 30 Data Validasi Output Sleman.....	76
Tabel 4. 31 Data Validasi Output Sleman.....	77
Tabel 4. 32 Perhitungan Rata-rata dan Standar Deviasi Bantul	77
Tabel 4. 33 Perhitungan Rata-rata dan Standar Deviasi Sleman.....	77
Tabel 4. 34 Perhitungan Rata-rata dan Standar Deviasi Wonosari	77
Tabel 5. 1 Perbandingan Jarak Tempuh	86
Tabel 5. 2 Perbandingan Jarak Tempuh Forklift.....	89
Tabel 5. 3 Perbandingan Total Ongkos <i>Material handling</i> Antar Model	90

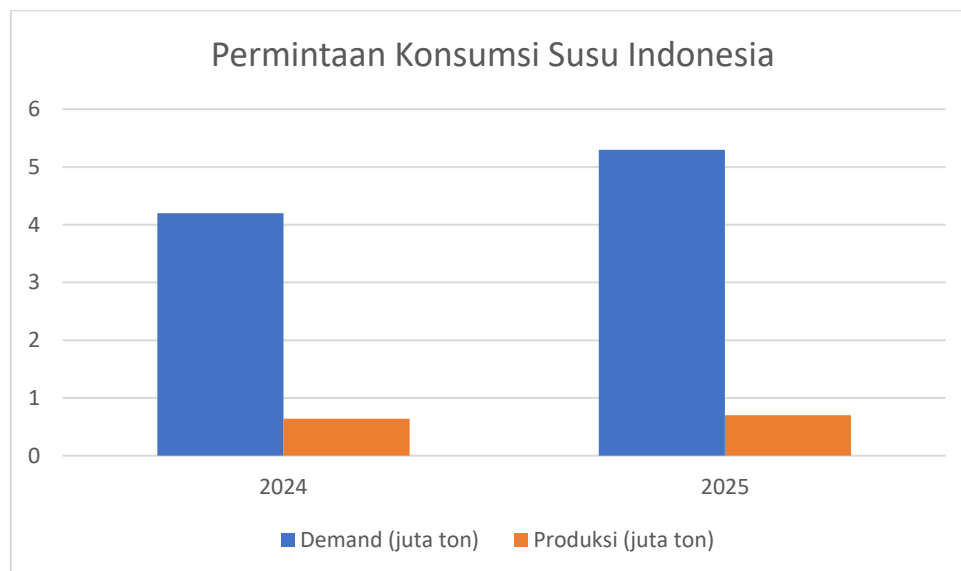
DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 <i>Demand</i> dan produksi susu domestik Indonesia tahun 2024-2025.	1
Gambar 1. 2 Persentase Frekuensi Perpindahan Barang.....	2
Gambar 3. 1 Alur Penelitian.....	18
Gambar 4. 1 <i>Layout</i> Awalan Gudang.....	22
Gambar 4. 2 <i>Layout</i> Usulan Class based storage	58
Gambar 4. 3 <i>Layout</i> Usulan Dedicated storage.....	59
Gambar 4. 4 Menu <i>Expertfit</i>	62
Gambar 4. 5 <i>Interface Project Element Editing</i>	62
Gambar 4. 6 <i>Data Options</i>	63
Gambar 4. 7 Input Data Waktu Proses	63
Gambar 4. 8 <i>Interface Data Analysis</i>	64
Gambar 4. 9 Distribusi Data Input	64
Gambar 4. 10 <i>Interface Data Analysis</i>	65
Gambar 4. 11 Hasil Uji Distribusi.....	65
Gambar 4. 12 Koordinat Acuan	66
Gambar 4. 13 Definisi Objek Source	67
Gambar 4. 14 Definisi Triggers Objek Source Oml Evap Milk Can 48x386g	67
Gambar 4. 15 Proses Pemeriksaan Barang.....	68
Gambar 4. 16 Rak Penyimpanan Bantul	68
Gambar 4. 17 Definisi Pemeriksaan Barang sebelum keluar	69
Gambar 4. 18 Mendefinisikan Pintu Keluar.....	69
Gambar 4. 19 <i>Layout</i> Awalan	70
Gambar 4. 20 Jarak Tempuh Model Awal	70
Gambar 4. 21 Koordinat Acuan	71
Gambar 4. 22 <i>Layout</i> Usulan <i>Class based storage</i>	73
Gambar 4. 23 Jarak Tempuh <i>Layout Class based storage</i>	73
Gambar 4. 24 Koordinat Acuan	74
Gambar 4. 25 <i>Layout</i> Usulan <i>Dedicated storage</i>	75
Gambar 4. 26 Jarak Tempuh Operator <i>Dedicated storage</i>	75
Gambar 5. 1 Tata Letak Usulan <i>Class based storage</i>	82
Gambar 5. 2 <i>Layout</i> Usulan <i>Dedicated storage</i>	84
Gambar 5. 3 <i>Class based storage</i>	85
Gambar 5. 4 <i>Dedicated storage</i>	86

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri *Food and Beverage* (F&B) merupakan salah satu sektor unggulan yang terus mengalami pertumbuhan pesat di Indonesia. Salah satu produk F&B yang sering dikonsumsi masyarakat adalah produk susu. Susu merupakan pangan dari hasil ternak yang memiliki banyak kandungan nutrisi yang lengkap dan dikonsumsi oleh berbagai kalangan (Suciati et al., 2021). Menurut United States Department of Agriculture (USDA) Darmawan (2024), permintaan susu di Indonesia pada tahun 2024 mencapai 4,2 juta ton dengan produksi domestik sekitar 0,67 juta ton dengan gap sekitar 3,56 juta ton. Pada tahun 2025, permintaan susu diproyeksikan meningkat menjadi 5,3 juta ton, sedangkan produksi domestik sebesar 0,7 juta ton dengan gap sekitar 4.6 juta ton. Pertumbuhan permintaan produk susu ini mendorong produsen untuk tidak hanya meningkatkan kapasitas produksi, tetapi juga harus memastikan kecepatan dan ketepatan waktu distribusi produk.

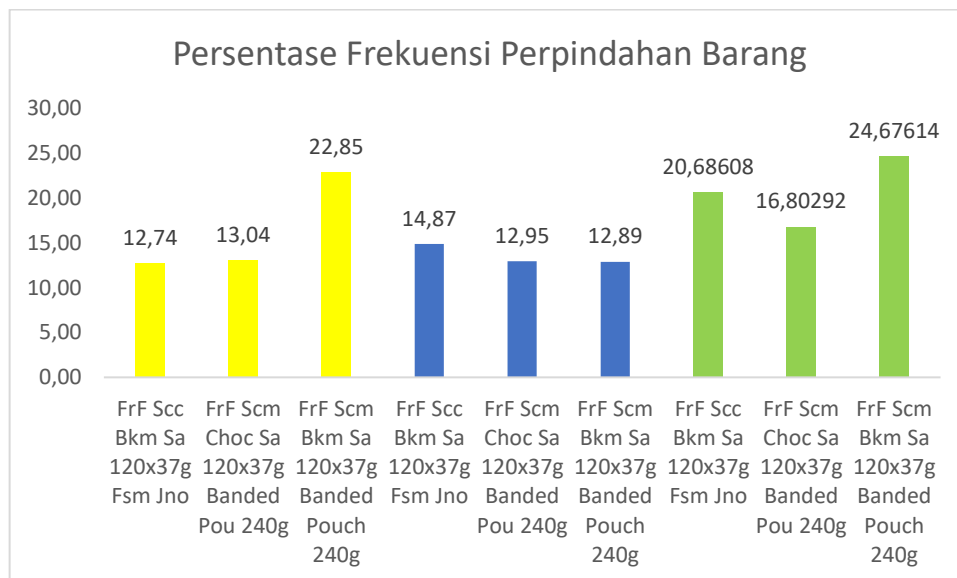


Gambar 1. 1 *Demand* dan produksi susu domestik Indonesia tahun 2024-2025.

PT. Frisian Flag Indonesia merupakan salah satu produsen susu terbesar di Indonesia yang mendistribusikan produk seperti *Sweetened Condensed Milk*, *Powdered Milk*, dan *Ready to Drink* ke berbagai wilayah, termasuk Yogyakarta. Untuk menunjang proses distribusi produk tersebut, distributor PT. Frisian Flag Yogyakarta menggunakan gudang sementara sebagai tempat transit penyimpanan produk sebelum didistribusikan yang mencakup wilayah distribusi utama di Bantul, Sleman, dan Wonosari. Gudang ini berperan dalam memastikan kesiapan produk sebelum didistribusikan ke lokasi penjualan. Menurut (Rafli, 2022) gudang

merupakan barang jadi yang disimpan sementara di gudang sebelum didistribusikan kepada pelanggan atau penjual sesuai permintaan.

Sistem penyimpanan yang diterapkan di gudang distributor telah menerapkan pengelompokan berdasarkan kategori *fast-moving*, *medium-moving*, dan *slow-moving*, namun dalam mengimplementasikan kategori itu di lapangan seringkali masih belum berjalan dengan konsisten. Dalam praktiknya, ketika rak untuk produk *fast-moving* sedang kosong, operator *forklift* seringkali menempatkan produk lain ke area *fast-moving*. Hal ini dilakukan karena untuk mempertimbangkan efisiensi operasional, mengingat produk yang datang biasanya dalam jumlah banyak dan harus segera disimpan agar tidak menumpuk di area penerimaan. Selain itu, dengan jumlah *forklift* yang terbatas, *forklift* juga digunakan untuk aktivitas *picking* barang ke area pengiriman. Oleh karena itu, operator berusaha untuk menyederhanakan alur kerja agar proses bongkar muat tidak terhambat. Namun, penempatan produk yang tidak sesuai dengan tempatnya ini menyebabkan ketidaksesuaian antara perancangan sistem dan kondisi aktual di gudang. Akibatnya, proses pengambilan produk oleh operator menjadi tidak efisien karena produk tidak berada pada lokasi yang seharusnya, sehingga meningkatkan waktu pencarian, jarak tempuh operator, dan beban kerja secara keseluruhan.



Gambar 1. 2 Persentase Frekuensi Perpindahan Barang

Analisis data frekuensi perpindahan barang pada tiga wilayah distribusi, terdapat beberapa SKU yang menunjukkan aktivitas perpindahan sangat tinggi, dengan persentase mencapai 12 sampai 24% dari total aktivitas pemasukan serta pengeluaran barang. Namun, penempatan aktual di gudang belum menyesuaikan karakteristik tersebut, sehingga produk *fast-moving* tidak selalu berada pada area dekat pintu masuk maupun keluar. Kondisi ini menyebabkan operator menempuh jarak lebih jauh dalam aktivitas penyimpanan dan

pengambilan barang. Temuan ini mempertegas adanya ketidaksesuaian antara kebutuhan operasional berdasarkan data aktual dengan tata letak yang diterapkan saat ini.

Berdasarkan hal tersebut, perlu adanya perancangan tata letak fasilitas gudang agar tempat yang tersedia dapat dimaksimalkan sebaik mungkin sehingga aktivitas dalam operasional gudang dapat terlaksana dengan lebih baik. Menurut (Tri Hapsari, 2020) perancangan tata letak fasilitas memiliki fungsi sebagai tempat yang dapat mendukung kelancaran proses produksi, meminimalkan risiko kecelakaan kerja dan menghapus gerakan tenaga kerja atau bahan baku yang tidak dibutuhkan.

Terdapat banyak metode dalam perancangan tata letak, yang diantaranya adalah *class-based storage* dan *dedicated storage*. Menurut (Bahrami et al., 2019) *class-based storage* adalah kebijakan penyimpanan yang mengelompokkan *Stock Keeping Unit* (SKU) ke dalam berbagai kelas produk berdasarkan kriteria seperti volume atau tingkat penggunaan penyimpanan yang sama. Selain memiliki tujuan untuk mengurangi jarak dan ongkos *material handling*, metode ini memiliki kelebihan yaitu mempermudah aktivitas pergudangan seperti efisiensi dalam mencari barang, pergerakan operator dalam pemasukan dan pengeluaran barang. Menurut (Rahayu et al., 2023) *Dedicated storage* merupakan metode yang digunakan sebagai penyimpanan tertentu dan tetap karena lokasi untuk setiap item telah di tentukan sebelumnya. Metode ini memiliki tujuan untuk memperpendek total jarak *material handling*. Metode ini memiliki kekurangan seperti utilisasi ruang rendah karena lokasi produk tetap sehingga tidak dapat digunakan oleh produk yang lain walaupun lokasi tersebut kosong (Agustina et al., 2021).

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk merancang ulang tata letak gudang logistik di PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Yogyakarta dengan membandingkan dua strategi penyimpanan, yaitu *dedicated storage* dan *class-based storage* untuk mengidentifikasi metode yang lebih efektif dan efisien dalam mengurangi jarak dan ongkos *material handling* bahan di gudang. Untuk membantu proses perancangan usulan tata letak, penelitian ini menggunakan pendekatan *discrete event simulation* dengan menggunakan *Software FlexSim 2021*. Simulasi ini dapat memvisualkan proses penerimaan hingga pengeluaran barang *handling* pada setiap aktivitas logistik. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk merancang ulang tata letak fasilitas gudang dengan pendekatan simulasi untuk mengetahui strategi penyimpanan mana yang lebih optimal dan efisien. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi rekomendasi bagi perusahaan dalam memperbaiki sistem penyimpanan di gudang, khususnya dalam mengurangi jarak tempuh dan biaya *material handling*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan diatas, dapat dibentuk suatu pernyataan sebagai berikut:

1. Sistem penyimpanan di gudang PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Yogyakarta sudah dirancang berdasarkan kategori *fast-moving*, *medium-moving*, dan *slow-moving*. Namun dalam implementasi di lapangannya seringkali tidak konsisten. Operator forklift seringkali menempatkan produk tidak sesuai dengan kategori karena keterbatasan alat dan tuntutan kecepatan dalam proses bongkar muat. Kondisi ini menimbulkan ketidaksesuaian antara rancangan sistem dengan kondisi aktual di gudang, yang pada akhirnya meningkatkan jarak tempuh forklift, waktu pencarian, dan ongkos *material handling*. Untuk menjawab pernyataan tersebut maka dibuat pertanyaan penelitian seperti berikut:
 - Bagaimana hasil rancangan tata letak fasilitas gudang sementara di PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Yogyakarta dengan menggunakan strategi *dedicated storage* dan *class-based storage*?
2. Kinerja dari gudang distributor sangat dipengaruhi oleh efisiensi *material handling*. Kondisi saat ini menunjukkan adanya gap antara target dan kenyataan, dimana jarak tempuh operator yang lebih panjang, waktu pencarian produk yang lebih lama, dan ongkos *material handling* yang lebih tinggi daripada yang diharapkan. Hal ini menandakan perlunya evaluasi perbandingan kinerja antara kondisi eksisting dan usulan tata letak baru agar dapat diketahui strategi penyimpanan mana yang lebih efisien. Untuk menjawab pernyataan tersebut maka dibuat pertanyaan penelitian seperti berikut:
 - Bagaimana perbandingan jarak tempuh dan ongkos *material handling* antara sebelum dan sesudah adanya usulan tata letak gudang PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Yogyakarta menggunakan metode *dedicated storage* dan *class-based storage*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang akan dicapai pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat rancangan usulan tata letak fasilitas pada PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Yogyakarta dengan menggunakan metode *class-based storage* dan *dedicated storage*.
2. Menganalisis perbandingan jarak tempuh dan ongkos *material handling* antara sebelum dan sesudah adanya usulan tata letak gudang PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Yogyakarta menggunakan metode *dedicated storage* dan *class-based storage*.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi pihak-pihak terkait. Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Penelitian ini bermanfaat dalam bidang keilmuan teknik industri.
2. Menambah pengetahuan dalam bidang operational research khususnya pada perancangan tata letak fasilitas dan simulasi
3. Dapat menjadi referensi kepada peneliti berikutnya dan pembaca mengenai metode *dedicated storage*, *class-based storage* dan simulasi menggunakan *Software FlexSim*
4. Dapat menjadi pertimbangan rekomendasi usulan tata ulang *Layout* gudang kepada perusahaan apabila hendak menggunakan sebagai perbaikan kedepannya.

1.5 Batasan Penelitian

Untuk menghindari meluasnya masalah dan mempermudah memahami permasalahan yang akan dibahas maka perlu adanya batasan masalah, yaitu:

1. Penelitian ini hanya berfokus kepada pada produk karton *Sweetened Condensed Milk* dan *Ready to Drink*
2. Tidak terdapat perubahan luas pada gudang selama penelitian.
3. Penelitian hanya difokuskan pada tata letak fasilitas gudang serta aktivitas penerimaan, penyimpanan, dan pengeluaran barang dari gudang.
4. Penelitian yang dilakukan ini hanya sebatas usulan tidak sampai pada tahap implementasi.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penelitian ini terdiri dari beberapa alur dan isi penelitian, hal ini bertujuan untuk memudahkan penulis dalam menulis tugas akhir dan memudahkan dalam memahami. Berikut merupakan isi dari sistematika penulisan:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisikan terkait latar belakang permasalahan, rumusan masalah, Batasan penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan secara menyeluruh sebagai fondasi awal penelitian.

BAB II KAJIAN LITERATUR

Pada bab ini berisikan terkait landasan teori yang diperoleh dari berbagai sumber, diantaranya adalah jurnal ilmiah, buku, dan referensi terpercaya lainnya. Bab ini juga terdapat pendekatan induktif maupun deduktif yang relevan sebagai hal yang akan menyokong proses penelitian yang dilakukan.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini berisikan rancangan penelitian, metode yang akan digunakan, perangkat dan bahan yang akan digunakan, alur penelitian, bahan baku, material, dan data yang akan digunakan.

BAB IV PENGAMBILAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini berisikan tentang bagaimana proses dalam pengumpulan data yang dilakukan, pengolahan data yang sudah didapat, setelah diolah maka akan dilakukan analisis, dan untuk hasil dari pengolahan datanya bisa disajikan dalam bentuk tabel, grafil, dan visual lainnya.

BAB V PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dilakukan analisis mendalam terhadap hasil pengolahan data yang sudah dilakukan pada bab sebelumnya.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan dilakukan pernyataan singkat yang ditulis dengan urutan angka untuk menjabarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan. Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini harus menjawab dari rumusan masalah yang ada di bab pertama. Saran pada bab ini berisikan beberapa rekomendasi pengembangan yang akan dilakukan penelitian selanjutnya dengan memperhatikan alat ataupun metode lain dengan tujuan untuk memperluas pengemebangan ilmu. Lalu diharapkan dari saran ini bisa digunakan oleh peneliti selanjutnya agar tidak terhambat atau kendala selama melakukan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Pada bagian ini berisikan sumber literatur yang digunakan sebagai acuan penelitian ini, baik berupa jurnal, buku, maupun literasi lainnya yang menunjang.

LAMPIRAN

Pada bagian ini berisikan tentang lampiran yang berisikan daftar tabel, gambar, atau beberapa hal yang bisa mendukung penelitian yang sudah dilakukan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Literatur

Kajian literatur merupakan kajian pustaka yang memiliki tujuan untuk menjaga penelitian terdahulu yang orisinil dan untuk pengembangan ilmu pengetahuan dengan topik tertentu dengan referensi yang digunakan berupa jurnal, prosiding, dan beberapa tugas akhir mahasiswa (Rizki et al., 2020). Penelitian mengenai tata letak gudang telah berkembang dari metode analitis seperti Activity Relationship Chart (ARC) dan Activity Relationship Diagram (ARD) hingga metode optimasi matematis. Namun karakter operasional dari gudang yang dinamis seperti variasi kedatangan barang, keterbatasan forklift, dan potensi antrian dapat membuat model matematis saja kurang mampu dalam merepresentasikan kondisi nyata. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan perancangan tata letak fasilitas yang difokuskan pada efisiensi ruang dan pergerakan material, serta diuji dengan simulasi diskrit untuk menilai kinerja tata letak secara lebih realistis melalui indikator jarak tempuh, waktu proses, dan ongkos *material handling*.

Penelitian terdahulu yang membahas terkait perancangan tata letak fasilitas dan simulasi untuk tata letak gudang logistik menjadi dasar penting dalam penelitian ini. Oleh karena itu, beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dijadikan rujukan untuk memperkuat posisi penelitian, membandingkan hasil yang telah ada, dan menemukan celah penelitian yang belum terjawab.

Penelitian yang dilakukan oleh Oktalia (2022), penelitian ini memiliki tujuan untuk merancang tata letak fasilitas gudang logistik bencana di Kantor Desa Sukoharjo. Penelitian ini menggunakan metode *class-based storage* dan *Discrete event simulation* menggunakan *Software* FlexSim 2021. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan *class-based storage* dapat mengurangi ongkos *material handling* dibandingkan dengan *dedicated storage*. Selain itu, strategi ini dapat meningkatkan efisiensi dalam mengurangi jarak tempuh dan penyederhanaan alur kerja penyimpanan dalam gudang.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Kulsum et al. (2020) memiliki tujuan untuk mengoptimalkan tata letak gudang W12 di PT. XYZ menggunakan metode *dedicated storage* dan simulasi menggunakan ProModel. Penelitian ini membandingkan kondisi awal gudang dengan dua usulan *Layout* dengan hasil penelitian usulan ke-2 yaitu pengelompokkan barang menggunakan nilai kebutuhan ruang menghasilkan penurunan biaya *material handling* yang signifikan, dari Rp 2.825.467.122,19 pada kondisi awal menjadi Rp 142.795.485.50. Selain itu efisiensi juga terjadi di peningkatan utilitas *forklift* dan penempatan produk yang lebih strategis

berdasarkan nilai *throughput* dan kebutuhan ruang. Usulan ke-2 dipilih sebagai usulan tata letak terbaik karena dapat memberikan efisiensi tertinggi baik dari sisi biaya maupun jarak tempuh.

Penelitian yang dilakukan oleh Fahreza et al. (2024) bertujuan untuk mengoptimalkan alokasi barang pada gudang PT. XYZ agar lebih efisien dalam penggunaan ruang dan proses penanganan material. Penelitian ini membandingkan dua metode penyimpanan, yaitu *dedicated storage* dan *class-based storage*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *dedicated storage* lebih unggul dalam efisiensi ruang dengan penurunan luas lantai sebesar 16,45%, peningkatan kapasitas gudang sebesar 0,7%, dan peningkatan fleksibilitas sebesar 5,52% dibandingkan dengan kondisi awalnya. Namun *class-based storage* lebih unggul dalam menurunkan jarak tempuh operator sebesar 35,09% dibandingkan kondisi awal.

Penelitian yang dilakukan oleh Putra et al. (2024) bertujuan untuk mengusulkan perbaikan sistem penyimpanan barang pada gudang Adorable Projects dengan pendekatan *class-based storage* dan simulasi *discrete event simulation* menggunakan *Software AnyLogic*. Penelitian ini mengklasifikasikan produk menggunakan *FSN analysis* dan menghitung jarak tempuh *picking* menggunakan *rectilinear distance*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata waktu *order picking* mengalami penurunan sebesar 44%, dari 301,72 menit menjadi 167,75 menit. Selain itu, dalam simulasi skenario variabel kontrol, dapat diturunkan waktu siklusnya hingga 63,38 menit, dibandingkan kondisi awal sebesar 80,45 menit.

Selanjutnya, yang dilakukan oleh Novita Pratama et al. (2022) bertujuan untuk merancang tata letak gudang bahan baku pada perusahaan perakitan otomotif agar diperoleh jarak pemindahan yang lebih pendek, biaya *material handling* yang lebih rendah, dan waktu pemindahan bahan baku lebih cepat. Penelitian ini menggunakan metode *class-based storage* dengan simulasi menggunakan *Software ProModel* dan *FlexSim*. Hasil menunjukkan bahwa dengan penerapan tata letak usulan, waktu bahan baku dipercepat sebesar 6,33 menit, efisiensi proses meningkat sebesar 16%, output meningkat sebesar 202 unit (11,6%), dan biaya *material handling* dapat ditekan hingga Rp 63.052.221 atau 29,08% dibandingkan dengan tata letak awalan.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Nazariah et al. (2024) bertujuan untuk mengoptimalkan penyimpanan material kain di gudang bahan PT. ABC guna meningkatkan efisiensi proses dalam pengambilan barang. Metode yang digunakan adalah *dedicated storage* dengan pendekatan simulasi menggunakan *Software Arena*. Hasil dari simulasi menunjukkan bahwa waktu pencarian material dapat dikurangi secara signifikan, dari sebelumnya 70 menit menjadi 41,86 menit, atau mengalami peningkatan efisiensi sebesar 40,2%. Penelitian ini

membuktikan bahwa *dedicated storage* dengan alokasi berdasarkan buyer mampu mempercepat proses pencarian dan meningkatkan kelancaran operasi gudang.

Penelitian yang dilakukan oleh Septiani et al. (2020) bertujuan untuk merancang ulang tata letak gudang barang jadi di perusahaan manufaktur kabel PT. XYZ agar waktu pemindahan barang dapat diminimalkan. Penelitian ini menggunakan metode *Dedicated storage* menggunakan *Software ProModel*. Terdapat dua skenario perbaikan *Layout* yang diuji. Hasil simulasi menunjukkan bahwa skenario 2 merupakan skenario paling optimal, yaitu dengan menambahkan jumlah *forklift*, mampu untuk menurunkan waktu pemindahan barang dari 140,27 jam menjadi 128,08 jam, atau mengalami penurunan sebesar 8,69% dibandingkan kondisi awal. Evaluasi menggunakan ANOVA dan LSD menunjukkan perbedaan signifikan antara model awal dan usulan,

Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Sakti et al. (2024) bertujuan untuk mengurangi waktu pengambilan order picking suku cadang di gudang spare part PT. XYZ yang sebelumnya tidak sesuai standar waktu karena *Layout LIFO* yang tidak sejalan dengan operasional FIFO. Penelitian ini menggunakan metode *dedicated storage* dengan pendekatan Blocplan dan simulasi monte carlo dalam pemilihan lokasi penyimpanan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tata letak usulan mampu menurunkan total jarak pengambilan barang sebesar 6.096,25 meter dan waktu pemindahan material berkurang dari 1.474,92 detik menjadi 372,44 detik, atau menurun sebesar 74,7%. Hal ini membuktikan bahwa perubahan *Layout* berbasis *dedicated storage* dapat meningkatkan efisiensi signifikan dalam aktivitas *picking*.

Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Alkatiri et al. (2022) bertujuan untuk merancang ulang tata letak gudang bahan baku di PT. Kurabo Manunggal Textile guna mengurangi waktu pemindahan bahan baku ke lantai produksi. Penelitian ini menggunakan metode *class-based storage* dengan menggunakan pendekatan simulasi ProModel. Simulasi digunakan untuk menguji tiga skenario, yaitu perbaikan *Layout*, penambahan *forklift*, dan kombinasi keduanya. Hasil simulasi menunjukkan bahwa skenario ketiga menghasilkan penurunan waktu pemindahan paling besar, yaitu sebesar 86,47 jam menjadi 61,52 jam, atau sekitar 28,85%. Penelitian ini membuktikan bahwa penggabungan antara perbaikan tata letak dan penambahan fasilitas *material handling* mampu memberikan peningkatan efisiensi yang signifikan.

Selanjutnya penelitian yang dilakukan Dwi Aryadipura et al. (2021) bertujuan untuk merancang ulang tata letak gudang produk jadi dan bahan baku di PT. Temprina Media Grafika agar proses pengambilan dan pengeluaran barang menjadi lebih efisien. Penelitian ini menggunakan metode *shared storage*, dimana area penyimpanan diurutkan dari yang paling

dekat hingga paling jauh dari pintu keluar masuk, untuk meminimalkan jarak pemindahan barang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa total jarak *material handling* dapat diturunkan dari 641 meter menjadi 254 meter, atau mengalami penurunan sebesar 387 meter (60,36%), sehingga tata letak usulan dinyatakan lebih efisien dibandingkan dengan kondisi awal.

Penelitian yang dilakukan oleh Laurent et al. (2022) bertujuan untuk merancang ulang tata letak fasilitas produksi dan sistem penyimpanan gudang di PT. XYZ untuk meningkatkan efisiensi alur produksi dan penanganan material. Penelitian ini menggunakan metode *Systematic Layout Planning* (SLP) dengan metode *shared storage* dengan pendekatan simulasi FlexSim, di mana penempatan material disusun berdasarkan frekuensi pemakaian dan kedekatan dengan pintu keluar masuk untuk mengurangi waktu dan tenaga dalam proses *picking*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa desain *Layout* alternatif pertama mampu meningkatkan *throughput* produksi dari 322 potong menjadi 367 potong, atau mengalami peningkatan sebesar 11,39%, sehingga *Layout* usulan dinyatakan lebih produktif dan efisien dibandingkan kondisi awal.

Selanjutnya adalah penelitian yang dilakukan oleh Rafli (2022) bertujuan untuk merancang ulang tata letak gudang Kalus 1.6 PT. XYZ bertujuan untuk mengurangi jarak tempuh *material handling* dan mengatasi ketidakefisienan dalam implementasi sistem FIFO. Penelitian ini menggunakan metode *class-based storage* dengan pendekatan perhitungan rectilinear distance dan perbandingan dua usulan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa usulan *Layout* ke-2 menjadi solusi yang lebih optimal dengan mempertimbangkan pengelompokan barang sejenis agar mempermudah pencarian dan mendukung penggunaan FIFO secara lebih efisien.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Dmytrów (2022) yang memiliki tujuan untuk menentukan dan membandingkan order picking time pada sistem penyimpanan *shared storage* dan *dedicated storage* dengan pendekatan analitik dan simulasi. Penelitian ini dilakukan di gudang blok tunggal dengan 1000 lokasi penyimpanan, menggunakan strategi pengambilan *Quantity of Adjustment* (QA) dan *Priority of Partial Units* (PPU), serta metode *routing s shape* dan *return heuristic* dengan hasil penelitian yang menunjukkan bahwasannya penggunaan *shared storage* dengan strategi QA dapat memberikan efisiensi waktu *picking* yang lebih singkat dibandingkan dengan *dedicated storage*.

Penelitian yang dilakukan oleh Awwali et al. (2024) bertujuan untuk merancang ulang tata letak gudang beras di PT. XYZ dengan menggunakan metode *shared storage* untuk meningkatkan efisiensi proses bongkar muat. Perancangan dilakukan dengan mempertimbangkan prinsip FIFO serta jarak perpindahan material dari titik penerimaan ke area

penyimpanan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tata letak usulan dapat mengurangi total jarak perpindahan material dari 624 meter menjadi 617,7 meter. Meskipun penurunannya tidak signifikan, penggunaan metode *shared storage* memungkinkan waktu penyimpanan berdasarkan waktu kedatangan produk, sehingga dapat mempermudah proses pengeluaran barang dan meningkatkan keteraturan alur distribusi dalam gudang.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Arifin et al. (2024) bertujuan untuk merancang ulang tata letak gudang sparepart pada perusahaan produksi Phthalic Anhydride (PT. XYZ) dengan membandingkan metode *dedicated storage* dan *class-based storage*. Metode *dedicated storage* dengan menempatkan barang di lokasi tetap sesuai jenis, sementara *class-based storage* mengelompokkan barang berdasarkan frekuensi pergerakan. Hasil perancangan menunjukkan bahwa *dedicated storage* menghasilkan jarak perpindahan material yang lebih efisien yaitu 472,75 meter, lebih rendah dibanding *class-based storage* dengan 498,1 meter, dan jauh lebih baik dari tata letak awal sebesar 529,75 meter.

Tabel 2. 1 Kajian Literatur

No	Judul Penelitian	Penulis	Objek Gudang	Shared storage	Class-based storage	Dedicated storage	Simulasi			
							Promodel	Arena	Anylogic	FlexSim
1	Perancangan Tata Letak Fasilitas Gudang Logistik Dengan Metode <i>Class-based storage</i> dan Pendekatan Simulasi untuk Penanggulangan Bencana Alam (Studi Kasus Kantor Desa Sukoharjo)	(Oktalia, 2022)	Kantor Desa Sukoharjo		✓					✓
2	Usulan pengoptimalan tata letak gudang W12 menggunakan kebijakan <i>dedicated storage</i> dengan penerapan simulasi (Studi kasus: PT. XYZ)	(Kulsum et al., 2020)	PT. XYZ – Gudang W12			✓	✓			
3	Perbandingan Metode Dedicated Based Storage Dan <i>Class-based storage</i> Dalam Usulan Perbaikan Alokasi Barang Pada Gudang PT. Xyz : Analisis Efisiensi Serta Pengelolaan Stok	(Fahreza et al., 2024)	Gudang PT. XYZ		✓	✓				
4	Usulan Alokasi Penyimpanan Cold room PT. XYZ Dengan Kebijakan <i>Dedicated storage</i> dan Pendekatan Simulasi Diskrit Menggunakan <i>Software</i> Flexsim Untuk Mengurangi Waktu Picking	(Putra et al., 2024)	Cold Room PT. XYZ		✓				✓	

5	Raw Material Warehouse Layout Design Using Class-based storage Method with ProModel and FlexSim Simulation at Automotive Assembling Company	(Novita Pratama et al., 2022)	Automotive Assembling Company	✓		✓	✓
6	OPTimizing Fabric Storage using Dedicated storage for Order Picking Efficiency: Arena Simulation at PT. ABC	(Nazariah et al., 2024)	PT. ABC – Gudang Kain		✓		✓
7	Warehouse Layout Designing of Cable Manufacturing Company using Dedicated storage and Simulation Promodel	(Septiani et al., 2020)	Cable Manufacturing Company		✓	✓	
8	Perancangan Tata Letak Gudang Spare Part Menggunakan Sistem Pallet Racking dengan Blocplan dan Alokasi Penyimpanan Dedicated storage untuk Mengurangi Waktu Order Picking di Gudang Spare Part PT. XYZ	(Sakti et al., 2024)	Gudang Sparepart PT. XYZ		✓		
9	Perancangan Perbaikan Tata Letak Gudang Bahan Baku Dengan Menggunakan Metode Class-Based Pada PT. Kurabo Manunggal Textile	(Alkatiri et al., 2022)	PT. Kurabo Manunggal Textile	✓		✓	

10	Usulan Perancangan Ulang Tata Letak Gudang Produk Jadi Dan Bahan Baku Dengan Metode <i>Shared storage</i> Di PT. Temprina Media Grafika Surabaya	(Dwi Aryadipura et al., 2021)	PT. Temprina Media Grafika Surabaya	✓		
11	<i>Production Layout Replanning Using Systematical Layout Planning with Shared storage Method Analysis and FlexSim Simulation in Garment and Textile Company</i>	(Laurent et al., 2022)	Garment and Textile Company	✓		
12	<i>Re-Layout Design of the Kalus 1.6 Warehouse Using the Class-based storage Method at PT. XYZ</i>	(Fadillah and Fahma, 2023)	PT. XYZ – Gudang Kalus 1.6		✓	
13	<i>Analytical and simulation determination of order picking time in a low storage warehouse for shared storage systems</i>	(Dmytrów, 2022)	Low Storage Warehouse	✓	✓	
14	<i>Analysis of the Redesign of the Rice Storage Warehouse Layout Using the Shared storage Method at PT. XYZ</i>	(Awwali and Widjajati, 2024)	PT. XYZ – Gudang Beras	✓		
15	<i>Layout Design by Comparing Dedicated storage Method and Class-based storage</i>	(Arifin and Andesta, 2024)	Gudang Sparepart PA Company		✓	✓

*Method of Spare Parts Warehouse at
Phthalic Anhydride (PA) Company*

Perancangan Tata Letak Fasilitas Gudang

Logistik Dengan Strategi *Dedicated*

PT. Frisian

storage Dan *Class-based storage*

(Qinthara,

Flag Indonesia

✓

✓

✓

Menggunakan Pendekatan Simulasi

2025)

Distributor

(Studi Kasus : PT. Frisian Flag Indonesia

Yogyakarta

Distributor Yogyakarta)

Penelitian usulan ini, bertujuan untuk merancang ulang tata letak gudang PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Yogyakarta dengan membandingkan dua strategi penyimpanan, yaitu *dedicated storage* dan *class-based storage*. Fokus utama penelitian adalah menurunkan ongkos *material handling*, meminimalkan jarak tempuh forklift, serta menyederhanakan alur penyimpanan agar operasional gudang menjadi lebih efisien. Pendekatan perancangan tata letak dilakukan melalui simulasi berbasis *discrete event simulation* menggunakan FlexSim, sehingga rancangan usulan dapat diuji secara visual dan lebih merepresentasikan kondisi operasional gudang yang dinamis. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi akademis dalam pengembangan studi tata letak gudang sekaligus menawarkan rekomendasi praktis bagi manajemen PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Yogyakarta dalam meningkatkan efisiensi sistem penyimpanan.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Perancangan Tata Letak Fasilitas

Tata letak fasilitas merupakan proses penataan fasilitas dan aktivitas produksi berdasarkan urutan alur kerja yang memiliki tujuan untuk meningkatkan produktivitas, memperlancar aliran sumber daya, serta mengelola biaya lebih efisien. Perancangan tata letak yang efektif dapat mengurangi biaya penanganan material, waktu siklus, dan ongkos transportasi (Yang et al., 2023).

Untuk mencapai tujuan dari perancangan tata letak fasilitas yang baik tersebut, maka diperlukan suatu kriteria yang dapat digunakan untuk menilai apakah tata letak suatu pabrik sudah baik atau masih perlu disempurnakan lagi. Kriteria yang digunakan adalah sebagai berikut (Purnomo, 2004):

1. Jarak angkut dalam ruang proses minimal, dengan demikian akan menghemat tenaga serta biaya pemindahan bahan
2. Aliran bahan berjalan dengan baik dan tidak mengganggu proses produksi yang sedang berjalan.
3. Penggunaan ruang yang seefektif mungkin artinya disediakan suatu jarak antar mesin yang tidak terlalu lebar maupun tidak terlalu sempit.
4. Fleksibel artinya tata letak dirancang sedemikian rupa sehingga apabila diperlukan dapat dilakukan perubahan mengikuti perkembangan yang ada.
5. Terjaminnya keselamatan barang yang diangkut.

2.2.2 Perancangan Tata Letak Gudang

Tata letak gudang merupakan tempat yang memiliki fungsi untuk dapat mengoptimalkan utilisasi berbagai sumber daya dalam memenuhi permintaan pelanggan secara maksimal atau untuk mencapai pemenuhan permintaan pelanggan dengan sumber daya yang terbatas. (James A. Tompkins et al., 2003). Selain itu terdapat lima prinsip area penyimpanan perlu diperhatikan sebagai berikut (James A. Tompkins et al., 2003):

1. Popularitas

Biasanya dalam aktivitas keluar masuk barang dari gudang terjadi atas 15% dari keseluruhan barang yang disimpan, dalam memaksimalkan proses tersebut, maka 15% tersebut merupakan barang populer dengan jarak dekat sehingga perpindahannya dari titik keluar masuk barang dapat diminimalkan. Atau secara sederhana, jarak perpindahan dan tingkat populer berbanding terbalik. Dimana barang yang lebih populer lebih dekat dengan titik keluar masuk barang.

2. Kesamaan

Barang yang memiliki waktu yang sama baik pada saat dikirim atau diterima harus disimpan pada area yang sama sehingga frekuensi perpindahan dapat di minimalkan.

3. Ukuran

Barang lebih baik disimpan pada arena sesuai dengan ukurannya. Dimana barang yang berat, berukuran besar, dan sulit ditangani harus disimpan dekat dengan titik keluar masuk gudang.

4. Karakteristik

Karakteristik suatu barang harus diperhatikan seperti umur, bentuk, ketahanan, sifat, tingkat keamanan, dan kompatibilitas dalam penyimpanan barang.

5. Utilisasi Ruang

Perancangan tata letak harus dilakukan agar dapat memaksimalkan utilisasi ruang dan dapat memaksimalkan tingkat pelayanan dengan mempertimbangkan penghematan ruang, keterbatasan ruang, kemudahan akses, dan *orderliness*.

2.2.3 *Dedicated storage*

Dedicated storage (fixed location) merupakan metode yang dapat digunakan untuk menyimpan produk di gudang dengan cara menyimpan produk pada lokasi penyimpanan yang tetap (Agustina et al., 2021). Dengan kebijakan menyimpan produk yang tetap, hal ini dapat membantu pekerja dalam mengambil barang, untuk mengetahui lokasi barang karena tempat yang lebih familiar dan mempercepat dalam proses pengambilan barang. Menurut (Kulsum et al., 2020) *dedicated storage* disebut sebagai *fixed slot storage* dikarenakan suatu lokasi penyimpanan hanya untuk satu produk yang spesifik. Dua variasi dari *dedicated storage* secara umum digunakan adalah *part number sequence storage* dan *throughput based dedicated storage*.

2.2.4 *Class-based storage*

Class-based storage merupakan metode penyimpanan dan menempatkan produk dengan cara mengelompokkan produk berdasarkan kriteria dengan dikelompokkan menjadi tiga kelas yaitu, A, B, dan C (Nursyanti et al., 2024). Pengelompokan ini bisa dalam bentuk kesamaan jenis item atau kesamaan dalam suatu daftar pemesanan konsumen. Dalam membuat *Layout* gudang, dibutuhkan data untuk membuat sebuah *Layout* yang baik. Data-data tersebut yaitu: (Oktalia, 2022).

1. Data *Layout* gudang existing

Data gudang existing digunakan dalam mengetahui kondisi *Layout* gudang sebelumnya yang meliputi dimensi *material handling*, dimensi pallet, gang, dimensi mesin, dan kebijakan dalam penempatan bahan.

2. Data karakteristik bahan baku

Data karakteristik bahan yaitu data terkait ciri-ciri dari tiap jenis bahan seperti berat, ukuran, dan luas alas yang dibutuhkan.

3. Data jadwal pemesanan

Data ini memiliki fungsi untuk mengetahui kapan bahan masuk dan keluar serta cepat lambatnya produk yang dipesan.

4. Data aliran bahan baku

Data aliran bahan baku berfungsi dalam mengetahui alur bahan baku ketika masuk dan keluarnya produk.

2.2.5 Ongkos *Material handling*

Ongkos *material handling* merupakan tagihan yang dikeluarkan oleh adanya aktivitas-aktivitas perpindahan material dari satu mesin ke mesin lainnya atau dari satu departemen ke departemen lainnya (Hasanah et al., 2022). Dalam merancang tata letak fasilitas, ongkos *material handling* ini berkaitan dengan panjang lintasan perpindahan, frekuensi pergerakan, serta waktu yang diperlukan untuk melakukan aktivitas perpindahan tersebut. Oleh karena itu, evaluasi ongkos *material handling* perlu mempertimbangkan factor seperti panjang jalur, pola aliran material, waktu tempuh, serta sumber dan tujuan perpindahan.

Pada penelitian ini, ongkos *material handling* tidak dihitung berdasarkan tarif per jenis alat angkut sebagaimana digunakan pada beberapa penelitian terdahulu, melainkan menggunakan biaya operasional aktual yang dikeluarkan perusahaan setiap bulan. Pendekatan ini digunakan karena aktivitas logistik di gudang distributor bersifat tetap, dengan jumlah tenaga kerja dan biaya operasional yang tidak berubah setiap bulan. Selain biaya tenaga kerja yang bersifat tetap, aktivitas *material handling* juga menimbulkan biaya variabel berupa konsumsi energi forklift listrik yang digunakan selama proses pemindahan barang. Biaya variabel ini dihitung berdasarkan kebutuhan energi per jam operasi forklift dan tarif listrik industri yang berlaku. Dengan demikian, efisiensi *material handling* lebih tepat dievaluasi melalui indikator jarak tempuh operator dan forklift, karena penurunan jarak tempuh menunjukkan penggunaan tenaga kerja dan sumber daya yang lebih efektif meskipun biaya operasional bersifat tetap.

Selain aspek biaya, beberapa metode pengukuran jarak seperti Euclidean, Rectilinear, dan Square Euclidean dapat digunakan untuk mendefinisikan lintasan perpindahan material di dalam gudang (Hartari et al., 2021). Pengukuran tersebut membantu dalam menghitung total jarak tempuh yang kemudian menjadi dasar evaluasi efisiensi *Layout* gudang melalui simulasi.

2.2.6 Simulasi

Simulasi merupakan metode analitis dari sebuah sistem yang digunakan untuk menyelesaikan masalah atau menjelaskan situasi dalam dunia nyata yang kompleks dan penuh ketidakpastian, terutama ketika pendekatan matematis tidak memadai, dengan menggunakan model tertentu dan umumnya dijalankan dengan bantuan komputer untuk mendapatkan solusi yang optimal (Sulistio, 2019). Terdapat keuntungan dalam menggunakan simulasi, yaitu: (Banks, 2004)

1. Fleksibel

2. Menghemat waktu (*compress time*)

Menghemat waktu dapat dilihat dari pekerjaan yang apabila dikerjakan dalam waktu tahunan tetapi ketika disimulasikan hanya memakan beberapa menit, bahkan dalam suatu kasus tertentu hanya dalam hitungan detik.

3. Dapat melebar-luaskan waktu (*expand time*)

Dengan menggunakan simulasi dapat menunjukkan perubahan struktur dari suatu sistem nyata yang sebenarnya tidak dapat diteliti pada waktu yang seharusnya. Dengan begitu simulasi dapat membantu memprediksi respon dari sistem nyata hanya dengan mengubah data parameter sistem.

4. Dapat mengawasi sumber-sumber yang bervariasi (*control sources of variation*)

Dalam simulasi komputer jarang ditemukan kesalahan perhitungan terutama bila angka-angka diambil dari komputer secara teratur dan bebas. Komputer mempunyai kemampuan untuk menghitung dengan akurat.

5. Mengkoreksi kesalahan-kesalahan penghitungan (*error in measurement correction*)

Dengan simulasi komputer jarang ditemukan kesalahan perhitungan terutama apabila angka-angka diambil dari komputer secara teratur dan bebas. Komputer mempunyai kemampuan untuk melakukan penghitungan dengan akurat.

6. Dapat dihentikan dan dijalankan kembali

Simulasi komputer dapat dihentikan untuk kepentingan peninjauan ataupun pencatatan semua keadaan yang relevan tanpa berakibat buruk terhadap program simulasi tersebut. Dalam dunia nyata, percobaan tidak dapat dihentikan begitu saja. Dalam simulasi komputer, setelah dilakukan penghentian maka kemudian dapat dengan cepat dijalankan kembali (*restart*).

7. Mudah diperbanyak

Dengan simulasi komputer percobaan dapat dilakukan setiap saat dan dapat diulang-ulang. Pengulangan dilakukan untuk mengubah berbagai komponen dan variabelnya, seperti dengan perubahan pada parameter, kondisi operasi, ataupun dalam memperbanyak output.

8. Tidak bertentangan dengan sistem nyata.
9. Dapat solusi analitis yang menjawab dengan pertanyaan *what-if*.

2.2.7 Discrete event simulation

Discrete event simulation atau biasa disebut simulasi kejadian diskrit merupakan sebuah pendekatan metode simulasi atau pemodelan dimana perubahan status pada model simulasi terjadi pada titik-titik waktu diskrit tertentu yang dipicu oleh suatu peristiwa atau kejadian. (Agalinos et al., 2020). Kejadian yang dimaksud dalam *discrete event simulation* tersebut adalah gambaran sistem dalam aliran proses yaitu urutan kejadian atau kegiatan saat peristiwa saat simulasi dijalankan dengan dikembangkan model dengan bantuan *software*. (Shofiudin et al., 2024).

Dalam konteks pergudangan, *Discrete event simulation* sangat relevan digunakan karena aktivitas seperti bongkar muat, perpindahan forklift, penyimpanan barang, pengambilan barang, hingga pengiriman, semuanya terjadi dalam bentuk event dengan durasi proses yang berubah-ubah. DES memungkinkan peneliti mengevaluasi performa sistem seperti jarak tempuh operator, waktu perpindahan, dan utilisasi alat angkut tanpa mengganggu operasi gudang secara nyata. Model juga dapat diuji untuk beberapa skenario dan strategi penyimpanan, sehingga memberikan gambaran komprehensif mengenai efisiensi tata letak gudang.

2.2.8 Software FlexSim 2021

FlexSim merupakan perangkat lunak komersial yang dikembangkan oleh *Software Production Company* (US). Perangkat lunak FlexSim dapat digunakan untuk pemodelan, kecerdasan buatan, visualisasi grafik 3D, dan pemrosesan data. Dengan bisa merepresentasikan fisik secara aktual, FlexSim dapat memodelkan sistem secara detail. Selain itu, FlexSim merupakan alat analitis yang digunakan dalam desain proses dan pengambilan keputusan dengan memetakan sistem nyata seperti sistem produksi (Aliyu et al., 2021).

Software FlexSim menyediakan interface dari model simulasi dengan ExpertFit dan Microsoft Excel. Hal ini memudahkan pemodel dalam menentukan distribusi berdasarkan data input melalui Expertfit, serta memungkinkan pertukaran data yang fleksibel dengan Excel. Output dan parameter operasional dari model simulasi dapat disesuaikan secara dinamis dengan menjalankan model (Chen et al., 2013). FlexSim menyediakan alat bantu bagi pengambil keputusan untuk memverifikasi temuan mereka melalui fitur analisis dan pelaporan statistik yang komprehensif. FlexSim dapat digunakan dalam memecahkan permasalahan di berbagai sektor, seperti manufaktur, pelayanan kesehatan, sistem penanganan material, logistik pertambangan, pengemasan, industri penerbangan, dan sistem pergudangan.

Dalam konteks penelitian ini, FlexSim dipilih karena memiliki modul bawaan untuk sistem pergudangan seperti forklift, rak penyimpanan, *travel node*, dan pengaturan *slotting*, sehingga sangat sesuai untuk menganalisis jarak tempuh operator dan efisiensi strategi penyimpanan seperti *dedicated storage* dan *class-based storage*. Visualisasi 3D yang ditawarkan FlexSim juga dapat memudahkan proses validasi model dengan kondisi gudang aktual dan memungkinkan pengujian beberapa skenario tata letak tanpa mengganggu operasi sebenarnya.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Yogyakarta yang berada di Jalan Bantul, Area Sawah, Pendowoharjo, Kec. Sewon, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Objek dari penelitian ini adalah tata letak fasilitas gudang logistik distributor yang meliputi segala aktivitas yang dilakukan pada proses penataan produk keluar dan masuknya gudang untuk dapat menghasilkan model simulasi sistem penyimpanan dan pengiriman barang pada gudang barang di gudang untuk memperoleh perbaikan tata letak dengan pemindahan *material handling* lebih efektif dan efisien.

3.2 Jenis Data

Data primer dari penelitian ini diambil dari studi lapangan dengan melakukan wawancara secara langsung dengan kepala serta staff gudang PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Yogyakarta, sedangkan untuk data sekunder didapat dari studi literatur dan data yang didapat dari arsip-arsip yang terdapat di gudang. Berikut merupakan penjelasan kedua jenis data tersebut:

a. Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung dari lokasi penelitian. Data yang diperlukan adalah:

1. Luas gudang dan bentuk gudang yang digunakan.
2. Jenis produk yang akan disimpan dalam gudang.
3. Dimensi produk.

b. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang didapatkan secara tidak langsung dan digunakan sebagai data pendukung. Berikut merupakan data yang dibutuhkan:

1. Studi literatur.
2. Profil PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Yogyakarta.
3. Data historis keluar masuk produk.
4. Proses pemesanan produk.

3.3 Metode Pengumpulan Data

Berikut merupakan metode pengumpulan data pada penelitian ini:

1. Studi literatur digunakan dalam mencari referensi yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan guna menunjang atau mendukung proses penelitian.

2. Observasi digunakan dalam mengamati secara langsung untuk memperoleh data yang dibutuhkan. Adapun data yang dikumpulkan selama observasi adalah luas gudang, jenis barang, dan dimensi barang.
3. Wawancara digunakan untuk mendapatkan informasi mengenai profil gudang, proses aktivitas pergudangan, data historis keluar masuk barang, dan proses pemesanan produk. Wawancara dilakukan kepada Kepala Gudang dan beberapa staf yang berkaitan dengan pergudangan pada PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Yogyakarta.

3.4 Software yang digunakan selama penelitian

Proses pengolahan data dilakukan dengan menggunakan beberapa *Software* antara lain:

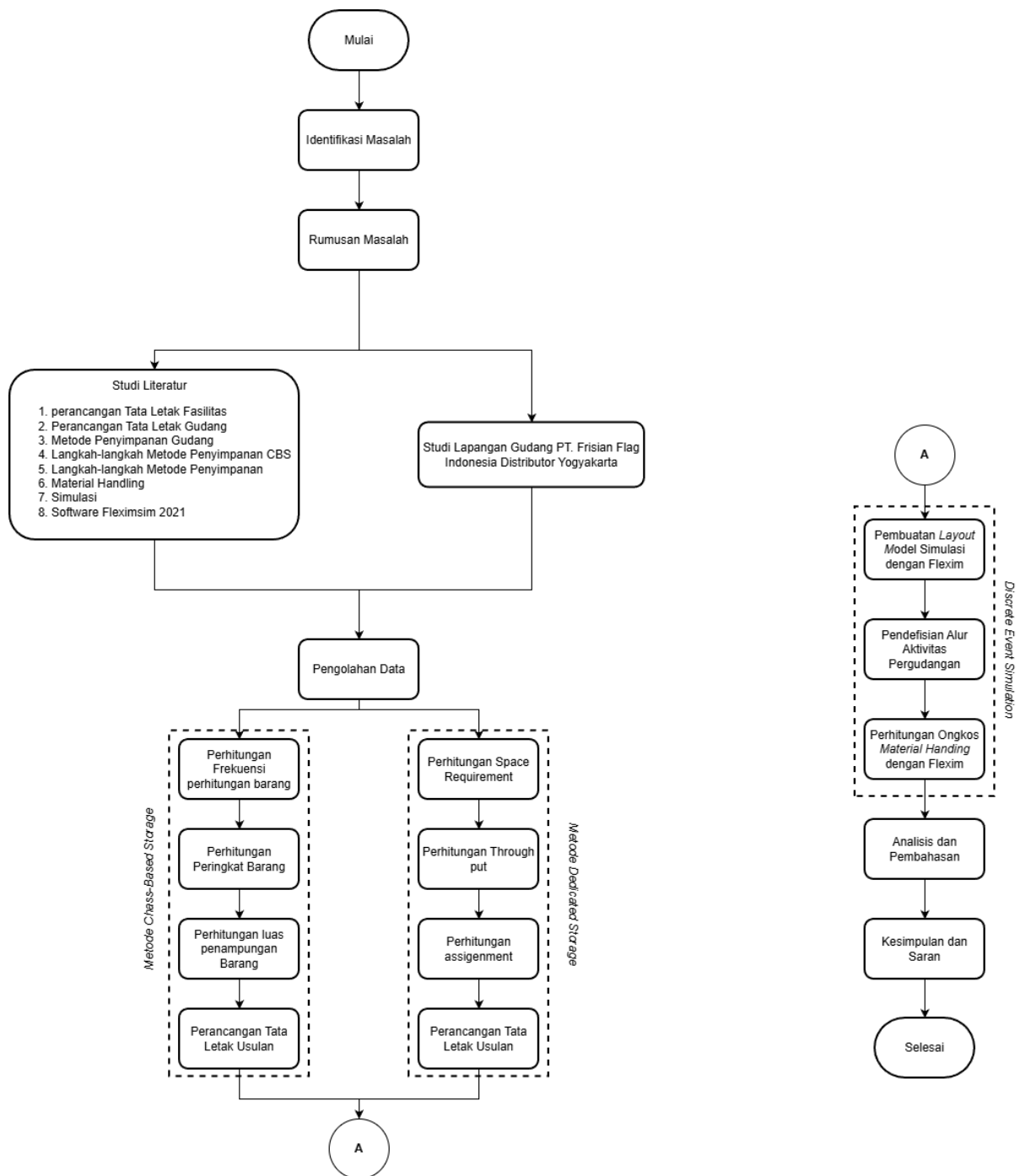
1. *Software* FlexSim 2021
Software ini digunakan dalam pembuatan model awalan dan usulan tata letak gudang berdasarkan hasil perhitungan *class-based storage* dan *dedicated storage*.
2. Draw.io
 Draw.io digunakan dalam pembuatan flowchart penelitian serta *flowchart* pengolahan data.

3.5 Key Performance Indicator

Dalam penelitian ini, indikator kinerja utama digunakan sebagai parameter evaluasi untuk menilai efektivitas dan efisiensi dari rancangan tata letak gudang. KPI yang digunakan meliputi:

1. Jarak tempuh *material handling*
 Mengukur total jarak perpindahan material dari penerimaan hingga pengiriman.
2. Ongkos *material handling*
 Menilai biaya operasional yang dikeluarkan akibat aktivitas perpindahan material.
 KPI tersebut akan dihitung dan dibandingkan antara *Layout* nyata dengan usulan *dedicated storage* dan *class-based storage* melalui simulasi menggunakan FlexSim 2021.

3.6 Alur Penelitian



Gambar 3. 1 Alur Penelitian

Berdasarkan alur penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 3.1, berikut merupakan penjelasannya:

A. Mulai

B. Identifikasi Masalah

Pada tahapan awal ini dilakukan dengan cara observasi langsung ke lokasi penelitian, yaitu pada gudang PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Yogyakarta, untuk mengamati proses penyimpanan dan pengeluaran barang. Selain itu, dilakukan juga wawancara dengan

operator gudang untuk mengidentifikasi permasalahan utama yang berkaitan dengan sistem penyimpanan dan efisiensi tata letak gudang.

C. Rumusan Masalah

Setelah permasalahan diidentifikasi, maka dilakukan perumusan masalah untuk memperjelas ruang lingkup penelitian. Rumusan masalah ini menjadi dasar dalam menentukan tujuan dan arah penelitian, serta menetapkan fokus dalam perbandingan dua strategi penyimpanan yaitu *class-based storage* dan *dedicated storage*.

D. Studi Literatur dan Studi Lapangan

Studi literatur digunakan untuk memahami teori-teori dan metode yang relevan dengan perancangan tata letak gudang, strategi penyimpanan, serta simulasi sistem menggunakan FlexSim. Sementara itu, studi lapangan dilakukan untuk memperoleh data aktual di lokasi penelitian, termasuk alur aktivitas gudang, jenis produk, frekuensi pergerakan produk, dan *Layout* awal.

E. Pengolahan Data Menggunakan *Class-based storage* dan *Dedicated storage*

Tahapan ini dibagi menjadi dua pendekatan:

- Pada metode *class-based storage*, dilakukan perhitungan frekuensi perpindahan barang, klasifikasi SKU dengan metode ABC, perhitungan luas penampungan barang per kelas, dan perancangan *Layout* usulan.
- Pada metode *dedicated storage*, dilakukan dengan perhitungan luas penampungan barang, perhitungan *throughput*, perhitungan *assignment*, dan penyusunan *Layout* usulan.

F. Pembuatan Model Simulasi

Pada tahap ini, *Layout* model awalan dibuat dan di validasikan dengan sistem nyata dan *Layout* usulan dari masing-masing metode *class-based storage* dan *dedicated storage* menggunakan software FlexSim 2021. Setelah itu dilakukan simulasi untuk mendefinisikan alur aktivitas pergudangan dan menghitung jarak tempuh dari masing-masing rancangan.

G. Analisis dan Pembahasan

Hasil dari simulasi dianalisis dalam membandingkan efektivitas dan efisiensi antara tata letak usulan *class-based storage* dan *dedicated storage*. Menghitung ongkos *material handling* dan parameter analisis meliputi jarak tempuh dan ongkos *material handling*.

H. Kesimpulan dan Saran

Setelah membuat analisis dan pembahasan, selanjutnya adalah menarik kesimpulan berdasarkan hasil analisis, serta memberikan rekomendasi metode penyimpanan dan

Layout yang paling optimal untuk direkomendasikan di gudang PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Yogyakarta.

I. Selesai

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Gambaran Umum Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Yogyakarta, yang berlokasi di Area Sawah, Banyuraden, Kecamatan Gamping, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. PT. Frisian Flag Indonesia merupakan salah satu perusahaan susu terbesar di Indonesia yang memproduksi berbagai produk bergizi dengan merek dagang Frisian Flag, Susu Bendera, dan Omela, untuk memenuhi kebutuhan nutrisi masyarakat dari anak-anak hingga orang dewasa. Sebagai bagian dari FrieslandCampina, salah satu koperasi susu terbesar di dunia yang berpusat di Meppel, Belanda, Frisian Flag Indonesia telah beroperasi di Indonesia sejak tahun 1922 dan berkomitmen untuk terus menyediakan produk bergizi berkualitas tinggi bagi keluarga Indonesia.

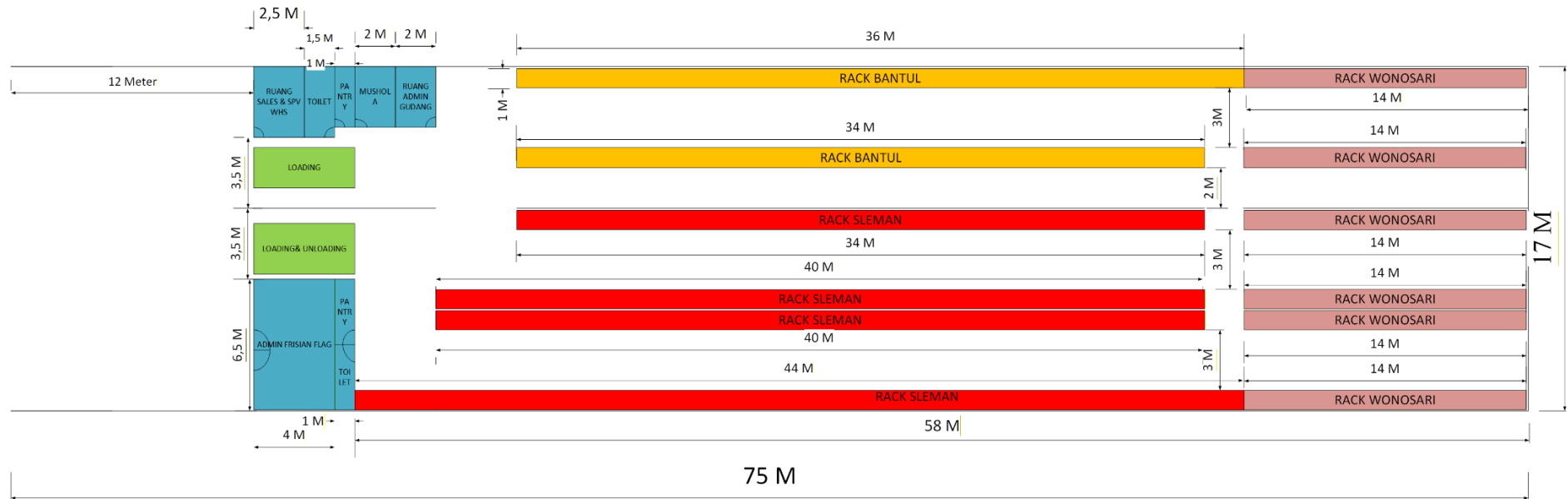
Perusahaan ini memiliki beberapa fasilitas produksi utama yang berlokasi di Pasar Rebo dan Ciracas, Jakarta Timur, serta jaringan distribusi yang tersebar di berbagai wilayah Indonesia, termasuk di Yogyakarta, yang berperan sebagai salah satu titik distribusi penting untuk wilayah Yogyakarta dan sekitarnya. Penelitian ini difokuskan pada proses pengelolaan alur barang keluar dan masuk di gudang logistik, dengan tujuan untuk mengembangkan model simulasi sistem penyimpanan dan pengiriman barang yang dapat meningkatkan efektivitas tata letak, jarak tempuh serta efisiensi pemindahan *material handling* di gudang logistik PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Yogyakarta.

4.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan berdasarkan penelitian yaitu pengukuran, pengamatan langsung, dan juga berdasarkan wawancara dengan karyawan di gudang PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Yogyakarta.

4.2.1 Layout Awalan Gudang

Gambar 4.1 merupakan *Layout* awalan dari gudang barang pada perusahaan dengan ukuran panjang = 17 m, lebar 58 m, panjang per rak = 2 m, lebar per rak = 1 m, tinggi rak = 1,5 m panjang per pallet = 1 m, dan lebar per pallet = 1m yang menyimpan berbagai macam produk susu.



Gambar 4. 1 *Layout* Awalan Gudang

4.2.2 Data Keluar Masuk Barang

Data yang didapatkan adalah data keluar masuk barang di gudang selama 1 Juli 2025 hingga 31 Juli 2025. Tabel 4.1 sampai Tabel 4.4 merupakan data keluar masuk barang.

Tabel 4. 1 Data Keluar Masuk Barang Bantul Periode Juli 2025

No	Nama Barang	Stock Awal Periode Bantul	Tanggal	Stock Awal	Stock In	Stock Out	Stock Akhir
1	FrF Scm Gold Sa 120x38g Fcm Jno	460	03/07/2025	460		3	457
			04/07/2025	457		4	453
			05/07/2025	453		4	449
			10/07/2025	449	423		872
			15/07/2025	872		7	865
			16/07/2025	865		75	790
			18/07/2025	790		1	789
			19/07/2025	789		4	785
			21/07/2025	785		19	766
			22/07/2025	766	320	21	1065
			23/07/2025	1065		20	1045
			24/07/2025	1045		25	1020
			25/07/2025	1020		12	1008
			28/07/2025	1008		17	991
			29/07/2025	991		11	980
			30/07/2025	980		24	956
			31/07/2025	956		130	826
			03/07/2025	3545		42	3503
			04/07/2025	3503	1536	180	4859
			05/07/2025	4859		53	4806
2	FrF Scc Bkm Sa 120x37g Fsm Jno	3545	07/07/2025	4806		116	4690
			08/07/2025	4690		66	4624
			09/07/2025	4624		104	4520
			10/07/2025	4520		144	4376
			11/07/2025	4376		144	4232
			14/07/2025	4232		171	4061
			15/07/2025	4061		130	3931

No	Nama Barang	Stock Awal Periode Bantul	Tanggal	Stock Awal	Stock In	Stock Out	Stock Akhir
			16/07/2025	3931		1569	2362
			18/07/2025	2362		4	2358
			19/07/2025	2358		127	2231
			21/07/2025	2231		58	2173
			22/07/2025	2173		134	2039
			23/07/2025	2039		58	1981
			24/07/2025	1981		150	1831
			25/07/2025	1831		118	1713
			26/07/2025	1713		12	1701
			27/07/2025	1701		4	1697
			28/07/2025	1697		336	1361
			29/07/2025	1361		73	1288
			30/07/2025	1288		169	1119
			31/07/2025	1119		1115	4
			31/07/2025	1639		191	1448
n	n	n	n	n	n	n	n
55	FrF Uhtm Lfat Plain Cp 12x946ml Ne	165	14/07/2025	165			165

Tabel 4. 2 Data Barang Masuk Keluar Sleman Periode Juli 2025

No	Nama Barang	Stock Awal Periode Sleman	Tanggal	Stock Awal	Stock In	Stock Out	Stock Akhir
1	FrF Scm Gold Sa 120x38g Fcm Jno	436	02/07/2025	436	41		477
			03/07/2025	477		9	468
			04/07/2025	468		11	457
			05/07/2025	457		9	448
			07/07/2025	448		10	438
			08/07/2025	438	30	2	466
			09/07/2025	466		165	301
			10/07/2025	301		3	298
			11/07/2025	298	126	14	410
			12/07/2025	410		11	399
			13/07/2025	399	129		528
			14/07/2025	528		12	516
			15/07/2025	516		44	472
			16/07/2025	472		42	430
			19/07/2025	430		5	425
			21/07/2025	425		9	416
			22/07/2025	416		14	402
			23/07/2025	402		6	396
			24/07/2025	396		9	387
			25/07/2025	387		40	347
			26/07/2025	347		15	332
			27/07/2025	332	119		451
			28/07/2025	451		12	439
			29/07/2025	439		22	417
			30/07/2025	417		4	413
			31/07/2025	413		33	380

No	Nama Barang	Stock Awal Periode Sleman	Tanggal	Stock Awal	Stock In	Stock Out	Stock Akhir
2	FrF Scc Bkm Sa 120x37g Fsm Jno	2040	02/07/2025	2040	1963	7	3996
			03/07/2025	3996		154	3842
			04/07/2025	3842		106	3736
			05/07/2025	3736		49	3687
			07/07/2025	3687		108	3579
			08/07/2025	3579		28	3551
			09/07/2025	3551		155	3396
			10/07/2025	3396	1500	73	4823
			11/07/2025	4823		128	4695
			12/07/2025	4695		103	4592
			14/07/2025	4592		69	4523
			15/07/2025	4523		709	3814
			16/07/2025	3814	1000	3747	1067
			17/07/2025	1067		4	1063
			18/07/2025	1063		8	1055
			19/07/2025	1055		67	988
			21/07/2025	988		110	878
			22/07/2025	878		114	764
			23/07/2025	764		71	693
			24/07/2025	693	1500	73	2120
			25/07/2025	2120		27	2093
			26/07/2025	2093		1530	563
			27/07/2025	563	580		1143
			28/07/2025	1143		21	1122
			29/07/2025	1122		194	928
			30/07/2025	928		56	872
			31/07/2025	872		32	840
n	n	n	n	n	n	n	n
55	FrF Uhtm Lfat Plain Cp 12x946ml Ne	44	04/07/2025	44		3	41

No	Nama Barang	Stock Awal Periode Sleman	Tanggal	Stock Awal	Stock In	Stock Out	Stock Akhir
			05/07/2025	41		6	35
			07/07/2025	35		8	27
			09/07/2025	27		2	25
			11/07/2025	25		12	13
			13/07/2025	13	60		73
			14/07/2025	73		14	59
			15/07/2025	59		3	56
			16/07/2025	56		9	47
			18/07/2025	47	30		77
			19/07/2025	77		1	76
			21/07/2025	76		5	71
			22/07/2025	71		5	66
			25/07/2025	66		16	50
			26/07/2025	50		4	46
			28/07/2025	46	43	6	83
			29/07/2025	83		14	69
			30/07/2025	69		10	59
			31/07/2025	59		42	17

Tabel 4. 3 Data Barang Masuk Keluar Periode Juli Wonosari

No	Nama Barang	Stock Awal Periode Wonosari	Tanggal	Stock Awal	Stock In	Stock Out	Stock Akhir
			05/07/2025	94		1	93
			09/07/2025	93		2	91
			12/07/2025	91		4	87
1	FrF Scm Gold Sa 120x38g Fcm Jno	94	14/07/2025	87		3	84
			15/07/2025	84		4	80
			16/07/2025	80		4	76
			17/07/2025	76		2	74

No	Nama Barang	Stock Awal Periode Wonosari	Tanggal	Stock Awal	Stock In	Stock Out	Stock Akhir
2	FrF Scc Bkm Sa 120x37g Fsm Jno	1686	24/07/2025	74		5	69
			26/07/2025	69		2	67
			29/07/2025	67		5	62
			30/07/2025	62		1	61
			31/07/2025	61		12	49
			05/07/2025	1686		2	1684
			09/07/2025	1684		44	1640
			10/07/2025	1640		24	1616
			11/07/2025	1616	430	5	2041
			12/07/2025	2041		4	2037
			14/07/2025	2037		10	2027
			15/07/2025	2027		711	1316
			16/07/2025	1316		206	1110
			16/07/2025	1110		27	1083
			17/07/2025	1083		30	1053
			18/07/2025	1053		3	1050
			21/07/2025	1050		1	1049
			25/07/2025	1049		263	786
			26/07/2025	786		172	614
			28/07/2025	614		5	609
			29/07/2025	609	2000	11	2598
			30/07/2025	2598	200	31	2767
			31/07/2025	2767	200	514	2453
n	n	n	n	n	n	n	n
55	FrF Uhtm Lfat Plain Cp 12x946ml Ne	5	26/07/2025	5		1	4

4.3 Pengolahan Data

4.3.1 Perhitungan Frekuensi Perpindahan Barang

Perhitungan frekuensi perpindahan barang dilakukan untuk mengidentifikasi tingkat pergerakan tiap item sehingga dapat menentukan kategori *fast-moving*, *medium-moving*, dan *slow-moving* sebagai dasar klasifikasi ABC. Frekuensi perpindahan dihitung dari total aktivitas masuk (*inbound*) dan keluar (*outbound*) selama periode pengamatan, sehingga nilai yang diperoleh menggambarkan intensitas perpindahan aktual dari masing-masing produk.

Hasil perhitungan frekuensi tersebut kemudian disajikan pada Tabel 4.4 hingga Tabel 4.6 sebagai dasar analisis lebih lanjut terkait pengelompokan dan kebutuhan ruang penyimpanan pada masing-masing wilayah.

Tabel 4. 4 Frekuensi Perpindahan Barang Bantul

No	Jenis Barang	Masuk	Keluar	Frekuensi Perpindahan	Persentase Perpindahan	RANK
1	FrF Scm Gold Sa 120x38g Fcm Jno	1203	377	1580	1,98	11
2	FrF Scc Bkm Sa 120x37g Fsm Jno	5081	5077	10158	12,74	3
3	FrF Scm Cheese Sa 120x37g	468	84	552	0,69	21
4	FrF Scm Choc Fsm Sa 120x37g Jno	2860	2357	5217	6,54	4
5	FrF Scm Choc Sa 120x37g Banded Pou 240g	5210	5188	10398	13,04	2
6	FrF Scm Bkm Sa 120x37g Banded Pouch 240g	9117	9108	18225	22,85	1
7	FrF Scm Bkm Fsm Pou 24x240g Jno	1528	200	1728	2,17	10
8	FrF Scm Cheese Pou 24x240g	416	24	440	0,55	27
9	FrF Scm Strawb Pou 24x260g	50	0	50	0,06	51
10	FrF Scm Choc Pou 24x260g Jno	292	50	342	0,43	34
11	FrF Scm Gold Pou 24x280g Fcm Jno	199	33	232	0,29	39
12	FrF Scm Choc Pou 24x280g Jno	380	91	471	0,59	24
13	FrF Scm Bkm Fsm Pou 24x535g Jno	2715	861	3576	4,48	6
14	FrF Scm Choc Fsm Pou 24x535g Jno	1565	449	2014	2,53	9
n	n	n	n	n	n	n
55	FrF Uhtm Lfat Plain Cp 12x946ml Ne	165	0	165	0,21	44
	Total	0	29714	79758	100	

Tabel 4. 5 Data Frekuensi Barang Sleman

No	Jenis Barang (Sleman)	Masuk	Keluar	Frekuensi Perpindahan	Persentase Perpindahan	RANK
1	FrF Scm Gold Sa 120x38g FcmJno	881	501	1382	1,26	16
2	FrF Scc Bkm Sa 120x37g Fsm Jno	8583	7743	16326	14,87	1
3	FrF Scm Cheese Sa 120x37g	515	51	566	0,52	29
4	FrF Scm Choc Fsm Sa 120x37g Jno	6224	4281	10505	9,57	4
5	FrF Scm Choc Sa 120x37g Banded Pou 240g	10948	3268	14216	12,95	2

No	Jenis Barang (Sleman)	Masuk	Keluar	Frekuensi Perpindahan	Persentase Perpindahan	RANK
6	FrF Scm Bkm Sa 120x37g Banded Pouch 240g	7625	6523	14148	12,89	3
7	FrF Scm Bkm Fsm Pou 24x240g Jno	1363	195	1558	1,42	14
8	FrF Scm Cheese Pou 24x240g	432	21	453	0,41	32
9	FrF Scm Strawb Pou 24x260g	588	0	588	0,54	28
10	FrF Scm Choc Pou 24x260g Jno	8	0	8	0,01	55
11	FrF Scm Gold Pou 24x280g Fcm Jno	247	71	318	0,29	39
12	FrF Scm Choc Pou 24x280g Jno	520	151	671	0,61	24
13	FrF Scm Bkm Fsm Pou 24x535g Jno	2643	1161	3804	3,46	7
14	FrF Scm Choc Fsm Pou 24x535g Jno	2488	807	3295	3,00	9
n	n	n	n	n	n	n
55	FrF Uhtm Lfat Plain Cp 12x946ml Ne	177	160	337	0,31	37
	Total	72931	36869	109800	100	

Tabel 4. 6 Frekuensi Perpindahan Barang Wonosari

No	Jenis Barang (Wonosari)	Masuk	Keluar	Frekuensi Perpindahan	Persentase Perpindahan	Rank
1	FrF Scm Gold Sa 120x38g Fcm Jno	94	45	139	0,43705	19
2	FrF Scc Bkm Sa 120x37g Fsm Jno	4516	2063	6579	20,68608	2
3	FrF Scm Cheese Sa 120x37g	19	9	28	0,08804	28
4	FrF Scm Choc Fsm Sa 120x37g Jno	1044	1033	2077	6,53063	5
5	FrF Scm Choc Sa 120x37g Banded Pou 240g	2605	2739	5344	16,80292	3
6	FrF Scm Bkm Sa 120x37g Banded Pouch 240g	4436	3412	7848	24,67614	1
7	FrF Scm Bkm Fsm Pou 24x240g Jno	261	49	310	0,97472	11
8	FrF Scm Cheese Pou 24x240g	9	2	11	0,03459	38
9	FrF Scm Strawb Pou 24x260g	47	0	47	0,14778	24
10	FrF Scm Choc Pou 24x260g Jno	97	26	123	0,38674	20
11	FrF Scm Gold Pou 24x280g Fcm Jno	12	5	17	0,05345	30
12	FrF Scm Choc Pou 24x280g Jno	140	8	148	0,46535	18
13	FrF Scm Bkm Fsm Pou 24x535g Jno	191	45	236	0,74205	13
14	FrF Scm Choc Fsm Pou 24x535g Jno	161	8	169	0,53138	15
n	n	n	n	n	n	n
55	FrF Uhtm Lfat Plain Cp 12x946ml Ne	5	1	6	0,01887	45
	Total	21206	10598	31804	100	

Hasil analisis perpindahan barang pada Bantul, Sleman, dan Wonosari menunjukkan bahwa produk dengan perpindahan tertinggi secara konsisten berasal dari kelompok SKM kemasan saset, terutama FrF Scm Bkm Sa 120x37g Banded Pouch, FrF Scm Choc Banded Pouch 240g, dan FrF Scc Bkm Sa 120x37g yang selalu berada pada posisi tiga besar. Pada tingkat perpindahan sedang, masing-masing wilayah didominasi oleh berbagai produk UHT, seperti FrF Uhtm Choc Cp 12x946ml Jno (1,38% di Bantul dan 1,46% di Sleman) serta FrF

UHT Choc Cp 36x110ml Nb Omg Gtr (5,99% di Wonosari) yang menunjukkan kontribusi menengah terhadap total aktivitas pergerakan barang. Sementara itu, kelompok *slow-moving* pada ketiga wilayah didominasi oleh produk kaleng, termasuk FrF Scm Gold Can 48x370g Lfm Jno yang hanya mencatat perpindahan 0,38% di Bantul, 0,30% di Sleman, dan bahkan turun hingga 0,04% di Wonosari, sehingga produk-produk ini menjadi penyumbang perpindahan paling rendah pada seluruh lokasi.

4.3.2 Perhitungan Peringkat Barang (Klasifikasi ABC)

Setelah dilakukan perhitungan terhadap frekuensi perpindahan, tahap selanjutnya adalah melakukan pemeringkatan barang menggunakan klasifikasi ABC dengan pendekatan *Class-based storage*. Prinsip ini didasarkan pada hukum Pareto, di mana barang dikelompokkan berdasarkan tingkat aktivitas *storage* dan *retrieval* (S/R), atau dalam konteks ini—frekuensi keluar dan masuknya barang dari gudang. Langkah ini bertujuan untuk memetakan produk berdasarkan kontribusinya terhadap keseluruhan aktivitas perpindahan, sehingga item yang memiliki pergerakan paling dominan dapat diidentifikasi dan ditempatkan pada area penyimpanan yang lebih strategis dan efisien. Menurut Hudori and Basuki (2016), klasifikasi barang dapat dibagi menjadi tiga kategori utama yaitu:

1. Kategori A (*Fast-moving* – 80/20)

Kelompok ini terdiri dari barang dengan kontribusi nilai tertinggi sekitar 80% dari total nilai perpindahan, meskipun jumlah jenisnya hanya sekitar 20% dari keseluruhan.

2. Kategori B (*Medium-moving* – 15/30)

Barang kategori B mencakup sekitar 30% jenis produk dengan kontribusi perpindahan menengah, yaitu sekitar 15% dari total nilai.

3. Kategori C (*Slow-moving* – 5/50)

Kategori C diisi oleh barang dengan kontribusi perpindahan paling kecil, sekitar 5%, namun jumlah jenisnya dapat mencapai 50% dari total produk.

Hasil penerapan klasifikasi ABC dapat dilihat pada Tabel 4.7 hingga Tabel 4.9 sebagai dasar pengelompokan dan penentuan prioritas penataan barang.

Tabel 4. 7 Klasifikasi ABC Bantul

RANK	Jenis Barang	Frekuensi Perpindahan	Persentase Perpindahan	Kumulatif (%)	Kategori
1	FrF Scm Bkm Sa 120x37g Banded Pouch 240g	18225	22,85037238	22,85037238	A
2	FrF Scm Choc Sa 120x37g Banded Pou 240g	10398	13,03693673	35,88730911	
3	FrF Scc Bkm Sa 120x37g Fsm Jno	10158	12,73602648	48,62333559	
4	FrF Scm Choc Fsm Sa 120x37g Jno	5217	6,541036636	55,16437223	
5	FrF UHT Choc Cp 36x110ml Nb Omg Gtr	4242	5,318588731	60,48296096	

RANK	Jenis Barang	Frekuensi Perpindahan	Persentase Perpindahan	Kumulatif (%)	Kategori
6	FrF Scm Bkm Fsm Pou 24x535g Jno	3576	4,483562777	64,96652373	
7	FrF Uhtm Flcrm Cp 12x946ml Jno	3540	4,438426239	69,40494997	
8	FrF UHT Strawb Cp 36x110ml Nb Omg Gtr	2811	3,524411344	72,92936132	
9	FrF Scm Choc Fsm Pou 24x535g Jno	2014	2,525138544	75,45449986	
10	FrF Scm Bkm Fsm Pou 24x240g Jno	1728	2,166553825	77,62105369	
11	FrF Scm Gold Sa 120x38g Fcm Jno	1580	1,980992502	79,60204619	
12	FrF Uhtm Choc Cp 12x946ml Jno	1104	1,384187166	80,98623336	B
13	FrF UHT Choc Cp 36x115ml Omega Mtr Jno	1009	1,265076857	82,25131021	
14	FrF Uhtm Flcrm Cp 36x225ml Jno	894	1,120890694	83,37220091	
15	FrF UHT Choc Cp 36x115ml Omega Lp NPT.	822	1,030617618	84,40281853	
16	FrF Scm Bkm Ftrf2 Can 48x370g Jno	747	0,936583164	85,33940169	
17	FrF UHT Choc Cp 6x6x115ml Omega Mtr Jno	690	0,865116979	86,20451867	
18	FrF Uhtm Choc Cp 36x225ml Jno	654	0,819980441	87,02449911	
19	FrF UHT Plain Cp 36x110ml Nb Omg Mtr	615	0,771082525	87,79558163	
20	FrF UHT Choc Cp 36x180ml Omega Mtr Jno	583	0,730961158	88,52654279	
21	FrF Scm Cheese Sa 120x37g	552	0,692093583	89,21863638	
22	FrF Uhtm Strawb Cp 36x225ml Jno	550	0,689585998	89,90822237	
23	FrF UHT Choc Cp 6x6x110ml Nb Omg Mtr	500	0,626896361	90,53511873	C
24	FrF Scm Choc Pou 24x280g Jno	471	0,590536373	91,12565511	
25	Oml Scc Plain Can 48x490g Nlk Jno	460	0,576744653	91,70239976	
26	FrF UHT Strawb Cp 36x180ml Omega Mtr Jno	443	0,555430176	92,25782994	
27	FrF Scm Cheese Pou 24x240g	440	0,551668798	92,80949873	
28	FrF Scm Ftrf2 Choc Can 48x370g Jno	427	0,535369493	93,34486823	
29	FrF UHT Strawb Cp 36x115ml Omega Mtr Jno	425	0,532861907	93,87773013	
30	FrF UHT Strawb Cp 6x6x115ml Omega Lp NPT.	386	0,483963991	94,36169412	
31	FrF Uhtm Lfat Plain Cp 12x946ml Jno	374	0,468918478	94,8306126	
32	FrF Uhtm Cereal Coffee Cp 36x225ml Jno	369	0,462649515	95,29326212	
33	FrF UHT Plain Cp 6x6x110ml Nb Omg Mtr	348	0,436319868	95,72958199	
34	FrF Scm Choc Pou 24x260g Jno	342	0,428797111	96,1583791	
35	Oml Scc Plain Can 48x370g Nlk Jno	322	0,403721257	96,56210035	
36	FrF Scm Gold Can 48x370g Lfm Jno	305	0,382406781	96,94450713	
37	FrF UHT Strawb Cp 36x115ml Omega Lp NPT.	255	0,319717144	97,26422428	
38	FrF UHT Strawb Cp 6x6x115ml Omg Mtr Jno	250	0,313448181	97,57767246	

RANK	Jenis Barang	Frekuensi Perpindahan	Persentase Perpindahan	Kumulatif (%)	Kategori
39	FrF Scm Gold Pou 24x280g Fcm Jno	232	0,290879912	97,86855237	
40	FrF Uhtm Coconut Cp 36x225ml Jno	210	0,263296472	98,13184884	
41	FrF Uhtm Sweet Delight Cp 36x225ml Jno	181	0,226936483	98,35878533	
41	FrF Uhtm Cereal Choc Cp 36x225ml Jno	181	0,226936483	98,58572181	
43	FrF Uhtm Coconut Cp 12x946ml Jno	169	0,21189097	98,79761278	
44	FrF Uhtm Lfat Plain Cp 12x946ml Ne	165	0,206875799	99,00448858	
45	FrF UHT Choc Cp 6x6x110ml Nb Omg Gtr	147	0,18430753	99,18879611	
46	FrF UHT Matcha Energo+ Cp 36x225ml	120	0,150455127	99,33925123	
47	FrF Uhtm Lfat Choc Cp 36x225ml Jno	115	0,144186163	99,4834374	
48	FrF Uhtm Lfat Fr Van Cp 36x225ml Jno	92	0,115348931	99,59878633	
49	FrF Uhtm Lfat Strawb Cp 36x225ml Jno	91	0,114095138	99,71288147	
50	FrF Scm Bkm Ftrf2 Can 48x490g Jno	59	0,073973771	99,78685524	
51	FrF Scm Strawb Pou 24x260g	50	0,062689636	99,84954487	
52	FrF UHT Mix Berries Energo+ Cp 36x225ml	44	0,05516688	99,90471175	
53	FrF Scm Ftrf2 Choc Can 48x490g Jno	43	0,053913087	99,95862484	
54	FrF Scm Gold Can 48x490g Lfm Jno	33	0,04137516	100	
55	Oml Evap Milk Can 48x386g	0	0	100	
	TOTAL	79758	100		

Tabel 4. 8 Klasifikasi ABC Sleman

RANK	Jenis Barang	Frekuensi Perpindahan	Persentase Perpindahan	Kumulatif (%)	Kategori
1	FrF Scm Bkm Sa 120x37g Fsm Jno	16326	14,86885246	14,86885246	A
2	FrF Scm Choc Sa 120x37g Banded Pou 240g	14216	12,94717668	27,81602914	
3	FrF Scm Bkm Sa 120x37g Banded Pouch 240g	14148	12,8852459	40,70127505	
4	FrF Scm Choc Fsm Sa 120x37g Jno	10505	9,567395264	50,26867031	
5	FrF Uhtm Flcrm Cp 12x946ml Jno	7966	7,255009107	57,52367942	
6	FrF UHT Plain Cp 36x110ml Nb Omg Mtr	5254	4,785063752	62,30874317	
7	FrF Scm Bkm Fsm Pou 24x535g Jno	3804	3,464480874	65,77322404	
8	FrF UHT Choc Cp 36x110ml Nb Omg Gtr	3802	3,462659381	69,23588342	
9	FrF Scm Choc Fsm Pou 24x535g Jno	3295	3,000910747	72,23679417	
10	FrF UHT Strawb Cp 36x110ml Nb Omg Gtr	2894	2,635701275	74,87249545	
11	FrF UHT Choc Cp 36x115ml Omega Mtr Jno	2506	2,282331512	77,15482696	
12	FrF UHT Plain Cp 6x6x110ml Nb Omg Mtr	1935	1,762295082	78,91712204	

RANK	Jenis Barang	Frekuensi Perpindahan	Persentase Perpindahan	Kumulatif (%)	Kategori
13	FrF Uhtm Choc Cp 12x946ml Jno	1608	1,464480874	80,38160291	B
14	FrF Scm Bkm Fsm Pou 24x240g Jno	1558	1,418943534	81,80054645	
15	FrF UHT Choc Cp 36x115ml Omega Lp NPT.	1452	1,322404372	83,12295082	
16	FrF Scm Gold Sa 120x38g Fcm Jno	1382	1,258652095	84,38160291	
17	FrF UHT Strawb Cp 36x115ml Omega Lp NPT.	1353	1,232240437	85,61384335	
18	FrF Scm Bkm Frf2 Can 48x370g Jno	1127	1,026411658	86,64025501	
19	FrF UHT Strawb Cp 36x115ml Omega Mtr Jno	955	0,869763206	87,51001821	
20	FrF Uhtm Cereal Coffee Cp 36x225ml Jno	908	0,826958106	88,33697632	
21	FrF Uhtm Choc Cp 36x225ml Jno	896	0,816029144	89,15300546	
22	FrF UHT Choc Cp 6x6x115ml Omega Mtr Jno	758	0,690346084	89,84335155	
23	FrF Scm Frf2 Choc Can 48x370g Jno	711	0,647540984	90,49089253	
24	FrF Scm Choc Pou 24x280g Jno	671	0,611111111	91,10200364	
25	FrF Uhtm Strawb Cp 36x225ml Jno	653	0,594717668	91,69672131	
26	FrF Uhtm Lfat Choc Cp 36x225ml Jno	596	0,5428051	92,23952641	
27	FrF Uhtm Coconut Cp 12x946ml Jno	592	0,539162113	92,77868852	
28	FrF Scm Strawb Pou 24x260g	588	0,535519126	93,31420765	
29	FrF Scm Cheese Sa 120x37g	566	0,515482696	93,82969035	
30	FrF UHT Choc Cp 6x6x110ml Nb Omg Mtr	500	0,455373406	94,28506375	
31	Oml Scc Plain Can 48x490g Nlk Jno	464	0,422586521	94,70765027	
32	FrF Scm Cheese Pou 24x240g	453	0,412568306	95,12021858	
33	FrF Uhtm Lfat Strawb Cp 36x225ml Jno	450	0,409836066	95,53005464	
34	FrF Uhtm Flcrm Cp 36x225ml Jno	379	0,345173042	95,87522769	
35	FrF UHT Strawb Cp 36x180ml Omega Mtr Jno	354	0,322404372	96,19763206	
36	FrF Uhtm Lfat Plain Cp 12x946ml Jno	345	0,31420765	96,51183971	
37	FrF Uhtm Lfat Plain Cp 12x946ml Ne	337	0,306921676	96,81876138	
38	FrF Scm Gold Can 48x370g Lfm Jno	325	0,295992714	97,1147541	
39	FrF Scm Gold Pou 24x280g Fcm Jno	318	0,289617486	97,40437158	C
40	FrF UHT Choc Cp 36x180ml Omega Mtr Jno	307	0,279599271	97,68397086	
41	FrF UHT Strawb Cp 6x6x115ml Omg Mtr Jno	306	0,278688525	97,96265938	
42	Oml Scc Plain Can 48x370g Nlk Jno	285	0,259562842	98,22222222	
43	FrF UHT Matcha Energo+ Cp 36x225ml	275	0,250455373	98,4726776	
44	FrF Uhtm Lfat Fr Van Cp 36x225ml Jno	249	0,226775956	98,69945355	
45	FrF Uhtm Cereal Choc Cp 36x225ml Jno	215	0,195810565	98,89526412	

RANK	Jenis Barang	Frekuensi Perpindahan	Persentase Perpindahan	Kumulatif (%)	Kategori
46	FrF UHT Strawb Cp 6x6x115ml Omega Lp NPT.	203	0,184881603	99,08014572	
47	FrF Uhtm Sweet Delight Cp 36x225ml Jno	194	0,176684882	99,2568306	
48	FrF Uhtm Coconut Cp 36x225ml Jno	190	0,173041894	99,4298725	
49	Oml Evap Milk Can 48x386g	175	0,159380692	99,58925319	
50	FrF UHT Choc Cp 6x6x110ml Nb Omg Gtr	149	0,135701275	99,72495446	
51	FrF Scm Ftrf2 Choc Can 48x490g Jno	92	0,083788707	99,80874317	
52	FrF UHT Mix Berries Energo+ Cp 36x225ml	90	0,081967213	99,89071038	
53	FrF Scm Bkm Ftrf2 Can 48x490g Jno	75	0,068306011	99,95901639	
54	FrF Scm Gold Can 48x490g Lfm Jno	37	0,033697632	99,99271403	
55	FrF Scm Choc Pou 24x260g Jno	8	0,007285974	100	
	TOTAL	109800	100		

Tabel 4. 9 Klasifikasi ABC Wonosari

RANK	Jenis Barang	Frekuensi Perpindahan	Persentase Perpindahan	Kumulatif (%)	Kategori
1	FrF Scm Bkm Sa 120x37g Banded Pouch 240g	7848	24,67614137	24,67614137	A
2	FrF Scc Bkm Sa 120x37g Fsm Jno	6579	20,68607722	45,36221859	
3	FrF Scm Choc Sa 120x37g Banded Pou 240g	5344	16,80291787	62,16513646	
4	FrF UHT Plain Cp 36x110ml Nb Omg Mtr	3189	10,02704062	72,19217708	
5	FrF Scm Choc Fsm Sa 120x37g Jno	2077	6,530625079	78,72280216	
6	FrF UHT Choc Cp 36x110ml Nb Omg Gtr	1907	5,996101119	84,71890328	B
7	FrF UHT Strawb Cp 36x180ml Omega Mtr Jno	685	2,15381713	86,87272041	
8	FrF UHT Strawb Cp 36x110ml Nb Omg Gtr	597	1,877122375	88,74984279	
9	FrF UHT Plain Cp 6x6x110ml Nb Omg Mtr	548	1,723053704	90,47289649	
10	FrF UHT Choc Cp 36x180ml Omega Mtr Jno	517	1,625581688	92,09847818	
11	FrF Scm Bkm Fsm Pou 24x240g Jno	310	0,974720161	93,07319834	
12	FrF UHT Choc Cp 36x115ml Omega Lp NPT.	244	0,767199094	93,84039743	
13	FrF Scm Bkm Fsm Pou 24x535g Jno	236	0,742045026	94,58244246	
14	FrF Scm Bkm Ftrf2 Can 48x370g Jno	233	0,73261225	95,31505471	
15	FrF Scm Choc Fsm Pou 24x535g Jno	169	0,531379701	95,84643441	
16	FrF Scm Ftrf2 Choc Can 48x370g Jno	162	0,509369891	96,3558043	C
17	FrF UHT Strawb Cp 36x115ml Omega Lp NPT.	158	0,496792856	96,85259716	
18	FrF Scm Choc Pou 24x280g Jno	148	0,46535027	97,31794743	
19	FrF Scm Gold Sa 120x38g Fcm Jno	139	0,437051943	97,75499937	
20	FrF Scm Choc Pou 24x260g Jno	123	0,386743806	98,14174318	

RANK	Jenis Barang	Frekuensi Perpindahan	Persentase Perpindahan	Kumulatif (%)	Kategori
21	FrF Uhtm Choc Cp 36x225ml Jno	80	0,251540687	98,39328386	
22	FrF Uhtm Flcrm Cp 36x225ml Jno	53	0,166645705	98,55992957	
23	Oml Scc Plain Can 48x490g Nlk Jno	49	0,154068671	98,71399824	
24	FrF Scm Strawb Pou 24x260g	47	0,147780153	98,86177839	
25	FrF Uhtm Coconut Cp 36x225ml Jno	45	0,141491636	99,00327003	
26	FrF Uhtm Strawb Cp 36x225ml Jno	34	0,106904792	99,11017482	
27	FrF Uhtm Flcrm Cp 12x946ml Jno	31	0,097472016	99,20764684	
28	FrF Scm Cheese Sa 120x37g	28	0,08803924	99,29568608	
29	FrF Uhtm Sweet Delight Cp 36x225ml Jno	23	0,072317947	99,36800402	
30	FrF Scm Gold Pou 24x280g Fcm Jno	17	0,053452396	99,42145642	
30	FrF UHT Choc Cp 36x115ml Omega Mtr Jno	17	0,053452396	99,47490882	
32	FrF UHT Choc Cp 6x6x115ml Omega Mtr Jno	15	0,047163879	99,5220727	
33	FrF Uhtm Cereal Choc Cp 36x225ml Jno	13	0,040875362	99,56294806	
34	FrF UHT Mix Berries Energo+ Cp 36x225ml	13	0,040875362	99,60382342	
35	FrF Uhtm Lfat Choc Cp 36x225ml Jno	13	0,040875362	99,64469878	
36	FrF Scm Gold Can 48x370g Lfm Jno	13	0,040875362	99,68557414	
37	Oml Scc Plain Can 48x370g Nlk Jno	12	0,037731103	99,72330524	
38	FrF Scm Cheese Pou 24x240g	11	0,034586844	99,75789209	
39	FrF Uhtm Choc Cp 12x946ml Jno	11	0,034586844	99,79247893	
40	FrF Uhtm Lfat Plain Cp 12x946ml Jno	10	0,031442586	99,82392152	
41	FrF UHT Strawb Cp 6x6x115ml Omg Mtr Jno	10	0,031442586	99,85536411	
42	FrF UHT Strawb Cp 36x115ml Omega Mtr Jno	8	0,025154069	99,88051817	
43	FrF UHT Matcha Energo+ Cp 36x225ml	7	0,02200981	99,90252798	
44	FrF Uhtm Coconut Cp 12x946ml Jno	7	0,02200981	99,92453779	
45	FrF Uhtm Lfat Plain Cp 12x946ml Ne	6	0,018865552	99,94340335	
46	FrF Uhtm Lfat Strawb Cp 36x225ml Jno	4	0,012577034	99,95598038	
47	FrF Uhtm Cereal Coffee Cp 36x225ml Jno	4	0,012577034	99,96855741	
48	FrF Scm Gold Can 48x490g Lfm Jno	3	0,009432776	99,97799019	
49	FrF Scm Bkm Ftrf2 Can 48x490g Jno	3	0,009432776	99,98742297	
50	FrF UHT Choc Cp 6x6x110ml Nb Omg Gtr	2	0,006288517	99,99371148	
51	FrF Scm Ftrf2 Choc Can 48x490g Jno	2	0,006288517	100	
52	FrF Uhtm Lfat Fr Van Cp 36x225ml Jno	0	0	100	
53	FrF UHT Strawb Cp 6x6x115ml Omega Lp NPT.	0	0	100	

RANK	Jenis Barang	Frekuensi Perpindahan	Persentase Perpindahan	Kumulatif (%)	Kategori
54	FrF UHT Choc Cp 6x6x110ml Nb Omg Mtr	0	0	100	
55	Oml Evap Milk Can 48x386g	0	0	100	
	TOTAL	31804	100		

Berdasarkan perhitungan diatas dapat diketahui bahwa:

1. Wilayah Bantul

A. Kategori A (*Fast Moving*)

Mendominasi aktivitas perpindahan dengan kontribusi sekitar 79,37%, terdiri dari 8 jenis barang.

B. Kategori B (*Medium Moving*)

Berkontribusi sekitar 15,37%, terdiri dari 15 jenis baran

C. Kategori C (*Slow Moving*)

Menyumbang sekitar 5,26%, terdiri dari 32 jenis barang.

2. Wilayah Sleman

A. Kategori A (*Fast Moving*)

Berkontribusi sekitar 78,64%, terdiri dari 8 jenis barang.

B. Kategori B (*Medium Moving*)

Menyumbang sekitar 16,09%, terdiri dari 16 jenis barang.

C. Kategori C (*Slow Moving*)

Berkontribusi sekitar 5,27%, terdiri dari 31 jenis barang.

3. Wilayah Wonosari

A. Kategori A (*Fast Moving*)

Mendominasi perpindahan dengan kontribusi sekitar 75,79%, terdiri dari 4 jenis barang.

B. Kategori B (*Medium Moving*)

Berkontribusi sekitar 18,66%, terdiri dari 5 jenis barang

C. Kategori C (*Slow Moving*)

Menyumbang sekitar 5,26%, terdiri dari 46 jenis barang.

4.3.3 Perhitungan Nilai *Space Requirement Class based storage*

Pada tahap ini dilakukan perhitungan *space requirement* untuk menentukan kebutuhan ruang penyimpanan setiap jenis barang berdasarkan hasil klasifikasi ABC. Nilai *space requirement* menunjukkan luas area yang diperlukan untuk menampung total volume produk. Nilai tersebut kemudian dikonversikan ke dalam kebutuhan panjang rak (*m*) untuk mengetahui kapasitas rak yang harus disediakan dalam gudang. Pada perhitungan ini, setiap 1 meter rak

merepresentasikan 5 unit rak ke atas, sehingga konversi panjang rak memberikan gambaran jumlah rak aktual yang dibutuhkan sesuai kapasitas tumpukan per pallet. Hasil perhitungan baik dalam bentuk area maupun panjang rak ditampilkan pada Tabel 4.10 hingga Tabel 4.12 untuk setiap wilayah.

Tabel 4. 10 *Space Requirement Class based storage* Bantul

Rank	Jenis barang	Masuk	Jumlah Tumpukan per Pallet	Space Requirement Teoritis	Space Requirement	Kebutuhan Panjang Rak (M)	Kumulatif	Kumulatif per Kelas
1	FrF Scm Bkm Sa 120x37g Banded Pouch 240g	9117	144	63,3125	64	12,8	12,8	
2	FrF Scm Choc Sa 120x37g Banded Pou 240g	5210	144	36,18055556	37	7,4	20,2	
3	FrF Scc Bkm Sa 120x37g Fsm Jno	5081	144	35,28472222	36	7,2	27,4	
4	FrF Scm Choc Fsm Sa 120x37g Jno	2860	144	19,86111111	20	4	31,4	60
5	FrF UHT Choc Cp 36x110ml Nb Omg Gtr	3402	144	23,625	24	4,8	36,2	
6	FrF Scm Bkm Fsm Pou 24x535g Jno	2715	144	18,85416667	19	3,8	40	
7	Frf Uhtm Flcrm Cp 12x946ml Jno	2494	98	25,44897959	26	5,2	45,2	
8	FrF UHT Strawb Cp 36x110ml Nb Omg Gtr	2492	98	25,42857143	26	5,2	50,4	

Rank	Jenis barang	Masuk	Jumlah Tumpukan per Pallet	Space Requirement Teoritis	Space Requirement	Kebutuhan Panjang Rak (M)	Kumulatif	Kumulatif per Kelas
9	FrF Scm Choc Fsm Pou 24x535g Jno	1565	98	15,96938776	16	3,2	53,6	
10	FrF Scm Bkm Fsm Pou 24x240g Jno	1528	98	15,59183673	16	3,2	56,8	
11	FrF Scm Gold Sa 120x38g Fcm Jno	1203	98	12,2755102	13	2,6	59,4	
12	FrF Uhtm Choc Cp 12x946ml Jno	868	98	8,857142857	9	1,8	61,2	
13	FrF UHT Choc Cp 36x115ml Omega Mtr Jno	724	40	18,1	19	3,8	65	
14	FrF Uhtm Flcrm Cp 36x225ml Jno	667	40	16,675	17	3,4	68,4	
15	FrF UHT Choc Cp 36x115ml Omega Lp NPT.	372	64	5,8125	6	1,2	69,6	90
16	FrF Scm Bkm Ftrf2 Can 48x370g Jno	552	64	8,625	9	1,8	71,4	
17	FrF UHT Choc Cp 6x6x115ml Omega Mtr Jno	478	64	7,46875	8	1,6	73	
18	FrF Uhtm Choc Cp 36x225ml Jno	495	64	7,734375	8	1,6	74,6	

Rank	Jenis barang	Masuk	Jumlah Tumpukan per Pallet	Space Requirement Teoritis	Space Requirement	Kebutuhan Panjang Rak (M)	Kumulatif	Kumulatif per Kelas
19	FrF UHT Plain Cp 36x110ml Nb Omg Mtr	327	40	8,175	9	1,8	76,4	
20	FrF UHT Choc Cp 36x180ml Omega Mtr Jno	517	40	12,925	13	2,6	79	
21	FrF Scm Cheese Sa 120x37g	468	40	11,7	12	2,4	81,4	
22	FrF Uhtm Strawb Cp 36x225ml Jno	416	40	10,4	11	2,2	83,6	
23	FrF UHT Choc Cp 6x6x110ml Nb Omg Mtr	500	64	7,8125	8	1,6	85,2	
24	FrF Scm Choc Pou 24x280g Jno	380	180	2,111111111	3	0,6	85,8	
25	Oml Scc Plain Can 48x490g Nlk Jno	361	180	2,005555556	3	0,6	86,4	
26	FrF UHT Strawb Cp 36x180ml Omega Mtr Jno	436	180	2,422222222	3	0,6	87	
27	FrF Scm Cheese Pou 24x240g	416	180	2,311111111	3	0,6	87,6	
28	FrF Scm Ftrf2 Choc Can 48x370g Jno	304	180	1,688888889	2	0,4	88	

Rank	Jenis barang	Masuk	Jumlah Tumpukan per Pallet	Space Requirement Teoritis	Space Requirement	Kebutuhan Panjang Rak (M)	Kumulatif	Kumulatif per Kelas
29	FrF UHT Strawb Cp 36x115ml Omega Mtr Jno	214	180	1,188888889	2	0,4	88,4	
30	FrF UHT Strawb Cp 6x6x115ml Omega Lp NPT.	202	180	1,122222222	2	0,4	88,8	
31	FrF Uhtm Lfat Plain Cp 12x946ml Jno	261	180	1,45	2	0,4	89,2	
32	FrF Uhtm Cereal Coffee Cp 36x225ml Jno	368	180	2,044444444	3	0,6	89,8	
33	FrF UHT Plain Cp 6x6x110ml Nb Omg Mtr	184	180	1,022222222	2	0,4	90,2	
34	FrF Scm Choc Pou 24x260g Jno	292	180	1,622222222	2	0,4	90,6	98
35	Oml Scc Plain Can 48x370g Nlk Jno	249	180	1,383333333	2	0,4	91	
36	FrF Scm Gold Can 48x370g Lfm Jno	276	180	1,533333333	2	0,4	91,4	
37	FrF UHT Strawb Cp 36x115ml Omega Lp NPT.	200	117	1,709401709	2	0,4	91,8	

Rank	Jenis barang	Masuk	Jumlah Tumpukan per Pallet	Space Requirement Teoritis	Space Requirement	Kebutuhan Panjang Rak (M)	Kumulatif	Kumulatif per Kelas
38	FrF UHT Strawb Cp 6x6x115ml Omg Mtr Jno	156	117	1,333333333	2	0,4	92,2	
39	FrF Scm Gold Pou 24x280g Fcm Jno	199	91	2,186813187	3	0,6	92,8	
40	FrF Uhtm Coconut Cp 36x225ml Jno	187	91	2,054945055	3	0,6	93,4	
41	FrF Uhtm Cereal Choc Cp 36x225ml Jno	171	91	1,879120879	2	0,4	93,8	
41	FrF Uhtm Sweet Delight Cp 36x225ml Jno	164	91	1,802197802	2	0,4	94,2	
43	FrF Uhtm Coconut Cp 12x946ml Jno	89	91	0,978021978	1	0,2	94,4	
44	FrF Uhtm Lfat Plain Cp 12x946ml Ne	165	91	1,813186813	2	0,4	94,8	
45	FrF UHT Choc Cp 6x6x110ml Nb Omg Gtr	147	91	1,615384615	2	0,4	95,2	
46	FrF UHT Matcha Energo+ Cp 36x225ml	106	91	1,164835165	2	0,4	95,6	

Rank	Jenis barang	Masuk	Jumlah Tumpukan per Pallet	Space Requirement Teoritis	Space Requirement	Kebutuhan Panjang Rak (M)	Kumulatif	Kumulatif per Kelas
47	FrF Uhtm Lfat Choc Cp 36x225ml Jno	94	91	1,032967033	2	0,4	96	
48	FrF Uhtm Lfat Fr Van Cp 36x225ml Jno	91	91	1	1	0,2	96,2	
49	FrF Uhtm Lfat Strawb Cp 36x225ml Jno	84	91	0,923076923	1	0,2	96,4	
50	FrF Scm Bkm Ftrf2 Can 48x490g Jno	54	91	0,593406593	1	0,2	96,6	
51	FrF Scm Strawb Pou 24x260g	50	60	0,833333333	1	0,2	96,8	
52	FrF UHT Mix Berries Energo+ Cp 36x225ml	30	60	0,5	1	0,2	97	
53	FrF Scm Ftrf2 Choc Can 48x490g Jno	42	60	0,7	1	0,2	97,2	
54	FrF Scm Gold Can 48x490g Lfm Jno	21	60	0,35	1	0,2	97,4	
55	Oml Evap Milk Can 48x386g	0	60	0	0	0	97,4	
	TOTAL	50044						

Tabel 4. 11 *Space Requirement Class based storage* Sleman

Rank	Jenis barang	Masuk	Jumlah Tumpukan per Pallet	Space Requirement Teoritis	Space Requirement	Kebutuhan Panjang Rak (M)	Kumulatif	Kumulatif per Kelas
1	FrF Scc Bkm Sa 120x37g Fsm Jno	8583	144	59,60416667	60	12	12	86
2	FrF Scm Choc Sa 120x37g Banded Pou 240g	10948	144	76,02777778	77	15,4	27,4	
3	FrF Scm Bkm Sa 120x37g Banded Pouch 240g	7625	144	52,95138889	53	10,6	38	
4	FrF Scm Choc Fsm Sa 120x37g Jno	6224	144	43,22222222	44	8,8	46,8	
5	FrF Uhtm Flcrm Cp 12x946ml Jno	5065	144	35,17361111	36	7,2	54	
6	FrF UHT Plain Cp 36x110ml Nb Omg Mtr	3739	144	25,96527778	26	5,2	59,2	
7	FrF Scm Bkm Fsm Pou 24x535g Jno	2643	98	26,96938776	27	5,4	64,6	
8	FrF UHT Choc Cp 36x110ml Nb Omg Gtr	3139	98	32,03061224	33	6,6	71,2	
9	FrF Scm Choc Fsm Pou 24x535g Jno	2488	98	25,3877551	26	5,2	76,4	
10	FrF UHT Strawb Cp 36x110ml Nb Omg Gtr	2804	98	28,6122449	29	5,8	82,2	
11	FrF UHT Choc Cp 36x115ml Omega Mtr Jno	1483	98	15,13265306	16	3,2	85,4	132
12	FrF UHT Plain Cp 6x6x110ml Nb Omg Mtr	1211	98	12,35714286	13	2,6	88	
13	FrF Uhtm Choc Cp 12x946ml Jno	1265	40	31,625	32	6,4	94,4	
14	FrF Scm Bkm Fsm Pou 24x240g Jno	1363	40	34,075	35	7	101,4	
15	FrF UHT Choc Cp 36x115ml Omega Lp NPT.	729	64	11,390625	12	2,4	103,8	
16	FrF Scm Gold Sa 120x38g Fcm Jno	881	64	13,765625	14	2,8	106,6	
17	FrF UHT Strawb Cp 36x115ml Omega Lp NPT.	685	64	10,703125	11	2,2	108,8	
18	FrF Scm Bkm Ftrf2 Can 48x370g Jno	766	64	11,96875	12	2,4	111,2	
19	FrF UHT Strawb Cp 36x115ml Omega Mtr Jno	455	40	11,375	12	2,4	113,6	
20	FrF Uhtm Cereal Coffee Cp 36x225ml Jno	903	40	22,575	23	4,6	118,2	
21	FrF Uhtm Choc Cp 36x225ml Jno	671	40	16,775	17	3,4	121,6	142
22	FrF UHT Choc Cp 6x6x115ml Omega Mtr Jno	603	40	15,075	16	3,2	124,8	
23	FrF Scm Ftrf2 Choc Can 48x370g Jno	556	64	8,6875	9	1,8	126,6	
24	FrF Scm Choc Pou 24x280g Jno	520	180	2,888888889	3	0,6	127,2	
25	FrF Uhtm Strawb Cp 36x225ml Jno	510	180	2,833333333	3	0,6	127,8	
26	FrF Uhtm Lfat Choc Cp 36x225ml Jno	355	180	1,972222222	2	0,4	128,2	
27	FrF Uhtm Coconut Cp 12x946ml Jno	440	180	2,444444444	3	0,6	128,8	
28	FrF Scm Strawb Pou 24x260g	588	180	3,266666667	4	0,8	129,6	
29	FrF Scm Cheese Sa 120x37g	515	180	2,861111111	3	0,6	130,2	
30	FrF UHT Choc Cp 6x6x110ml Nb Omg Mtr	500	180	2,777777778	3	0,6	130,8	
31	Oml Scc Plain Can 48x490g Nlk Jno	317	180	1,761111111	2	0,4	131,2	142
32	FrF Scm Cheese Pou 24x240g	432	180	2,4	3	0,6	131,8	

Rank	Jenis barang	Masuk	Jumlah Tumpukan per Pallet	Space Requirement Teoritis	Space Requirement	Kebutuhan Panjang Rak (M)	Kumulatif	Kumulatif per Kelas
33	FrF Uhtm Lfat Strawb Cp 36x225ml Jno	307	180	1,705555556	2	0,4	132,2	
34	FrF Uhtm Flcrm Cp 36x225ml Jno	244	180	1,355555556	2	0,4	132,6	
35	FrF UHT Strawb Cp 36x180ml Omega Mtr Jno	289	180	1,605555556	2	0,4	133	
36	FrF Uhtm Lfat Plain Cp 12x946ml Jno	185	180	1,027777778	2	0,4	133,4	
37	FrF Uhtm Lfat Plain Cp 12x946ml Ne	177	117	1,512820513	2	0,4	133,8	
38	FrF Scm Gold Can 48x370g Lfm Jno	297	117	2,538461538	3	0,6	134,4	
39	FrF Scm Gold Pou 24x280g Fcm Jno	247	91	2,714285714	3	0,6	135	
40	FrF UHT Choc Cp 36x180ml Omega Mtr Jno	196	91	2,153846154	3	0,6	135,6	
41	FrF UHT Strawb Cp 6x6x115ml Omg Mtr Jno	258	91	2,835164835	3	0,6	136,2	
42	Oml Scc Plain Can 48x370g Nlk Jno	212	91	2,32967033	3	0,6	136,8	
43	FrF UHT Matcha Energo+ Cp 36x225ml	210	91	2,307692308	3	0,6	137,4	
44	FrF Uhtm Lfat Fr Van Cp 36x225ml Jno	125	91	1,373626374	2	0,4	137,8	
45	FrF Uhtm Cereal Choc Cp 36x225ml Jno	187	91	2,054945055	3	0,6	138,4	
46	FrF UHT Strawb Cp 6x6x115ml Omega Lp NPT.	203	91	2,230769231	3	0,6	139	
47	FrF Uhtm Sweet Delight Cp 36x225ml Jno	135	91	1,483516484	2	0,4	139,4	
48	FrF Uhtm Coconut Cp 36x225ml Jno	129	91	1,417582418	2	0,4	139,8	
49	Oml Evap Milk Can 48x386g	125	91	1,373626374	2	0,4	140,2	
50	FrF UHT Choc Cp 6x6x110ml Nb Omg Gtr	149	91	1,637362637	2	0,4	140,6	
51	FrF Scm Ftrf2 Choc Can 48x490g Jno	90	60	1,5	2	0,4	141	
52	FrF UHT Mix Berries Energo+ Cp 36x225ml	49	60	0,816666667	1	0,2	141,2	
53	FrF Scm Bkm Ftrf2 Can 48x490g Jno	67	60	1,116666667	2	0,4	141,6	
54	FrF Scm Gold Can 48x490g Lfm Jno	36	60	0,6	1	0,2	141,8	
55	FrF Scm Choc Pou 24x260g Jno	8	60	0,133333333	1	0,2	142	

Tabel 4. 12 Space Requirement *Class based storage* Wonosari

Rank	Jenis barang	Masuk	Jumlah Tumpukan per Pallet	Space Requirement Teoritis	Space Requirement	Kebutuhan Panjang Rak (M)	Kumulatif	Kumulatif per Kelas
1	FrF Scm Bkm Sa 120x37g Banded Pouch 240g	4436	144	30,80555556	31	6,2	6,2	30
2	FrF Scc Bkm Sa 120x37g Fsm Jno	4516	144	31,36111111	32	6,4	12,6	

Rank	Jenis barang	Masuk	Jumlah Tumpukan per Pallet	Space Requirement Teoritis	Space Requirement	Kebutuhan Panjang Rak (M)	Kumulatif	Kumulatif per Kelas
3	FrF Scm Choc Sa 120x37g Banded Pou 240g	2605	144	18,09027778	19	3,8	16,4	
4	FrF UHT Plain Cp 36x110ml Nb Omg Mtr	2576	144	17,88888889	18	3,6	20	
5	FrF Scm Choc Fsm Sa 120x37g Jno	1044	144	7,25	8	1,6	21,6	
6	FrF UHT Choc Cp 36x110ml Nb Omg Gtr	1802	144	12,51388889	13	2,6	24,2	
7	FrF UHT Strawb Cp 36x180ml Omega Mtr Jno	542	98	5,530612245	6	1,2	25,4	
8	FrF UHT Strawb Cp 36x110ml Nb Omg Gtr	597	98	6,091836735	7	1,4	26,8	
9	FrF UHT Plain Cp 6x6x110ml Nb Omg Mtr	545	98	5,56122449	6	1,2	28	
10	FrF UHT Choc Cp 36x180ml Omega Mtr Jno	503	98	5,132653061	6	1,2	29,2	
11	FrF Scm Bkm Fsm Pou 24x240g Jno	261	98	2,663265306	3	0,6	29,8	
12	FrF UHT Choc Cp 36x115ml Omega Lp NPT.	142	98	1,448979592	2	0,4	30,2	
13	FrF Scm Bkm Fsm Pou 24x535g Jno	191	40	4,775	5	1	31,2	
14	FrF Scm Bkm Ftrf2 Can 48x370g Jno	200	40	5	5	1	32,2	
15	FrF Scm Choc Fsm Pou 24x535g Jno	161	64	2,515625	3	0,6	32,8	
16	FrF Scm Ftrf2 Choc Can 48x370g Jno	148	64	2,3125	3	0,6	33,4	
17	FrF UHT Strawb Cp 36x115ml Omega Lp NPT.	94	64	1,46875	2	0,4	33,8	39
18	FrF Scm Choc Pou 24x280g Jno	140	64	2,1875	3	0,6	34,4	
19	FrF Scm Gold Sa 120x38g Fcm Jno	94	40	2,35	3	0,6	35	
20	FrF Scm Choc Pou 24x260g Jno	97	40	2,425	3	0,6	35,6	
21	FrF Uhtm Choc Cp 36x225ml Jno	72	40	1,8	2	0,4	36	
22	FrF Uhtm Flcrm Cp 36x225ml Jno	47	40	1,175	2	0,4	36,4	
23	Oml Scc Plain Can 48x490g Nlk Jno	35	64	0,546875	1	0,2	36,6	
24	FrF Scm Strawb Pou 24x260g	47	180	0,261111111	1	0,2	36,8	

Rank	Jenis barang	Masuk	Jumlah Tumpukan per Pallet	Space Requirement Teoritis	Space Requirement	Kebutuhan Panjang Rak (M)	Kumulatif	Kumulatif per Kelas
25	FrF Uhtm Coconut Cp 36x225ml Jno	41	180	0,227777778	1	0,2	37	
26	FrF Uhtm Strawb Cp 36x225ml Jno	33	180	0,183333333	1	0,2	37,2	
27	FrF Uhtm Flcrm Cp 12x946ml Jno	23	180	0,127777778	1	0,2	37,4	
28	FrF Scm Cheese Sa 120x37g	19	180	0,105555556	1	0,2	37,6	
29	FrF Uhtm Sweet Delight Cp 36x225ml Jno	19	180	0,105555556	1	0,2	37,8	
30	FrF Scm Gold Pou 24x280g Fcm Jno	12	180	0,066666667	1	0,2	38	
30	FrF UHT Choc Cp 36x115ml Omega Mtr Jno	15	180	0,083333333	1	0,2	38,2	
32	FrF UHT Choc Cp 6x6x115ml Omega Mtr Jno	12	180	0,066666667	1	0,2	38,4	
33	FrF Uhtm Cereal Choc Cp 36x225ml Jno	11	180	0,061111111	1	0,2	38,6	
33	FrF UHT Mix Berries Energo+ Cp 36x225ml	12	180	0,066666667	1	0,2	38,8	
33	FrF Uhtm Lfat Choc Cp 36x225ml Jno	11	180	0,061111111	1	0,2	39	
33	FrF Scm Gold Can 48x370g Lfm Jno	13	180	0,072222222	1	0,2	39,2	
37	Oml Scc Plain Can 48x370g Nlk Jno	12	117	0,102564103	1	0,2	39,4	
38	FrF Scm Cheese Pou 24x240g	9	117	0,076923077	1	0,2	39,6	
38	FrF Uhtm Choc Cp 12x946ml Jno	10	91	0,10989011	1	0,2	39,8	43
40	FrF Uhtm Lfat Plain Cp 12x946ml Jno	10	91	0,10989011	1	0,2	40	
40	FrF UHT Strawb Cp 6x6x115ml Omg Mtr Jno	10	91	0,10989011	1	0,2	40,2	
42	FrF UHT Strawb Cp 36x115ml Omega Mtr Jno	6	91	0,065934066	1	0,2	40,4	
43	FrF UHT Matcha Energo+ Cp 36x225ml	7	91	0,076923077	1	0,2	40,6	
43	FrF Uhtm Coconut Cp 12x946ml Jno	5	91	0,054945055	1	0,2	40,8	
45	FrF Uhtm Lfat Plain Cp 12x946ml Ne	5	91	0,054945055	1	0,2	41	
46	FrF Uhtm Lfat Strawb Cp 36x225ml Jno	4	91	0,043956044	1	0,2	41,2	

Rank	Jenis barang	Masuk	Jumlah Tumpukan per Pallet	Space Requirement Teoritis	Space Requirement	Kebutuhan Panjang Rak (M)	Kumulatif	Kumulatif per Kelas
46	FrF Uhtm Cereal Coffee Cp 36x225ml Jno	2	91	0,021978022	1	0,2	41,4	
48	FrF Scm Gold Can 48x490g Lfm Jno	3	91	0,032967033	1	0,2	41,6	
48	FrF Scm Bkm Ftrf2 Can 48x490g Jno	3	91	0,032967033	1	0,2	41,8	
50	FrF UHT Choc Cp 6x6x110ml Nb Omg Gtr	2	91	0,021978022	1	0,2	42	
50	FrF Scm Ftrf2 Choc Can 48x490g Jno	2	60	0,033333333	1	0,2	42,2	
52	FrF Uhtm Lfat Fr Van Cp 36x225ml Jno	0	60	0	0	0	42,2	
52	FrF UHT Strawb Cp 6x6x115ml Omega Lp NPT.	0	60	0	0	0	42,2	
52	FrF UHT Choc Cp 6x6x110ml Nb Omg Mtr	0	60	0	0	0	42,2	
52	Oml Evap Milk Can 48x386g	0	60	0	0	0	42,2	

Berdasarkan hasil perhitungan *space requirement*, total kebutuhan panjang rak pada masing-masing wilayah menunjukkan variasi yang cukup signifikan. Wilayah Bantul membutuhkan panjang rak sekitar 60 m untuk kelas A, 30 m untuk kelas B, dan 8 m untuk kelas C dengan total keseluruhan membutuhkan 98 m. Sedangkan untuk Sleman membutuhkan panjang rak sekitar 86 m untuk kelas A, 46 m untuk kelas B, dan 10 m untuk kelas C dengan total keseluruhan membutuhkan 142 m. Sedangkan untuk Wonosari membutuhkan panjang rak sekitar 30 m untuk kelas A, 9 m untuk kelas B, dan 4 m untuk kelas C dengan total keseluruhan membutuhkan 43 m.

4.3.4 Menghitung Nilai Space Requirement *Dedicated storage*

Pada bagian ini dilakukan perhitungan *space requirement* menggunakan pendekatan *Dedicated storage*, yaitu metode penyimpanan yang menetapkan lokasi tetap untuk setiap jenis barang. Perhitungan dilakukan dengan menentukan kebutuhan ruang berdasarkan volume maksimum barang serta kapasitas tumpukan per pallet, sehingga diperoleh besarnya area dan panjang rak yang harus disediakan secara permanen untuk tiap produk. Hasil perhitungan disajikan pada Tabel 4.13 hingga Tabel 4.15 untuk setiap wilayah.

Tabel 4. 13 Kebutuhan Luas Penyimpanan *Dedicated storage* Bantul

No	Jenis Barang (Bantul)	Input	Jumlah Tumpukan per Pallet	Space Requirement Teoritis	Space Requirement
1	FrF Scm Gold Sa 120x38g Fcm Jno	1203	144	8,354166667	9
2	FrF Scm Bkm Sa 120x37g Fsm Jno	5081	144	35,28472222	36
3	FrF Scm Cheese Sa 120x37g	468	144	3,25	4
4	FrF Scm Choc Fsm Sa 120x37g Jno	2860	144	19,86111111	20
5	FrF Scm Choc Sa 120x37g Banded Pou 240g	5210	144	36,18055556	37
6	FrF Scm Bkm Sa 120x37g Banded Pouch 240g	9117	144	63,3125	64
7	FrF Scm Bkm Fsm Pou 24x240g Jno	1528	98	15,59183673	16
8	FrF Scm Cheese Pou 24x240g	416	98	4,244897959	5
9	FrF Scm Strawb Pou 24x260g	50	98	0,510204082	1
10	FrF Scm Choc Pou 24x260g Jno	292	98	2,979591837	3
11	FrF Scm Gold Pou 24x280g Fcm Jno	199	98	2,030612245	3
12	FrF Scm Choc Pou 24x280g Jno	380	98	3,87755102	4
13	FrF Scm Bkm Fsm Pou 24x535g Jno	2715	40	67,875	68
14	FrF Scm Choc Fsm Pou 24x535g Jno	1565	40	39,125	40
n	n	n	n	n	n
55	FrF Uhtm Lfat Plain Cp 12x946ml Ne	165	60	2,75	3

Tabel 4. 14 *Space Requirement Dedicated storage Sleman*

No	Jenis Barang (Sleman)	Input	Jumlah Tumpukan per Pallet	Space Requirement Teoritis	Space Requirement
1	FrF Scm Gold Sa 120x38g Fcm Jno	881	144	6,118056	7
2	FrF Scc Bkm Sa 120x37g Fsm Jno	8583	144	59,60417	60
3	FrF Scm Cheese Sa 120x37g	515	144	3,576389	4
4	FrF Scm Choc Fsm Sa 120x37g Jno	6224	144	43,22222	44
5	FrF Scm Choc Sa 120x37g Banded Pou 240g	10948	144	76,02778	77
6	FrF Scm Bkm Sa 120x37g Banded Pouch 240g	7625	144	52,95139	53
7	FrF Scm Bkm Fsm Pou 24x240g Jno	1363	98	13,90816	14
8	FrF Scm Cheese Pou 24x240g	432	98	4,408163	5
9	FrF Scm Strawb Pou 24x260g	588	98	6	6
10	FrF Scm Choc Pou 24x260g Jno	8	98	0,081633	1
11	FrF Scm Gold Pou 24x280g Fcm Jno	247	98	2,520408	3
12	FrF Scm Choc Pou 24x280g Jno	520	98	5,306122	6
13	FrF Scm Bkm Fsm Pou 24x535g Jno	2643	40	66,075	67
14	FrF Scm Choc Fsm Pou 24x535g Jno	2488	40	62,2	63
n	n	n	n	n	n
55	FrF Uhtm Lfat Plain Cp 12x946ml Ne	177	60	2,95	3

Tabel 4. 15 *S Space Requirement Dedicated storage Wonosari*

No	Jenis Barang (Wonosari)	Input	Jumlah Tumpukan per Pallet	Space Requirement Teoritis	Space Requirement
1	FrF Scm Gold Sa 120x38g Fcm Jno	94	144	0,652777778	1
2	FrF Scc Bkm Sa 120x37g Fsm Jno	4516	144	31,36111111	32
3	FrF Scm Cheese Sa 120x37g	19	144	0,131944444	1
4	FrF Scm Choc Fsm Sa 120x37g Jno	1044	144	7,25	8
5	FrF Scm Choc Sa 120x37g Banded Pou 240g	2605	144	18,09027778	19
6	FrF Scm Bkm Sa 120x37g Banded Pouch 240g	4436	144	30,80555556	31
7	FrF Scm Bkm Fsm Pou 24x240g Jno	261	98	2,663265306	3
8	FrF Scm Cheese Pou 24x240g	9	98	0,091836735	1
9	FrF Scm Strawb Pou 24x260g	47	98	0,479591837	1
10	FrF Scm Choc Pou 24x260g Jno	97	98	0,989795918	1

No	Jenis Barang (Wonosari)	Input	Jumlah Tumpukan per Pallet	Space Requirement Teoritis	Space Requirement
11	FrF Scm Gold Pou 24x280g Fcm Jno	12	98	0,12244898	1
12	FrF Scm Choc Pou 24x280g Jno	140	98	1,428571429	2
13	FrF Scm Bkm Fsm Pou 24x535g Jno	191	40	4,775	5
14	FrF Scm Choc Fsm Pou 24x535g Jno	161	40	4,025	5
n	n	n	n	n	n
55	FrF Uhtm Lfat Plain Cp 12x946ml Ne	5	60	0,083333333	1

Berdasarkan total nilai *space requirement* dengan pendekatan *Dedicated storage*, terlihat bahwa setiap wilayah memiliki kebutuhan ruang yang berbeda-beda. Sleman menjadi wilayah dengan kebutuhan ruang terbesar, yaitu mencapai 726 pallet, menunjukkan volume dan variasi barang yang lebih tinggi dibanding wilayah lain. Bantul berada di posisi kedua dengan total kebutuhan sekitar 521 pallet, sedangkan Wonosari memiliki kebutuhan ruang paling kecil yaitu 191 pallet karena jumlah item dan volume barang yang lebih rendah. Perbedaan ini menegaskan bahwa penerapan *Dedicated storage* menghasilkan kebutuhan kapasitas rak yang jauh lebih besar dan sangat dipengaruhi oleh beban barang maksimum pada masing-masing wilayah.

4.3.5 Menghitung Nilai *Throughput*

Perhitungan *throughput* dilakukan untuk mengetahui intensitas aktivitas keluar–masuk barang dalam satu periode, yang dalam analisis ini dihitung berdasarkan penerimaan dan pengeluaran barang selama bulan Juli. Nilai *throughput* digunakan untuk menggambarkan tingkat pergerakan setiap jenis barang dan menjadi indikator utama dalam menilai beban operasional gudang. Hasil perhitungan *throughput* untuk tiap wilayah disajikan pada Tabel 4.16 hingga Tabel 4.18, yang menampilkan rincian nilai *throughput* per item.

Tabel 4. 16 Nilai *Throughput* Bantul

No	Jenis Barang (Bantul)	Input	Jumlah Tumpukan per Pallet	Output	Throughput
1	FrF Scm Gold Sa 120x38g Fcm Jno	1203	144	377	10,97
2	FrF Scm Bkm Sa 120x37g Fsm Jno	5081	144	5077	70,54
3	FrF Scm Cheese Sa 120x37g	468	144	84	3,83
4	FrF Scm Choc Fsm Sa 120x37g Jno	2860	144	2357	36,23
5	FrF Scm Choc Sa 120x37g Banded Pou 240g	5210	144	5188	72,21
6	FrF Scm Bkm Sa 120x37g Banded Pouch 240g	9117	144	9108	126,56
7	FrF Scm Bkm Fsm Pou 24x240g Jno	1528	98	200	17,63
8	FrF Scm Cheese Pou 24x240g	416	98	24	4,49
9	FrF Scm Strawb Pou 24x260g	50	98	0	0,51
10	FrF Scm Choc Pou 24x260g Jno	292	98	50	3,49
11	FrF Scm Gold Pou 24x280g Fcm Jno	199	98	33	2,37
12	FrF Scm Choc Pou 24x280g Jno	380	98	91	4,81
13	FrF Scm Bkm Fsm Pou 24x535g Jno	2715	40	861	89,40

No	Jenis Barang (Bantul)	Input	Jumlah Tumpukan per Pallet	Output	Throughput
14	FrF Scm Choc Fsm Pou 24x535g Jno	1565	40	449	50,35
n	n	n	n	n	n
55	FrF Uhtm Lfat Plain Cp 12x946ml Ne	165	60	0	2,75

Tabel 4. 17 Nilai *Throughput* Sleman

No	Jenis Barang (Sleman)	Input	Jumlah Tumpukan per Pallet	Output	Throughput
1	FrF Scm Gold Sa 120x38g Fcm Jno	881	144	501	9,60
2	FrF Scc Bkm Sa 120x37g Fsm Jno	8583	144	7743	113,38
3	FrF Scm Cheese Sa 120x37g	515	144	51	3,93
4	FrF Scm Choc Fsm Sa 120x37g Jno	6224	144	4281	72,95
5	FrF Scm Choc Sa 120x37g Banded Pou 240g	10948	144	3268	98,72
6	FrF Scm Bkm Sa 120x37g Banded Pouch 240g	7625	144	6523	98,25
7	FrF Scm Bkm Fsm Pou 24x240g Jno	1363	98	195	15,90
8	FrF Scm Cheese Pou 24x240g	432	98	21	4,62
9	FrF Scm Strawb Pou 24x260g	588	98	0	6,00
10	FrF Scm Choc Pou 24x260g Jno	8	98	0	0,08
11	FrF Scm Gold Pou 24x280g Fcm Jno	247	98	71	3,24
12	FrF Scm Choc Pou 24x280g Jno	520	98	151	6,85
13	FrF Scm Bkm Fsm Pou 24x535g Jno	2643	40	1161	95,10
14	FrF Scm Choc Fsm Pou 24x535g Jno	2488	40	807	82,38
n	n	n	n	n	n
55	FrF Uhtm Lfat Plain Cp 12x946ml Ne	177	60	160	5,62

Tabel 4. 18 Nilai *Throughput* Wonosari

No	Jenis Barang (Wonosari)	Input	Jumlah Tumpukan per Pallet	Output	Throughput
1	FrF Scm Gold Sa 120x38g Fcm Jno	94	144	45	0,97
2	FrF Scc Bkm Sa 120x37g Fsm Jno	4516	144	2063	45,69
3	FrF Scm Cheese Sa 120x37g	19	144	9	0,19
4	FrF Scm Choc Fsm Sa 120x37g Jno	1044	144	1033	14,42
5	FrF Scm Choc Sa 120x37g Banded Pou 240g	2605	144	2739	37,11
6	FrF Scm Bkm Sa 120x37g Banded Pouch 240g	4436	144	3412	54,50
7	FrF Scm Bkm Fsm Pou 24x240g Jno	261	98	49	3,16
8	FrF Scm Cheese Pou 24x240g	9	98	2	0,11
9	FrF Scm Strawb Pou 24x260g	47	98	0	0,48
10	FrF Scm Choc Pou 24x260g Jno	97	98	26	1,26
11	FrF Scm Gold Pou 24x280g Fcm Jno	12	98	5	0,17
12	FrF Scm Choc Pou 24x280g Jno	140	98	8	1,51
13	FrF Scm Bkm Fsm Pou 24x535g Jno	191	40	45	5,90
14	FrF Scm Choc Fsm Pou 24x535g Jno	161	40	8	4,23
n	n	n	n	n	n
55	FrF Uhtm Lfat Plain Cp 12x946ml Ne	5	60	1	0,10

Berdasarkan hasil perhitungan, total nilai *throughput* pada masing-masing wilayah menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan. Wilayah Bantul memiliki total *throughput*

sebesar 672,75, sedangkan Sleman mencatat nilai tertinggi yaitu 1.033,71. Adapun Wonosari memiliki total *throughput* paling kecil yaitu 229,42, sejalan dengan volume distribusi yang lebih rendah. Secara keseluruhan, *throughput* tertinggi berada di Sleman, disusul Bantul, dan kemudian Wonosari.

4.3.6 Menghitung Nilai Assignment

Setelah memperoleh nilai *throughput* dan *space requirement*, tahap selanjutnya adalah melakukan penentuan lokasi penyimpanan barang berdasarkan nilai *assignment*. Nilai ini digunakan untuk memprioritaskan penempatan produk sehingga item dengan nilai *assignment* terbesar ditempatkan pada posisi yang paling dekat dengan titik I/O guna meminimalkan jarak tempuh dan meningkatkan efisiensi perpindahan barang. Hasil perhitungan nilai *assignment* untuk setiap wilayah ditampilkan pada Tabel 4.19 hingga Tabel 4.21 sebagai dasar penentuan urutan dan lokasi penyimpanan optimal dalam rancangan *Layout* gudang.

Tabel 4. 19 Nilai Assignment Bantul

Rank	Jenis Barang (Bantul)	Throughput	Space Requirement	Perhitungan Assignment
1	FrF Scm Bkm Sa 120x37g Banded Pouch 240g	126,5625	64	1,977539063
2	FrF Scm Bkm Sa 120x37g Fsm Jno	70,54166667	36	1,959490741
3	FrF Scm Choc Sa 120x37g Banded Pou 240g	72,20833333	37	1,951576577
4	FrF Scm Choc Fsm Sa 120x37g Jno	36,22916667	20	1,811458333
5	FrF UHT Plain Cp 36x110ml Nb Omg Mtr	3,416666667	2	1,708333333
6	FrF UHT Choc Cp 36x115ml Omega Lp NPT.	4,566666667	3	1,522222222
7	FrF UHT Coconut Cp 12x946ml Jno	2,816666667	2	1,408333333
8	FrF UHT Flcrm Cp 12x946ml Jno	59	42	1,404761905
9	FrF UHT Strawb Cp 6x6x115ml Omg Mtr Jno	1,388888889	1	1,388888889
10	FrF Scm Ftrf2 Choc Can 48x370g Jno	6,671875	5	1,334375
11	FrF Scm Bkm Fsm Pou 24x535g Jno	89,4	68	1,314705882
12	FrF Scm Bkm Ftrf2 Can 48x370g Jno	11,671875	9	1,296875
13	FrF UHT Choc Cp 6x6x115ml Omega Mtr Jno	3,833333333	3	1,277777778
14	FrF Scm Choc Fsm Pou 24x535g Jno	50,35	40	1,25875
n	n	n	n	n
55	Oml Evap Milk Can 48x386g	0	0	0

Tabel 4. 20 Nilai Assignment Sleman

Rank	Jenis Barang (Sleman)	Throughput	Space Requirement	Perhitungan Assignment
1	FrF Scm Bkm Sa 120x37g Fsm Jno	113,375	60	1,889583333
2	FrF UHT Strawb Cp 36x115ml Omega Lp NPT.	7,516666667	4	1,879166667
3	FrF UHT Plain Cp 12x946ml Ne	5,616666667	3	1,872222222
4	FrF Scm Bkm Sa 120x37g Banded Pouch 240g	98,25	53	1,853773585

<i>Rank</i>	<i>Jenis Barang (Sleman)</i>	<i>Throughput</i>	<i>Space Requirement</i>	<i>Perhitungan Assignment</i>
5	FrF UHT Strawb Cp 36x115ml Omega Mtr Jno	5,305555556	3	1,768518519
6	FrF Scm Choc Fsm Sa 120x37g Jno	72,95138889	44	1,657986111
7	FrF Uhtm Lfat Choc Cp 36x225ml Jno	6,549450549	4	1,637362637
8	FrF UHT Choc Cp 36x115ml Omega Lp NPT.	8,066666667	5	1,613333333
9	FrF Uhtm Flcrm Cp 12x946ml Jno	132,7666667	85	1,561960784
10	FrF UHT Choc Cp 36x115ml Omega Mtr Jno	13,92222222	9	1,54691358
11	FrF UHT Plain Cp 6x6x110ml Nb Omg Mtr	10,75	7	1,535714286
12	FrF Scm Bkm Ftrf2 Can 48x370g Jno	17,609375	12	1,467447917
13	Oml Scc Plain Can 48x490g Nlk Jno	11,6	8	1,45
14	FrF Uhtm Lfat Plain Cp 12x946ml Jno	5,75	4	1,4375
n	n	n	n	n
55	FrF Scm Choc Pou 24x260g Jno	0,081632653	1	0,081632653

Tabel 4. 21 Nilai Assignment Wonosari

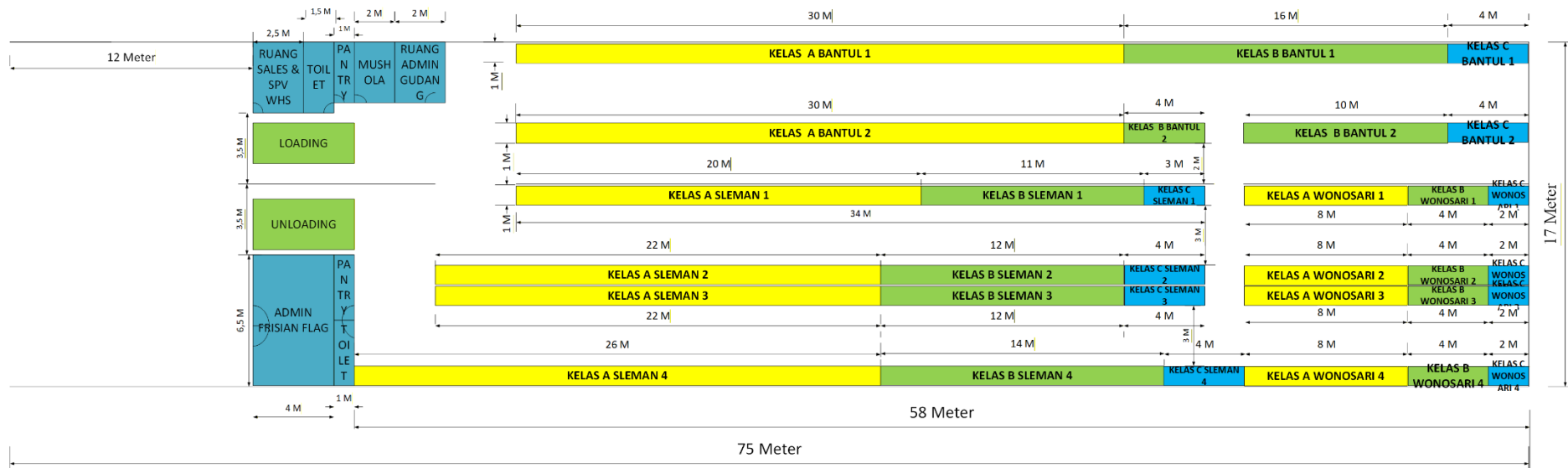
<i>Rank</i>	<i>Jenis Barang (Wonosari)</i>	<i>Throughput</i>	<i>Space Requirement</i>	<i>Perhitungan Assignment</i>
1	FrF Scm Choc Sa 120x37g Banded Pou 240g	37,11111111	19	1,953216374
2	FrF Scm Choc Fsm Sa 120x37g Jno	14,42361111	8	1,802951389
3	FrF Scm Bkm Sa 120x37g Banded Pouch 240g	54,5	31	1,758064516
4	FrF Scc Bkm Sa 120x37g Fsm Jno	45,6875	32	1,427734375
5	FrF UHT Choc Cp 36x115ml Omega Lp NPT.	1,355555556	1	1,355555556
6	FrF Scm Choc Pou 24x260g Jno	1,255102041	1	1,255102041
7	Oml Scc Plain Can 48x490g Nlk Jno	1,225	1	1,225
8	FrF UHT Plain Cp 36x110ml Nb Omg Mtr	17,71666667	15	1,181111111
9	FrF Scm Bkm Fsm Pou 24x535g Jno	5,9	5	1,18
10	FrF UHT Strawb Cp 36x180ml Omega Mtr Jno	5,854700855	5	1,170940171
11	FrF Scm Bkm Fsm Pou 24x240g Jno	3,163265306	3	1,054421769
12	FrF Scm Gold Sa 120x38g Fcm Jno	0,965277778	1	0,965277778
13	FrF UHT Choc Cp 36x110ml Nb Omg Gtr	10,59444444	11	0,963131313
14	FrF Scm Bkm Ftrf2 Can 48x370g Jno	3,640625	4	0,91015625
n	n	n	n	n
55	FrF Uhtm Lfat Fr Van Cp 36x225ml Jno	0	0	0

Hasil perhitungan *assignment* menunjukkan bahwa setiap wilayah memiliki urutan prioritas penempatan barang yang berbeda. Nilai *assignment* tertinggi diperoleh oleh FrF Scm Bkm Sa 120x37g Banded Pouch 240g di Bantul, FrF Scc Bkm Sa 120x37g Fsm Jno di Sleman, dan FrF Scm Choc Sa 120x37g Banded Pouch 240g di Wonosari, sehingga ketiga produk ini menjadi prioritas utama untuk ditempatkan dekat dengan titik I/O. Sebaliknya, nilai *assignment* terendah dimiliki oleh Oml Evap Milk Can 48x386g di Bantul, FrF Scm Choc Pou 24x260g

Jno di Sleman, dan FrF Uhtm Lfat Fr Van Cp 36x225ml Jno di Wonosari, sehingga produk-produk tersebut lebih sesuai ditempatkan pada posisi yang lebih jauh dari akses utama.

4.3.7 Perancangan Tata Letak Usulan

Berdasarkan hasil perhitungan pada sub-bab sebelumnya, tahap selanjutnya adalah menyusun perancangan tata letak usulan yang disesuaikan dengan kebutuhan kapasitas dan pola perpindahan barang di masing-masing wilayah. Informasi mengenai kebutuhan panjang rak dan prioritas penempatan produk digunakan untuk menentukan alokasi posisi barang agar perpindahan dapat berlangsung lebih efisien. Rancangan tata letak usulan yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3, yang menggambarkan pembagian area penyimpanan berdasarkan kelas produk serta urutan penempatan sesuai nilai assignment.



Gambar 4. 2 *Layout Usulan Class based storage*

Gambar 4. 3 *Layout Usulan Dedicated storage*

Berdasarkan Gambar 4.2, total panjang rak yang digunakan dalam rancangan tata letak usulan untuk Bantul adalah 60 meter untuk kelas A, 30 meter untuk kelas B, dan 8 meter untuk kelas C. Untuk Sleman, total panjang rak mencapai 90 meter untuk kelas A, 49 meter untuk kelas B, dan 15 meter untuk kelas C. Sedangkan wilayah Wonosari membutuhkan total 32 meter untuk kelas A, 16 meter untuk kelas B, dan 8 meter untuk kelas C. Seluruh kebutuhan panjang rak ini ditampilkan secara proporsional pada gambar dan disesuaikan dengan kapasitas penyimpanan serta pembagian kelas berdasarkan metode *Class-based storage*.

Pada Gambar 4.3, setiap kotak rak menggambarkan unit rak sepanjang 1 meter dengan lima tingkat penyimpanan, di mana angka seperti “3–3–5–5–9” menunjukkan jumlah barang yang ditempatkan pada tiap tingkat dari bawah ke atas. Variasi angka tersebut disesuaikan dengan hasil perhitungan *space requirement* untuk tiap produk. Selain itu, pada *Layout* juga disediakan area *Free Flow* di bagian belakang gudang, yaitu sepanjang 7 meter untuk Bantul, 8 meter untuk Sleman, dan 6 meter untuk Wonosari, yang difungsikan sebagai area penyangga untuk menampung kelebihan barang apabila volume masuk lebih besar dari kapasitas rak. Dengan adanya *free flow*, gudang memiliki ruang cadangan yang dapat digunakan saat terjadi lonjakan barang, sehingga aktivitas penyimpanan tetap berjalan tanpa mengganggu alur utama di sekitar titik I/O.

4.3.8 Penentuan Uji Distribusi

Dalam menentukan uji distribusi pada setiap data hasil pengamatan, analisis dilakukan menggunakan fitur *ExpertFit* yang tersedia pada software FlexSim 2021. *ExpertFit* merupakan tools yang digunakan untuk memilih distribusi probabilistik terbaik karena mampu mengolah data secara otomatis, melakukan uji statistik secara akurat, serta menghasilkan representasi distribusi yang paling sesuai dengan pola data aktual. Melalui proses ini, setiap variabel waktu yang digunakan dalam simulasi dapat dimodelkan berdasarkan karakteristik datanya secara lebih tepat.

Berikut merupakan data yang digunakan dalam proses pengujian distribusi tersebut, yang meliputi waktu kedatangan barang, waktu *unloading* barang, dan waktu *loading* barang.

Tabel 4. 22 Data Waktu Antar Kedatangan Barang

No	Waktu (detik)	No	Waktu (detik)	No	Waktu (detik)
1	1124	11	387	21	165
2	583	12	1563	22	1028
3	947	13	674	23	344
4	320	14	809	24	1766
5	1782	15	2145	25	589
6	654	16	333	26	273
7	731	17	1297	27	1533
8	140	18	505	28	612
9	2455	19	1954	29	845
10	912	20	421	30	2099

Tabel 4. 23 Data Waktu Loading Barang

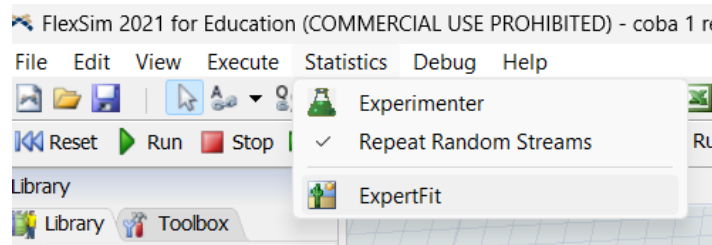
No	Waktu (detik)	No	Waktu (detik)	No	Waktu (detik)
1	315	11	319	21	355
2	298	12	303	22	299
3	332	13	338	23	320
4	289	14	350	24	333
5	341	15	295	25	345
6	322	16	328	26	292
7	308	17	342	27	358
8	356	18	316	28	324
9	301	19	327	29	337
10	347	20	310	30	306

Tabel 4. 24 Data Waktu Loading Barang

No	Waktu (detik)	No	Waktu (detik)	No	Waktu (detik)
1	557	11	658	21	668
2	575	12	471	22	435
3	380	13	618	23	518
4	492	14	431	24	410
5	621	15	504	25	397
6	608	16	431	26	710
7	567	17	408	27	529
8	515	18	676	28	601
9	604	19	488	29	646
10	543	20	632	30	411

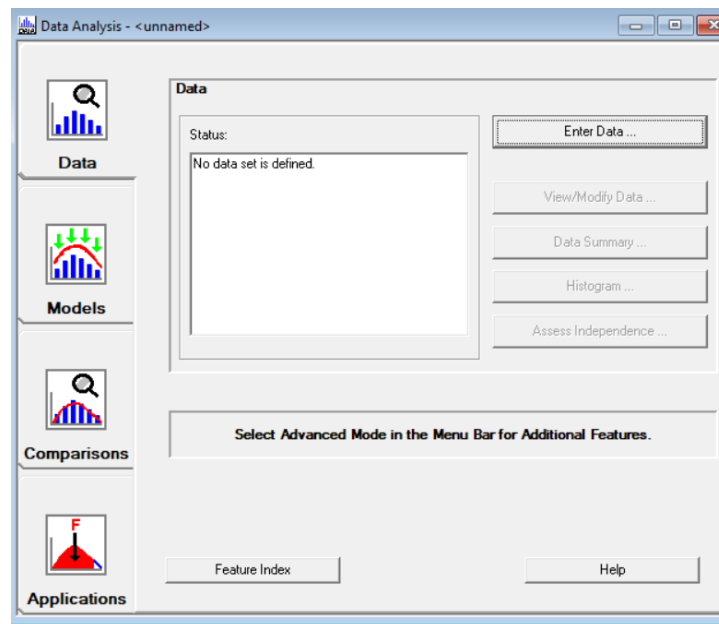
Berikut merupakan langkah-langkah dalam membuat distribusi data:

- 1) Membuka *software* FlexSim 2021.
- 2) Memilih menu *statistics* dan pilih *Expertfit*.



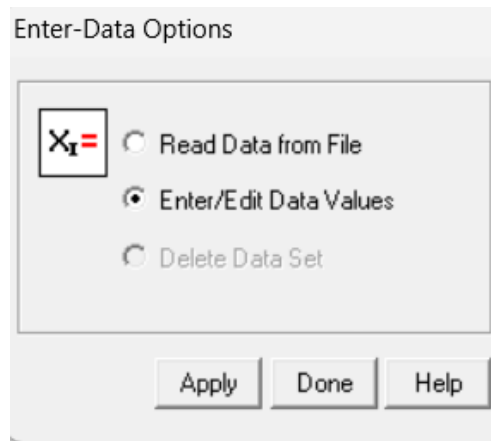
Gambar 4. 4 Menu *Expertfit*

- 3) Pada menu *ExpertFit*, pilih opsi *New*, kemudian lanjutkan dengan memilih *Fit Distribution to Data* dan tekan *ok*. Setelah itu, proyek uji distribusi akan muncul seperti terlihat pada Gambar 4.5. Langkah berikutnya adalah memilih perintah *Analyze*.



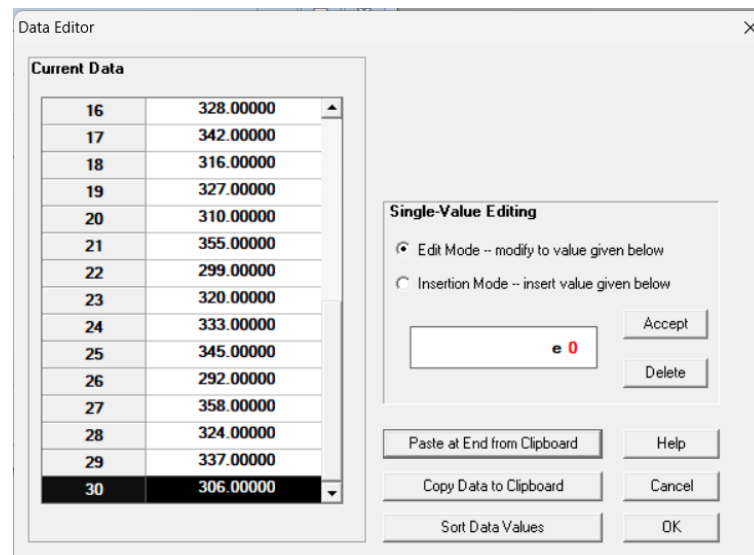
Gambar 4. 5 Interface *Project Element Editing*

- 4) Kemudian pilih *enter/edit data values* lalu klik *apply*.



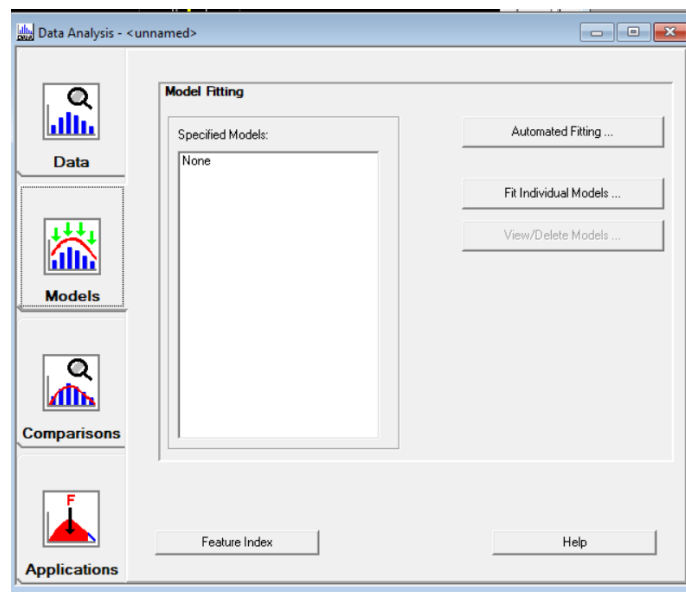
Gambar 4. 6 Data Options

- 5) Pada *data editor*, *copy* data yang akan dicari distribusinya kemudian *klik paste at end from clipboard*, setelah datanya muncul, maka dapat klik *ok*.



Gambar 4. 7 Input Data Waktu Proses

- 6) Pada menu *models*, klik *automated fitting*, dan akan didapatkan output seperti pada Gambar



Gambar 4. 8 Interface Data Analysis

Automated-Fitting Results

Relative Evaluation of Candidate Models			
Model	Relative Score	Parameters	
1 - Beta	98.39	Lower endpoint	287.51672
		Upper endpoint	359.91625
		Shape #1	1.13083
		Shape #2	1.13733
2 - Johnson SB	96.77	Lower endpoint	286.12022
		Upper endpoint	361.64223
		Shape #1	0.01626
		Shape #2	0.68826
3 - Weibull(E)	85.48	Location	262.92774
		Scale	67.69641
		Shape	3.38203

32 models are defined with scores between 3.23 and 98.39

Absolute Evaluation of Model 1 - Beta

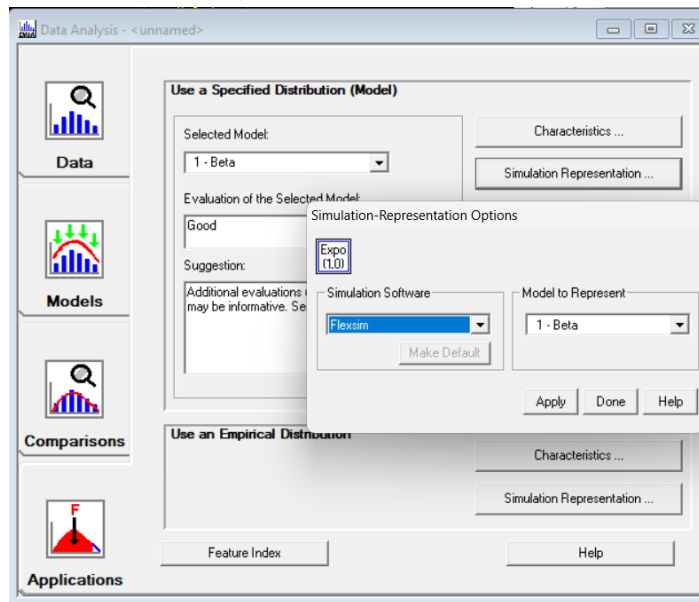
Evaluation: Good
 Suggestion: Additional evaluations using Comparisons Tab might be informative.
 See Help for more information.

Additional Information about Model 1 - Beta

"Error" in the model mean
 relative to the sample mean -0.07937 = 0.02%

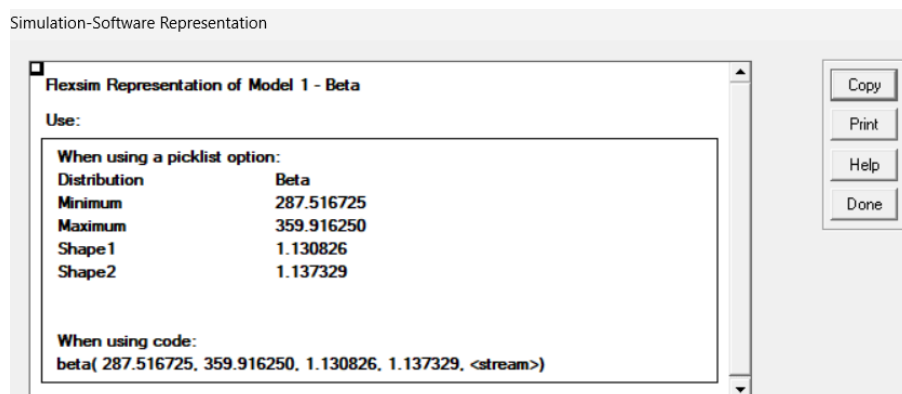
Gambar 4. 9 Distribusi Data Input

- 7) Untuk melakukan *input process time*, selanjutnya klik menu *applications* lalu klik *simulation representation*. Kemudian pada *tab* tersebut dapat memasukkan opsi FlexSim, lalu pada kolom *model to represent* dapat memilih distribusi nomor 1 yang telah di rekomendasikan oleh sistem berdasarkan hasil perhitungan data sebelumnya, lalu klik *apply*.



Gambar 4. 10 Interface Data Analysis

- 8) Data distribusi akan terlihat pada bagian code yang bisa di copy dan dimasukkan ke masing masing proses di tiap objek FlexSim.



Gambar 4. 11 Hasil Uji Distribusi

Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan Expertfit yang telah dilakukan, didapatkan distribusi data pada Tabel

Tabel 4. 25 Expertfit

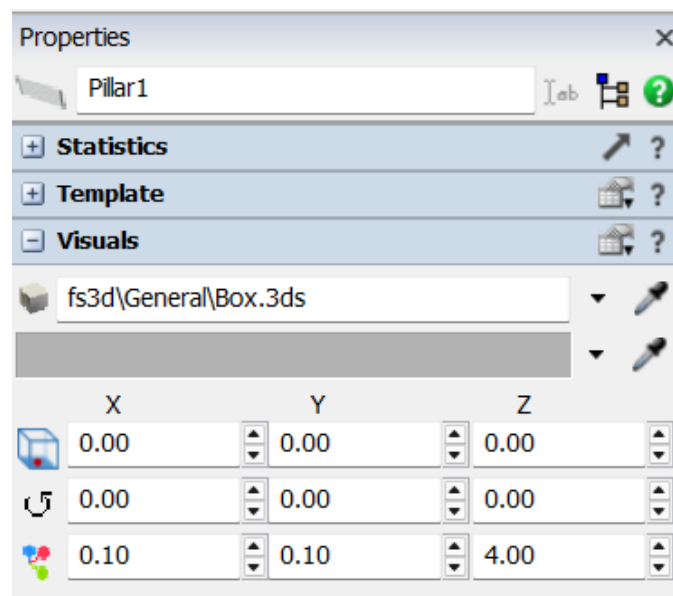
No	Data Waktu Pengamatan	Distribusi
1	Waktu kedatangan barang	exponential(0, 832.568881, <stream>)
2	Waktu unloading barang	beta(287.516725, 359.916250, 1.130826, 1.137329, <stream>)
3	Waktu loading barang	johnsonbounded(365.571084, 718.759313, 0.057650, 0.681680, <stream>)

4.3.9 Pembuatan Model Simulasi *Layout* Awalan

4.3.9.1. *Layout* Awalan

Berikut merupakan langkah-langkah pemodelan menggunakan software FlexSim 2021:

1. Mendefinisikan jarak dan koordinat antar lokasi dilakukan dengan menetapkan objek pillar1 sebagai titik acuan utama. Setiap lokasi lainnya kemudian ditentukan jarak dan koordinatnya berdasarkan posisi relatif terhadap Pillar1 tersebut. Ilustrasi mengenai posisi dan koordinat dari lokasi Pillar1 dapat dilihat pada Gambar 4.4 merupakan koordinasi dari Pillar1.



Gambar 4. 12 Koordinat Acuan

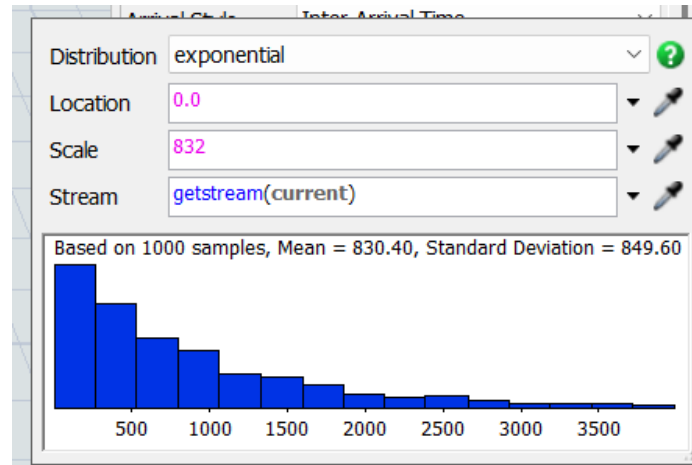
Berdasarkan *Layout* yang sudah dibuat sebelumnya. Tabel merupakan jarak dan koordinat lokasi model pada software FlexSim 21.0.

Tabel 4. 26 Titik Koordinat Tiap Lokasi Model Awal

No	Lokasi	Koordinat
1	<i>Unloading</i>	x = 8.50, y = 13.83, z = 0
2	<i>Unloading</i> Sementara	x = 9.00, y = 17.00, z = 0
3	Rack Bantul 1	x = 0.55, y = 42.90, z = 0
4	Rack Bantul 2	x = 4.55, y = 41.90, z = 0
5	Rack 1 Wonosari	x = 0.55, y = 67.90, z = 0
6	Rack 2 Wonosari	x = 4.55, y = 67.90, z = 0
7	Rack 3 Wonosari	x = 7.50, y = 67.90, z = 0
8	Rack 4 Wonosari	x = 11.50, y = 67.90, z = 0
9	Rack 5 Wonosari	x = 12.50, y = 67.90, z = 0
10	Rack 6 Wonosari	x = 16.50, y = 67.90, z = 0
11	Rack 1 Sleman	x = 7.50, y = 41.90, z = 0
12	Rack 2 Sleman	x = 11.50, y = 39.90, z = 0

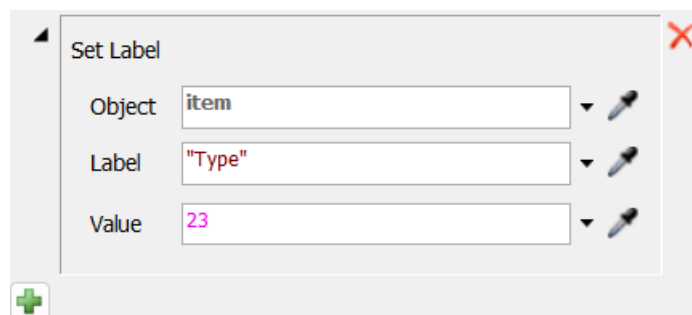
13	Rack 3 Sleman	$x = 12.50, y = 39.90, z = 0$
14	Rack 4 Sleman	$x = 16.50, y = 38.90, z = 0$
15	Loading	$x = 4.00, y = 16.50, z = 0$

2. Mendefinisikan kedatangan tiap barang menggunakan *source*. Terhadap 55 jenis barang yang disimpan digudang maka dibuat 55 objek *source*. Gambar 4.13 berikut merupakan salah satu contoh definisi dari salah satu *source*.



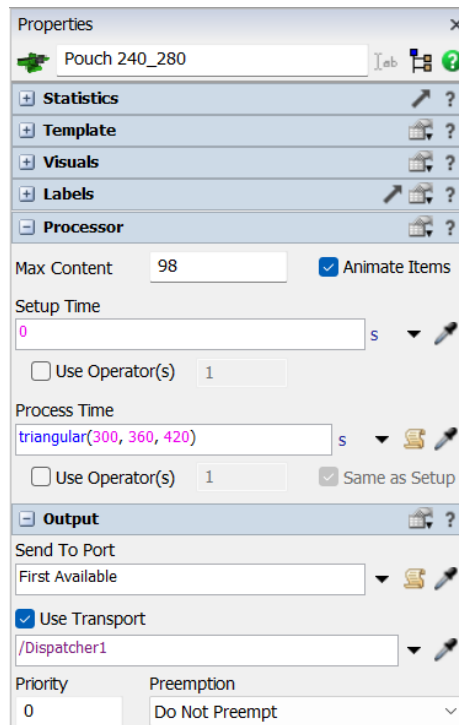
Gambar 4. 13 Definisi Objek Source

Selain pendefinisian jumlah barang, setiap *source* didefinisikan label untuk membedakan setiap *flowitem* yang masuk. Gambar 4.14 berikut merupakan definisi untuk *flowitem* Oml Evap Milk Can 48x386g.



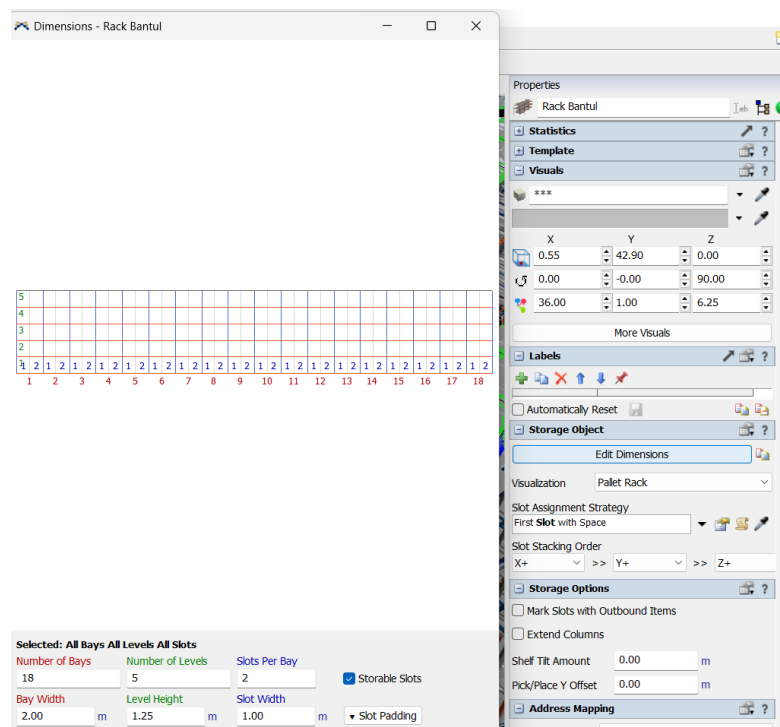
Gambar 4. 14 Definisi Triggers Objek Source Oml Evap Milk Can 48x386g

3. Mendefinisikan proses pemeriksaan barang, pemeriksaan barang dimodelkan sebagai proses yang pertama dilalui sebelum barang masuk penyimpanan, dimana proses tersebut merupakan konfirmasi dan bagian pengecekan barang-barang yang masuk.



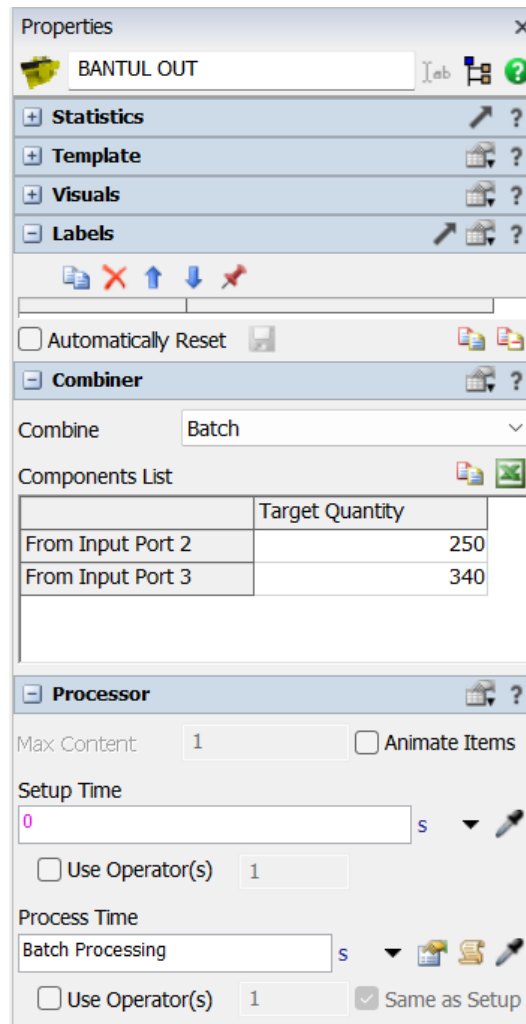
Gambar 4. 15 Proses Pemeriksaan Barang

4. Mendefinisikan setiap rak-rak penyimpanan



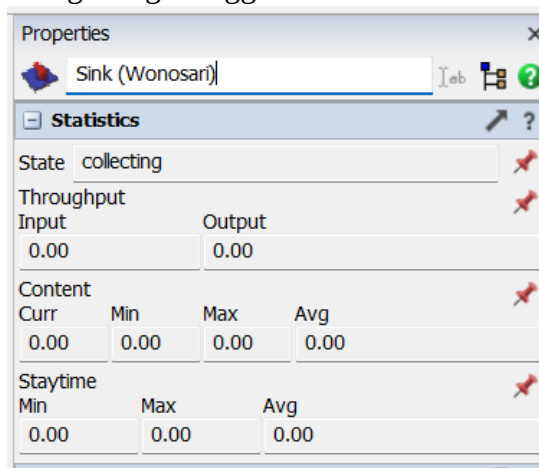
Gambar 4. 16 Rak Penyimpanan Bantul

5. Mendefinisikan proses pemeriksaan sebelum keluar gudang



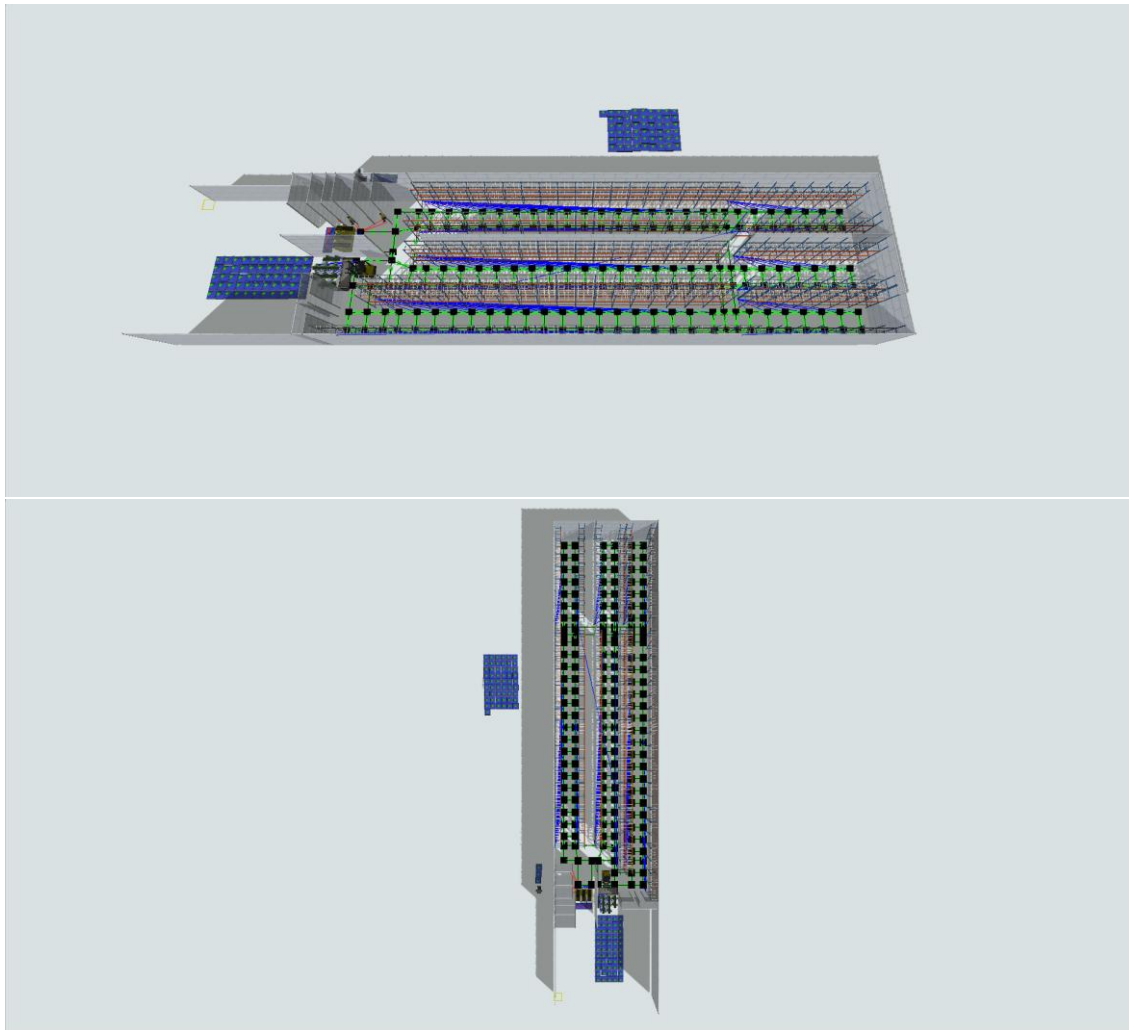
Gambar 4. 17 Definisi Pemeriksaan Barang sebelum keluar

6. Mendefinisikan pintu keluar gudang menggunakan sink.



Gambar 4. 18 Mendefinisikan Pintu Keluar

Gambar 4.19 berikut merupakan gambaran *Layout* awal yang telah dibuat di software FlexSim 21.0.

Gambar 4. 19 *Layout* Awalan

Setelah model selesai didefinisikan dan dijalankan maka didapat jarak tempuh tiap operator saat melakukan aktivitas. Berikut merupakan total ongkos *material handling* untuk tiap aktivitas:

Travel Distance 1

Object	Distance Traveled
Transporter1	676600.94
Operator1	67398.70
Operator2	67653.09
Operator3	68071.62
Operator4	68186.61
Operator5	67735.59

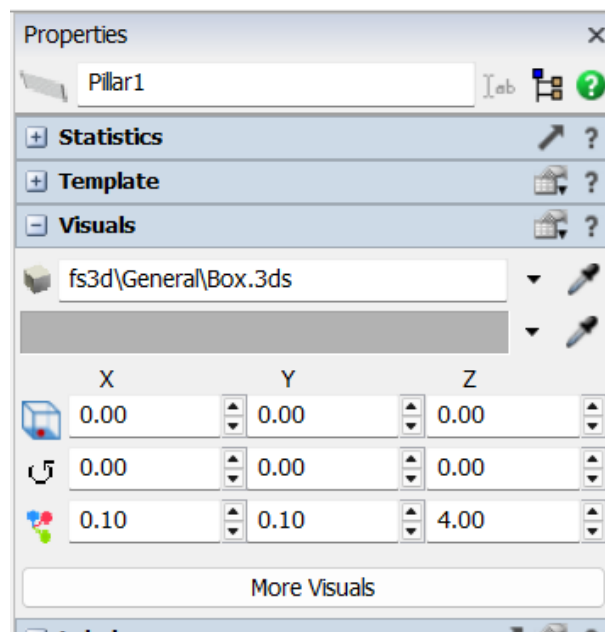
Gambar 4. 20 Jarak Tempuh Model Awal

Berdasarkan hasil simulasi selama satu bulan, total jarak tempuh transporter tercatat sebesar 676.600,94 meter, sedangkan lima operator melakukan perjalanan dalam kisaran 67.398,70 hingga 68.186,61 meter per orang. Jika dihitung berdasarkan 27 hari kerja, jarak tempuh harian transporter menjadi sekitar 27.574 meter per hari, sementara operator menempuh jarak sekitar 2.308 hingga 2.322 meter per hari.

4.3.9.2. *Layout Class based storage*

Perbedaan model awal dan *Layout class-based storage* hanya terletak pada penempatan rak tiap objeknya, dimana yang semula hanya ada 1 rak akan dibagi menjadi tiga kelas yaitu A, B, dan C yang telah dibuat sebelumnya.

1. Mendefinisikan jarak dan koordinat antar lokasi satu dengan lokasi lainnya. Lokasi yang dijadikan acuan penentuan jarak dan koordinat adalah Objek Pillar1. Gambar 4.13 merupakan koordinat dari lokasi Pillar1.



Gambar 4. 21 Koordinat Acuan

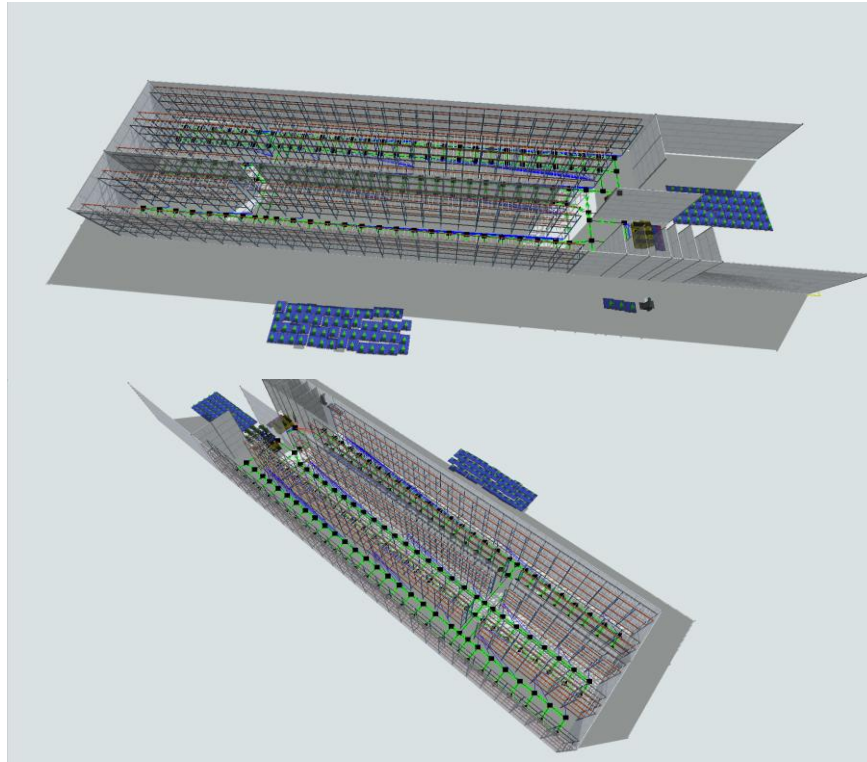
Berdasarkan *Layout* yang sudah dibuat sebelumnya, Tabel 4.23 berikut merupakan jarak dan koordinat lokasi model pada software Flexsim 2021.

Tabel 4. 27 Koordinat Tiap Lokasi Usulan *Class based storage*

No	Lokasi	Koordinat
1	Unloading	x = 8.50, y = 13.83, z = 0
2	Unloading Sementara	x = 9.00, y = 17.00, z = 0
3	Kelas A Bantul 1	x = 0.50, y = 40.00, z = 0
4	Kelas B Bantul 1	x = 0.50, y = 63.00, z = 0
5	Kelas C Bantul 1	x = 0.50, y = 73.00, z = 0
6	Kelas A Bantul 2	x = 4.50, y = 40.00, z = 0

No	Lokasi	Koordinat
7	Kelas B Bantul 2 1	$x = 4.50, y = 57.00, z = 0$
8	Kelas B Bantul 2 2	$x = 4.50, y = 66.00, z = 0$
9	Kelas C Bantul 2	$x = 4.50, y = 73.00, z = 0$
10	Kelas A Sleman 1	$x = 7.50, y = 35.00, z = 0$
11	Kelas B Sleman 1	$x = 7.50, y = 50.50, z = 0$
12	Kelas C Sleman 1	$x = 7.50, y = 57.50, z = 0$
13	Kelas A Sleman 2	$x = 11.50, y = 32.00, z = 0$
14	Kelas B Sleman 2	$x = 11.50, y = 49.00, z = 0$
16	Kelas C Sleman 2	$x = 11.50, y = 57.00, z = 0$
17	Kelas A Sleman 3	$x = 12.50, y = 32.00, z = 0$
18	Kelas B Sleman 3	$x = 12.50, y = 49.00, z = 0$
19	Kelas C Sleman 3	$x = 12.50, y = 57.00, z = 0$
20	Kelas A Sleman 4	$x = 16.50, y = 30.00, z = 0$
21	Kelas B Sleman 4	$x = 16.50, y = 50.00, z = 0$
22	Kelas C Sleman 4	$x = 16.50, y = 59.00, z = 0$
23	Kelas A Wonosari 1	$x = 7.50, y = 65.00, z = 0$
24	Kelas B Wonosari 1	$x = 7.50, y = 71.00, z = 0$
25	Kelas C Wonosari 1	$x = 7.50, y = 74.00, z = 0$
26	Kelas A Wonosari 2	$x = 11.50, y = 65.00, z = 0$
27	Kelas B Wonosari 2	$x = 11.50, y = 71.00, z = 0$
28	Kelas C Wonosari 2	$x = 11.50, y = 74.00, z = 0$
29	Kelas A Wonosari 3	$x = 12.50, y = 65.00, z = 0$
30	Kelas B Wonosari 3	$x = 12.50, y = 71.00, z = 0$
31	Kelas C Wonosari 3	$x = 12.50, y = 74.00, z = 0$
32	Kelas A Wonosari 4	$x = 16.50, y = 65.00, z = 0$
33	Kelas B Wonosari 4	$x = 16.50, y = 71.00, z = 0$
34	Kelas C Wonosari 4	$x = 16.50, y = 74.00, z = 0$
35	Loading	$x = 4.00, y = 16.50, z = 0$

Gambar 4.22 merupakan gambaran keseluruhan *Layout* yang telah dibuat di software FlexSim 2021.



Gambar 4. 22 *Layout Usulan Class based storage*

Setelah didefinisikan dan dijalankan, maka didapat jarak tempuh tiap operator saat melakukan aktivitas. Berikut merupakan total ongkos *material handling* untuk periode Juli:

Travel Distance 1

Object	Distance Traveled
Transporter1	422488.69
Operator1	32518.15
Operator2	32969.60
Operator3	33174.29
Operator4	32620.22
Operator5	22002.40

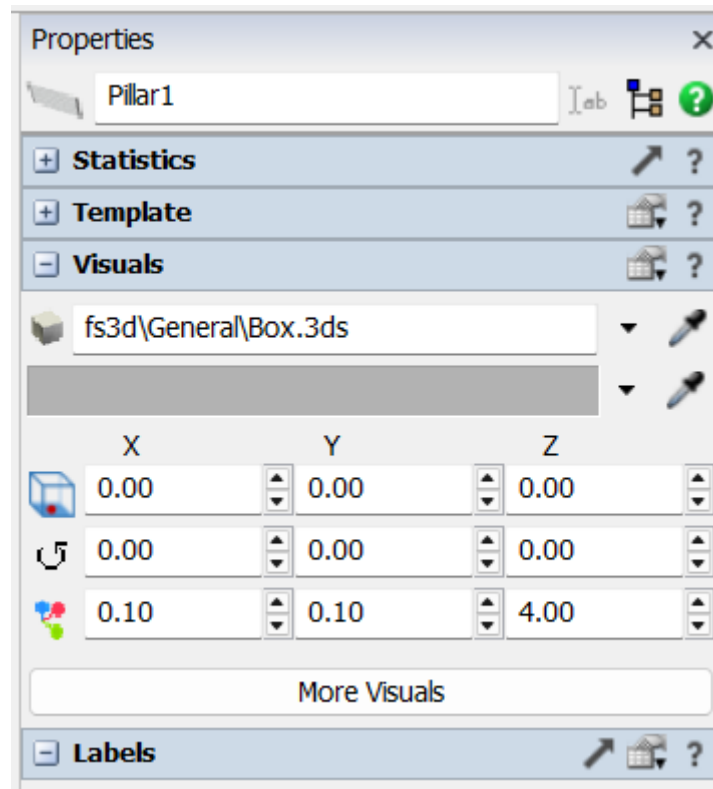
Gambar 4. 23 Jarak Tempuh *Layout Class based storage*

Berdasarkan hasil simulasi selama satu bulan pada skenario *class-based storage*, total jarak tempuh transporter tercatat sebesar 422.488,69 meter, sedangkan lima operator mencatat perjalanan dalam kisaran 22.002,40 hingga 33.174,29 meter per orang. Jika dihitung berdasarkan 26 hari kerja, transporter menempuh sekitar 16.250 meter per hari, sementara operator bergerak sekitar 846 hingga 1.276 meter per hari.

4.3.9.3. *Layout Dedicated storage*

Perbedaan *Layout* model awal dan *dedicated storage* hanya terletak pada penempatan tiap objeknya. Berikut merupakan pemodelan berdasarkan *Layout dedicated storage* yang telah dibuat sebelumnya.

1. Mendefinisikan jarak dan koordinat antar lokasi satu dengan lokasi lainnya. Lokasi yang dijadikan acuan penentuan jarak dan koordinat adalah Objek Pillar1. Gambar 4.24 merupakan koordinat dari lokasi Pillar1.



Gambar 4. 24 Koordinat Acuan

Berdasarkan *Layout* yang sudah dibuat sebelumnya, Tabel 4.28 berikut merupakan jarak koordinat lokasi model pada software FlexSim 2021.

Tabel 4. 28 Titik Koordinat Tiap Lokasi *Dedicated storage*

No	Lokasi	Koordinat
1	Unloading	x = 8.50, y = 13.83, z = 0
2	Unloading Sementara	x = 9.00, y = 17.00, z = 0
3	Rank 1 Bantul	x = 4.50, y = 32.00, z = 0
4	Rank 2 Bantul	x = 0.50, y = 28.50, z = 0
5	Rank 55 Bantul	x = 4.50, y = 73.50, z = 0
6	Rank 1 Sleman	x = 7.50, y = 31.00, z = 0
7	Rank 2 Sleman	x = 11.50, y = 21.50, z = 0
8	Rank 55 Sleman	x = 12.50, y = 57.50, z = 0
9	Rank 1 Wonosari	x = 11.50, y = 62.50, z = 0
10	Rank 2 Wonosari	x = 11.50, y = 64.50, z = 0
n	n	n

218

Rank 55 Wonosari

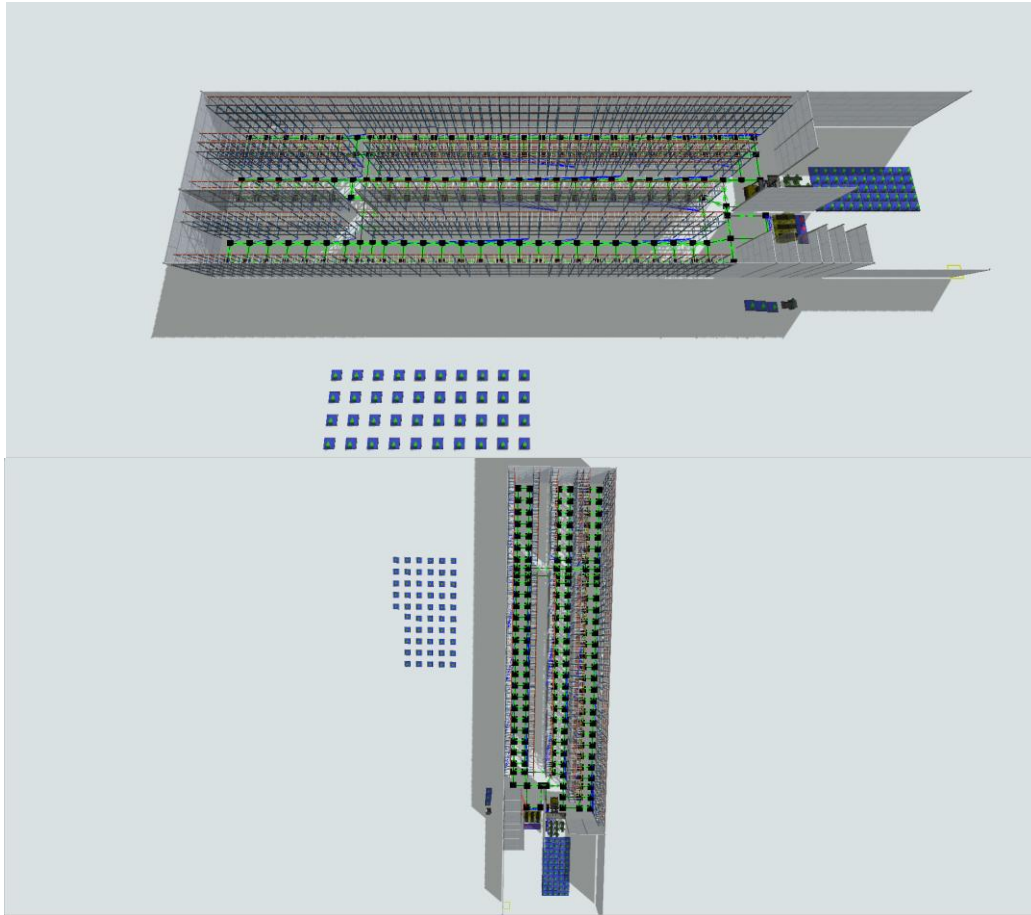
 $x = 12.50, y = 74.50, z = 0$

219

Loading

 $x = 4.00, y = 16.50, z = 0$

Gambar 4.25 merupakan gambaran keseluruhan *Layout* yang telah dibuat di software FlexSim 2021.



Gambar 4. 25 *Layout Usulan Dedicated storage*

Setelah model selesai didefinisikan dan dijalankan, maka didapatkan besar jarak tempuh tiap operator saat melakukan aktivitas. Berikut jarak *material handling* pada periode Juli:

Travel Distance 1

Object	Distance Traveled
Transporter1	747346.21
Operator1	45558.55
Operator2	45253.87
Operator3	45509.26
Operator4	45565.63
Operator5	45509.20

Gambar 4. 26 Jarak Tempuh Operator *Dedicated storage*

Berdasarkan hasil simulasi selama satu bulan pada skenario *dedicated storage*, total jarak tempuh transporter mencapai 747.346,21 meter, sedangkan lima operator mencatat perjalanan dalam kisaran 45.253,87 hingga 45.565,63 meter per orang. Dengan asumsi 26 hari kerja, transporter menempuh sekitar 28.743 meter per hari, sementara operator bergerak sekitar 1.741 hingga 1.753 meter per hari.

4.3.8.4. Validasi dan Verifikasi Model

Validasi merupakan tahap untuk membuktikan bahwa model yang telah dibuat sesuai dengan sistem nyata atau tidak. Teknik validasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah *face validity* dan validasi *input output*. Teknik *face validity* dilakukan dengan meminta *expert* untuk mengevaluasi apakah logika dan hasil simulasi beserta variable-variabelnya masuk akal dan apakah berperilaku seperti sistem nyata (Law, 2015). Peneliti juga menanyakan apakah perilaku variabel masuk akal atau tidak kepada 2 *expert* yaitu Kepala Gudang dan Admin Gudang untuk menambah keyakinan pada Teknik validasi *face validity*.

Selain *face validity*, penelitian ini juga menggunakan validasi *statistical output*. Metode ini dilakukan dengan membandingkan hasil output simulasi dengan data aktual pada periode yang sama untuk memastikan bahwa perilaku model konsisten dengan kondisi aktual. Teknik ini sejalan dengan rekomendasi Banks (2004) yang menyatakan bahwa model dapat dinyatakan valid apabila hasil simulasi sesuai dengan hasil dari sistem nyata.

Tabel 4. 29 Data Validasi Output Bantul

No	Output Historis	Output Simulasi	No	Output Historis	Output Simulasi	No	Output Historis	Output Simulasi
1	29714	29898	11	29711	29871	21	29684	29779
2	29833	29633	12	29700	29661	22	29804	29942
3	29831	29819	13	30023	29677	23	29608	29899
4	29816	29847	14	29727	29641	24	29945	29665
5	29879	29988	15	29627	29954	25	29733	29796
6	29758	29879	16	29733	29695	26	29669	29984
7	29954	29618	17	29621	29686	27	29766	29888
8	29989	29868	18	30014	29806	28	29832	29739
9	29488	29613	19	29769	29621	29	29862	29943
10	29718	29743	20	29623	29864	30	29650	29792

Tabel 4. 30 Data Validasi Output Sleman

No	Output Historis	Output Simulasi	No	Output Historis	Output Simulasi	No	Output Historis	Output Simulasi
1	36869	36750	11	37090	36974	21	36884	36881
2	36926	36809	12	36890	36569	22	36828	36948
3	36743	36904	13	36602	36720	23	36943	37104
4	36629	36662	14	36853	36969	24	36708	36702

No	Output Historis	Output Simulasi	No	Output Historis	Output Simulasi	No	Output Historis	Output Simulasi
5	36685	36753	15	36914	36544	25	36935	36860
6	36801	36834	16	36798	36612	26	36965	36800
7	36737	36861	17	36907	36922	27	36955	37013
8	36645	37016	18	36508	36797	28	36741	37026
9	37052	36770	19	36986	36895	29	36815	36773
10	36950	36918	20	36965	37007	30	36913	36850

Tabel 4. 31 Data Validasi Output Sleman

No	Output Historis	Output Simulasi	No	Output Historis	Output Simulasi	No	Output Historis	Output Simulasi
1	10598	10552	11	10400	10578	21	10633	10525
2	10442	10565	12	10611	10573	22	10569	10750
3	10627	10642	13	10576	10581	23	10650	10522
4	10756	10711	14	10621	10667	24	10548	10840
5	10637	10640	15	10660	10706	25	10533	10513
6	10642	10593	16	10670	10694	26	10567	10633
7	10510	10600	17	10673	10687	27	10480	10510
8	10567	10464	18	10679	10663	28	10628	10541
9	10661	10413	19	10446	10584	29	10524	10560
10	10533	10633	20	10613	10584	30	10638	10674

Berdasarkan data validasi pada Tabel 4.29 sampai 4.31, maka selanjutnya dilakukan perhitungan rata-rata (mean) dan standar deviasi yang dibutuhkan untuk perhitungan statistical test. Berikut merupakan hasil perhitungan:

Tabel 4. 32 Perhitungan Rata-rata dan Standar Deviasi Bantul

Output Bantul	Mean	SD (V)	N
Output Simulasi	29793,63	120,2814	30
Output Historis	29769,37	120,7555	30

Tabel 4. 33 Perhitungan Rata-rata dan Standar Deviasi Sleman

Output Sleman	Mean	SD (V)	N
Output Simulasi	36841,43	140,1366	30
Output Historis	36841,23	138,6879	30

Tabel 4. 34 Perhitungan Rata-rata dan Standar Deviasi Wonosari

Output Wonosari	Mean	SD (V)	N
Output Simulasi	10606,6	89,02135	30
Output Historis	10589,73	80,45814	30

1. Uji Kesamaan Dua Rata-rata

Berikut ini merupakan langkah-langkah dari pengujian dua rata-rata:

a. Menentukan Hipotesis

H0: Probabilitas semua kejadian sama (hasil simulasi sama dengan sistem nyata)

H1: Hasil simulasi tidak sesuai dengan hasil riil produksi.

b. Menentukan Daerah Penerimaan

Daerah penerimaan menggunakan tingkat kepercayaan sebesar 95% atau $\alpha = 5\%$.

Sehingga daerah penerimaannya yaitu:

H0 tidak dapat ditolak jika $-T_{0.025} < t_{hitung} < T_{0.025}$

H0 ditolak jika $t_{hitung} < -2.048$ atau $t_{hitung} > 2.048$

c. Uji Statistik

i. Bantul

$$Sp^2 = \frac{(n1 - 1)v1^2 + (n2 - 1)v2^2}{n1 + n2 - 2} = 15718.62$$

$$t_{hitung} = \frac{mean1 - mean2}{\sqrt{Sp^2(\frac{1}{n1} + \frac{1}{n2})}} = 0,749$$

ii. Sleman

$$Sp^2 = \frac{(n1 - 1)v1^2 + (n2 - 1)v2^2}{n1 + n2 - 2} = 19436.29$$

$$t_{hitung} = \frac{mean1 - mean2}{\sqrt{Sp^2(\frac{1}{n1} + \frac{1}{n2})}} = 0,005$$

iii. Wonosari

$$Sp^2 = \frac{(n1 - 1)v1^2 + (n2 - 1)v2^2}{n1 + n2 - 2} = 7199.15$$

$$t_{hitung} = \frac{mean1 - mean2}{\sqrt{Sp^2(\frac{1}{n1} + \frac{1}{n2})}} = 0,7699$$

d. Hasil Uji Kesamaan Dua Rata-rata

Untuk wilayah Bantul, karena $-T_{0.025} < t_{hitung} < T_{0.025}$ yaitu $-2.048 < 0,749 < 2.048$, maka dapat disimpulkan bahwa data hasil simulasi sesuai dengan hasil dari sistem nyata, sehingga tidak dapat menolak H0 dan model simulasi dikatakan valid. Begitupun untuk Sleman dengan $-T_{0.025} < t_{hitung} < T_{0.025}$ yaitu $-2.048 < 0,005 < 2.048$, maka dapat disimpulkan bahwa data hasil simulasi sesuai dengan hasil dari sistem nyata, sehingga tidak dapat menolak H0 dan model simulasi dikatakan valid. Begitupun dengan Wonosari dengan $-T_{0.025} <$

$t_{hitung} < T_{0.025}$ yaitu $-2.048 < 0,7699 < 2.048$, maka dapat disimpulkan bahwa data hasil simulasi sesuai dengan hasil dari sistem nyata, sehingga tidak dapat menolak H_0 dan model simulasi dikatakan valid.

2. Uji Kesamaan Dua Variansi

a. Menentukan Hipotesis

H_0 : Tidak terdapat perbedaan variansi sistem nyata dengan hasil simulasi

H_1 : Terdapat perbedaan variansi sistem nyata dengan hasil simulasi

b. Menentukan Daerah Penerimaan

Daerah penerimaan menggunakan tingkat kepercayaan sebesar 95% atau $\alpha = 5\%$.

Sehingga daerah penerimaannya yaitu:

H_0 tidak dapat ditolak jika $F_{0,975}(29, 29) < F_{hitung} < F_{0,975}(29, 29)$

H_0 ditolak jika $F_{hitung} > F_{0,975}(29, 29)$ atau $F_{hitung} < F_{0,975}(29, 29)$

c. Uji Statistik

i. Bantul

$$F_{hitung} = \frac{v_1^2}{v_2^2} = 0,992$$

ii. Sleman

$$F_{hitung} = \frac{v_1^2}{v_2^2} = 1,021$$

iii. Wonosari

$$F_{hitung} = \frac{v_1^2}{v_2^2} = 0,769$$

d. Hasil Uji Kesamaan Dua Rata-rata

Untuk wilayah Bantul $F_{tab_{0,975}} < F_{hitung} < F_{tab_{0,975}}$ yaitu $0.476 < 0,992 < 2.101$, maka dapat disimpulkan bahwa data hasil simulasi sesuai dengan hasil dari sistem nyata, sehingga tidak dapat menolak H_0 dan model simulasi dikatakan valid. Begitupun untuk wilayah Sleman $F_{tab_{0,975}} < F_{hitung} < F_{tab_{0,975}}$ yaitu $0.476 < 1,021 < 2.101$, maka dapat disimpulkan bahwa data hasil simulasi sesuai dengan hasil dari sistem nyata, sehingga tidak dapat menolak H_0 dan model simulasi dikatakan valid. Begitupun untuk wilayah Wonosari $F_{tab_{0,975}} < F_{hitung} < F_{tab_{0,975}}$ yaitu $0.476 < 0,769 < 2.101$, maka dapat disimpulkan bahwa data hasil simulasi sesuai dengan hasil dari sistem nyata, sehingga tidak dapat menolak H_0 dan model simulasi dikatakan valid.

Berdasarkan hasil validasi *statistical output* pada periode Juli, diperoleh bahwa seluruh hasil simulasi masih berada dalam di sekitar output data historisnya sehingga model sudah dapat dikatakan valid.

Verifikasi dilakukan dengan cara melakukan pengecekan rumus untuk setiap variabel yang ada pada simulasi apakah sudah berperilaku sama seperti sistem nyata atau belum. Beberapa hal yang diverifikasi adalah asumsi komponen sistem baik asumsi struktural seperti interaksi antara sistem dan komponen-komponennya, serta asumsi data dan input parameter. Berikut merupakan beberapa asumsi yang terdapat pada model.

- a. Asumsi data waktu proses *unloading* direpresentasikan menggunakan objek *processor* dengan waktu proses rata-rata sekitar 323 detik dan untuk proses *loading* dengan waktu proses rata-rata sekitar 536 detik.
- b. Asumsi jumlah operator dalam proses pengambilan dari unloading dan loading barang. Peneliti mengasumsikan penggunaan lima operator dan satu operator forklift sesuai dengan sistem nyata.

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisis Tata Letak Usulan *Class based storage*

Pada kondisi awal, tata letak gudang belum berjalan efisien karena penempatan barang tidak konsisten dengan klasifikasi *fast-moving*, *medium-moving*, dan *slow-moving*. Meskipun gudang secara formal telah menggunakan prinsip ABC, praktik di lapangan tidak mengikuti rancangan tersebut. Operator sering menempatkan barang di slot kosong tanpa memperhatikan kelasnya, terutama saat terjadi lonjakan kedatangan barang dan keterbatasan forklift. Akibatnya, pola penyimpanan berubah seperti *share storage*, membuat barang sulit ditemukan, jarak tempuh meningkat, dan proses picking menjadi lebih lama.

Karena kondisi nyata tidak mampu mempertahankan sistem ABC secara konsisten, penelitian ini menggunakan metode *class-based storage* sebagai pendekatan yang lebih realistis untuk menata ulang gudang. Metode ini tetap mengikuti prinsip pengelompokan berdasarkan frekuensi perpindahan, namun lebih fleksibel diterapkan dan lebih sesuai dengan dinamika kerja operator di lapangan. Dalam pendekatan ini, setiap produk dikelompokkan dan ditempatkan berdasarkan tingkat frekuensi perpindahannya.

Tahapan pertama dalam *class-based storage* yaitu melakukan perhitungan frekuensi perpindahan barang. Frekuensi perpindahan barang dihitung berdasarkan banyaknya barang masuk dan keluar, berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa frekuensi perpindahan tertinggi pada wilayah Bantul, Sleman, dan Wonosari berasal dari kelompok susu kental manis kemasan sachet, terutama FrF Scm Bkm Sa 120x37g Banded Pouch, FrF Scm Choc Banded Pouch 240g, dan FrF Scc Bkm Sa 120x37g yang memiliki persentase perpindahan diatas 10%. Produk lainnya seperti FrF Uhtm Choc Cp 12x946ml Jno dan FrF UHT Choc Cp 36x110ml Nb Omg Gtr memiliki persentase perpindahan sedang karena melebihi 1%. Sementara itu produk seperti FrF Scm Gold Can 48x370g Lfm Jno memiliki persentase perpindahan rendah dengan persentase dibawah 1%. Setelah melakukan perhitungan tersebut, barang akan diurutkan dari persentase perpindahan tertinggi sampai terendah yang kemudian diklasifikasikan menggunakan prinsip klasifikasi ABC *Class based storage*, dengan prinsip tersebut barang nantinya akan dikelompokkan menjadi 3 kelas yaitu fast moving (A), medium moving (B), dan slow moving (C). Barang tersebut dikelompokkan berdasarkan persentase frekuensi perpindahan barang serta perbandingan jumlah jenis barang yang dikelola.

Dapat dilihat pada gambar 5.1, tata letak usulan untuk kelas A diletakkan lebih dekat dengan pintu keluar/masuk, sedangkan untuk kelas C lebih jauh dari pintu keluar/masuk. Dalam perancangan tata letak usulan *Class based storage*, kebutuhan ruang untuk wilayah Bantul melebihi kapasitas dari jumlah rak yang tersedia untuk wilayah Bantul, oleh karena itu penempatannya dapat memanfaatkan alokasi ruang pada Wonosari karena penggunaan ruang pada Wonosari masih mencukupi tanpa perlu dilakukan penambahan kapasitas rak baru. Pendekatan ini dilakukan untuk menjaga efisiensi ruang dan meminimalkan perubahan struktur rak, mengingat volume dan frekuensi perpindahan barang Wonosari tidak setinggi dua wilayah lainnya. Usulan tata letak tersebut akan disimulasikan menggunakan bantuan *software* FlexSim 2021 untuk mengetahui nilai ongkos *material handling*, jarak tempuh, dan membandingkan antara ongkos *material handling* mana yang lebih rendah.

5.2 Analisis Tata Letak Usulan *Dedicated storage*

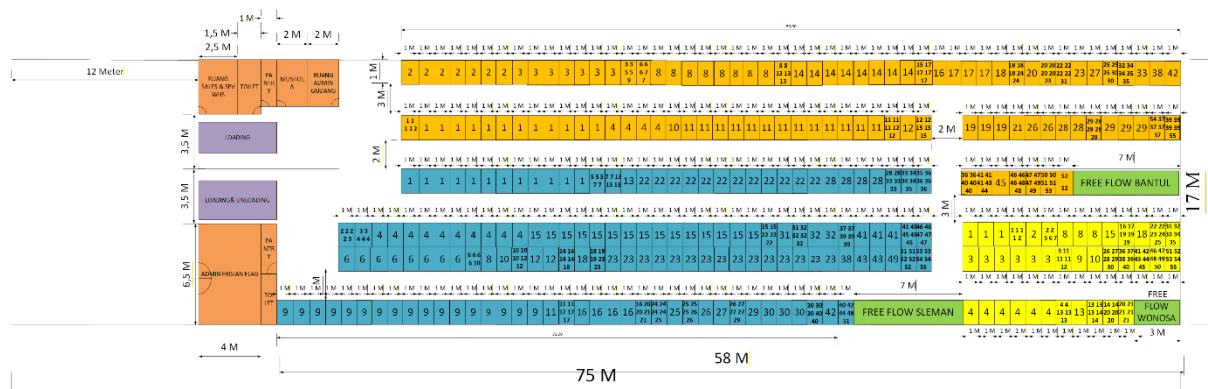
Selain pendekatan *Class-based storage*, penelitian ini juga menggunakan metode *Dedicated storage* sebagai pembanding untuk menilai alternatif perancangan tata letak yang lebih terstruktur. Metode *Dedicated storage* dipilih karena setiap jenis barang ditempatkan pada lokasi penyimpanan tetap, sehingga alur penyimpanan lebih mudah dikontrol dan ketidakkonsistenan penempatan barang dapat diminimalkan. Pendekatan ini dipertimbangkan mengingat kondisi awal gudang menunjukkan adanya ketidakpatuhan terhadap zonasi ABC, di mana operator sering meletakkan produk di lokasi kosong sehingga penyimpanan menjadi menyerupai *share storage*.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini juga mengevaluasi penggunaan metode *dedicated storage* sebagai skenario pembanding. *Dedicated storage* dipertimbangkan karena metode ini menempatkan setiap jenis barang pada lokasi tetap, sehingga penempatan lebih terkontrol dan tidak mudah berubah mengikuti kondisi lapangan. Dengan memberikan slot penyimpanan yang spesifik untuk setiap produk, metode ini diharapkan mampu mengurangi ketidakkonsistenan yang terjadi pada kondisi awal sekaligus memudahkan proses pencarian barang dan pengaturan kapasitas rak. Tahapan pertama yaitu menghitung *space requirement* berdasarkan jumlah barang masuk, berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa setiap wilayah memiliki kebutuhan palet yang berbeda-beda. Sleman membutuhkan 726 palet yang menunjukkan volume dan variasi barang yang lebih tinggi disbanding wilayah lainnya, sedangkan Bantul memiliki kebutuhan sekitar 512 palet dan wonosari membutuhkan 191 palet karena jumlah item dan volume barang yang lebih rendah. Perbedaan ini menegaskan bahwa penerapan *Dedicated storage* menghasilkan kebutuhan kapasitas rak yang jauh lebih besar dan sangat dipengaruhi oleh beban barang maksimum pada masing-masing wilayah.

Setelah diperoleh *space requirement*, tahap berikutnya adalah menghitung nilai *throughput* untuk setiap jenis barang. Nilai *throughput* dihitung untuk menggambarkan intensitas perpindahan barang berdasarkan penerimaan dan pengeluaran selama periode Juli. Berdasarkan hasil perhitungan, wilayah Sleman mencatat total *throughput* tertinggi yaitu 1.033,71, diikuti Bantul dengan 672,75, sedangkan Wonosari memiliki *throughput* paling rendah sebesar 229,42. Perbedaan ini menunjukkan bahwa aktivitas perpindahan barang paling besar terjadi di Sleman, disusul Bantul, dan paling rendah di Wonosari. Setelah memperoleh nilai *throughput* dan *space requirement*, langkah berikutnya adalah menentukan urutan prioritas penempatan produk melalui perhitungan nilai *assignment*. Nilai ini untuk mengetahui penempatan produk dengan nilai *assignment* tertinggi diprioritaskan berada paling dekat

dengan titik masuk/keluar untuk meminimalkan jarak tempuh dan meningkatkan efisiensi penyimpanan maupun pengambilan barang. Berdasarkan hasil perhitungan, tiap wilayah memiliki produk dengan prioritas penempatan tertinggi yang berbeda. Produk dengan nilai assignment terbesar adalah FrF Scm Bkm Sa 120x37g Banded Pouch 240g di Bantul, FrF Scc Bkm Sa 120x37g Fsm Jno di Sleman, dan FrF Scm Choc Sa 120x37g Banded Pouch 240g di Wonosari. Ketiga produk ini menjadi kandidat utama untuk ditempatkan di area terdekat dengan titik I/O. Sebaliknya, item dengan nilai assignment terendah adalah Oml Evap Milk Can 48x386g (Bantul), FrF Scm Choc Pou 24x260g Jno (Sleman), dan FrF Uhtm Lfat Fr Van Cp 36x225ml Jno (Wonosari), sehingga lebih sesuai ditempatkan pada area rak yang posisinya paling jauh dari akses utama gudang.

Setelah didapatkan nilai *assignment*, selanjutnya dilakukan perancangan tata letak usulan *dedicated storage*, sesuai dengan prinsip *dedicated storage* maka penempatan barang didekatkan dengan pintu keluar/masuk. Gambar 5.2 merupakan tata letak *dedicated storage* yang dibuat.

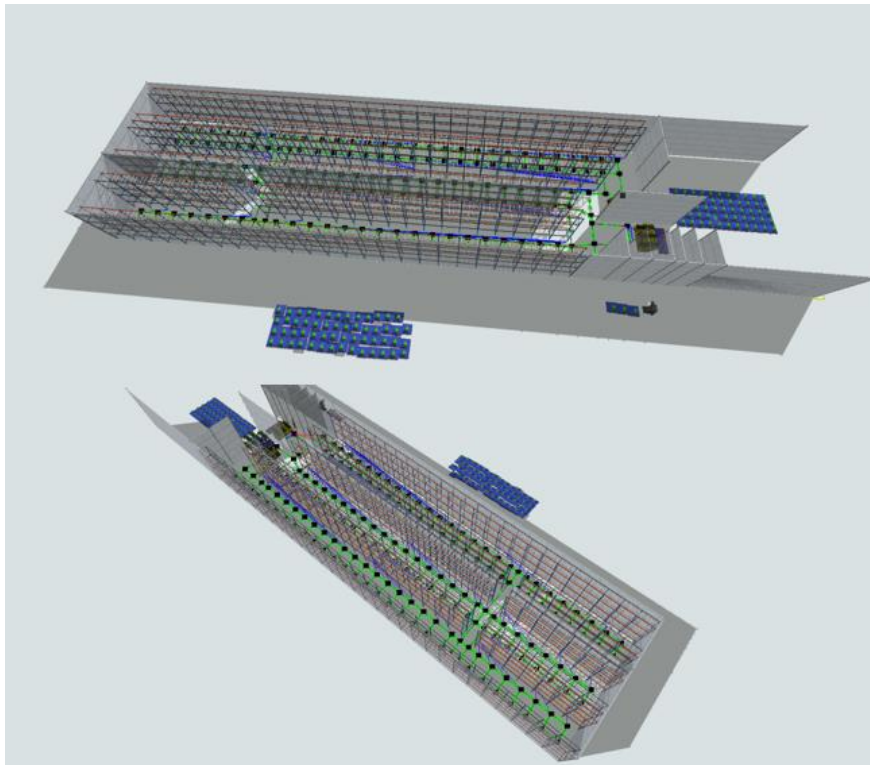


Gambar 5. 2 *Layout Usulan Dedicated storage*

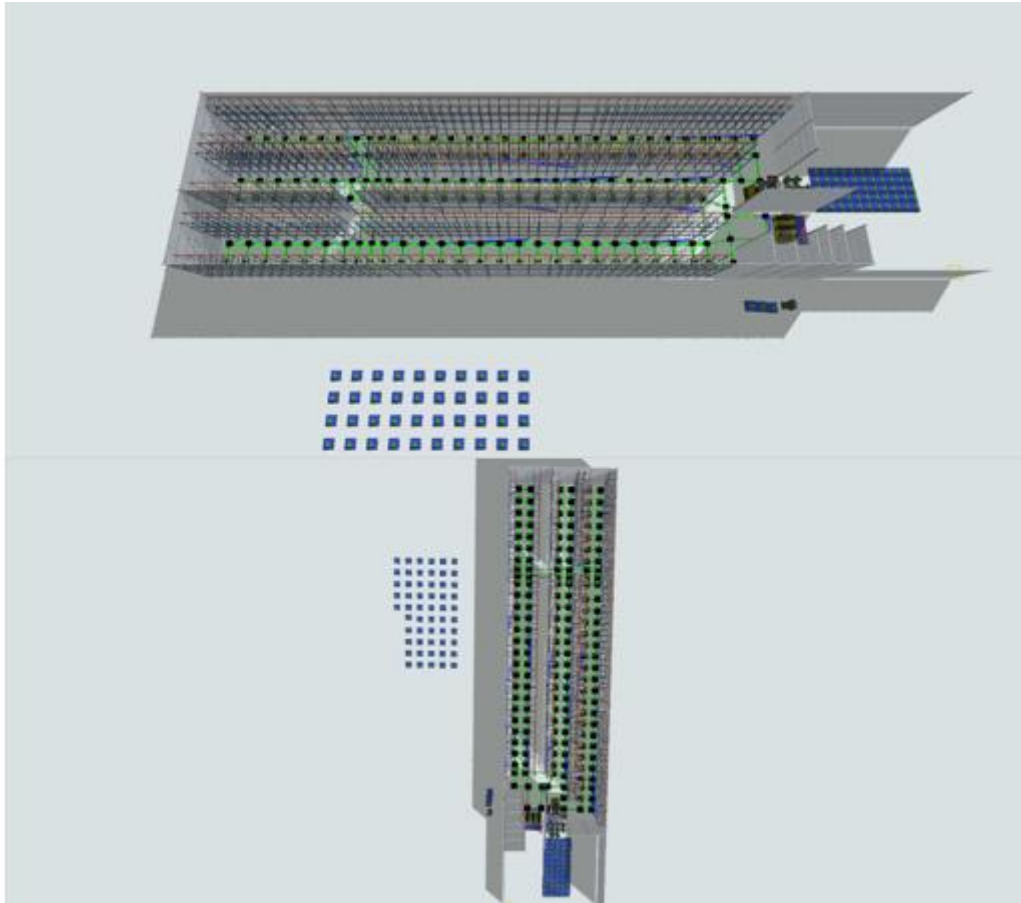
Dapat terlihat pada Gambar 5.2, setiap kotak rak menggambarkan unit rak sepanjang 1 meter dengan lima tingkat penyimpanan, di mana angka seperti “3–3–5–5–9” menunjukkan jumlah barang yang ditempatkan pada tiap tingkat dari bawah ke atas. Variasi angka tersebut disesuaikan dengan hasil perhitungan *space requirement* untuk tiap produk. Selain itu, pada *Layout* juga disediakan area *Free Flow* di bagian belakang gudang, yaitu sepanjang 7 meter untuk Bantul, 8 meter untuk Sleman, dan 6 meter untuk Wonosari, yang difungsikan sebagai area penyangga untuk menampung kelebihan barang apabila volume masuk lebih besar dari kapasitas rak. Dengan adanya *free flow*, gudang memiliki ruang cadangan yang dapat digunakan saat terjadi lonjakan barang, sehingga aktivitas penyimpanan tetap berjalan tanpa mengganggu alur utama di sekitar titik I/O.

5.3 Analisis Model Simulasi

Setelah dilakukan pembuatan *Layout* usulan, kemudian dibuatlah simulasi menggunakan *software* FlexSim 2021. Tahapan pembuatan model simulasi dimulai dari penentuan titik koordinat setiap objeknya dimana objek yang terdapat pada model sesuai dengan yang tertera di *Layout* usulan yang sudah digambarkan sebelumnya. Kedatangan barang direpresentasikan oleh *source*, Unloading barang yang direpresentasikan oleh *processor* dikarenakan pada objek tersebut terdapat proses unloading barang dan nantinya akan dimasukkan ke penempatan sementara yang di representasikan oleh *queue* yang nantinya akan diambil oleh *transporter* dan akan dimasukkan kedalam rak-rak penyimpanan yang direpresentasikan oleh *rack*, dan untuk loading barang direpresentasikan oleh *Combiner* dan akan keluar diantar menuju konsumen yang di representasikan oleh *sink*. Gambar 5.3 dan Gambar 5.4 merupakan model simulasi usulan *Class based storage* dan *dedicated storage* yang sudah dibuat.



Gambar 5. 3 *Class based storage*

Gambar 5. 4 *Dedicated storage*

Tabel 5.1 merupakan perbandingan jarak tempuh yang diperoleh dari simulasi.

Tabel 5. 1 Perbandingan Jarak Tempuh

Model	Total Jarak Tempuh Operator
Model Awal	1.015.646.55 Meter
<i>Class based storage</i>	575.773.35 Meter
<i>Dedicated storage</i>	974.742.72 Meter

Dapat terlihat pada Tabel 5.2 tersebut bahwa jarak tempuh pada *class-based storage* memiliki total jarak tempuh sebesar 575.773.35 meter yang lebih rendah 398.969.37 meter dengan usulan *dedicated storage*. Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa usulan *class-based storage* lebih baik diterapkan dikarenakan memiliki jarak tempuh yang lebih rendah, dengan nilai yang lebih rendah tersebut menandakan bahwa aktivitas yang terjadi didalamnya baik itu ketika barang masuk untuk diperiksa lalu penyimpanan barang, serta pengambilan dan pengemasan barang, yang dilakukan ketika terdapat *Demand* yang tinggi. Selain itu pada *Layout* usulan *Class based storage* memiliki space penyimpanan yang

dilebihkan untuk setiap wilayahnya jika nantinya terdapat penambahan barang, sehingga tidak perlu menambah rak baru, sedangkan untuk *Layout* usulan *dedicated storage*, memang memiliki overflow namun space yang digunakan jauh lebih banyak dibandingkan *Class based storage* dan lokasi penyimpanan sudah fixed, dimana ketika terdapat barang keluar yang jauh dari pintu keluar/masuk, maka operator membutuhkan jarak tempuh yang lebih lama sehingga hal tersebut masih belum efisien.

5.4 Perhitungan Ongkos *Material handling*

Dalam penelitian ini, perhitungan ongkos *material handling* dihitung dari tiga komponen utama, yaitu biaya operasional forklift (listrik dan maintenance) yang bersifat variabel mengikuti jarak tempuh, biaya tenaga kerja operator, dan biaya operator forklift yang bersifat tetap setiap bulan. Ketiga komponen ini digunakan untuk menilai efektivitas setiap tata letak berdasarkan total biaya dan jarak tempuh yang dihasilkan dari simulasi.

5.4.1 Biaya Operasional Forklift

Biaya operasional forklift listrik dalam penelitian ini dihitung dengan mempertimpangkan dua komponen utama, yaitu biaya listrik dan biaya perawatan.

1. Biaya Listrik

Konsumsi energi forklift listrik pada penelitian ini mengacu pada nilai rata-rata konsumsi forklift berbaterai timbal-asam sebesar 7,65 kWh per jam, sebagaimana digunakan pada penelitian Lototsky et al. (2016) sebagai baseline konsumsi energi forklift listrik pada kondisi operasi industri. Nilai tersebut berada di tengah rentang konsumsi forklift listrik 3,87 – 9,56 kWh per jam sehingga dianggap representative untuk kondisi operasional gudang distributor.

Untuk menghitung biaya listrik per meter perjalanan forklift, perlu diketahui kemampuan forklift dalam menempuh jarak per jam. Dengan kecepatan operasional 7 meter per detik, forklift dapat menempuh:

$$7 \text{ m/s} \times 3600 \text{ detik} = 25.200 \text{ meter/jam}$$

Dengan demikian, konsumsi energi forklift per meter perjalanan adalah:

$$\frac{7,65 \text{ kWh}}{25.200 \text{ m}} = 0,000304 \text{ kWh per meter}$$

Tarif listrik yang digunakan adalah tarif listrik pelanggan industri golongan I-3 (Industri Menengah, Tegangan Menengah) sebesar Rp 1.114,74/kWh, sesuai dengan Peraturan Menteri ESDM No. 28 Tahun 2016 dan Permen ESDM No. 7 Tahun 2024.

Untuk keperluan perhitungan, nilai tarif dibulatkan menjadi Rp 1.115/kWh. Sehingga biaya listrik forklift per meter perjalanan adalah:

$$0,000304 \times 1.115 = \text{Rp } 0,338 \text{ per meter}$$

Nilai inilah yang digunakan sebagai dasar perhitungan ongkos *material handling* forklift berdasarkan jarak tempuh pada setiap model tata letak.

2. Biaya Perawatan

Biaya perawatan forklift listrik dihitung berdasarkan kebutuhan servis berkala yang meliputi perawatan baterai, motor listrik, sistem hidrolik, dan komponen mekanis. Studi operasional forklift listrik oleh Anrora Panjaitan et al. (2024), mencatat bahwa total biaya perawatan selama 3000 jam operasional mencapai Rp 11.033.000. Jika dikonversikan ke kebutuhan operasional bulanan gudang distributor, yaitu 26 hari kerja per bulan dengan durasi 8 jam per hari (setara dengan 208 jam per bulan), maka 3000 jam operasional tersebut ekuivalen dengan sekitar 14,4 bulan penggunaan. Dengan demikian, estimasi biaya perawatan forklift listrik per bulan adalah:

$$\text{Rp } \frac{11.033.000}{14,4 \text{ bulan}} = \frac{765.000}{\text{bulan}}$$

Biaya tersebut kemudian dikonversikan menjadi biaya per jam sebagai berikut:

$$\frac{765.000}{208} = \text{Rp } 3.678/\text{jam}$$

Biaya perawatan per meter dengan jarak tempuh 25.200 meter per jam sebagai berikut:

$$\frac{3.678}{25200} = \text{Rp } 0,146 \text{ per meter}$$

Nilai inilah yang digunakan sebagai dasar perhitungan komponen biaya perawatan forklift dalam penelitian ini.

3. Total Biaya Operasional

Berdasarkan biaya listrik dan biaya perawatan forklift, maka didapatkan total dari biaya operasional per meternya seperti perhitungan tersebut:

$$\text{Rp } 0,338 + \text{Rp } 0,146 = \text{Rp } 0,48 \text{ per meter}$$

Angka inilah yang digunakan untuk menghitung ongkos *material handling* forklift pada setiap model tata letak gudang.

4. Perhitungan OMH Berdasarkan Jarak Tempuh

Berdasarkan hasil simulasi FlexSim, total jarak tempuh forklift untuk setiap model terdapat pada Tabel 5.2 sebagai berikut:

Tabel 5. 2 Perbandingan Jarak Tempuh Forklift

Model	Jarak Tempuh Forklift (m)	OMH	Total OMH
Model Awal	676.600,94	Rp 0,48/m	Rp 327.801
<i>Class based storage</i>	422.488,69	Rp 0,48/m	Rp 204.688
<i>Dedicated storage</i>	747.346,21	Rp 0,48/m	Rp 368.026

Dari hasil tersebut dapat terlihat bahwa *Class based storage* memiliki biaya OMH paling rendah sebesar Rp 204.688, menunjukkan bahwa tata letak dengan pengelompokan berdasarkan frekuensi perpindahan memberikan penggunaan forklift yang lebih efisien dibandingkan dengan tata letak awal maupun *dedicated storage*.

5.4.2 Biaya Operator Forklift dan Operator Gudang

Selain biaya operasional forklift listrik, aktivitas *material handling* di gudang juga melibatkan biaya tenaga kerja yang terdiri dari operator forklift dan operator gudang. Namun berbeda dengan biaya operasional forklift yang bersifat variabel terhadap jarak tempuh, biaya tenaga kerja pada penelitian ini dikategorikan sebagai biaya tetap (fixed cost) karena dibayarkan per bulan dan tidak berubah akibat perbedaan tata letak gudang.

Perusahaan mempekerjakan satu orang operator forklift dengan besaran gaji sebesar Rp 3.000.000 per bulan, serta lima orang operator gudang yang masing-masing menerima gaji Rp 2.700.000 per bulan. Dengan demikian, total biaya operator per bulan dihitung sebagai berikut:

$$5 \times \text{Rp } 2.700.000 = \text{Rp } 13.500.000$$

$$\text{Rp } 3.000.000 + \text{Rp } 13.500.000 = \text{Rp } 16.500.000$$

Struktur biaya ini bersifat konstan pada seluruh skenario tata letak, baik model awal, *class-based storage*, maupun *dedicated storage*, karena jumlah tenaga kerja dan sistem penggajiannya tidak mengalami perubahan. Oleh karena itu, dalam analisis perbandingan kinerja tata letak, biaya tenaga kerja tidak digunakan sebagai pembeda antar model, melainkan sebagai informasi pendukung bahwa perusahaan tetap menanggung beban biaya operasional sumber daya manusia yang sama pada setiap alternatif tata letak.

Dengan demikian, indikator utama efisiensi tata letak dalam penelitian ini difokuskan pada perubahan jarak tempuh forklift dan ongkos *material handling*

variabel (OMH forklift), sedangkan biaya tenaga kerja diperlakukan sebagai biaya tetap yang harus ditanggung perusahaan dalam kondisi apa pun.

5.4.3 Perbandingan Total Ongkos *Material handling*

Perbandingan ongkos *material handling* (OMH) dilakukan untuk menilai tingkat efisiensi setiap alternatif tata letak, yaitu Model Awal, *Class-based storage*, dan *Dedicated storage*. Dalam penelitian ini, OMH dihitung berdasarkan dua komponen:

1. Biaya tenaga kerja (operator gudang dan operator forklift), yang bersifat biaya tetap dan tidak berubah pada setiap skenario tata letak.
2. Biaya operasional forklift (biaya listrik dan perawatan), yang dihitung sebagai biaya variabel berbasis jarak tempuh dengan nilai Rp 0,50 per meter.

Dengan demikian, total OMH untuk setiap model terdiri dari gabungan antara biaya tetap tenaga kerja dan biaya variabel forklift. Ringkasan perhitungannya ditunjukkan pada Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5. 3 Perbandingan Total Ongkos *Material handling* Antar Model

Model	OMH Variabel (Rp 0,50/m)	Biaya Tenaga Kerja (Tetap)	Total OMH
Model Awal	Rp 327.801	Rp 16.500.000	Rp 16.827.801
<i>Class based storage</i>	Rp 204.688	Rp 16.500.000	Rp 16.704.688
<i>Dedicated storage</i>	Rp 362.076	Rp 16.500.000	Rp 16.862.075

Berdasarkan Tabel 5.3, perbedaan utama antar ketiga model tata letak terletak pada biaya variabel yang berasal dari jarak tempuh forklift, karena biaya tenaga kerja bersifat konstan di seluruh skenario. Hasil simulasi menunjukkan bahwa *Class-based storage* menjadi model paling efisien karena menghasilkan jarak tempuh forklift terendah sebesar 422.488,69 meter, sehingga OMH variabelnya juga paling kecil, yaitu Rp 204.688 per bulan. Sebaliknya, *Dedicated storage* memiliki total biaya tertinggi karena jarak tempuh forklift paling panjang, yaitu 747.346,21 meter, yang menghasilkan OMH variabel sebesar Rp 362.076 per bulan meskipun penataan rak lebih terstruktur. Model awal berada di posisi tengah tetapi tetap kurang efisien dibandingkan *Class-based storage*, karena penempatan barang yang tidak konsisten membuat forklift harus menempuh lintasan lebih jauh saat proses penyimpanan dan pengambilan barang.

Penurunan jarak tempuh forklift pada skenario usulan memang cukup signifikan, namun dampaknya terhadap total ongkos *material handling* (OMH) yang dihasilkan

tidak terlalu jauh. Hal ini terjadi karena sebagian besar biaya operasional gudang merupakan *fixed cost*, seperti upah tenaga kerja operator gudang dan operator forklift yang tetap dibayarkan terlepas dari panjang pendeknya jarak perpindahan. Dengan demikian, perubahan jarak tempuh hanya memengaruhi komponen biaya variabel yang relatif kecil, yaitu konsumsi energi forklift selama aktivitas perpindahan barang. Kondisi ini membuat penurunan jarak tempuh yang signifikan tidak otomatis menghasilkan penghematan biaya yang besar dalam jangka pendek.

Efisiensi operasional yang dihasilkan dari tata letak usulan tetap menghasilkan manfaat penting bagi kelancaran aktivitas gudang. Perbaiki alur perpindahan barang, pengurangan beban kerja operator, serta penurunan frekuensi lintasan yang tidak perlu menjadikan proses penyimpanan dan pengambilan barang lebih stabil dan teratur. Efisiensi ini juga memiliki nilai strategis apabila di masa mendatang perusahaan melakukan transisi menuju sistem pergudangan semi otomatis atau otomatis. Pada tahap tersebut, pengurangan jarak tempuh akan langsung berpengaruh terhadap komponen biaya variabel yang lebih sensitif terhadap setiap meter perjalanan, nantinya akan dikonversi menjadi konsumsi energi, siklus kerja mesin, dan kapasitas *throughput*. Dengan demikian, tata letak *class-based storage* tidak hanya memberikan efisiensi pada kondisi operasional saat ini, tetapi juga menjadi landasan penting dalam mempersiapkan perusahaan menghadapi modernisasi proses pergudangan di masa mendatang.

BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil perancangan tata letak gudang menggunakan metode *dedicated storage* dan *class-based storage* menunjukkan bahwa model dapat memperbaiki aliran penyimpanan dan pengambilan barang di PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Yogyakarta. Namun model *class-based storage* memberikan hasil yang lebih baik karena pengelompokkan produk berdasarkan tingkat pergerakannya membuat proses penempatan dan pengambilan menjadi lebih terstruktur serta lebih mudah diimplementasikan.
2. Hasil simulasi memperlihatkan bahwa *class-based storage* merupakan strategi yang paling efisien. Model ini menghasilkan total jarak tempuh sebesar 575.773,35 meter, lebih rendah dibandingkan dengan *dedicated storage* sebesar 974.742,72 meter maupun model awal sebesar 1.015.646,55 meter. Penurunan jarak tempuh tersebut berpengaruh langsung terhadap beban kerja perpindahan di dalam gudang dan mendukung peningkatan kecepatan aliran material. Dari sisi ongkos *material handling*, *class-based storage* juga memiliki biaya total paling rendah, yaitu Rp 16.704.688, sedangkan model awal mencapai Rp 16.827.801 dan *dedicated storage* mencapai Rp 16.862.075. Dengan jarak tempuh keseluruhan yang paling kecil dan OMH total yang paling rendah, *class-based storage* menjadi model tata letak yang paling efektif dan ekonomis untuk diterapkan di gudang PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Yogyakarta.

6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini untuk PT. Frisian Flag Indonesia Distributor Yogyakarta dan penelitian selanjutnya adalah:

1. Perusahaan disarankan untuk mempertimbangkan penerapan tata letak gudang dengan metode *class-based storage* secara konsisten, karena strategi ini terbukti dapat memberikan kinerja paling efisien berdasarkan hasil simulasi. Pengelompokan produk sesuai dengan tingkat pergerakan dapat membantu mengurangi jarak tempuh operator, mempercepat proses penyimpanan dan pengambilan barang, serta meningkatkan efektivitas *material handling*.
2. Penelitian selanjutnya dapat mempertimbangkan analisis variabel tambahan, seperti konsumsi energi forklift, perhitungan waktu kerja operator yang lebih detail, atau penggunaan metode optimasi lain untuk menentukan lokasi penyimpanan yang paling tepat.

Selain itu, penggunaan data operasional dalam periode yang lebih panjang dapat memberikan gambaran kinerja sistem yang lebih menyeluruh.

DAFTAR PUSTAKA

- Agalianos, K., Ponis, S. T., Aretoulaki, E., Plakas, G., & Efthymiou, O. (2020). *Discrete event simulation And Digital Twins: Review And Challenges For Logistics. Procedia Manufacturing*, 51, 1636–1641. Doi: 10.1016/J.Promfg.2020.10.228
- Agustina, I., & Vikaliana, R. (2021). Analisis Pengaturan *Layout* Gudang Sparepart Menggunakan Metode *Dedicated storage* Di Gudang Bengkel Yamaha Era Motor. *Journal Of Management And Business Review*, 18(2), 53–64. Doi: 10.34149/Jmbr.V18i2.271
- Aliyu, R., & Mokhtar, A. A. (2021). *Research Advances In The Application Of Flexsim: A Perspective On Machine Reliability, Availability, And Maintainability OPTimization* (Vol. 48, Issue 9).
- Alkatiri, M. S., Yojana, R. M., & SePT.iani, W. (2022). Perancangan Perbaikan Tata Letak Gudang Bahan Baku Dengan Menggunakan Metode Class-Based Pada PT. Kurabo Manunggal Textile. *Jurnal Penelitian Dan Karya Ilmiah Lembaga Penelitian Universitas Trisakti*, 7(2), 335–351. Doi: 10.25105/Pdk.V7i2.14222
- Anrora Panjaitan, L., Hidayat Tullah, M., Rahmat Noval, dan, Studi Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat, P., Teknik Mesin, J., Negeri Jakarta, P., A Siwabessy, J.G., 2024. ANALISIS PERBANDINGAN BIAYA PENGGUNAAN FORKLIFT ELEKTRIK DAN FORKLIFT DIESEL DALAM 3000 JAM PEMAKAIAN.
- Arifin, M. S., & Andesta, D. (2024). *Layout Design By Comparing Dedicated storage Method And Class-based storage Method Of Spare Parts Warehouse At Phthalic Anhydride (Pa) Company*. 21(2), 282–292.
- Awwali, F., & Widjajati, E. P. (2024). Analysis Of The Redesign Of The Rice Storage Warehouse *Layout* Using The Shared Storage Method At PT. Xyz. *Advance Sustainable Science Engineering And Technology*, 6(3), 0240308. Doi: 10.26877/Asset.V6i3.626
- Bahrami, B., Piri, H., & Aghezzaf, E. H. (2019). *Class-based storage Location Assignment: An Overview Of The Literature. Icinco 2019 - Proceedings Of The 16th International Conference On Informatics In Control, Automation And Robotics*, 1, 390–397. Doi: 10.5220/0007952403900397
- Banks, J. (2004). *Discrete-Event System Simulation*. Upper Saddle River: Nj : Pearson Prentice Hall.
- Chen, L.-H., Hu, D.-W., & Xu, T. (2013). Highway Freight Terminal Facilities Allocation Based On Flexsim. *Procedia - Social And Behavioral Sciences*, 96, 368–381. Doi: 10.1016/J.Sbspro.2013.08.044
- Darmawan, C. (2024). *Dairy And Products Annual_Jakarta_Indonesia_Id2024-0038*. Jakarta.
- Dmytrów, K. (2022). Analytical And Simulation Determination Of Order Picking Time In A Low Storage Warehouse For Shared Storage Systems. *Operations Research And Decisions*, 32(2), 34–51. Doi: 10.37190/Ord220203
- Dwi Aryadipura, N., Purnamawaty, E., Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional, S., & Timur, J. (2021). Usulan Perancangan Ulang Tata Letak Gudang Produk Jadi Dan Bahan Baku Dengan Metode Shared Storage Di PT. Temprina Media Grafika Surabaya. In Juminten : *Jurnal Manajemen Industri Dan Teknologi* (Vol. 02, Issue 01).

- Fadillah, M. R., & Fahma, F. (2023). Re-Layout Design Of The Kalus 1.6 Warehouse Using The *Class-based storage* Method At PT. Xyz. *Performa: Media Ilmiah Teknik Industri*, 22(2), 158. Doi: 10.20961/Performa.22.2.82225
- Fahreza, M., Budiman, F., & Setiawan, E. B. (2024). *Perbandingan Metode Dedicated Based Storage Dan Class based storage Dalam Usulan*.
- Hartari, E., & Herwanto, D. (2021). Perancangan Tata Letak Stasiun Kerja Dengan Menggunakan Metode *Systematic Layout Planning*. *Jurnal Media Teknik Dan Sistem Industri*, 5(2), 118. Doi: 10.35194/Jmtsi.V5i2.1480
- Hasanah, N., Utami, F. T., Fauzan, M. H. N., & Kristyanto, D. H. (2022). *Implementasi Material handling Dalam Mencari Jarak Dan Ongkos Material Serta Usulan Tata Letak Produksi Di PT. Wijaya Karya Beton*.
- James A. Tompkins, John A. White, Yavuz A. Bozer, & J. M. A. Tanchoco. (2003). *Facilities Planning*. United States Of America: John Wiley & Sons, Inc.
- Kulsum, K., Muharni, Y., & Felayani, A.-A. A. (2020). Usulan Pengoptimalan Tata Letak Gudang W12 Menggunakan Kebijakan *Dedicated storage* Dengan Penerapan Simulasi (Studi Kasus: PT. Xyz). *Teknika: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 16(2), 285. Doi: 10.36055/Tjst.V16i2.9177
- Laurent, J., Gozali, L., Farrel, R., & Doaly, C. O. (2022). *Production Layout Replanning Using Systematical Layout Planning With Shared Storage Method Analysis And Flexsim Simulation In Garment And Textile Company*.
- Law, A.M., 2015. *Simulation Modeling and Analysis*., McGraw-Hill. ed.
- Lototsky, M. V., Tolj, I., Davids, M. W., Swanepoel, D., Nechaev, A., & Klochko, Y. (2016). *Performance of electric forklift with low temperature polymer exchange membrane fuel cell power module and metal hydride hydrogen storage extension tank*. *Journal of Power Sources*, 316, 239–250. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2016.03.049>
- Nazariah, P. R. M., Taqwali, E., & Okitasari, H. (2024). OPTimizing Fabric Storage Using *Dedicated storage* For Order Picking Efficiency: Arena Simulation At PT. Abc. *Journal Of Advances In Information And Industrial Technology*, 6(2), 183–194. Doi: 10.52435/Jaiit.V6i2.631
- Novita Pratama, M., Gozali, L., Jusuf Daywin, F., & Vioren, V. (2022). *Raw Material Warehouse Layout Design Using Class-based storage Method With Promodel And Flexsim Simulation At Automotive Assembling Company*.
- Nursyanti, Y., Marlina, N., Widyasari, R., Studi Manajemen Logistik Industri Elektronika Politeknik App Kementerian Perindustrian Jl Timbul No, P., Jagakarsa, K., Jakarta Selatan, K., & Khusus, D. (2024). Usulan Tata Letak Penyimpanan Barang Jadi Pada Industri Manufaktur Menggunakan Metode *Class based storage*. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Industri Terapan (Jtmit)*, 3(1), 27–39.
- Oktalia, R. D. (2022). *Perancangan Tata Letak Fasilitas Gudang Logistik Dengan Metode Class-based storage Dan Pendekatan Simulasi Untuk Penanggulangan Bencana Alam (Studi Kasus Kantor Desa Sukoharjo)*.
- Purnomo, H. (2004). *Pengantar Teknik Industri* (Edisi Kedua). Yogyakarta: Graha Ilmu.

- Putra, H. R., Nurdiansyah, Y., & Ardiansyah, M. N. (2024). *Usulan Sistem Penyimpanan Barang Pada Gudang Adorable Projects Dengan Simulasi Diskrit Menggunakan Metode Classed-Based Storage*.
- Rafli, M. (2022). Pengaruh Tata Letak, *Material handling* Equipment Dan Warehouse Management System Terhadap Efektivitas Pengelolaan Gudang. *Jurnal Bisnis, Logistik Dan Supply Chain (Blockchain)*, 2(2), 78–84. Doi: 10.55122/Blockchain.V2i2.548
- Rahayu, A., & Suprayitno, S. (2023). The Effectiveness Of The *Dedicated storage* Method On Building *Layout* At PT. Puninar Anji Kyk Logistik Indonesia. In *Sinergi International Journal Of Logistics* (Vol. 1, Issue 1). Retrieved From [Https://Journal.Sinergi.Or.Id/](https://Journal.Sinergi.Or.Id/)
- Rizki, M., Devrika, D., Surayya Lubis, F., & Hadiyul Umam, I. (2020). Aplikasi Data Mining Dalam Penentuan *Layout* Swalayan Dengan Menggunakan Metode Mba. In *Jurnal Teknik Industri* (Vol. 5, Issue 2).
- Sakti, K. B., Setyawan, E. B., & Sumargo, S. (2024). Perancangan Tata Letak Gudang Spare Part Menggunakan Sistem Pallet Racking Dengan Blocplan Dan Alokasi Penyimpanan *Dedicated storage* Untuk Mengurangi Waktu Order Picking Di Gudang Spare Part PT. Xyz. *Journal Of Production, Enterprise, And Industrial Applications*, 1(1), 81–87. Doi: 10.25124/Jpeia.V2i2.8718
- Septiani, W., Divia, G. A., & Adisuwiryo, S. (2020). Warehouse *Layout* Designing Of Cable Manufacturing Company Using *Dedicated storage* And Simulation Promodel. *Iop Conference Series: Materials Science And Engineering*, 847(1). Doi: 10.1088/1757-899x/847/1/012054
- Shofiudin, M., Nur Aini, S. A., Ihsan, M. S., Wibowo, R. A. T., & Rolliawati, D. (2024). *Discrete event simulation* Untuk Analisis Pelayanan Bisnis Kuliner (Studi Kasus : Gacoan Merr). *Jitu : Journal Informatic Technology And Communication*, 8(1), 63–72. Doi: 10.36596/Jitu.V8i1.1048
- Suciati, F., & Safitri, L. S. (2021). Pangan Fungsional Berbasis Susu Dan Produk Turunannya. *Journal Of Sustainable Research In Management Of Agroindustry (Surimi)*, 1(1), 13–19. Doi: 10.35970/Surimi.V1i1.535
- Sulistio, J. (2019). *Buku Ajar Simulasi Komputer* (Cetakan 1). Yogyakarta: Uii.
- Tri Hapsari, Y. (2020). *Perancangan Tata Letak Fasilitas Produksi Peyek*.
- Yang, Z., & Lu, W. (2023). Facility *Layout* Design For Modular Construction Manufacturing: A Comparison Based On Simulation And OPTimization. *Automation In Construction*, 147. Doi: 10.1016/J.Autcon.2022.10471

LAMPIRAN

A - Data Perhitungan

Document Listing By Product Closing Juli 25/11 (Read-Only) - Excel

File Home Insert Page Layout Formulas Data Review View Help

Clipboard Font Alignment Number Styles Cells Editing

A21 D.175107

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Distributor Code	distributor_name	branch_code	branch_name	transaction_type	transaction_no	transaction_date	document_no	return_reason
1	D.175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	sales	INVAML90047255	15/07/2025	INVAML90047255	
2	D.175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	sales	INVAML90046439	10/07/2025	INVAML90046439	
3	D.175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	sales	INVAML90050202	31/07/2025	INVAML90050202	
4	D.175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	sales	INVAML90048503	22/07/2025	INVAML90048503	
5	D.175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	sales	INVAML90045565	04/07/2025	INVAML90045565	
6	D.175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	sales	INVAML90048526	22/07/2025	INVAML90048526	
7	D.175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	sales	INVAML90047698	16/07/2025	INVAML90047698	
8	D.175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	sales	INVAML90047698	16/07/2025	INVAML90047698	
9	D.175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	sales	INVAML90047698	16/07/2025	INVAML90047698	
10	D.175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	sales	INVAML90047698	16/07/2025	INVAML90047698	
11	D.175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	sales	INVAML90047698	16/07/2025	INVAML90047698	
12	D.175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	sales	INVAML90045565	04/07/2025	INVAML90045565	
13	D.175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	sales	INVAML90047698	16/07/2025	INVAML90047698	
14	D.175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	sales	INVAML90049269	26/07/2025	INVAML90049269	
15	D.175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	sales	INVAML90045565	04/07/2025	INVAML90045565	
16	D.175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	sales	INVAML90049269	26/07/2025	INVAML90049269	
17	D.175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	sales	INVAML90045565	04/07/2025	INVAML90045565	
18	D.175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	sales	INVAML90049269	26/07/2025	INVAML90049269	
19	D.175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	sales	INVAML90045565	04/07/2025	INVAML90045565	
20	D.175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	sales	INVAML90048706	23/07/2025	INVAML90048706	
21	D.175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	sales	INVAML90049269	26/07/2025	INVAML90049269	
22	D.175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	sales	INVAML90048706	23/07/2025	INVAML90048706	
23	D.175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	sales	INVAML90049694	29/07/2025	INVAML90049694	
24	D.175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	sales	INVAML90048706	23/07/2025	INVAML90048706	
25	D.175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	sales	INVAML90045350	03/07/2025	INVAML90045350	
26	D.175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	sales	INVAML90048706	23/07/2025	INVAML90048706	
27	D.175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	sales	INVAML90048303	21/07/2025	INVAML90048303	
28	D.175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	sales	INVAML90046291	09/07/2025	INVAML90046291	
29	D.175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	sales	INVAML90049599	07/07/2025	INVAML90049599	
30	D.175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	sales	INVAML90046337	09/07/2025	INVAML90046337	
31	D.175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	sales	INVAML90050131	31/07/2025	INVAML90050131	
32	D.175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	sales	INVAML90046337	09/07/2025	INVAML90046337	
33	D.175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	sales	INVAML90046561	11/07/2025	INVAML90046561	
34	D.175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	sales	INVAML90049536	28/07/2025	INVAML90049536	
35	D.175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	sales	INVAML90046561	11/07/2025	INVAML90046561	
36	D.175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	175107	PT BAHTERA WIRANIAGA INTERNUSA - SLEMAN	sales	INVAML90045819	05/07/2025	INVAML90045819	

Sheet1 Document Listing By Product0921

stock awal - Excel

File Home Insert Page Layout Formulas Data Review View Help Table Design Query

Clipboard Font Alignment Number Styles Cells Editing

G652 =SUBTOTAL(109,[Stock Out])

No	Nama Barang	Stock Awal Periode Bantul	Tanggal	Stock Awal	Stock In	Stock Out	Stock Akhir	Keterangan
1	FrF Scm Gold Sa 120x38g Fcm Ino	460	03/07/2025	460		3	457	3,173611111
2	FrF Scm Gold Sa 120x38g Fcm Ino		04/07/2025	457		4	453	3,145833333
3	FrF Scm Gold Sa 120x38g Fcm Ino		05/07/2025	453		4	449	3,118055556
4	FrF Scm Gold Sa 120x38g Fcm Ino		10/07/2025	449	423		872	6,055555556
5	FrF Scm Gold Sa 120x38g Fcm Ino		15/07/2025	872		7	865	6,006944444
6	FrF Scm Gold Sa 120x38g Fcm Ino		16/07/2025	865		75	790	5,486111111
7	FrF Scm Gold Sa 120x38g Fcm Ino		18/07/2025	790		1	789	5,479166667
8	FrF Scm Gold Sa 120x38g Fcm Ino		19/07/2025	789		4	785	5,451388889
9	FrF Scm Gold Sa 120x38g Fcm Ino		21/07/2025	785		19	766	5,319444444
10	FrF Scm Gold Sa 120x38g Fcm Ino		22/07/2025	766	320	21	1065	7,395833333
11	FrF Scm Gold Sa 120x38g Fcm Ino		23/07/2025	1065		20	1045	7,256944444
12	FrF Scm Gold Sa 120x38g Fcm Ino		24/07/2025	1045		25	1020	7,083333333
13	FrF Scm Gold Sa 120x38g Fcm Ino		25/07/2025	1020		12	1008	7
14	FrF Scm Gold Sa 120x38g Fcm Ino		28/07/2025	1008		17	991	6,881944444
15	FrF Scm Gold Sa 120x38g Fcm Ino		29/07/2025	991		11	980	6,805555556
16	FrF Scm Gold Sa 120x38g Fcm Ino		30/07/2025	980		24	956	6,388888889
17	FrF Scm Gold Sa 120x38g Fcm Ino		31/07/2025	956		130	826	5,736111111
18	2 FrF Scc Bkm Sa 120x37g Fsm Ino	3545	03/07/2025	3545		42	3503	24,32638889
19	FrF Scc Bkm Sa 120x37g Fsm Ino		04/07/2025	3503	1536	180	4859	33,74305556
20	FrF Scc Bkm Sa 120x37g Fsm Ino		05/07/2025	4859		53	4806	33,375
21	FrF Scc Bkm Sa 120x37g Fsm Ino		07/07/2025	4806		116	4690	32,56944444
22	FrF Scc Bkm Sa 120x37g Fsm Ino		08/07/2025	4690		66	4624	32,11111111
23	FrF Scc Bkm Sa 120x37g Fsm Ino		09/07/2025	4624		104	4520	31,88888889
24	FrF Scc Bkm Sa 120x37g Fsm Ino		10/07/2025	4520		144	4376	30,88888889
25	FrF Scc Bkm Sa 120x37g Fsm Ino		11/07/2025	4376		144	4232	29,88888889

BANTUL AKHIR | SLEMAN AKHIR | WONOSARI AKHIR

PERHITUNGAN FREKUENSI - Excel

File Home Insert Page Layout Formulas Data Review View Help

Clipboard Font Alignment Number Styles Cells Editing

Formula Bar: $= (E2/SE557)*100$

No	Jenis Barang	Masuk	Keluar	Frekuensi Perpindahan	Persentase Perpindahan	RANK
1	FrF Scm Gold Sa 120x38g Fcm Jno	1203	377	1580	1,98	11
2	FrF Scm Bkm Sa 120x37g Fsm Jno	5081	5077	10158	12,74	3
3	FrF Scm Cheese Sa 120x37g	468	84	552	0,69	21
4	FrF Scm Choc Fsm Sa 120x37g Jno	2860	2357	5217	6,54	4
5	FrF Scm Choc Sa 120x37g Banded Pou 240g	5210	5188	10398	13,04	2
6	FrF Scm Bkm Sa 120x37g Banded Pouch 240g	9117	9108	18225	22,85	1
7	FrF Scm Bkm Fsm Pou 24x240g Jno	1528	200	1728	2,17	10
8	FrF Scm Cheese Pou 24x240g	416	24	440	0,55	27
9	FrF Scm Strawb Pou 24x260g	50	0	50	0,06	51
10	FrF Scm Choc Pou 24x260g Jno	292	50	342	0,43	34
11	FrF Scm Gold Pou 24x280g Fcm Jno	199	33	232	0,29	39
12	FrF Scm Choc Pou 24x280g Jno	380	91	471	0,59	24
13	FrF Scm Bkm Fsm Pou 24x535g Jno	2715	861	3576	4,48	6
14	FrF Scm Choc Fsm Pou 24x535g Jno	1565	449	2014	2,53	9
15	FrF Scm Bkm Ftrf2 Can 48x370g Jno	552	195	747	0,94	16
16	FrF Scm Ftrf2 Choc Can 48x370g Jno	304	123	427	0,54	28
17	FrF Scm Gold Can 48x370g Lfm Jno	276	29	305	0,38	36
18	Oml Sc Plain Can 48x370g Nlk Jno	249	73	322	0,40	35
19	FrF Scm Bkm Ftrf2 Can 48x490g Jno	54	5	59	0,07	50
20	FrF Scm Ftrf2 Choc Can 48x490g Jno	42	1	43	0,05	53
21	FrF Scm Gold Can 48x490g Lfm Jno	21	12	33	0,04	54
22	Oml Sc Plain Can 48x490g Nlk Jno	361	99	460	0,58	25
23	Oml Evap Milk Can 48x386g	0	0	0	0,00	55
24	FrF UHT Choc Cp 6x6x110ml Nb Omg Mtr	500	0	500	0,63	23
25	FrF UHT Strawb Cp 36x110ml Nb Omg Gtr	2492	319	2811	3,52	8
26	FrF UHT Choc Cp 36x110ml Nb Omg Gtr	3402	840	4242	5,32	5
27	FrF UHT Choc Cp 6x6x110ml Nb Omg Gtr	147	0	147	0,18	45
28	FrF UHT Choc Cp 6x6x110ml Nb Omg Mtr	337	308	645	0,77	10

Ready Accessibility Investigate

Space Requirement ABC - Excel

File Home Insert Page Layout Formulas Data Review View Help

Clipboard Font Alignment Number Styles Cells Editing

Formula Bar: $= (E2/SE557)*100$

Rank	Jenis barang	Masuk	Jumlah Tumpukan per Pallet	Space Requirement Teoritis	Space Requirement	Kebutuhan Panjang Rak (M)	Kumulatif	Kumulatif per Kelas
1	FrF Scm Bkm Sa 120x37g Banded Pouch 240g	9117	144	63,3125	64	12,8	12,8	
2	FrF Scm Choc Sa 120x37g Banded Pou 240g	5210	144	36,18055556	37	7,4	20,2	
3	FrF Scm Bkm Sa 120x37g Fsm Jno	5081	144	35,28472222	36	7,2	27,4	
4	FrF Scm Choc Fsm Sa 120x37g Jno	2860	144	19,86111111	20	4	31,4	
5	FrF UHT Choc Cp 36x110ml Nb Omg Gtr	3402	144	23,625	24	4,8	36,2	
6	FrF Scm Bkm Fsm Pou 24x535g Jno	2715	144	18,85416667	19	3,8	40	
7	FrF Uhtml Flcrm Cp 12x946ml Jno	2494	98	25,44897959	26	5,2	45,2	
8	FrF UHT Strawb Cp 36x110ml Nb Omg Gtr	2492	98	25,42857143	26	5,2	50,4	
9	FrF Scm Choc Fsm Pou 24x535g Jno	1565	98	15,96938776	16	3,2	53,6	
10	FrF Scm Bkm Fsm Pou 24x240g Jno	1528	98	15,59183673	16	3,2	56,8	
11	FrF Scm Gold Sa 120x38g Fcm Jno	1203	98	12,2755102	13	2,6	59,4	
12	FrF Uhtml Choc Cp 12x946ml Jno	868	98	8,857142857	9	1,8	61,2	
13	FrF UHT Choc Cp 36x115ml Omega Mtr Jno	724	40	18,1	19	3,8	65	
14	FrF Uhtml Flcrm Cp 36x225ml Jno	667	40	16,675	17	3,4	68,4	
15	FrF UHT Choc Cp 36x115ml Omega Lp Npt	372	64	5,8125	6	1,2	69,6	
16	FrF Scm Bkm Ftrf2 Can 48x370g Jno	552	64	8,625	9	1,8	71,4	
17	FrF UHT Choc Cp 6x6x115ml Omega Mtr Jn	478	64	7,46875	8	1,6	73	
18	FrF Uhtml Choc Cp 36x225ml Jno	495	64	7,734375	8	1,6	74,6	
19	FrF UHT Plain Cp 36x110ml Nb Omg Mtr	327	40	8,175	9	1,8	76,4	
20	FrF UHT Choc Cp 36x180ml Omega Mtr Jno	517	40	12,925	13	2,6	79	
21	FrF Scm Cheese Sa 120x37g	468	40	11,7	12	2,4	81,4	
22	FrF Uhtml Strawb Cp 36x225ml Jno	416	40	10,4	11	2,2	83,6	
23	FrF UHT Choc Cp 6x6x110ml Nb Omg Mtr	500	64	7,8125	8	1,6	85,2	
24	FrF Scm Choc Pou 24x280g Jno	380	180	2,111111111	3	0,6	85,8	
25	Oml Sc Plain Can 48x490g Nlk Jno	361	180	2,005555556	3	0,6	86,4	
26	FrF UHT Strawb Cp 36x180ml Omega Mtr Jn	436	180	2,422222222	3	0,6	87	
27	FrF Scm Cheese Pou 24x240g	416	180	2,311111111	3	0,6	87,6	
28	FrF UHT Choc Cp 6x6x110ml Nb Omg Mtr	337	160	2,10625	3	0,6	88,2	

Ready Accessibility Investigate

Nilai Assignment - Excel

File Home Insert Page Layout Formulas Data Review View Help

Clipboard Font Alignment Number Styles Cells Editing

Calibri 11 A A' A''

B I U L Color Fill Background Color

Wrap Text Merge & Center

General

Conditional Formatting Format as Table Cell Styles

Insert Delete Format

AutoSum Fill Sort & Filter Find & Select

Share

B19 FrF Scm Choc Fsm Pou 24x535g Jno

Rank	Jenis Barang (Wonosari)	Throughput	Space Requirement	Perhitungan Assignment
1	FrF Scm Choc Sa 120x37g Banded Pou 240g	37,11111111	19	1,953216374
2	FrF Scm Choc Fsm Sa 120x37g Jno	14,42361111	8	1,802951389
3	FrF Scm Bkm Sa 120x37g Banded Pouch 240g	54,5	31	1,758064516
4	FrF Scc Bkm Sa 120x37g Fsm Jno	45,6875	32	1,427734375
5	FrF UHT Choc Cp 36x115ml Omega Lp Npt	1,355555556	1	1,355555556
6	FrF Scm Choc Pou 24x260g Jno	1,255102041	1	1,255102041
7	Oml Scc Plain Can 48x490g Nlk Jno	1,225	1	1,225
8	FrF UHT Plain Cp 36x110ml Nb Omg Mtr	17,71666667	15	1,181111111
9	FrF Scm Bkm Fsm Pou 24x535g Jno	5,9	5	1,18
10	FrF UHT Strawb Cp 36x180ml Omega Mtr Jno	5,854700855	5	1,170940171
11	FrF Scm Bkm Fsm Pou 24x240g Jno	3,163265306	3	1,054421769
12	FrF Scm Gold Sa 120x38g Fcm Jno	0,965277778	1	0,965277778
13	FrF UHT Choc Cp 36x110ml Nb Omg Gtr	10,59444444	11	0,963131313
14	FrF Scm Bkm FtrF2 Can 48x370g Jno	3,640625	4	0,91015625
15	FrF UHT Choc Cp 36x180ml Omega Mtr Jno	4,418803419	5	0,883760684
16	FrF Uhttm Choc Cp 36x225ml Jno	0,879120879	1	0,879120879
17	FrF UHT Strawb Cp 36x115ml Omega Lp Npt	0,877777778	1	0,877777778
18	FrF Scm Choc Fsm Pou 24x535g Jno	4,225	5	0,845
19	FrF Scm FtrF2 Choc Can 48x370g Jno	2,53125	3	0,84375
20	FrF UHT Strawb Cp 36x110ml Nb Omg Gtr	3,316666667	4	0,829166667
21	FrF UHT Plain Cp 6x6x110ml Nb Omg Mtr	3,044444444	4	0,761111111
22	FrF Scm Choc Pou 24x280g Jno	1,510204082	2	0,755102041
23	FrF Uhttm Flcrm Cp 36x225ml Jno	0,582417582	1	0,582417582
24	FrF Uhttm Flcrm Cp 12x946ml Jno	0,516666667	1	0,516666667
25	FrF Uhttm Coconut Cp 36x225ml Jno	0,494505495	1	0,494505495
26	FrF Scm Strawb Pou 24x260g	0,479591837	1	0,479591837

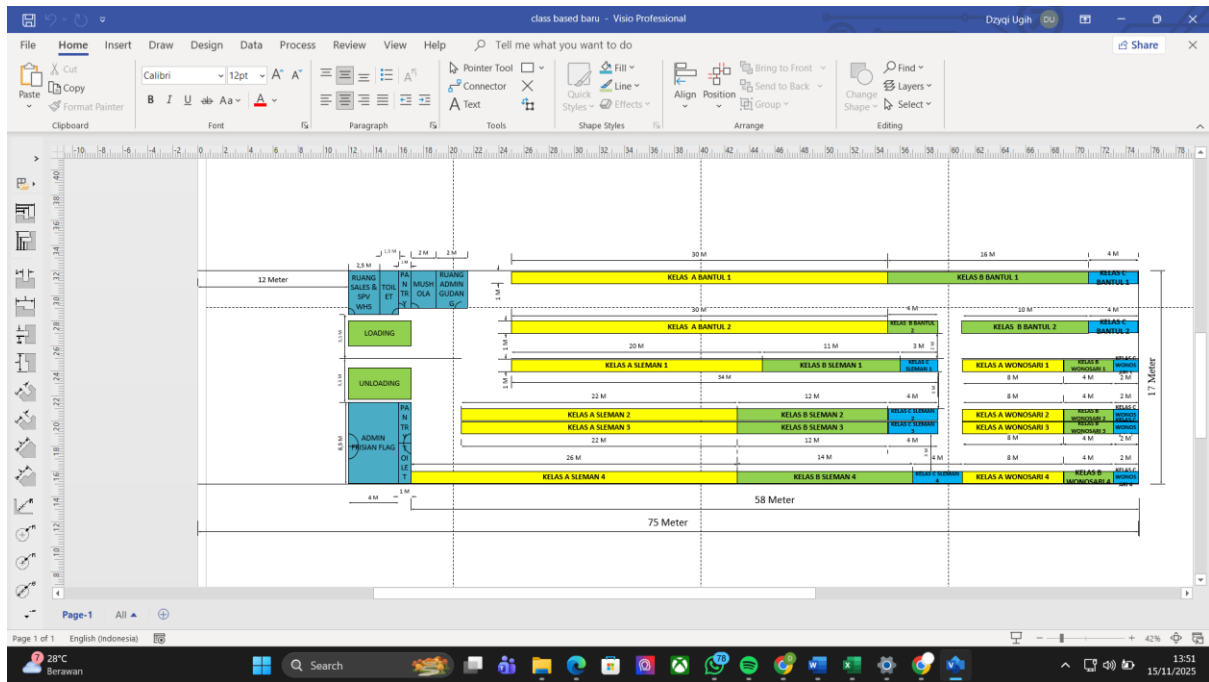
Bantul Sieman Wonosari

Ready 28°C Berawan

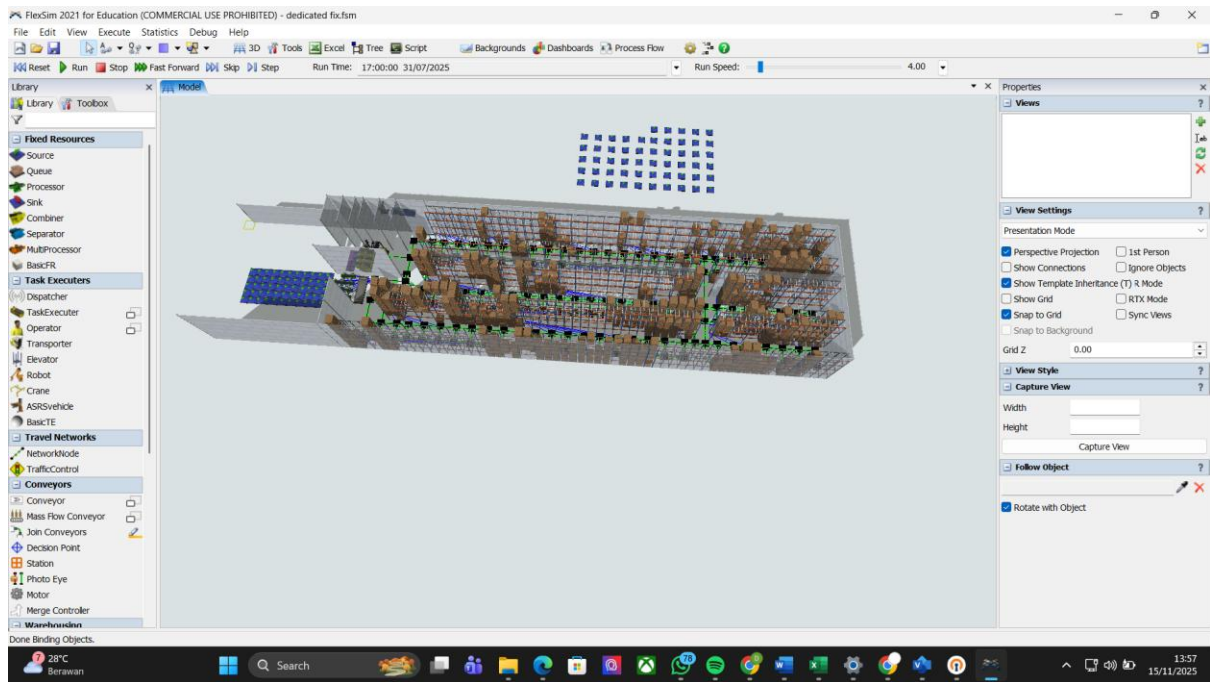
Search

13:51 15/11/2025

B – Hasil Model Konseptual



C – Hasil Model Simulasi



D-DOKUMENTASI

