

**OPTIMASI PENAMBAHAN LAYER DI ATAS PALLET SEBAGAI SOLUSI
KEKURANGAN PALLET DI GUDANG BARANG JADI PT INDOLAKTO
CI DI SUKABUMI**

Tugas Akhir

***Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Mendapatkan Gelar Ahli Madya
Logistik Program Studi Manajemen Logistik Industri Agro***



**Oleh :
SARAH ANGELINA
2230068**

**PROGRAM STUDI MANAJEMEN LOGISTIK INDUSTRI AGRO
POLITEKNIK ATI PADANG
2025**

HALAMAN PENGESAHAN
TUGAS AKHIR

OPTIMASI PENAMBAHAN LAYER DI ATAS PALLET SEBAGAI SOLUSI
KEKURANGAN PALLET DI GUDANG BARANG JADI PT INDOLAKTO CI DI
SUKABUMI

Disusun oleh:
Sarah Angelina
2230068

Pada Tanggal 18 September 2025

Susunan Dewan Penguji
Pembimbing Utama



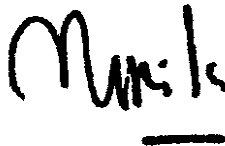
Edo Rantou Wijaya, MT

Penguji 1



Rizaldi Sardani, SS. M. Hum

Penguji 2



Nurike Oktavia, MT

Penguji 3



Dr. A Nur Chairun R.M.Si

Tugas akhir ini diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Ahli Madya Logistik

Tanggal 18 September 2025



Edo Rantou Wijaya, MT
Ketua Program Studi
Manajemen Logistik Industri Agro

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir saya yang berjudul:

OPTIMASI PENAMBAHAN LAYER DI ATAS PALLET SEBAGAI SOLUSI KEKURANGAN PALLET DI GUDANG BARANG JADI PT INDOLAKTO CI SUKABUMI

Tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya di suatu perguruan tinggi lain dan tidak terdapat keseluruhan atau sebagian tulisan orang lain yang saya akui seolah-olah sebagai tulisan saya sendiri tanpa memberikan pengakuan kepada penulis aslinya. Apabila dikemudian hari saya terbukti melakukan tindakan menyalin atau meniru tulisan orang lain seolah-olah hasil pemikiran saya sendiri, gelar dan ijazah yang telah diberikan perguruan tinggi batal saya terima.

Padang, September 2025

Sarah Angelina

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas karuniaNya penulis dapat menyusun Tugas Akhir ini berdasarkan informasi dan data dari berbagai pihak selama melaksanakan KKP dari tanggal 10 September 2024 s/d 07 Maret 2025 di PT. Indolakto C1. Tugas Akhir ini dapat disusun dengan baik karena banyak masukan dan dukungan dari berbagai pihak yang berupa informasi, arahan dan bimbingan. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Edo Rantou Wijaya, M.T selaku Ketua Prodi Manajemen Logistik Industri Agro dan Dosen Pembimbing dalam penyusunan Tugas Akhir.
2. Bapak Wildan Firdaus Mulyandi selaku Factory Coord PT Indolakto C1.
3. Ibuk Hasti Wiaranti dan Mas Bramastyo selaku pembimbing lapangan di PT Indolakto C1.
4. Bapak Dr. Isra Mouludi, M.Kom selaku Direktur Politeknik ATI Padang.
5. Bapak Bintang sebagai mentor selama Kuliah Kerja Praktik serta seluruh staff dan karyawan di PT Indolakto C1.
6. Kedua Orang Tua yang paling berjasa dalam hidup penulis, Bapak Rinaldi dan Ibu Harlina tercinta, Terimakasih selalu senantiasa memberikan doa, semangat, dukungan dan motivasi yang luar biasa kepada penulis dalam Tugas Akhir ini.
7. Cinta Kasih Abang, Yogi Hardiansyah yang selalu mendoakan, memberikan motivasi ,semangat dan memberikan dukungan penuh dalam menyusun Tugas Akhir ini.

8. Sahabat sejati penulis (Silva dan Voni) terimakasih sudah menemani dari masa perkuliahan hingga sekarang, selalu mendukung dalam segala hal, dan selalu memberikan semangat sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
9. Sahabat yang seperti kakak oleh penulis (Kak Dhea dan Kak Eka) yang selalu memberi semangat kepada penulis dan memberi masukan kepada penulis agar penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
10. Dan terakhir, kepada diri saya sendiri, Sarah Angelina. Terimakasih sudah bertahan sejauh ini. Terimakasih tetap memilih berusaha dan merayakan dirimu sendiri sampai di titik ini. Sesulit apapun proses penyusunan Tugas Akhir ini kamu telah menyelesaikan sebaik dan semaksimal mungkin. Berbahagialah selalu dimanapun berada. Apapun kurang dan lebihmu mari merayakan diri sendiri.

Penulis menyadari sepenuhnya dalam penyusunan Tugas Akhir ini, masih banyak terdapat kekurangan dan kelemahan yang dimiliki penulis baik itu sistematika penulisan maupun penggunaan bahasa. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari berbagai pihak yang bersifat membangun demi penyempurnaan karya tulis ini. Akhir kata penulis berdo'a semoga segala bantuan yang telah diberikan tersebut mendapat balasan pahala dari Allah SWT.

Padang, 16 April 2025

(Penulis)

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
RINGKASAN	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Kontribusi Penelitian	6
1.6 Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Pengertian Gudang	9
2.2 Pengertian <i>Pallet</i>	9
2.3 Pengertian <i>Racking System</i>	10
2.4 Teknik Penyusunan <i>Layer</i>	14
2.4.1 Keamanan Penyusunan Barang.....	15
2.4.2 Optimalisasi Penyimpanan Gudang.....	15
2.4.3 Menghitung Kebutuhan <i>Pallet</i>	16
2.4.4 Menghitung <i>Year To Date</i> (YTD)	17
2.10 Menghitung Rata-rata Bulan(<i>Average</i>).....	18
BAB III METODE PENELITIAN	20
3.1 Metode Penelitian.....	20
3.2 Pengumpulan Data	22
3.3 Pengolahan Data.....	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	24
4.1 Penentuan Lokasi Penerimaan dan Pengiriman	24
4.2 Menghitung Keamanan Penyusunan Barang.....	25

4.3 Perhitungan <i>Clear Height</i> dan <i>Overhead Clearance</i>	26
4.4. Penentuan Standar Tumpukan Pada <i>Pallet</i>	27
4.5 Perhitungan Dimensi Rak.....	31
4.6 Perancangan Prosedur Pengendalian Barang Di Gudang.....	38
4.7 Menentukan Jumlah <i>Carton</i> Yang Berada Diatas <i>Pallet</i>	38
4.8 Menentukan Jumlah Produk Yang Dihasilkan Dalam <i>Carton</i>	39
4.9 Menentukan Konversi <i>Pallet</i> Sebelum Ditambah Satu <i>Layer</i>	39
4.10 Menentukan Jumlah <i>Carton</i> Di <i>Pallet</i> Jika Ditambah Satu <i>Layer</i>	40
4.11 Menghitung Jumlah <i>Carton</i> Yang Dihasilkan Setelah Ditambahkan <i>Layer</i>	41
4.12 Menghitung Perbandingan Sebelum dan Sesudah Penambahan <i>Layer</i>	42
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	44
5.1 Kesimpulan	44
5.2 Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA	46

DAFTAR GAMBAR

1.1 Grafik Kebutuhan <i>Pallet</i>	3
2.1 <i>Selective Pallet Racking</i>	10
2.2 <i>Double Deep Racking</i>	11
2.3 <i>Cantiliver Racking System</i>	12
2.4 <i>Drive In Racking System</i>	12
2.5 <i>Multi Tier Racking System</i>	13
2.6 <i>Structural Steel Platform</i>	13
2.7 <i>Dynamic Storage Racking System</i>	14
3.1 <i>Flowchart Penelitian</i>	20
4.1 <i>Layout Gudang</i>	24
4.2 <i>Clear Height dan Overhead Clearance</i>	26
4.3 <i>Dimensi Pallet</i>	27
4.4 <i>Jumlah Tumpukan Standar Pada Pallet SKM Sachet</i>	28
4.5 <i>Tinggi Rak Tingkat Dasar</i>	31
4.6 <i>Tinggi Rak</i>	31
4.7 <i>Contoh Gambar Satu Bay Di Racking</i>	32
4.8 <i>Panjang Rak Tingkat Dasar</i>	33
4.9 <i>Panjang Rak</i>	33
4.10 <i>Dimensi Centerline To Centerline Rak</i>	34
4.11 <i>Lebar Rak Tingkat Dasar</i>	34
4.12 <i>Lebar Rak</i>	35
4.13 <i>Panjang 2 Rack Bays</i>	36
4.14 <i>Racking Di PT Indolakto C1</i>	37

DAFTAR TABEL

4.1 Standar Max Tumpukan Produk, Dimensi Carton Dan Jumlah <i>Layer</i>	30
4.2 Data Jumlah <i>Carton</i> Di Atas <i>Pallet</i>	38
4.3 Data Jumlah Produk Di Dalam Carton.....	39
4.4 Data Konversi <i>Pallet</i> Sebelum Ditambah Satu <i>Layer</i>	40
4.5 Jumlah <i>Carton</i> Jika Ditambah Satu <i>Layer</i>	41
4.6 Jumlah <i>Carton</i> Yang Dihasilkan Setelah Ditambahkan <i>Layer</i>	42
4.7 Konversi <i>Pallet</i> Sebelum Dan Sesudah <i>Improvement</i>	43

RINGKASAN

SARAH ANGELINA. 2230068. Manajemen Logistik Industri Agro. “Optimasi Penambahan *Layer* Di Atas *Pallet* Sebagai Solusi Kekurangan *Pallet* Di Gudang Barang Jadi PT Indolakto C1 Sukabumi” Pembimbing Edo Rantou Wijaya, M.T

PT Indolakto Cicurug 1 merupakan salah satu pabrik yang berlokasi di Cicurug, Sukabumi, Jawa Barat. PT Indolakto sendiri merupakan bagian dari Indofood CBP Sukses Makmur Tbk, yang bergerak di industri produk susu dengan merek terkenal seperti Indomilk, Cap Enaak dan Tiga Sapi. Permasalahan yang terjadi saat ini adalah krisis kekurangan *pallet* karena jumlah *pallet* tidak seimbang dengan kebutuhan produksi dan keterbatasan jumlah *pallet* yang tersedia. Kekurangan *pallet* ini berdampak pada efisiensi penyimpanan, serta kelancaran distribusi produk. Penelitian ini bertujuan menganalisis dampak penambahan satu lapisan barang di gudang terhadap pengurangan penggunaan *pallet* dan efisiensi ruang. Metode yang digunakan dalam penelitian ini mencakup observasi operasional gudang, analisis data penggunaan *pallet*, serta simulasi implementasi sistem penambahan *layer*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan menambahkan *layer* tambahan di atas *pallet*, kapasitas penyimpanan meningkat tanpa perlu tambahan *pallet*. Strategi ini membantu mengurangi kebutuhan *pallet* baru hingga 10% dan meningkatkan efisiensi pemanfaatan ruang gudang. Selain itu, solusi ini juga berdampak pada optimasi alur kerja dalam penyimpanan dan distribusi barang, serta meningkatkan fleksibilitas operasional gudang. Dengan implementasi yang tepat, strategi ini dapat menjadi solusi berkelanjutan untuk mengatasi kekurangan *pallet* dan mendukung efisiensi rantai pasok di PT Indolakto Cicurug 1.

Kata Kunci: Kekurangan *pallet*, optimasi gudang, penambahan *layer*, efisiensi penyimpanan, PT Indolakto Cicurug 1.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

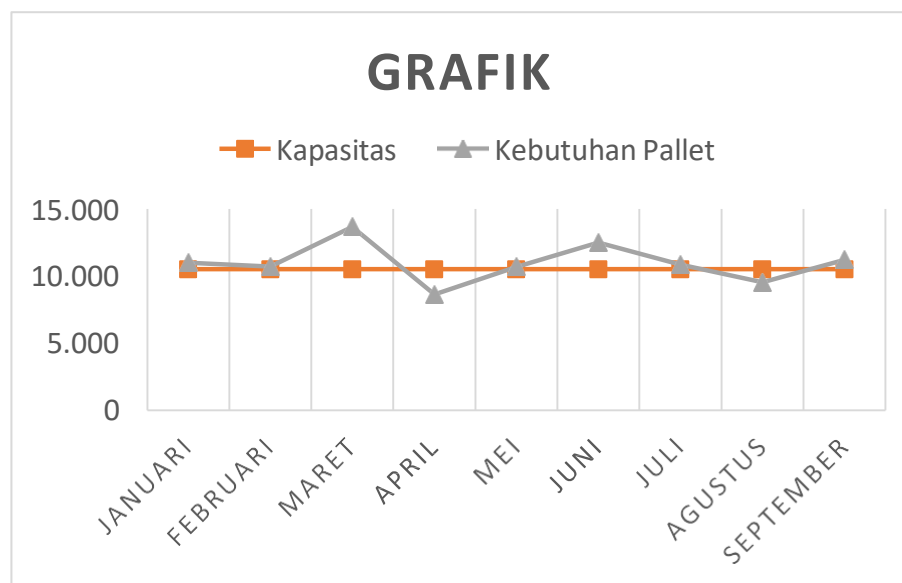
Pergudangan merupakan salah satu aktivitas penting dalam sistem logistik yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan sementara barang sebelum diproses lebih lanjut atau didistribusikan kepada konsumen (Ballou, 2004). Secara umum, gudang dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu gudang bahan baku, gudang barang setengah jadi, gudang barang jadi, dan gudang transit atau distribusi (Rushton, Croucher, & Baker, 2017). Proses pergudangan meliputi penerimaan barang (*receiving*), penyimpanan (*storage*), pengambilan (*picking*), pengepakan (*packing*), hingga pengeluaran barang (*shipping*) (Purnomo, 2004). Agar aktivitas pergudangan berjalan efektif, diperlukan penataan gudang yang baik, antara lain dengan memperhatikan tata letak (*layout*) yang efisien, pemanfaatan ruang secara optimal, penggunaan sistem rak dan pallet yang sesuai, serta penerapan prinsip FIFO (*First In First Out*) maupun FEFO (*First Expired First Out*) untuk menjaga kualitas produk (Hadiguna & Setiawan, 2008). Penataan gudang yang baik tidak hanya meningkatkan efisiensi kerja, tetapi juga mengurangi risiko kerusakan, memudahkan pengendalian persediaan, serta memperlancar alur distribusi barang (Rushton et al., 2017).

PT Indolakto Cicurug 1 (C1) merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang industri makanan dan minuman, khususnya produk olahan susu. Dalam kegiatan operasionalnya, PT Indolakto C1 sangat bergantung pada sistem logistik dan pergudangan yang efisien untuk menunjang kelancaran proses produksi hingga distribusi. Karena perusahaan bergerak di industri makanan dan

minuman yang memiliki karakteristik produk cepat rusak (*perishable goods*). Produk olahan susu seperti susu cair dan susu kental manis harus diproduksi secara konsisten dengan standar kualitas tinggi serta didistribusikan tepat waktu agar tetap aman dikonsumsi. Apabila terjadi hambatan dalam produksi, maka akan mengganggu ketersediaan barang di gudang, menimbulkan penumpukan atau kekosongan persediaan, serta berpotensi meningkatkan biaya operasional. Di sisi lain, apabila distribusi terhambat, maka produk berisiko mengalami keterlambatan sampai ke konsumen maupun pasar, yang pada akhirnya dapat menurunkan kepuasan pelanggan dan merugikan perusahaan dari segi penjualan. Oleh karena itu, integrasi yang baik antara proses produksi, pergudangan, dan distribusi menjadi faktor kunci untuk menjaga mengurangi risiko kerusakan produk, menekan biaya logistik, serta mendukung daya saing perusahaan di pasar yang kompetitif.

Selama pelaksanaan Kuliah Kerja Praktik (KKP) di PT Indolakto C1, penulis terlibat dalam aktivitas operasional gudang dan penulis mendapatkan permasalahan, yaitu kekurangan jumlah *pallet* karena jumlah *pallet* yang tersedia tidak sebanding dengan kebutuhan *pallet* di produksi, khususnya saat produk telah selesai diproses dan siap dipindahkan ke gudang barang jadi. Karena pada PT. Indolakto C1 ini membutuhkan 11.000 *pallet* untuk produksi untuk seluruh produk, sedangkan kapasitas *warehouse* mampu 10.500 *pallet* posisi karena itulah kenapa jumlah *pallet* tidak seimbang dengan kebutuhan produksi. Tahap awalnya itu menghitung kebutuhan *pallet* dari semua jenis produk. Dan setelah kami hitung dapatlah total *output carton*/bulan sebesar 1.004.637 dengan rata-rata *pallet* yang dibutuhkan sebesar 11.204 *pallet*. Tentu saja ini menjadi kekurangan

kebutuhan *pallet* sebesar 204 *pallet* lagi dan biasanya orang disini menunggu kekurangan *pallet* tersebut dengan menunggu *pallet* kosong dari aktivitas *dispatch*(pengiriman barang) terlebih dahulu. Di bawah ini gambar grafik kebutuhan *pallet*.



Gambar 1.1 Grafik Kebutuhan *Pallet*

Sumber: Diolah Sendiri, 2024

Berdasarkan Grafik Kebutuhan *Pallet* di atas, terlihat adanya perbandingan antara kapasitas *pallet* yang tersedia dengan kebutuhan *pallet* dari bulan Januari hingga September 2024. Pada bulan Januari, kebutuhan *pallet* masih lebih rendah dibandingkan kapasitas. Namun, mulai bulan Februari hingga Mei, kebutuhan *pallet* mengalami peningkatan signifikan dan bahkan melebihi kapasitas yang tersedia, sehingga terjadi kekurangan *pallet* pada periode tersebut.

Memasuki bulan Juni hingga September, grafik menunjukkan bahwa kapasitas dan kebutuhan *pallet* relatif seimbang, meskipun tetap terdapat beberapa bulan di mana kebutuhan sedikit lebih tinggi dari kapasitas. Kondisi ini menunjukkan bahwa ketersediaan *pallet* sangat berfluktuasi mengikuti kebutuhan

produksi dan distribusi. Apabila tidak diantisipasi dengan baik, kekurangan *pallet* dapat menghambat kelancaran operasional perusahaan. Untuk menanggulangi krisis kekurangan *pallet* tersebut, penulis mengusulkan solusi berupa penambahan satu lapisan (*layer*) penyimpanan barang di gudang. Langkah ini bertujuan untuk mengoptimalkan penggunaan ruang gudang sehingga *pallet* yang tersedia dapat digunakan lebih efisien. Dengan sistem *stacking* (penumpukan) yang lebih teratur dan aman, kebutuhan akan *pallet* bisa ditekan dan rotasi *pallet* menjadi lebih cepat.

Penambahan *layer* di atas *pallet* ini memiliki manfaat yang dapat meningkatkan kapasitas gudang dan dapat mengurangi efisiensi biaya serta mengoptimalkan pemanfaatan ruangan. Tetapi untuk penambahan *layer* ini juga memiliki risiko yang dapat dipertimbangkan seperti kerusakan produk, ketidakstabilan tumpukan sehingga berpotensi membuat *pallet* lebih mudah goyah. Selain itu, risikonya juga ada pada keselamatan kerja karena dapat meningkatkan kecelakaan kerja baik bagi operator maupun pekerja gudang, terutama saat proses penumpukan dan pengambilan barang.

Dalam operasional gudang, penggunaan peralatan *material handling* seperti *hand pallet*, *forklift*, dan *reach truck* sangat berpengaruh terhadap penumpukan *pallet* oleh karena itu, kelayakan penambahan satu *layer* pada *pallet* juga harus di tinjau dari aspek peralatan yang digunakan serta keamanan kerja. Untuk penambahan *layer* ini yang sangat berpengaruh adalah *forklift* dan *reach truck* karena cara kerjanya yang dimulai dari pengambilan produk di dalam *racking* oleh *reach truck* dan dipindahkan ke area *loading* oleh *forklift*. Setelah itu, dari area *loading*, dipindahkan ke dalam truk dengan menggunakan *forklift*.

Menurut penelitian Smith dkk. (2020), pengelolaan ruang gudang yang efisien dapat mengurangi kebutuhan *pallet* hingga 30%, sedangkan Johnson dan Lee (2021) menyatakan bahwa pengaturan barang yang optimal di gudang mampu meningkatkan efisiensi pengambilan barang hingga 25%. Hal ini mendukung bahwa solusi penambahan *layer* dapat berkontribusi signifikan terhadap efisiensi penyimpanan dan pengurangan ketergantungan terhadap *pallet* secara langsung.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pengelolaan ruang gudang yang efisien, didukung dengan penerapan metode penumpukan *pallet* yang optimal, berpotensi memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan kapasitas penyimpanan, serta mengurangi ketergantungan terhadap ketersediaan *pallet*.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana mengoptimalkan tumpukan *pallet* di gudang PT Indolakto C1 agar kebutuhan *pallet* produksi tercukupi, kapasitas penyimpanan meningkat, dan keamanan tumpukan tetap terjaga?

1.3 Tujuan Penelitian

Untuk mengetahui cara mengoptimalkan tumpukan *pallet* di gudang PT Indolakto C1 agar kebutuhan *pallet* produksi tercukupi, kapasitas penyimpanan meningkat, dan keamanan tumpukan tetap terjaga?

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memberi manfaat bagi perusahaan dan mahasiswa:

Manfaat bagi perusahaan:

1. Mengoptimalkan kapasitas *pallet* yang sudah tersedia tanpa harus menambahkan jumlah *pallet* baru.

2. Mengurangi biaya pembelian *pallet* tambahan.
3. Dengan adanya penambahan *layer* ini, jumlah produk yang disimpan di gudang dapat meningkat tanpa memerlukan ruang tambahan.
4. Memungkinkan perbaikan dalam sistem penyimpanan, sehingga memperlancar proses logistik.

Manfaat bagi mahasiswa:

1. Mahasiswa dapat mengaplikasikan teori manajemen rantai pasok, logistik, dan manajemen gudang di dalam situasi nyata.
2. Melatih kemampuan analisis dan pemecahan masalah berdasarkan kondisi nyata di perusahaan.
3. Hasil penelitian ini dapat menjadi rekomendasi nyata bagi perusahaan untuk meningkatkan efisiensi operasional.
4. Penelitian ini bisa menjadi nilai tambah dalam pencarian pekerjaan, terutama di bidang *supply chain* dan logistik.

1.5 Kontribusi Penelitian

Beberapa kontribusi penelitian ini mulai dari kontribusi praktis, teoritis dan juga kebijakannya:

1. Kontribusi Praktis

Memberikan alternatif penyimpanan yang lebih baik tanpa perlu adanya penambahan jumlah *pallet*. Dengan menambah *layer* di atas *pallet*, ruang gudang dapat dimanfaatkan secara lebih baik lagi sehingga dapat meningkatkan kapasitas penyimpanan barang jadi.

2. Kontribusi Teoritis

Memberikan referensi baru tentang strategi penyimpanan yang dapat diterapkan di industri. Dengan adanya penelitian ini juga memberikan kontribusi yang akan menambah wawasan tentang bagaimana perusahaan dapat beradaptasi dengan keterbatasan sumber daya tanpa harus mengorbankan efisiensi operasional.

3. Kontribusi Kebijakan

Kontribusi penelitian ini dapat memberikan rekomendasi kepada manajemen PT. Indolakto C1 terkait standar penyimpanan barang jadi untuk mengoptimalkan penggunaan gudang. Dapat mengembangkan SOP dengan cara membantu dalam penyusunan prosedur penyimpanan dengan metode penambahan *layer* agar lebih terstruktur dan juga aman. Menginspirasi perusahaan untuk membuat kebijakan terkait manajemen *pallet*, termasuk strategi pemakaian ulang dan pemeliharaan.

1.6 Ruang Lingkup Dan Batasan Penelitian

Pada penelitian ini ruang lingkup dan batasan masalah perlu dijelaskan agar penelitian ini tetap terarah. Dibawah ini penulis akan jelaskan ruang lingkup penelitian dan batasan masalah pada penelitian ini:

1. Ruang Lingkup Penelitian mencakup:
 - a. Area Penelitian: Gudang barang jadi di PT Indolakto C1
 - b. Objek Penelitian: *Pallet* yang digunakan dalam penyimpanan barang jadi dan strategi penambahan *layer* untuk mengoptimalkan kapasitas penyimpanan di gudang barang jadi PT Indolakto C1.
 - c. Aspek yang Di Teliti:

- a) Analisis jumlah kebutuhan *pallet* dibandingkan dengan ketersediaan saat ini.
- b) Evaluasi dampak penambahan *layer* terhadap stabilitas produk dan keamanan pada penyimpanan.
- c) Efektivitas penambahan *layer* terhadap stabilitas produk dan keamanan penyimpanan.

2. Batasan Penelitian

- a. Jenis produk yang diteliti: Hanya mencakup barang jadi yang disimpan di gudang PT Indolakto Cicuurug 1, tidak termasuk pada bahan baku atau barang setengah jadi.
- b. Jenis *pallet* yang diteliti: Hanya berfokus pada *pallet* yang digunakan di gudang barang jadi, tanpa mempertimbangkan perubahan jenis *pallet*.
- c. Alternatif Solusi: Penelitian hanya mempertimbangkan optimasi dengan menambah *layer* di atas *pallet* yang ada, tanpa pembahasan opsi lain seperti penambahan *pallet* baru atau perubahan sistem penyimpanan.
- d. Durasi penelitian: penelitian dilakukan dalam rentang waktu 3 bulan, sehingga tidak mencakup analisis jangka panjang terkait ketahanan atau perubahan sistem gudang di masa depan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Gudang

Menurut Purnomo (2004), gudang adalah tempat untuk menyimpan barang, baik bahan baku yang akan dilakukan proses pembuatan produk maupun barang jadi yang siap untuk dipasarkan. Menurut Hadiguna dan Setiawan(2008), salah satu macam gudang menurut karakteristik material yang disimpan adalah gudang produk jadi. Dalam penyimpanan produk jadi, produk tersebut mengalami penambahan nilai tambah. Produk jadi yang disimpan mempunyai kualitas sesuai dengan awal ketika produk tersebut selesai di produksi dan berhasil diterima bagian gudang. Terjadinya penurunan kualitas atau perubahan bentuk dari produk yang disimpan di gudang merupakan kerugian bagi perusahaan ataupun pelanggan.

Menurut Warman (2010), gudang adalah bangunan yang digunakan untuk menyimpan barang. Barang-barang yang disimpan di dalam gudang dapat berupa bahan baku, barang setengah jadi, suku cadang, atau barang dalam proses yang disiapkan untuk diserap oleh proses produksi.

2.2 Pengertian Pallet

Menurut Rushton et al.,2017, *pallet* merupakan salah satu peralatan yang penting dalam dunia industri khususnya di gudang. *Pallet* berbentuk kotak datar yang menjadi alas barang atau tatakan yang digunakan untuk mengangkut dan menyimpan suatu barang. Sehingga mampu meningkatkan keamanan dalam proses transportasi. Penggunaan *pallet* dalam dunia pergudangan merupakan aplikasi global dan modern, *pallet* juga dikembangkan dengan berbagai macam

tipe, variasi, material dan dimensi menyesuaikan dengan jenis produk dan alat angkut yang digunakan.

Menurut Koster et al., 2019, jenis *pallet* dapat dilihat dari 2 aspek, yang pertama adalah berdasarkan arah drive dan berdasarkan *pallet* material. Dari aspek arah penggerak, *pallet* terbagi menjadi 2 way dan 4 way, *pallet* 2 way memungkinkan *forklift* sebagai alat bantu angkut untuk mengambil barang dari 2 sisi, bisa dari depan dan bisa dari belakang. Sedangkan *pallet* 4 way memungkinkan *forklift* sebagai alat angkut untuk mengambil barang dari 4 sisi bisa dari depan, belakang, samping kanan dan samping kiri.

2.3 Pengertian *Racking System*

Salah satu elemen yang penting di dalam sebuah gudang adalah adanya tersedia *racking system*. *Racking* ini adalah tempat utama menyimpan barang-barang dengan aman dan rapi. Jika tidak ada *racking* dapat di bayangkan jika barang-barang yang disimpan digudang akan terlihat berantakan. *Racking* ini juga memiliki beberapa jenis yang berbeda dan disesuaikan dengan kegunaanya masing-masing. Karena tidak semua barang cocok disimpan dengan *racking* yang sama. Terdapat beberapa jenis *racking* yang sering digunakan didalam gudang, yaitu:

1. SPR (*Selective Pallet Racking*)



Gambar 2.1 *Selective Pallet Racking*

SPR adalah jenis rak yang paling populer dan sering digunakan digudang. Sistem rak ini cocok untuk barang yang sudah dikemas dan berukuran yang cukup besar. Sistem rak ini juga cocok untuk menata semua barang yang ada didalam gudang dari segala jenis ukuran dan berat *pallet*. Keuntungan menggunakan *pallet* ini adalah bisa menampung lebih banyak barang karena memiliki tinggi yang lebih banyak. PT Indolakto C1 menggunakan jenis *racking* ini digudangnya.

2. DDR (*Double Deep Racking*)



Gambar 2.2 *Double Deep Racking*

Sistem rak ini sangat memungkinkan untuk menyimpan barang-barang yang lebih banyak sekitar 30% dari SPR. Hal itu karena penyusunan rak memang dirancang untuk menyimpan dua baris standar SPR dan dua bagian belakang lalu digabungkan menjadi satu. Rak ini cocok untuk metode penyimpanan barang LIFO(*Last in First Out*) karena metode ini barang yang terakhir kali dimasukan adalah barang yang akan segera dikeluarkan.

3. *Cantiliver Racking System*



Gambar 2.3 *Cantiliver Racking System*

Berupa rak gudang yang dirancang secara khusus untuk menyimpan barang-barang yang panjang seperti kayu, ban, tiang, tabung, karpet, atau barang lain yang memiliki ukuran panjang. Rak ini didesain untuk disesuaikan dengan bentuk dan ukuran dari barang-barang tersebut. Sehingga tidak akan menyebabkan terjadinya kesulitan saat proses penyimpanan barang dalam gudang.

4. *Drive In Racking System*



Gambar 2.4 *Drive In Racking System*

Untuk barang yang tidak bisa disimpan dengan cara ditumpuk antara satu dengan lainnya. Sistem seperti ini sangat cocok untuk menyimpan barang yang tidak memiliki jadwal keluar masuk barang yang ketat.

Metode ini juga mampu mengoptimalkan luas gudang dengan mengurangi luas lorong, sehingga cocok untuk penyimpanan dalam skala lebih besar.

5. *Multi Tier Racking System*



Gambar 2.5 *Multi Tier Racking System*

Sistem *racking* ini untuk menyimpan barang-barang secara manual, karena sistem seperti ini lebih memungkinkan bagi operator gudang untuk mengakses semua barang secara langsung. *Multi tier racking system* ini mampu memaksimalkan ruangan dengan membentuk rak-rak secara vertikal beserta lorong dengan ketinggian yang berbeda-beda agar dapat menampung barang yang lebih banyak. Selain itu, tersedia tangganya juga untuk memudahkan bagi seseorang untuk mengaksesnya.

6. SSP (*Structural Steel Platform*)



Gambar 2.6 *Structural Steel Platform*

Platform seperti ini menggunakan kayu dan besi untuk dibuat menjadi mezzanine. Manfaatnya sudah jelas untuk menyimpan barang lebih banyak lagi. Dengan adanya platform ini, maka akan memberi ruang yang lebih luas pada bagian bawah rak. Metode ini juga memiliki banyak aksesoris lainnya yang dapat ditambahkan ke dalam platform SPP ini.

7. *Dynamic Storage Racking System*



Gambar 2.7 *Dynamic Storage Racking System*

Sistem ini cocok untuk menyimpan barang-barang yang memiliki tanggal kadaluarsa. Karena, sistem rak ini akan memungkinkan bagi orang untuk memantau produk dengan sangat mudah. DSRS lebih sering disebut sebagai *live storage* seperti ini sangat cocok untuk digunakan dengan *pallet*, kardus, maupun *container*.

2.4 Teknik Penyusunan *Layer* (*Layering & Stacking*)

Penyusunan *layer* atau *stacking* merupakan metode penyimpanan barang dengan menyusun unit secara vertikal untuk menghemat ruang horizontal. Heragu (2008) menjelaskan bahwa *stacking* harus memperhatikan distribusi berat, stabilitas tumpukan, dan jenis produk yang disusun. Dalam konteks kekurangan pallet, penambahan *layer* menjadi alternatif yang masuk akal, karena mampu

menambah kapasitas penyimpanan tanpa menambah jumlah *pallet*. Namun demikian, teknik ini harus memperhatikan batas aman beban dan tinggi tumpukan agar tidak membahayakan keselamatan kerja maupun merusak produk.

2.4.1 Keamanan Penyusunan Barang

Dalam penyusunan barang di gudang, aspek keselamatan kerja menjadi prioritas utama. Menurut standar dari OSHA (2013), barang yang disusun secara vertikal harus mempertimbangkan tinggi maksimum yang diizinkan, berat total beban, dan titik keseimbangan (*center of gravity*). Tumpukan barang yang terlalu tinggi atau tidak merata dapat menyebabkan ketidakseimbangan yang berujung pada keruntuhan barang dan potensi cedera pada pekerja gudang. Oleh karena itu, penerapan metode penambahan *layer* harus disertai pedoman teknis dan pelatihan kepada staf agar penerapannya tidak menimbulkan risiko baru. Rumus untuk keamanan penyusunan barang yaitu:

$$H_{max} = \frac{B}{2} \times \frac{S}{F} \quad (1)$$

Keterangan:

B = Lebar alas pallet

S = Stabilitas material (Carton susu)

F = Faktor Keamanan

2.4.2 Optimalisasi Penyimpanan Gudang

Optimalisasi penyimpanan bertujuan untuk memaksimalkan kapasitas penyimpanan tanpa perlu melakukan ekspansi fisik terhadap gudang. Menurut Tompkins et al. (2010), optimalisasi dapat dilakukan dengan berbagai pendekatan seperti *layout* yang efisien, pengelompokan barang berdasarkan frekuensi pengambilan (ABC analysis), dan penggunaan sistem *stacking*. Dalam kasus

keterbatasan *pallet*, menambahkan *layer* sebagai bentuk *stacking* tambahan dapat meningkatkan efektivitas pemanfaatan ruang vertikal, sehingga barang tetap tertata rapi dan mudah diakses tanpa mengganggu operasional.

2.4.3 Menghitung Kebutuhan *Pallet*

Dalam konteks manajemen rantai pasok dan distribusi barang, salah satu elemen penting yang perlu diperhatikan adalah efisiensi penyimpanan dan pengelolaan barang di gudang. Salah satu cara untuk menilai kapasitas penyimpanan adalah dengan menghitung kebutuhan *pallet* berdasarkan jumlah karton yang diproduksi atau diterima setiap bulan. *Pallet* sendiri merupakan media penyimpanan dan transportasi yang umum digunakan di seluruh industri karena kemampuannya dalam mempercepat penanganan barang, memudahkan pengangkutan, serta mempercepat proses muat dan bongkar.

Menurut Rushton, Croucher, dan Baker (2010) dalam bukunya *The Handbook of Logistics and Distribution Management*, perhitungan jumlah *pallet* berdasarkan satuan karton sangat penting dalam perencanaan kapasitas gudang karena menentukan alokasi ruang serta efisiensi penggunaan rak atau area penyimpanan. Dengan mengetahui berapa karton yang dapat dimuat dalam satu *pallet* (isi per *pallet*), perusahaan dapat mengestimasi kebutuhan ruang penyimpanan secara lebih akurat dan menghindari terjadinya *overstocking* yang dapat mengganggu alur logistik. Ini sangat krusial terutama bagi perusahaan dengan volume produksi tinggi dan siklus distribusi yang cepat seperti pada industri *Fast Moving Consumer Goods* (FMCG). Rumus yang digunakan :

$$\text{Jumlah Pallet} = \frac{\text{Jumlah Karton}}{\text{Isi per Pallet}} \quad (2)$$

2.4.4 Menghitung *Year To Date* (YTD)

Konsep *Year-to-Date* (YTD) merupakan alat analisis yang umum digunakan dalam berbagai disiplin manajemen, termasuk dalam manajemen logistik dan rantai pasok. YTD mengacu pada total kumulatif dari suatu variabel tertentu yang dihitung dari awal tahun (biasanya bulan Januari) hingga periode berjalan. Dalam konteks gudang dan logistik, YTD digunakan untuk melihat akumulasi kebutuhan atau penggunaan *pallet* selama periode tertentu dalam tahun berjalan.

Menurut Heizer, Render, dan Munson (2017) dalam buku *Operations Management*, data akumulatif seperti YTD sangat penting untuk mengidentifikasi tren jangka menengah dan panjang, serta untuk mendukung pengambilan keputusan strategis. Dengan memantau YTD *pallet*, perusahaan dapat merencanakan pengadaan bahan pendukung (seperti *pallet*, rak, atau ruang sewa tambahan), mengevaluasi performa gudang, serta melakukan penyesuaian produksi.

Contoh penerapan YTD adalah dalam evaluasi kebutuhan ruang penyimpanan untuk sisa tahun berjalan. Jika dalam sembilan bulan pertama jumlah kebutuhan *pallet* sangat tinggi, maka dapat diasumsikan bahwa kebutuhan pada kuartal berikutnya juga akan signifikan, sehingga manajemen gudang harus bersiap menyediakan ruang tambahan. Analisis YTD juga digunakan dalam membuat laporan bulanan atau kuartalan kepada manajemen, yang menunjukkan progres terhadap target atau estimasi awal.

Pendekatan ini juga digunakan dalam sistem ERP dan WMS (*Warehouse Management System*), grafik tren YTD sering menjadi indikator kinerja logistik

dan menjadi dasar untuk melakukan *forecasting* serta perencanaan berbasis data historis. Rumus yang digunakan untuk menghitung YTD:

$$\text{YTD Pallet} = \sum_{i=1}^n \quad (3)$$

Keterangan:

Σ = Penjumlahan dari bulan 1 sampai bulan ke-n

n = Bulan berapa saat ini

2.10 Rata-rata Bulan (*Average*)

Perhitungan rata-rata kebutuhan *pallet* per bulan merupakan salah satu metode analitis yang digunakan untuk menginterpretasikan pola kebutuhan gudang dalam jangka waktu tertentu. Nilai rata-rata ini memberikan gambaran yang lebih stabil dan berkelanjutan mengenai berapa banyak *pallet* yang dibutuhkan setiap bulan, dibandingkan hanya melihat nilai aktual bulanan yang cenderung fluktuatif.

Menurut Gudehus dan Kotzab (2012) dalam *Comprehensive Logistics*, konsep perhitungan rata-rata adalah bagian dari dasar perencanaan logistik dan sangat penting dalam kegiatan seperti *capacity planning*, *inventory management*, dan *budget forecasting*. Dengan mengetahui nilai rata-rata kebutuhan *pallet* setiap bulan, manajer logistik dapat mengambil keputusan yang lebih akurat dan efisien, misalnya dalam menentukan jumlah *pallet* yang harus disiapkan untuk bulan berikutnya, atau dalam menetapkan target optimalisasi penggunaan ruang gudang.

Penggunaan rata-rata juga sangat berguna dalam konteks *demand variability*. Dalam banyak kasus, permintaan produksi atau volume pengiriman mengalami naik turun karena musim, promosi, atau faktor eksternal lainnya.

Dengan menghitung rata-rata, manajer dapat menetapkan kapasitas atau stok pengaman berdasarkan estimasi yang lebih rasional, bukan berdasarkan nilai ekstrem.

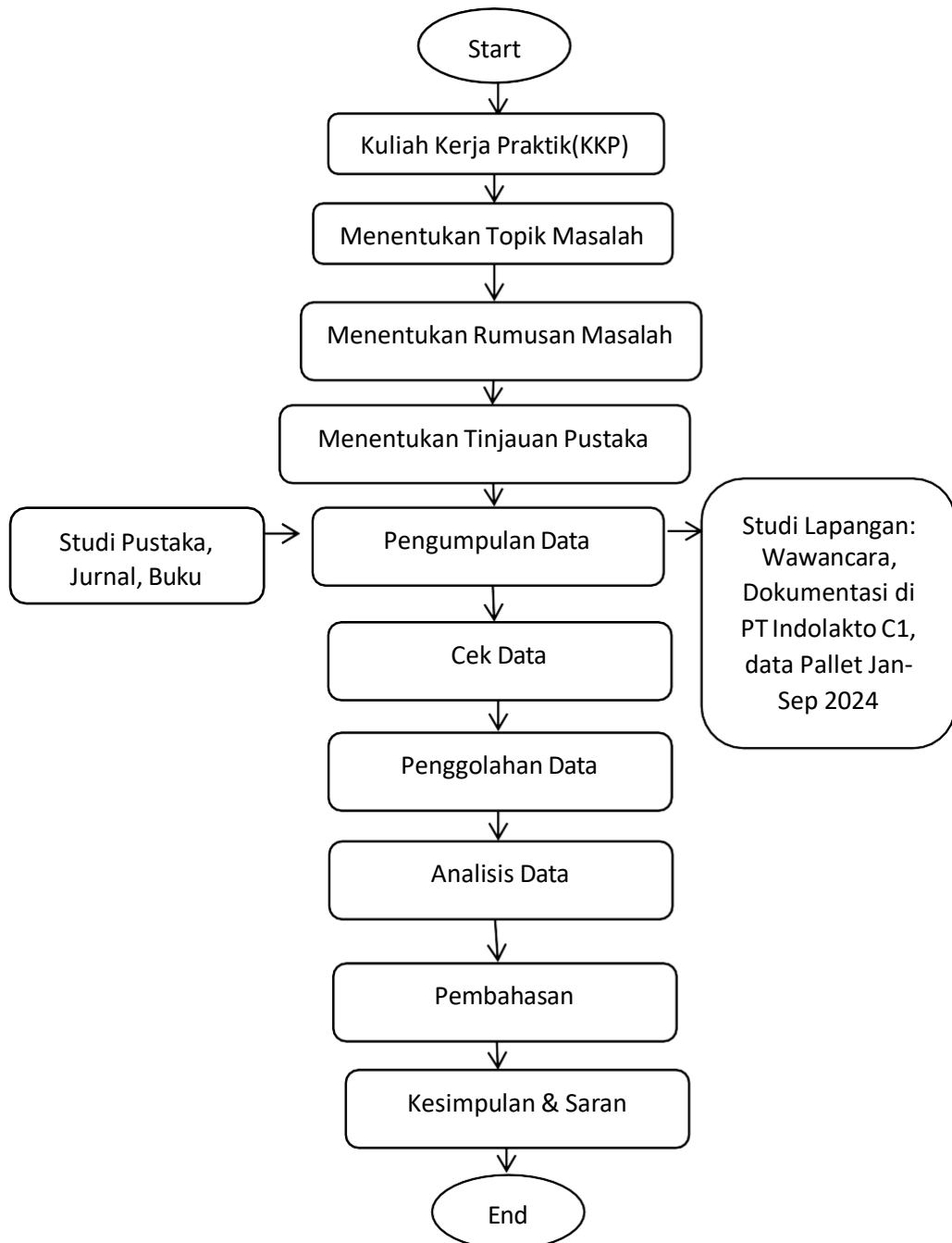
Dalam sistem perencanaan produksi (MRP) atau sistem distribusi otomatis, nilai rata-rata sering digunakan sebagai parameter input untuk perencanaan jangka pendek dan menengah. Rata-rata juga menjadi indikator awal untuk mengevaluasi apakah perlu dilakukan revisi dalam jadwal produksi, alokasi ruang, maupun kebijakan logistik. Rumus untuk menghitung rata-rata:

$$\text{Rata-rata Pallet Per Bulan} = \frac{\text{FTD Pallet}}{\text{Jumlah Bulan Aktif}} \quad (4)$$

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1.1 Metode Penelitian



Gambar 3.1 Flowchart Penelitian

Sumber: Diolah Sendiri, 2025

Penelitian ini termasuk jenis penelitian deskriptif, yaitu penelitian yang digunakan untuk mengetahui keadaan objek yang diteliti dengan menggambarkan keadaan objek yang diteliti tersebut(Sugiyono, 2013). Penelitian deskriptif menggambarkan sejumlah data yang kemudian di analisis berdasarkan kenyataan yang sedang berlangsung dan mencoba untuk memberikan pemecahan masalah yang ada supaya memperoleh hasil yang lebih baik dari sebelumnya.

a. Studi Lapangan

Pengumpulan data dalam kerja praktik lapangan memiliki berbagai cara, adapun cara dalam pengumpulan data adalah sebagai berikut:

a) Metode Observasi

Pada metode ini dilakukan dengan memahami pengetahuan dari sebuah masalah, berdasarkan dari pengetahuan yang sudah diketahui sebelumnya. Metode ini dilakukan secara langsung terjun ke lapangan agar memahami keadaan yang sebenarnya dengan melihat langsung proses bisnis yang terjadi di area gudang tersebut.

b) Metode Dokumentasi

Dokumentasi adalah proses pencatatan dari dokumen atau arsip yang ada pada PT Indolakto C1, khususnya data yang berhubungan dengan masalah yang ada di penelitian.

b. Studi Pustaka

Pada metode ini dilakukan melalui studi pustaka dari jurnal, buku-buku, skripsi, artikel, dan lainnya yang sudah ada sebelumnya dengan tujuan mempermudah penulis mendapatkan data yang berhubungan dengan judul tugas akhir yang diambil.

c. Pendekatan Kuantitatif dengan pengumpulan data dari gudang, analisis simulasi dan uji coba *stacking layer* di *racking*, serta wawancara dengan tim gudang dan logistik.

3.2 Pengumpulan Data

Data- data yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi dimensi produk, berat produk, sistem penyimpanan produk, prosedur penataan dan pengambilan produk di gudang, data jumlah *pallet* yang digunakan di gudang bulan Januari 2024 - September 2024. Cara pengumpulan data dari tugas akhir penulis ini diminta ke perusahaan untuk data jumlah *pallet*nya.

3.3 Pengolahan Data

Langkah-langkah pada tahap pengolahan data dalam penelitian ini dimulai dari menentukan lokasi penerimaan dan pengiriman. Setelah itu, dilakukan perhitungan *clear height* dan *overhead clearance* serta menentukan kapasitas dan tinggi tumpukan yang akan digunakan *pallet*. Menghitung dimensi rak meliputi tinggi, lebar dan panjang. Menghitung berapa panjang rak dan tinggi *stack* rak yang akan digunakan. Menentukan alat *material handling* yang akan digunakan dan menghitung lebar gang yang dibutuhkan. Menentukan jumlah *carton* yang berada di atas *pallet*. Menentukan jumlah produk yang dihasilkan *carton*. Menentukan konversi *pallet* sebelum ditambah satu *layer*. Menentukan jumlah *carton* di *pallet* jika ditambah satu *layer*. Menghitung jumlah *carton* yang dihasilkan setelah ditambahkan *layer*. Menghitung perbandingan sebelum dan sesudah penambahan *layer*.

Penarikan kesimpulan dan saran dilakukan berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang dilakukan. Kesimpulan berisi hasil yang diperoleh dari

penelitian sesuai dengan tujuan penelitian yang telah dibuat. Sementara itu, saran berisi tentang saran yang akan diberikan penulis bagi perusahaan maupun penelitian yang akan datang berkaitan dengan perbaikan pengendalian barang digudang.

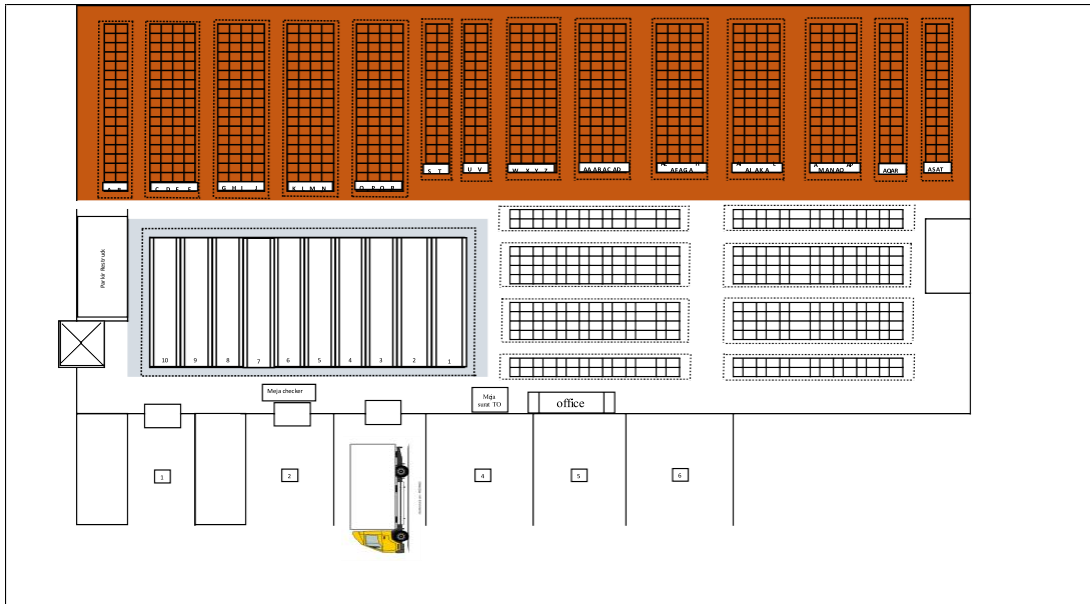
Langkah - langkah Menambah Tumpukan di Atas Pallet:

1. Menentukan jumlah karton awal yang ada di pallet sebelum penambahan *layer*.
2. Menentukan kapasitas tumpukan maksimum berdasarkan:
Clear height (tinggi bersih gudang)
Overhead clearance (jarak aman dari atap/halangan)
 Tinggi karton dan dimensi pallet
3. Menghitung tinggi tumpukan awal ($\text{jumlah layer} \times \text{tinggi karton}$).
4. Menentukan ruang sisa yang tersedia di atas tumpukan awal sampai batas aman.
5. Menghitung jumlah *layer* tambahan yang bisa ditambahkan sesuai ruang sisa.
6. Menentukan jumlah karton tambahan
 berdasarkan $\text{jumlah layer tambahan} \times \text{jumlah karton per layer}$.
7. Menghitung total karton baru di pallet setelah penambahan *layer*.
8. Membandingkan:
 - a. Total karton sebelum penambahan *layer*
 - b. Total karton sesudah penambahan *layer*
9. Menganalisis persentase kenaikan kapasitas pallet akibat penambahan *layer*.
10. Memastikan stabilitas tumpukan (tidak melebihi faktor keamanan yang ditetapkan).

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penentuan Lokasi Penerimaan dan Pengiriman



Gambar 4.1 Layout Gudang

Sumber: Diolah Sendiri, 2024

Keterangan:



Seperti gambar 4.1 Lokasi penerimaan dan pengiriman pada saat ini di PT Indolakto C1 berada di 2 akses yang berbeda. Gudang PT Indolakto C1 memiliki 3 akses pintu untuk pengiriman barang dan 2 akses pintu untuk penerimaan barang. Untuk penerimaan barang akses pintu di samping kanan yang digunakan untuk penerimaan barang dari cabang PT Indolakto yang ada di Purwosari dan cikarang. Dan satu lagi pintu samping kiri untuk penerimaan barang dari area produksi. Sementara itu, untuk pengiriman barang pintu aksesnya terletak sejajar di depan. Untuk pengamatan yang penulis lakukan itu berada di area yang berwarna oren saja karena area yang berwarna tersebut adalah area yang produknya diproduksi oleh PT Indolakto C1.

4.2 Menghitung Keamanan Penyusunan Barang

Menurut standar dari OSHA (2013), Keamanan penyusunan barang (*stacking*) di gudang berkaitan dengan memastikan tumpukan barang stabil, tidak melebihi kapasitas struktural bahan kemasan, dan tidak melampaui kapasitas pallet atau fasilitas penopang lainnya. Untuk menghitung ini bisa menggunakan rumus:

$$H_{max} = \frac{B}{2} \times \frac{S}{F}$$

$$H_{max} = \frac{1,10}{2} \times \frac{1}{2} = 0,55 \times 0,5 = 0,275$$

Keterangan:

B: Lebar Alas *Pallet*

S: *Stabilitas Material*

F: Faktor Keamanan

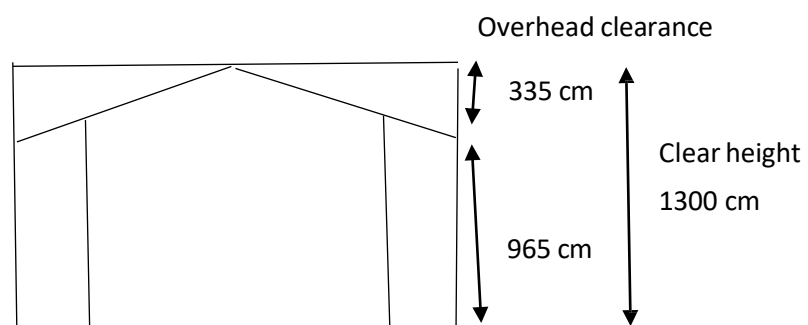
Berdasarkan perhitungan diatas, diperoleh nilai maksimum penyusunan yang aman sebesar 0,275 m. Nilai ini dihitung dari lebar alas pallet 1,10 m, Stabilitas material sebesar 1 dikarenakan berdasarkan literatur logistik (Smith dkk, 2020) dan disesuaikan dengan kondisi aktual gudang. Pada PT Indolakto C1 karton susu berlapis *stretch-wrap*, digunakan S= 1 dan faktor keamanannya 2 karena faktor keamanan ini ditentukan berdasarkan literatur logistik dan standar keselamatan kerja gudang. Dengan demikian, apabila tinggi karton per unit adalah 0,15 m, maka jumlah *layer* yang dapat disusun secara aman adalah sebanyak 2 lapis. Perhitungan ini menunjukkan pentingnya memperhatikan keamanan dalam menentukan batas aman penyusunan barang digudang.

4.3 Perhitungan *Clear Height* dan *Overhead Clearance*

Perhitungan *clear height* dilakukan untuk mengukur ketinggian bersih dari gudang yang diperbolehkan untuk digunakan dalam sistem penyimpanan. Ketinggian bersih di gudang adalah sebesar 1300 cm dari lantai hingga ke objek paling rendah di atap gudang.

Overhead clearance adalah jarak toleransi yang diberikan sebagai jarak aman dalam operasi di gudang. Jarak ini diberikan sebagai toleransi barang atau perlengkapan penyimpanan di gudang dengan segala objek yang berada di atap gudang atau peralatan penyimpanan di atap gudang jika ada.

Pada gudang ini diberikan jarak toleransi sebesar dari objek paling bawah atap gudang atau dari *clear height* yang tersedia di gudang. Dengan diberikannya jarak toleransi sebesar 335 cm maka segala perlengkapan penyimpanan pada gudang di rancang untuk berada dibawah jarak toleransi tersebut. Sehingga ketinggian gudang yang diperbolehkan dalam perancangan ditentukan dari *clear height* dikurangi toleransi yaitu sebesar 965 cm. Gambar 1 Menunjukan besar toleransi yang diberikan.



Gambar 4.2 *Clear Height* dan *Overhead Clearance*

Sumber: Diolah Sendiri, 2025

4.4 Penentuan Standar Tumpukan pada *Pallet*

Pada tahap ini dilakukan perancangan standar tumpukan pada *pallet* yang akan digunakan dalam *pallet racking system*. Standar tumpukan ini berpengaruh terhadap dimensi rak yang akan dirancang di gudang.

Ukuran pallet yang digunakan di gudang PT Indolakto C1 mempunyai panjang 98,5 cm dan Lebar 98,5 dengan tinggi 15,5 cm dengan kapasitas muatan 2000 kg. Gambar 4.3 menunjukan dimensi *pallet*.



Gambar 4.3 Dimensi Pallet

Sumber: PT Indolakto C1,2025

Jumlah tumpukan produk yang diperbolehkan dalam satu palet itu tergantung dari kapasitas angkut dari alat *material handling* yang akan dipakai. Di PT Indolakto C1 ini ada 2 *material handling* yang dipilih, yaitu *forklift* dan *reach truck*. Dari kedua *material handling* itu, masing- masing mempunyai kapasitas angkut barang seperti *forklift* sebesar 1,5 ton dan *reach truck* 1-3 ton. Toleransi sebesar 100 kg diberikan agar dapat meminimalisir kesalahan dalam pengangkutannya. Penentuan nilai toleransi ini disesuaikan dengan bentuk tumpukan agar tumpukan berbentuk kubus yang sempurna. Oleh karena itu, muatan hanya diperbolehkan 1,4 ton tiap palet untuk kapasitas angkut oleh *forklift*.

Diambil contoh produk susu kental manis cap Enak, dengan berat bersih per karton sebesar 4,44 kg. Dalam satu pallet dapat dimuat sebanyak 140 karton.

Apabila ditambahkan satu lapisan (layer) lagi, maka kapasitas pallet meningkat menjadi 160 karton.

Dimensi produk tersebut adalah panjang 29 cm, lebar 19 cm, dan tinggi 16 cm. Dengan tinggi karton 16 cm, maka untuk menampung 140 karton diperlukan 7 lapisan tumpukan. Tinggi pallet kayu yang digunakan sebesar 15,5 cm, sehingga total tinggi pallet dengan 7 lapisan karton adalah $115 \text{ cm} + 15,5 \text{ cm} = 130,5 \text{ cm}$.

Apabila ditambahkan satu lapisan lagi (menjadi 8 lapisan), maka total tinggi pallet adalah $128 \text{ cm} + 15,5 \text{ cm} = 143,5 \text{ cm}$. Tinggi ini masih berada di bawah batas maksimum ketinggian penyusunan, yaitu 145 cm. Oleh karena itu, penambahan satu lapisan tambahan masih aman dilakukan.



Gambar 4.4 Jumlah Tumpukan Standar Pada Palet SKM sachet
 Sumber: PT Indolacto C1, 2025

Selain itu, di PT Indolakto C1 mempunyai beberapa produk yaitu SKM kaleng (*Tall Can*) merk Tiga Sapi, SKM *pouch*, UHT (*Ultra High Temperature*) 115 ml, UHT 950 ml, dan SKM Evaporasi. Berikut ini saya jelaskan setiap produknya jika di tambahkan 1 layer. Tetapi ada juga yang tidak bisa ditambahkan 1 layer karena melebihi tinggi *racking*. Standar tinggi *racking* itu 157 cm.

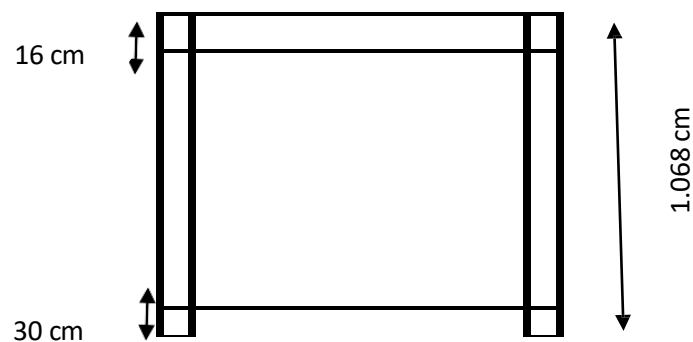
Tabel 4.1. Standar Max Tumpukan Produk, Dimensi Carton Dan Jumlah Layer

Standar Max Tumpukan	Dimensi Carton	Jumlah Layer
SKM Tall Can Tiga Sapi 	P= 45,5 cm	6 layer > t=138,5 cm
	L= 31,5 cm	7 layer > t= 159 cm
	T= 20,5 cm	Tidak bisa ditambahkan layer karena tidak muat di racking.
SKM Sachet Cap Enak 	P= 29 cm	7 layer > t= 130 cm
	L= 19 cm	8 layer > t= 146,5 cm
	T= 16 cm	
SKM Pouch Indomilk 	P= 43 cm	5 layer > t= 113 cm
	L= 23 cm	6 layer > t= 132 cm
	T= 19,5 cm	
SKM Evaporasi Tiga Sapi 	P= 44 cm	8 layer > t= 115,5 cm
	L= 16 cm	9 layer > t= 128 cm
	T= 12,5 cm	10 layer > t= 140 cm
UHT Indomilk 115 ml 	P= 36 cm	12 layer > t= 114 cm
	L= 20,5 cm	13 layer > t= 139 cm
	T= 9,5 cm	
UHT Indomilk 950 ml 	P= 45 cm	5 layer > t= 123 cm
	L= 16 cm	Tidak bisa ditambahkan layer karena standar tumpukannya cuma 5 layer
	T= 21,5 cm	

Berdasarkan tabel 4.1 di atas produk yang tidak bisa ditambahkan *layer* adalah produk SKM *Tall Can* karena tidak mencukupi untuk diletakkan di *racking* dan produk UHT Indomilk 950 ml juga tidak bisa ditambahkan *layer* karena maksimal tumpukannya hanya 5 tumpukan.

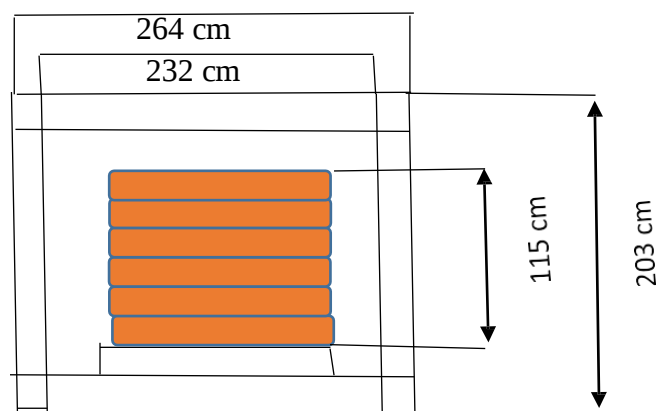
4.5 Perhitungan Dimensi Rak

Pada tahap ini dilakukan perhitungan dimensi rak yang meliputi tinggi, panjang dan lebar rak. Tinggi rak ditentukan oleh tinggi palet dengan muatan dan toleransi jarak muatan ke papan penyangga di atasnya. Toleransi itu diberikan gunanya untuk kemudahan operator *forklift* dan *reach truck* dalam operasi. Gambar 4.5 dibawah ini menunjukkan tinggi rak pada tingkat dasar.



Gambar 4.5 Tinggi Rak Tingkat Dasar

Sumber: Diolah Sendiri, 2025



Gambar 4.6 Tinggi Rak

Sumber: Diolah Sendiri, 2025

Gambar 4.6 ini menunjukkan tinggi rak sebesar 203 cm yang merupakan tinggi muatan diatas *pallet* ditambah dengan penyangga di atas dan dibawah. Untuk tinggi *racking* itu 157 cm ditambah dengan 30 cm peyangga bawah dan 16 cm peyangga atas. Untuk penambahan tingkat pada rak selanjutnya, dilakukan dengan menambah kelipatan satu tingkat rak dengan spesifikasi seperti gambar diatas.

Panjang rak ditentukan juga oleh banyak *pallet* yang ditempatkan dalam 1 *bay*. Normalnya dalam 1 *bay* terdiri dari 2 *pallet*. Jarak toleransi diberikan antara muatan dengan tiang peyangga dan antara muatan dengan muatan lainnya. Jarak sebesar 16 cm diberikan sebagai toleransi jarak muatan dengan tiang peyangga dan untuk jarak tolensi muatan dengan muatan yaitu 14,5 cm. Total dimensi *pallet* internal rak adalah 389 cm. Karena tinggi rak ditambahkan dengan panjang rak. Dengan muatan 2 muatan *pallet* yang akan disimpan di satu rak.

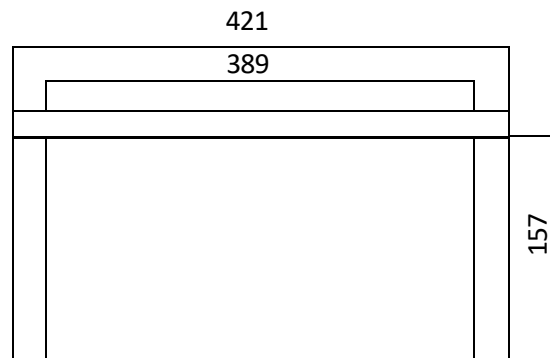
Berikut ini gambar real di PT Indolakto C1:



Gambar 4.7 Contoh Gambar Satu Bay Di Racking

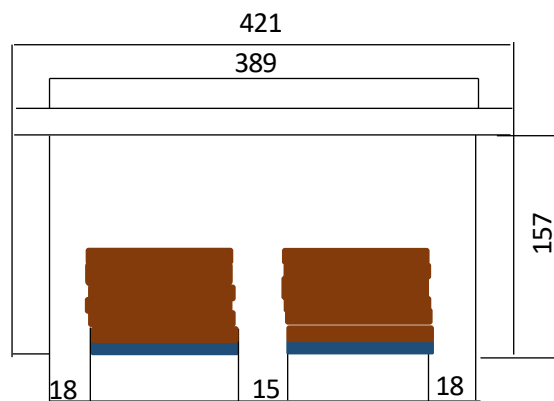
Sumber: PT Indolakto C1, 2025

Dan didalam 1 racking ada 6 tingkat dan memiliki 90 kolom *racking*. Didalam racking tersebut di setiap 1 tingkatnya bisa muat 15 pallet. Jadi, untuk 15 pallet tersebut dikalikan dengan 6 tingkat maka didapatkan 90 pallet didalamnya.



Gambar 4.8 Panjang Rak Tingkat Dasar

Sumber: Diolah Sendiri, 2025



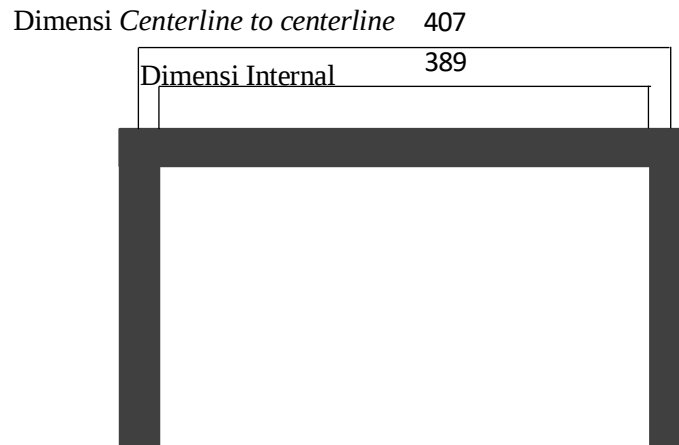
Gambar 4.9 Panjang Rak

Sumber: Dibuat sendiri, 2025

Pada gambar 4.10 menunjukkan toleransi antara muatan dengan tiang penyangga sebesar 18 cm dan jarak toleransi antara muatan sebesar 15 cm. Dalam dimensi panjang rak terdapat dimensi *centerline to centerline*, yaitu dimensi dari titik tengah tiang penyangga rak ke titik tengah tiang penyangga rak lainnya.

Dimensi ini digunakan ketika menambah jumlah *bay* yang akan digunakan.

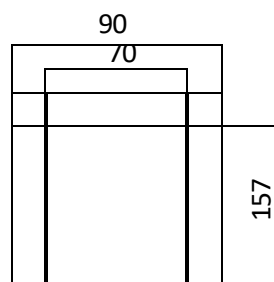
Gambar 4.9 menunjukkan dimensi centerline to centerline pada panjang rak.



Gambar 4.10 Dimensi *Centerline To Centerline* Rak

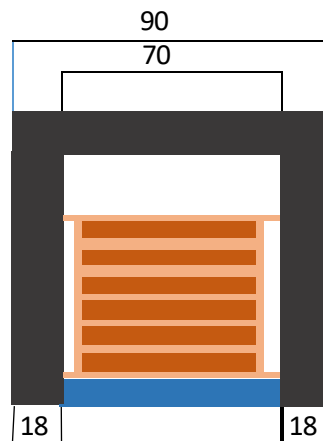
Sumber: Diolah sendiri, 2025

Lebar rak ditentukan oleh lebar *pallet* yang dikurangi jarak toleransi untuk kemudahan operator *forklift*. Menurut Tompinks dan Smith (1990), lebar rak lebih pendek 6 inchi dengan masing-masing sisi 3 inchi. Pada perancangan rak pallet ini ditentukan jarak toleransi diberikan 18 cm pada masing-masing sisi depan dan sisi belakang. Maka total lebar rak adalah 80 cm. Gambar 10 dan 11 menunjukkan dimensi lebar rak.



Gambar 4.11 Lebar Rak Tingkat Dasar

Sumber: Diolah Sendiri, 2025

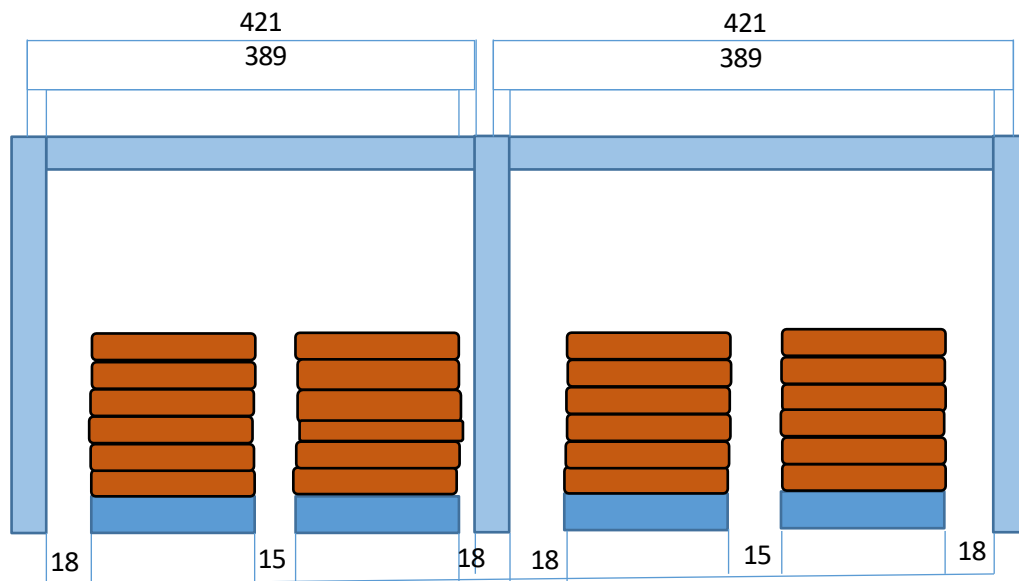


Gambar 4.12 Lebar Rak

Sumber: Diolah sendiri, 2025

Panjang *rack bays* dalam gudang ditentukan menggunakan kelipatan dimensi *centerline to centerline* ditambah dengan panjang satu tiang peyangga . Gambar 4.13 menunjukkan contoh 2 *rack bays*. Jumlah *rack bays* ditentukan oleh luas area yang tersedia dan luas area yang digunakan untuk gang.

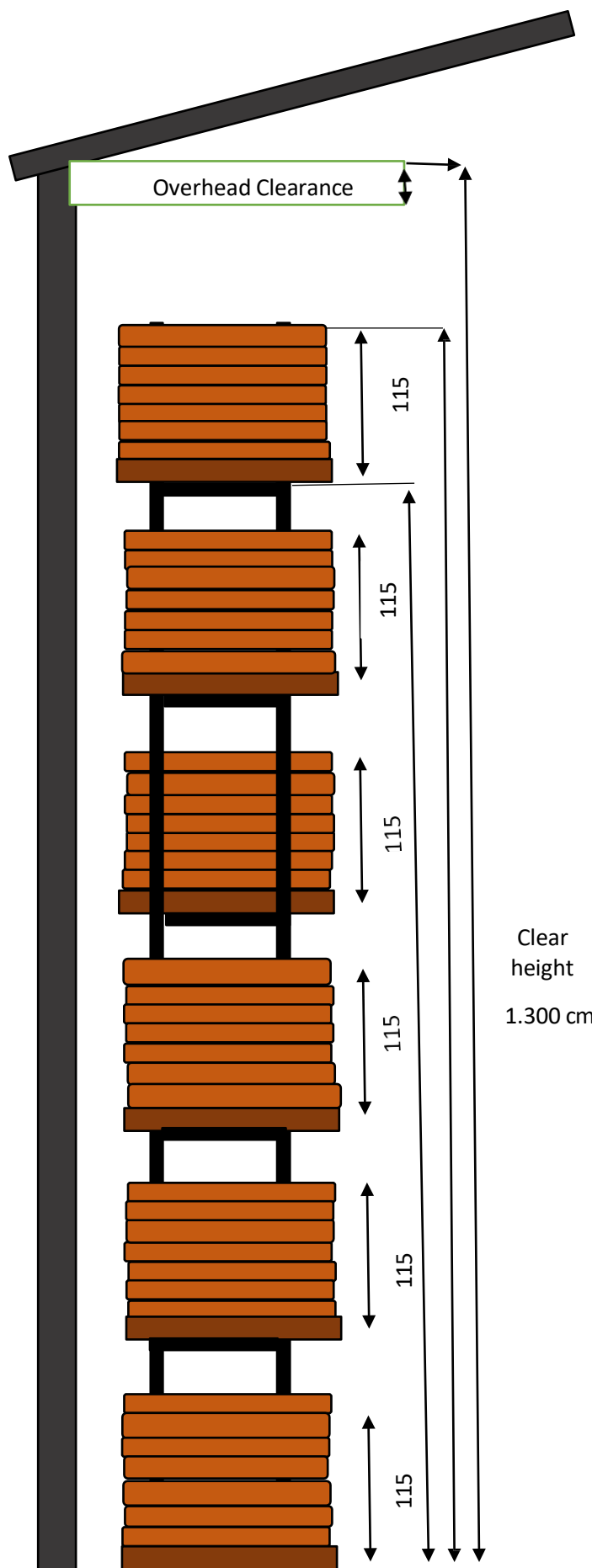
Jumlah tingkat rak dipengaruhi oleh tinggi gudang dan toleransi yang diberikan antara tinggi dari puncak rak dengan atap gudang. Tinggi gudang dalam hal ini mengacu pada *clear height* yang tersedia di gudang.



Gambar 4.13 Panjang 2 Rack Bays

Sumber: Dibuat Sendiri, 2025

Toleransi mengacu pada *overhead clearance* yang sudah ditentukan sebesar 335 cm sebelumnya. Tinggi tingkat pada rak tidak boleh melebihi hingga ketinggian yang sudah ditentukan untuk *overhead clearance*. Gambar 4.14 menunjukkan jumlah tingkat rak di gudang.



Gambar 4.14 Racking Di PT Indolakto C1

4.6 Perancangan Prosedur pengendalian Barang Di Gudang

Menurut Hompel dan Schimdt (2007), metode FIFO merupakan strategi pengambilan barang pertama yang masuk ke gudang dengan tujuan untuk menghindari keusangan atau kadaluarsa pada barang yang disimpan. PT Indolakto C1 memilih perancangan pengendalian barangnya di gudang dengan metode FIFO (*First In First Out*) karena metode ini memiliki beberapa keunggulan strategis dan operasional seperti mencegah kadaluarsa produk di gudang dan mendukung sistem penyimpanan yang sistematis dan rapi karena barang disusun berdasarkan urutan masuk serta memudahkan proses pencatatan, audit dan *stock op name*.

4.7 Menentukan Jumlah Carton Yang Berada Diatas Pallet

Pada tahap ini dilakukan perhitungan berapa *carton* di dalam satu *pallet* disetiap produknya. Berikut ini data perhitungannya yang penulis teliti sendiri dengan menghitungnya secara langsung di gudang *finished goods* PT Indolakto C1. Penulis mengambil data dari bulan Januari sampai September 2024 karena krisis kekurangan *pallet* dimulai dari awal tahun 2024. kekurangan *pallet* dimulai dari awal tahun 2024.

Tabel 4.4 Data Jumlah Carton Di Atas *Pallet*

Nama Produk	Satuan	Jan	Feb	Maret	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Total
SKM Tall Can	ctn/pallet	42	42	42	42	42	42	42	42	42	378
SKM Sachet	ctn/pallet	140	140	140	140	140	140	140	140	140	1260
SKM Pouch	ctn/pallet	50	50	50	50	50	50	50	50	50	450
UHT 115 ml	ctn/pallet	168	168	168	168	168	168	168	168	168	1512
UHT 950 ml	ctn/pallet	70	70	70	70	70	70	70	70	70	630
SKM Evap	ctn/pallet	112	112	112	112	112	112	112	112	112	1008
SKM Mini Pouch	ctn/pallet	112	112	112	112	112	112	112	112	112	1008

Sumber: PT Indolakto C1,2025

Perhitungannya dengan menjumlahkan data per carton yang dibutuhkan dari Januari sampai September.

4.8 Menentukan Jumlah Produk Yang Dihasilkan Dalam Carton

Pada tahap ini menghitung jumlah produk yang dihasilkan dalam beberapa carton di atas *pallet* dengan cara menjumlahkan *output* dari bulan Januari sampai September. Dan setelah itu, menghitung rata-rata *output* tersebut.

Contoh perhitungannya:

Diambil contohnya pada produk SKM menghitung Year To Datanya:

$$\begin{aligned} YTD &= \Sigma \text{Jumlah Pallet dari Jan sampai Sep} \\ &= 137.973 + 140.392 + 159.999 + 96.596 + 138.928 \\ &\quad + 152.045 + 134.207 + 105.946 = 1.223.418 \end{aligned}$$

Setelah itu, menghitung rata-rata output SKM Tall Can dengan rumus :

$$\begin{aligned} \text{Average Output(ctn)} &= \frac{\text{Total output dari Bulan 1 sampai } n}{n} \\ &= \frac{1.223.418}{9} = 135.93 \end{aligned}$$

Tabel 4.5 Data Jumlah Produk Di dalam Carton

Desc	UoM	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	YTD	Avg
SKM Tall Can	ctn	137.973	140.392	159.999	96.596	138.928	152.045	134.207	105.946	157.332	1.223.418	135.935
SKM Sachet	ctn	512.920	490.338	702.346	401.307	468.763	535.163	451.609	392.246	526.917	4.481.609	497.957
SKM Pouch	ctn	117.707	123.712	149.797	113.090	113.395	122.462	136.693	134.341	164.897	1.176.094	130.677
Total SKM	ctn	768.600	754.442	1.012.142	610.993	721.086	809.670	722.509	632.533	849.146	6.881.121	764.569
UHT 115 ml	ctn	280.935	230.852	160.084	8.616	49.724	211.051	196.713	181.020	355.381	1.674.376	186.042
UHT 950 ml	ctn	0	0	52.165	79.811	78.145	80.642	22.779	19.045	16.223	348.810	38.757
SKM Evap	ctn	0	0	16.202	0	39.381	20.770	20.768	20.081	20.222	137.424	15.269
Total UHT	ctn	280.935	230.852	228.451	88.427	167.250	312.463	240.260	220.146	391.826	2.160.610	240.068
Total Factory	ctn	1.049.535	985.294	1.240.593	699.420	888.336	1.122.133	962.769	852.679	1.240.972	9.041.731	1.004.637

Sumber: Data Diolah Sendiri, 2025

4.9 Menentukan Konversi Pallet Sebelum Ditambah Satu Layer

Pada tahap ini menentukan berapa *pallet* yang digunakan sebelum dilakukan penambahan *layer*. Dengan cara *output carton* dibagi dengan jumlah *carton* per *pallet*. Berikut dibawah ini data konversi *pallet* sebelum ditambahkan satu *layer* diatasnya. Contoh perhitungannya dalam SKM *sachet* pada bulan Januari:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Pallet per Bulan} &= \frac{\text{Output Bulanan (dalam ctn)}}{\text{Isi per pallet}} \\ &= \frac{512.920}{140} = 3.664 \end{aligned}$$

Keterangan:

Output Bulanan : Jumlah produksi atau output dalam karton

Isi per Pallet: Jumlah karton per pallet, misalnya 140 ctn/pallet.

Tabel 4.6 Data Konversi *Pallet* Sebelum Ditambah Satu *Layer*

Desc	Uom	Jan	Feb	Maret	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	YTD
SKM Tall Can	pallet	3.285	3.343	3.810	2.300	3.308	3.620	3.195	2.523	3.746	3.237
SKM Sachet	pallet	3.664	3.502	5.017	2.866	3.348	3.823	3.226	2.802	3.764	3.557
SKM Pouch	pallet	2.354	2.474	2.996	2.262	2.268	2.449	2.734	2.687	3.298	2.614
Total SKM	pallet	9.303	9.319	11.822	7.428	8.924	9.892	9.155	8.011	10.808	9.407
UHT 115 ml	pallet	1.672	1.374	953	51	296	1.256	1.171	1.078	2.115	1.107
UHT 950 ml	pallet	0	0	745	1.140	1.116	1.152	325	272	232	554
SKM Evap	pallet	0	0	145	0	352	185	185	179	181	136
Total UHT	pallet	1.672	1.374	1.843	1.191	1.764	2.594	1.682	1.529	2.528	1.797
Total Factory	pallet	10.975	10.693	13.665	8.620	10.688	12.486	10.837	9.540	13.335	11.204

Sumber: Data Diolah Sendiri, 2025

4.10 Menentukan Jumlah *Carton* Di *Pallet* Jika Ditambahkan Satu *Layer*

Dalam tahap ini menentukan jumlah *carton box* yang ada di atas *pallet* jika ditambahkan dengan satu *layer* di atasnya sebagai contoh susu kental manis sachet yang awalnya 7 *layer* tetapi maksimal tumpukannya bisa mencapai 8 *layer*. Berarti masih bisa ditambahkan satu *layer* lagi, untuk SKM sachet itu sendiri memiliki 140 *carton box* di atas *pallet* dan jika ditambahkan 1 *layer* lagi menjadi 160 *carton box*, karena didalam 1 *layer* ada 20 *carton box*. Berikut dibawah ini adalah data jumlah *carton* jika ditambahkan satu *layer* lagi.

Tabel 4.7 Jumlah Carton Jika Ditambahkan Satu *Layer*

SKM Tall Can	ctn/pallet	42	42	42	42	42	42	42	42	42	378
SKM Sachet	ctn/pallet	160	160	160	160	160	160	160	160	160	1440
SKM Pouch	ctn/pallet	60	60	60	60	60	60	60	60	60	540
UHT 115 ml	ctn/pallet	182	182	182	182	182	182	182	182	182	1638
UHT 950 ml	ctn/pallet	84	84	84	84	84	84	84	84	84	756
SKM Evap	ctn/pallet	126	126	126	126	126	126	126	126	126	1134

Sumber: PT Indolakto C1,2025

4.11 Menghitung Jumlah Carton Yang Dihasilkan Setelah Ditambahkan Layer

Didalam tahap ini menghitung jumlah *carton* setelah ditambahkan satu *layer* diatasnya dengan cara membagikan jumlah *output carton* dengan jumlah *pallet* setelah ditambahkan *layer*. Data dibawah ini adalah data jumlah *pallet* yang dihasilkan dengan ditambakkannya satu *layer* di atas *pallet*. Dan setelah itu, dirata-ratakan dengan mengurangi konversi pallet sebelum ditambah layer dengan sesudah penambahan layer, dibagi dengan jumlah konversi *pallet* sebelum ditambakkannya *layer*. Contoh perhitungannya diambil contoh produknya SKM *Sachet* dibulan Januari yaitu:

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Pallet per Bulan} &= \frac{\text{Output Bulanan (dalam ctn)}}{\text{Isi per pallet}} \\
 &= \frac{512.920}{160} = 3.206
 \end{aligned}$$

Tabel 4.8 Jumlah Carton Yang Dihasilkan Setelah Ditambahkan Layer

Desc	Uom	Jan	Feb	Maret	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	YTD	Avg
SKM Tall Can	pallet	3.285	3.343	3.810	2.300	3.308	3.620	3.195	2.523	3.746	3.237	0%
SKM Sachet	pallet	3.206	3.065	4.390	2.508	2.930	3.345	2.823	2.452	3.293	3.112	-13%
SKM Pouch	pallet	1.962	2.062	2.497	1.885	1.890	2.041	2.278	2.239	2.748	2.178	-17%
Total SKM	pallet	8.453	8.469	10.696	6.693	8.127	9.006	8.296	7.213	9.788	8.527	-9%
UHT 115 ml	pallet	1.544	1.268	880	47	273	1.160	1.081	995	1.953	1.022	-8%
UHT 950 ml	pallet	0	0	621	950	930	960	271	227	193	461	-17%
SKM Evap	pallet	0	0	129	0	313	165	165	159	160	121	-11%
Total UHT	pallet	1.544	1.268	1.629	997	1.516	2.284	1.517	1.381	2.306	1.605	-11%
Total Factory	pallet	9.996	9.738	12.325	7.690	9.644	11.290	9.813	8.594	12.094	10.132	-10%

Sumber: Data Diolah Sendiri, 2025

4.12 Menghitung Perbandingan Sebelum Dan Sesudah Penambahan Layer

Pada tahap ini menghitung perbandingan antara sebelum penambahan *layer* dan setelah penambahan *layer* dengan cara mengurangi sesudah penambahan *layer* dengan sebelum penambahan *layer*. Dan setelah itu, dibagi dengan sebelum penambahan *layer* lagi. Dapat saya contohkan di produk susu *Ultra High Temperature*(UHT) ukuran 115 ml.

Berikut ini akan dicantumkan data sebelum dan sesudah penambahan layer disertakan dengan persentasenya, contoh perhitungan persentasenya pada produk UHT 115 ml:

$$\begin{aligned}
 \text{Persentase} &= \frac{(\text{Konversi pallet sebelum} - \text{sesudah})}{\text{Konversi pallet sesudah}} \\
 &= \frac{(1.107 - 1.022)}{1.022} = 0,08\%
 \end{aligned}$$

Tabel 4.9 Konversi Pallet Sebelum Dan Sesudah *Improvement*

Konversi Pallet Sebelum Dan Sesudah <i>Improvement</i>			
Nama Produk	Sebelum	Sesudah	Persentase
SKM Tall Can	3.237	3.237	0%
SKM Sachet	3.112	3.557	0,14%
SKM Pouch	2.178	2.614	0,20%
Total SKM	8.527	9.407	0,11%
UHT 115 ml	1.022	1.107	0,08%
UHT 950 ml	461	554	0,20%
SKM Evap	121	136	0,13%
Total UHT	1.604	1.797	0,11%
Total Factory	10.131	11.204	0,11%

Sumber: Data Diolah Sendiri, 2025

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di gudang PT Indolakto C1, permasalahan utama yang muncul adalah keterbatasan jumlah *pallet* yang berdampak pada keterlambatan proses penyimpanan dan distribusi. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dilakukan upaya optimalisasi tumpukan *pallet* dengan cara menambahkan satu lapisan tumpukan di atas *pallet* yang sudah ada. Pendekatan ini dilakukan secara hati-hati dengan memperhatikan faktor keamanan, stabilitas material, serta kapasitas daya dukung *pallet* agar tidak menimbulkan risiko kerusakan produk maupun kecelakaan kerja.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan lapisan tumpukan terbukti mampu meningkatkan kapasitas penyimpanan tanpa harus menambah jumlah *pallet* baru. Optimalisasi ini tidak hanya memberikan solusi atas keterbatasan *pallet*, tetapi juga membantu memanfaatkan ruang gudang secara lebih efisien. Dengan penerapan prosedur yang sesuai, keamanan produk tetap terjaga, dan proses operasional gudang dapat berjalan lebih lancar.

Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa optimalisasi tumpukan *pallet* merupakan strategi yang efektif dalam menghadapi krisis kekurangan *pallet*. Selain itu juga meningkatkan efisiensi penggunaan ruang dan ketersediaan *pallet*, solusi ini juga memberikan manfaat jangka panjang dalam mendukung kelancaran rantai pasok perusahaan.

5.2 Saran

Perusahaan disarankan untuk menyusun standar operasional prosedur (SOP) yang terperinci terkait penambahan tumpukan pallet, sehingga implementasi di lapangan dapat dilakukan secara konsisten, aman, dan sesuai dengan standar yang berlaku. Selain itu, perlu dilaksanakan pelatihan rutin bagi operator gudang mengenai teknik penataan barang yang tepat guna menjaga stabilitas tumpukan, melindungi kualitas produk, serta meminimalisasi potensi risiko kerusakan maupun kecelakaan kerja. Selain itu, perusahaan sebaiknya mempertimbangkan penerapan strategi jangka panjang dalam manajemen pallet, seperti melakukan pemeriksaan pallet yang sudah tidak layak pakai. Dengan demikian, optimalisasi penyimpanan tidak hanya menjadi solusi sementara, tetapi juga mendukung efisiensi, keamanan, dan keberlanjutan operasional gudang secara menyeluruh.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah, F., & Hapsari, R. D. (2019). Analisis efisiensi tata letak gudang terhadap proses distribusi produk jadi. *Jurnal Teknik Industri*, 8(2), 45–52. STIE Tri Bhakti.
- Aziz, H., Choiri, M., & Rahman, A. (2014, Juli 8). Perancangan tata letak dan pallet racking system sebagai pendukung pengendalian barang di gudang produk jadi (Studi kasus PT. Tiara Kurnia Malang). *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*, 2(2). Universitas Brawijaya.
- Ballou, R. H. (2004). *Business logistics/supply chain management* (5th ed.). Pearson Education.
- Firmansyah, D. (2020). Pengaruh tata letak gudang terhadap produktivitas karyawan di industri manufaktur. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*, 9(1), 33–40.
- Frazelle, E. (2002). *World-class warehousing and material handling*. McGraw-Hill.
- Gaspersz, V. (2005). *Production planning and inventory control*. Gramedia Pustaka Utama.
- Gudehus, T., & Kotzab, H. (2012). *Comprehensive logistics*. Springer.
- Hadiguna, R. A., & Setiawan, H. (2008). *Tata letak pabrik*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2017). *Operations management* (12th ed.). Pearson Education.
- Heragu, S. S. (2008). *Facilities design* (3rd ed.). iUniverse.
- Ibrahim, N. G., & Prasetyawan, Y. (2021). Evaluasi pergudangan dengan pendekatan lean warehousing dan linear programming. *Jurnal Teknik ITS*, 9(2), F278–F283.
- Johnson, M., & Lee, A. (2021). *Warehouse optimization strategies: Improving efficiency in modern logistics*. Logistics Press.

- Karisma, I., & Fatimah, Y. A. (2022). Literature review: Teknik perancangan tata letak fasilitas gudang pada perusahaan manufaktur yang efisien. *Borobudur Engineering Review*, 2(1), 12–22.
- Koster, R., Le-Duc, T., & Roodbergen, K. J. (2019). *Fundamentals of warehouse logistics*. Springer.
- Occupational Safety and Health Administration (OSHA). (2013). *Materials handling and storage: OSHA standard 1910.176*. U.S. Department of Labor. Retrieved from <https://www.osha.gov>
- Purnomo, A. B., & Wahyuni, S. (2021). Evaluasi sistem penyimpanan barang dengan pendekatan lean warehousing. *Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri*, 10(3), 58–65.
- Purnomo, H. (2004). *Perencanaan dan perancangan fasilitas*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Rother, M., & Shook, J. (2003). *Learning to see: Value stream mapping to add value and eliminate muda*. Lean Enterprise Institute.
- Rushton, A., Croucher, P., & Baker, P. (2010). *The handbook of logistics and distribution management* (3rd ed.). Kogan Page.
- Rushton, A., Croucher, P., & Baker, P. (2017). *The Handbook of Logistics and Distribution Management* (6th ed.). London: Kogan Page.
- Setiady, D., & Anderson, L. (2010). Implementasi susunan tumpukan untuk menghilangkan penggunaan tali pengikat. *Journal of Industrial Engineering & Management Systems*, 3(1), Februari.
- Smith, R., Ahmad, T., & Kusnadi, B. (2020). *Inventory and storage management in the supply chain era*. Jakarta: Mitra Logistik Indonesia.
- Tompkins, J. A., White, J. A., Bozer, Y. A., & Tanchoco, J. M. A. (2010). *Facilities planning* (4th ed.). Wiley.
- Warman, J. (2010). *Manajemen pergudangan*. Jakarta: Lembaga Pendidikan, Pembinaan Manajemen dan Pustaka Sinar Harapan.

