Jurnal Teknik Indonesia

Volume 5 Nomor 3 Agustus 2026

https://jti.publicascientificsolution.com/index.php/rp

Relayout Fasilitas Menggunakan Mixed Integer Linear Programming untuk Memenuhi Standar GMP PT. ABC

Ewaldo Jales Edinov*, Saufik Luthfianto, Tofik Hidayat

Universitas Pancasakti Tegal, Indonesia

Email: ewaldojales@gmail.com*, saufik_lutfianto@upstegal.ac.id, tofik_hdt@upstegal.ac.id

Keywords:

Backtracking; Good Manufacturing Practices; LINGO; Mixed Integer Linear Programming.

Abstract

Facility layout design is an important aspect in operations management that influences the smooth flow of materials and the efficiency of the production system. The suboptimal facility layout at PT. ABC causes inefficient material movement and the risk of cross-contamination that violates good manufacturing practices standards. This study aims to redesign the production facility layout using the mixed integer linear programming method to minimize the total movement moment while meeting food safety standards. The existing condition shows a backtracking of 19 meters on a total path of 87 meters which triggers an increase in material movement moment and a high potential for bacterial exposure. The uncertainty of market demand is accommodated through the calculation of expected flow which results in 754.5 ritasi/month. The results of the study succeeded in reducing the physical distance of the path by 34.85 meters, representing an increase in efficiency of 59.94% with a total movement moment reduced from 65,641.5 to 43,346.03 resulting in an operational load efficiency of 33.97%. The mixed integer linear programming model is proven to solve technical problems of industrial spatial planning while ensuring compliance with food factory hygiene regulations.

Kata kunci:

Backtracking; Good Manufacturing Practices; LINGO; Mixed Integer Linear Programming.

Abstrak

Perancangan tata letak fasilitas (facility layout) merupakan salah satu aspek penting dalam manajemen operasi yang berpengaruh terhadap kelancaran aliran material dan efisiensi sistem produksi. Tata letak fasilitas yang kurang optimal pada PT. ABC menyebabkan inefisiensi perpindahan material dan resiko kontaminasi silang yang melanggar standar good manufacturing practices. Penelitian ini bertujuan merancang ulang tata letak fasilitas produksi menggunakan metode mixed integer linear programming untuk meminimalkan total momen perpindahan sekaligus memenuhi standar keamanan pangan. Kondisi eksisting menunjukkan adanya backtracking sepanjang 19 meter pada total lintasan 87 meter yang memicu peningkatan momen perpindahan material dan tingginya potensi paparan bakteri. Ketidakpastian permintaan pasar diakomodasi melalui perhitungan expected flow yang menghasilkan 754,5 ritasi/bulan. Hasil penelitian berhasil memangkas jarak fisik lintasan sepanjang 34,85 meter, merepresentasikan peningkatan efisiensi sebesar 59,94% dengan total momen perpindahan yang direduksi dari 65.641,5 menjadi 43.346,03 menghasilkan efisiensi beban operasional sebesar 33,97% model mixed integer linear programming terbukti menyelesaikan permasalahan teknis tata ruang industry sekaligus menjamin kepatuhan regulasi kebersihan pabrik pangan.

PENDAHULUAN

Perancangan tata letak fasilitas (facility layout) merupakan salah satu aspek penting dalam manajemen operasi yang berpengaruh terhadap kelancaran aliran material dan efisiensi sistem produksi. Tata letak yang dirancang secara optimal mampu memperlancar urutan proses, mengurangi perpindahan material yang tidak diperlukan, serta meningkatkan produktivitas

perusahaan (Boufellouh & Belkaid, 2023; Muharni et al., 2022; Z. Wang & Xu, 2023; Zhang et al., 2022). Sebaliknya, tata letak yang kurang baik dapat menyebabkan meningkatnya jarak perpindahan, munculnya aliran produksi yang bolak-balik (backtracking), penumpukan pekerjaan (bottleneck), dan bertambahnya waktu proses. Kondisi tersebut menjadi semakin penting pada industri pengolahan pangan yang menggunakan bahan baku bersifat mudah rusak (perishable goods), karena keterlambatan proses dapat menurunkan mutu produk (Tompkins et al., 2010)

Industri pengolahan ikan merupakan salah satu subsektor manufaktur pangan yang memiliki peran strategis dalam perekonomian Indonesia. Berdasarkan data (Perikanan, 2022) nilai produksi perikanan Indonesia mencapai sekitar Rp506,14 triliun, terdiri atas Rp248,80 triliun dari perikanan tangkap dan Rp257,34 triliun dari budidaya. Tingginya nilai produksi tersebut perlu didukung oleh sistem produksi yang efisien agar kualitas produk tetap terjaga. Namun, pada praktiknya masih banyak industri kecil dan menengah (IKM) pengolahan hasil perikanan yang menghadapi permasalahan tata letak fasilitas sehingga aliran produksi belum berjalan secara optimal (Perindustrian, 2025). Menurut (Kemenperin, 2024) menegaskan bahwa peningkatan daya saing industry nasional perlu dimulai dari efisiensi proses internal, termasuk pengelolaan aliran produksi yang lebih terstruktur untuk mengurangi pemborosan perpindahan dan meningkatkan produktivitas.

Kondisi tersebut juga ditemukan pada PT. ABC, perusahaan yang bergerak di bidang pengolahan hasil perikanan. Berdasarkan hasil observasi awal, tata letak fasilitas produksi yang digunakan saat ini masih menunjukkan adanya alur produksi yang bolak-balik (backtracking) pada beberapa tahapan proses. Fenomena tersebut menyebabkan perpindahan material menjadi lebih panjang, waktu proses meningkat, serta berpotensi menimbulkan penumpukan pekerjaan pada area tertentu (Lee et al., 2026; Wan et al., 2022; Widarman, 2024; Yusriski et al., 2023). Mengingat bahan baku yang diolah berupa ikan segar yang bersifat perishable goods, keterlambatan proses produksi dapat mempercepat penurunan kualitas bahan baku sebelum diproses lebih lanjut. Oleh karena itu, diperlukan suatu pendekatan optimasi yang mampu menghasilkan tata letak fasilitas dengan aliran material yang lebih efektif dan efisien.

Perkembangan penelitian mengenai optimasi tata letak fasilitas menunjukkan bahwa Mixed Integer Linear Programming (MILP) menjadi salah satu metode yang banyak digunakan dalam menyelesaikan permasalahan tata letak. (Li et al., 2025) mengembangkan model MILP untuk mengoptimalkan tata letak fasilitas dengan tujuan meminimalkan total momen perpindahan material. Selanjutnya, (Zhang et al., 2025, 2025) menunjukkan bahwa MILP mampu menghasilkan konfigurasi tata letak yang lebih efisien dengan mempertimbangkan hubungan antar fasilitas dan urutan proses. Penelitian yang dilakukan oleh (Fan et al., 2026) juga membuktikan bahwa model MILP mampu menurunkan total material flow moment melalui optimasi posisi fasilitas produksi. Penelitian yang dilakukan oleh (D. Wang et al., 2025) melaporkan bahwa lebih dari 62% penelitian tata letak pada periode 2021-2024 menggunakan pendekatan pemrograman matematis dan optimasi. Selain itu, (Zhao, 2024; Zhao & Duan, 2024) menunjukkan bahwa penerapan model optimasi mampu mengurangi jarak perpindahan material sebesar 15-35% dibandingkan tata letak konvensional

Meskipun demikian, hasil telaah penelitian terdahulu menunjukkan beberapa kesenjangan penelitian (research gap). Pertama, sebagian besar penelitian masih berfokus pada industri manufaktur umum atau industri pangan skala besar, sedangkan penerapan MILP pada

IKM pengolahan hasil perikanan masih relatif terbatas. Kedua, penelitian sebelumnya lebih banyak menggunakan indikator jarak perpindahan material atau momen perpindahan material, tetapi belum secara khusus mengkaji fenomena backtracking sebagai penyebab utama inefisiensi aliran produksi. Ketiga, integrasi antara optimasi tata letak menggunakan MILP dengan penerapan prinsip Good Manufacturing Practices (GMP) masih jarang dilakukan, padahal GMP merupakan aspek penting dalam industri pengolahan pangan untuk menjamin keamanan dan mutu produk. Kesenjangan tersebut menunjukkan bahwa masih terdapat ruang untuk mengembangkan penelitian mengenai optimasi tata letak yang tidak hanya berorientasi pada efisiensi perpindahan material, tetapi juga mampu memperbaiki pola aliran produksi sesuai standar industri pangan.

Urgensi penelitian ini terletak pada kebutuhan untuk mengatasi permasalahan nyata yang dihadapi oleh IKM pengolahan perikanan di Indonesia, di mana tata letak fasilitas yang tidak sesuai GMP tidak hanya menyebabkan inefisiensi operasional tetapi juga risiko keamanan pangan yang dapat membahayakan konsumen. Direktorat Jenderal Perindustrian (2025) menekankan bahwa IKM perlu didukung dalam meningkatkan daya saing melalui efisiensi proses produksi dan penerapan standar mutu. Selain itu, adanya backtracking sepanjang 19 meter pada PT. ABC mengindikasikan adanya pemborosan yang signifikan dan pelanggaran prinsip forward flow yang diwajibkan dalam regulasi GMP. Kesenjangan tersebut menunjukkan bahwa masih terdapat ruang untuk mengembangkan penelitian mengenai optimasi tata letak yang tidak hanya berorientasi pada efisiensi perpindahan material, tetapi juga mampu memperbaiki pola aliran produksi sesuai standar industri pangan.

Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi model MILP dengan hard constraint GMP dalam perancangan ulang tata letak fasilitas produksi IKM pengolahan hasil perikanan, dengan fokus spesifik pada eliminasi backtracking dan pemisahan area kotor dengan area steril. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang menggunakan pendekatan konvensional, penelitian ini menggunakan optimasi matematis untuk menemukan konfigurasi tata letak global optimum yang menjamin kepatuhan GMP. Penelitian ini juga mengakomodasi ketidakpastian permintaan pasar melalui perhitungan expected flow dengan tiga skenario operasional, sehingga hasil optimasi lebih realistis dan adaptif terhadap fluktuasi produksi.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan perancangan ulang tata letak fasilitas menggunakan pendekatan Mixed Integer Linear Programming (MILP) dengan tujuan meminimalkan total momen perpindahan material dan mengurangi aliran produksi yang bolak-balik (backtracking) pada PT. ABC model optimasi disusun dengan mempertimbangkan berbagai kendala operasional, seperti dimensi fasilitas, luas area produksi, urutan proses, kapasitas alat angkut, serta prinsip Good Manufacturing Practices (GMP). Penyelesaian model dilakukan menggunakan perangkat lunak LINGO untuk memperoleh konfigurasi tata letak yang optimal dan sesuai dengan kondisi aktual perusahaan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif deskriptif, yaitu metode yang bertujuan untuk menggambarkan secara sistematis dan objektif kondisi suatu fenomena berdasarkan data numerik yang terukur. Menurut (Creswell, 2016) penelitian kuantitatif memungkinkan peneliti untuk memperoleh gambaran faktual mengenai suatu system, sehingga dapat menjadi dasar dalam pengambilan keputusan berbasis data. Penelitian ini dilakukan pada PT. ABC yang

bergerak dalam bidang industry pengolahan ikan yang dilaksanakan pada tanggal 28 April 2026. Objek penelitian ini difokuskan pada tata letak fasilitas produksi serta sistem aliran material di dalamnya. Sumber data dalam penelitian ini adalah data primer yang diperoleh dari perusahaan melalui observasi dan dokumentasi. Data sekunder yng diperoleh dari wawancara dengan pimpinan produksi. Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini melalui observasi langsung untuk memperoleh data primer berupa tata letak fasilitas dan aliran material, dan melalui dokumentasi untuk mencatat data teknis seperti jarak antar fasilitas, frekuensi perpindahan material, kapasitas produksi, dimensi fasilitas, kapasitas alat angkut dan urutan proses produksi.

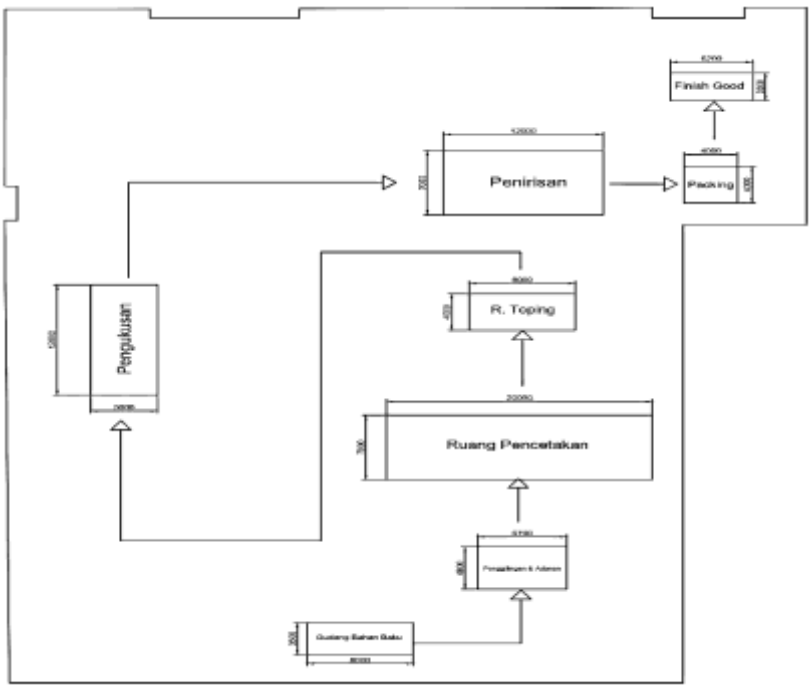
HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap pertama dalam perancangan ulang fasilitas adalah mengidentifikasi fasilitas produksi utama beserta dimensi fisik aktualnya di lantai pabrik. Data dimensi dikumpulkan melalui pengukuran langsung di lapangan. Total terdapat delapan stasiun kerja yang memegang peranan penting dalam mengubah bahan baku menjadi produk jadi berupa siomay ikan.

Tabel 1 Dimensi Fasilitas

No	Fasilitas	Panjang (m)	Lebar (m)
1.	Gudang Bahan Baku	8	3,5
2.	Ruang Giling & Adonan	6,7	4,6
3.	Ruang Pencetakan	20	7
4.	Ruang Toping	8	4
5.	Area Pengukusan	12	5
6.	Ruang Penirisan	12	7
7.	Finish Good	6,2	3
8.	Packing	4	4

Dengan gambaran denah serta aliran produksi yang dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 1 Denah dan Aliran Proses produksi

Tata letak tersebut adalah tata letak awal yang ada di PT. Prima Samudra Nusantara, alur produksi yang sebenarnya adalah dimulai dari Gudang bahan baku, gudang bahan baku merupakan tempat untuk menyimpan bahan baku utama seperti daging ikan dan daging ayam beserta bahan baku pendukung lainnya. Selanjutnya menuju ke penggilingan dan adonan, area ini adalah proses penghancuran bahan baku daging dari tekstur kasar menjadi tekstur yang halus, kemudian dicampur dengan bahan pendukung lainnya. Selanjutnya ke tahap pencetakan, tahap pencetakan adalah tahap mengubah bentuk adonan yang tidak beraturan menjadi bentuk siomay ikan. Selanjutnya menuju ke toping, area toping adalah area untuk menambahkan sedikit variasi pada siomay ikan seperti sayuran wortel yang ditambahkan di atas siomay ikan. Setelah proses toping dilanjutkan dengan pengukusan, proses pengukusan adalah proses mengubah produk siomay ikan dari bahan mentah menjadi setengah jadi. Setelah dari pengukusan, masuk ke tahap penirisan yaitu proses menghilangkan air sisa dari proses pengukusan supaya pada saat masuk ke proses pengemasan produk siomay ikan sudah dalam kondisi yang kering sempurna. Setelah itu masuk ke tahap *packing* atau pengemasan yaitu mengemas produk siomay ikan menjadi ke dalam satuan *pack.* Langkah akhir yaitu masuk ke tahap gudang *finish good*, yaitu gudang untuk menyimpan produk siomay ikan yang sudah jadi dan siap di distribusikan.

Selain mengetahui ukuran ruangan, perancangan tata letak sangat bergantung pada urutan proses produksi. Pada PT. ABC, proses pembuatan siomay ikan melewati sebelas tahapan stasiun (mulai dari bahan baku hingga menjadi barang jadi siap edar) seperti yang dirincikan pada tabel 2 berikut :

Tabel 2 Urutan Proses Produksi

No	Dari	Ke
1.	Gudang	Penghancuran
2.	Penghancuran	Penggilingan
3.	Penggilingan	Penimbangan
4.	Penimbangan	Pengadonan
5.	Pengadonan	Pencetakan
6.	Pencetakan	Toping
7.	Toping	Pengukusan
8.	Pengukusan	Penirisan
9.	Penirisan	ABF
10.	ABF	Packing
11.	Packing	Finish Good

Tabel 3 Jarak Antar Fasilitas

No	Dari	Ke	Jarak (meter)
1.	Gudang Bahan Baku	Penggilingan dan Adonan	13
2.	Penggilingan dan Adonan	Pencetakan	10
3.	Pencetakan	Penggilingan dan Adonan	10
4.	Pencetakan	Toping	5
5.	Toping	Penggilingan dan Adonan	4
6.	Toping	Pencetakan	5
7.	Toping	Pengukusan	22
8.	Pengukusan	Penirisan	6
9.	Penirisan	Packing	8
10.	Packing	Finish Good	4
Total	**Seluruh Rute**		**87**

Sebagai industri yang memproduksi pangan, urutan aliran material ini tidak dapat diletakkan secara acak. Perusahaan terikat pada kepatuhan mutu keamanan pangan atau *good manufacturing practices* (GMP). Pada tata letak eksistimg, fase paling rentan dalam proses pemindahan material terjadi pada lintasan utama produksi, yaitu dari ruang giling & adonan hingga ke area penirisan. Keseluruhan proses pemindahan di fase ini menggunakan troli dorong dengan sistem terbuka tanpa adanya penutup atau pelindung. Hal ini menyebabkan material terus-menerus bersinggungan langsung dengan udara bebas di lingkungan pabrik. Rincian pergerakan material, jarak tempuh, beserta analisis mendalam potensi kontaminasi silang (*cross-contamination*) pada masing-masing tahapan diuraikan sebagai berikut :

1. Pemindahan dari ruang giling dan adonan ke ruang pencetakan berupa adonan mentah olahan ikan yang basah dan sangat sensitive terhadap bakteri. Setelah bahan baku digiling dan diadon, material harus didorong sejauh 10 meter menuju area pencetakan. Karena troli dibiarkan terbuka, adonan mentah ini memiliki potensi besar terpapar partikulat udara, tetesan air, atau debu mikroskopis di lorong pabrik. Jarak ini cukup jauh untuk ukuran pemindahan adonan mentah tanpa pelindung.
2. Pemindahan dari ruang pencetakan ke ruang toping, kondisi adonan basah yang sudah dicetak menjadi bentuk siomay. Jarak perpindahan ini di tahap relative pendek. Namun, karena material dipindahkan dalam kondisi terbuka tepat setelah banyak interaksi sentuhan oleh operator di stasiun pencetakan, produk sangat rawan terhadap paparan udara yang membawa spora atau mikroba ruangan sebelum akhirnya diberi toping.
3. Pemindahan dari ruang toping ke area pengukusan, kondisi ini siomay mentah siap masak yang memiliki nilai tambah tinggi, karena terdapat backtracking atau aliran material yang memutar atau bolak-balik, ini adalah titik pelanggaran GMP yang fatal pada tata letak eksisting. Untuk menuju mesin pengukus, troli yang berisi siomay mentah ini tidak bisa berjalan maju, melainkan harus berbalik arah sejauh 22 meter. Akibat backtracking ini, troli terbuka harus ditarik mundur melewati kembali ruang giling dan adonan (yang menurut GMP bertatus sebagai area kotor). Produk yang sudah bersih dan terbentuk terpaksa terpapar kembali dengan udara di area penggilingan yang dipenuhi sisa-sisa pembersihan ikan mentah, bau amis, dan potensi bakteri pathogen. Terbukanya troli selama menempuh jarak 22 meter melintasi zona kotor menciptakan potensi kontaminasi silang yang sangat tinggi sebelum bakeri tersbut akhirnya dimatikan di mesin pengukus.
4. Pemindahan dari area pengukusan ke ruang penirisan, produk siomay matang, bersuhu panas, dan mengeluarkan uap. Seetelah keluar dari mesin pengukus, produk matang harus segera ditiriskan sejauh 6 meter. Pemindahan produk matang menggunakan troli terbuka sangat beresiko karena uap panas dari siomay ikan akan menarik partikel udara dingin di sekitarnya. Paparan udara bebas pada produk matang dapat menyebabkan penurunan suhu yang tidak merata serta menempelnya spora udara bebas pada permukaan siomay yang basah sebelum produk masuk ke ruang pengemasan steril.

Selain masalah inefisiensi alur, tata letak eksisting PT. ABC ditemukan memiliki celah resiko keamanan pangan yang cukup tinggi. Hal ini disebabkan oleh kombinasi tiga factor seperti sistem transportasi material yang terbuka, panjangnya lintasan paparan, dan pola aliran backtracking.

1. Analisis resiko *open-system handling and airborne contamination*
   Dalam standar GMP, unit pengolahan pangan harus meminimalkan paparan produk terhadap lingkungan sekitar yang berisiko (*environment hazard*). Di pabrik ini, seluruh pemindahan material dari stasiun Giling hingga Penirisan menggunakan troli terbuka tanpa penutup. Dalam industri pengolahan ikan, udara sekitar pabrik seringkali mengandung aerosol mikroba, debu organik, atau spora yang terbawa dari area penerimaan bahan baku atau area penggilingan. Karena troli bersifat terbuka, produk yang bersifat *perishable* (mudah rusak) berada dalam kondisi paparan risiko kontaminasi udara secara langsung (100% *exposure rate*) selama perjalanan material di area proses. Secara teknis, semakin lama durasi dan jarak tempuh produk di area terbuka, semakin tinggi probabilitas partikel kontaminan udara menempel pada permukaan produk.
2. Bahaya *Backtracking* Terhadap Kontaminasi Silang
   Ruang Giling & Adonan adalah titik yang paling rentan terhadap pertumbuhan bakteri karena adanya residu protein ikan mentah yang menempel pada mesin. Saat troli terbuka yang berisi siomay yang sudah dicetak melintas kembali di dekat area kotor (titik *backtracking*), ia terpapar oleh uap bau atau *bio-aerosol* yang dihasilkan dari residu ikan mentah di area penggilingan. Kontaminasi silang ini terjadi secara udara (*airborne*), di mana spora bakteri dari area kotor berpindah ke permukaan siomay yang basah.

Tabel 4 Matriks Resiko GMP

No.	Dari	Ke	Jarak (meter)	Potensi	Status Resiko	Regulasi GMP
1.	Gudang Bahan Baku	R. Giling dan Adonan	13	Waktu paparan suhu ruang yang lama memicu pertumbuhan bakteri pembusuk (histamin) pada bahan mentah, serta paparan debu organik.	Tinggi	**Permen KP No. 17/PERMEN-KP/2019** tentang Persyaratan SKP (Bab II, Persyaratan Kelayakan Dasar). Mewajibkan penanganan bahan baku secara cepat dengan sistem Rantai Dingin (*Cold Chain System*).
2.	R. Giling dan Adonan	R. Pencetakan	10	Adonan basah terekspos percikan air (*droplets*) dan *airborne contamination* dari lalu-lalang operator di lorong utama.	Sedang	**Peraturan Kepala BPOM No. HK.03.1.23.04. 12.2206 Tahun 2012** tentang CPPB-IRT Lampiran B (Bangunan & Fasilitas). Ruangan dan alur pergerakan

						harus didesain untuk meminimalkan paparan kontaminasi silang.
3.	R. Pencetakan	R. Toping	5	Adonan setengah jadi rentan terhadap spora udara dan risiko *human contact* (sentuhan silang antar operator) karena troli tidak memiliki penutup.	Sedang	**Peraturan Kepala BPOM No. HK.03.1.23.04. 12.2206 Tahun 2012** Lampiran F (Pemeliharaan & Program Higiene Sanitasi). Menuntut kebersihan lingkungan fisik dan udara yang dilalui produk basah.
4.	R. Toping	Area Pengukusan	22	**BAHAYA KRITIS,** Troli ditarik mundur melintasi Area Giling. Bakteri patogen dari sisa ikan mentah berpindah secara udara ke produk yang sudah dicetak.	Sangat Tinggi	**Permen KP No. 17/PERMEN-KP/2019** Lampiran I (Prinsip Dasar Tata Letak Unit Pengolahan Ikan). Mewajibkan tata letak berprinsip Aliran Maju (*Forward Flow*) dan melarang keras persilangan alur kotor dan bersih.
5.	Area Pengukusan	R. Penirisan	6	Uap dari siomay bersuhu panas mengikat partikel kotoran udara dingin di sekitar lorong (risiko *post-lethality contamination*)	Tinggi	**Peraturan Kepala BPOM No. HK.03.1.23.04. 12.2206 Tahun 2012** Lampiran I (Pengendalian Proses). Produk matang pasca-pemanasan wajib dijauhkan dari sirkulasi udara luar yang membawa cemaran.
6.	R. Penirisan	R. Packing	8	Siomay matang berpotensi terkena polusi udara sebelum	Tinggi	**Permen KP No. 17/PERMEN-KP/2019**

				dibungkus. Bakteri yang menempel akan ikut terkemas dan merusak umur simpan produk.		Lampiran I (Persyaratan Ruang Pengemasan). Area *packing* wajib steril dan dipisahkan/diisolasi secara fisik dari paparan uap area proses basah.
7.	Packing	Finish Good	4	Produk terlindungi kemasan sekunder, namun berisiko penyok/robek secara fisik jika terjadi benturan di lorong pabrik.	Rendah	**Peraturan Kepala BPOM No. HK.03.1.23.04. 12.2206 Tahun 2012** Lampiran H (Penyimpanan). Penempatan produk akhir wajib dijaga dari kerusakan mekanis dan terlindung dari genangan air.

Permasalahan utama dari tata letak fasilitas eksisting dapat diidentifikasi ketika urutan proses produksi dilakukan plot secara visual di atas denah fasilitas fisik. Lintasan pergerakan material ini di visualisasikan menggunakan garis panah aliran (*flow lines*). Pada awal proses produksi, aliran material berjalan searah dari gudang bahan baku menuju ruang giling dan adonan, berlanjut ke ruang pencetakan, dan menuju ruang toping. Namun, inefisiensi krusial terjadi setelah proses toping selesai. Untuk menuju stasiun pengukusan, aliran material terpaksa berbalik arah secara tajam, melintasi dan memotong kembali area pencetakan serta penggilingan. Pola pergerakan yang berlawanan arah dengan aliran utama produksi ini dikenal sebagai *backtracking* (aliran material bolak-balik). *Backtracking* ini merupakan pemborosan yang menciptakan berbagai kerugian sistemik, antara lain memperpanjang jarak tempuh aliran material yang tidak perlu, menimbulkan resiko antrean antar operator di lorong yang sama (*bottleneck*), serta memperlama waktu perpindahan material yang berpotensi menurunkan suhu dan kesegaran adonan siomay ikan sebelum masuk ke mesin pengukus.

Berdasarkan wawancara dengan pimpinan produksi dalam satu hari rata-rata dapat membuat sampai total 16 dandang adonan olahan ikan, yang dimana dalam satu dandang tersebut mampu menghasilkan 285 pack siomay ikan, jadi dalam satu hari mampu memproduksi 4.560 pack siomay ikan dengan kondisi produksi yang normal dan dalam satu kali angkut troli mampu mengangkut 150 pack dan dengan 26 hari kerja dalam satu bulan.

Aktivitas produksi dibagi menjadi tiga skenario operasional, skenario normal (75%), skenario sibuk (5%), dan skenario tidak sibuk (20%).

1. Skenario Normal
    a. Total produksi: 4.560 pack/hari
    b. Frekuensi harian: 4.560 : 150 = 30,4 ritasi/hari.
    c. Frekuensi bulanan: 30,4 × 26 = 790 ritasi/bulan.

2. Skenario Sibuk
    a. Total produksi: 4.560 + (30%) = 5.928 pack/hari.
    b. Frekuensi harian: 5.928 : 150 = 39,52 ritasi/hari.
    c. Frekuensi bulanan: 39,52 × 26 = 1.028 ritasi/bulan.
3. Skenario tidak sibuk
    a. Total produksi: 4.560 – (30%) = 3.192 pack/hari.
    b. Frekuensi harian: 3.192 : 150 = 21,28 ritasi/hari.
    c. Frekuensi bulanan: 21,28 × 26 = 553 ritasi/hari

Berdasarkan utilitas harian dan kapasitas satu unit troli angkut (sebesar 150 pack dalam satu kali angkut)

$$E\ (Flow) = (0{,}05 \times 1.028) + (0{,}75 \times 790) + (0{,}20 \times 553)$$

$$E\ (Flow) = 51{,}4 + 592{,}5 + 110{,}6 = 754{,}5 \text{ ritasi/bulan.}$$

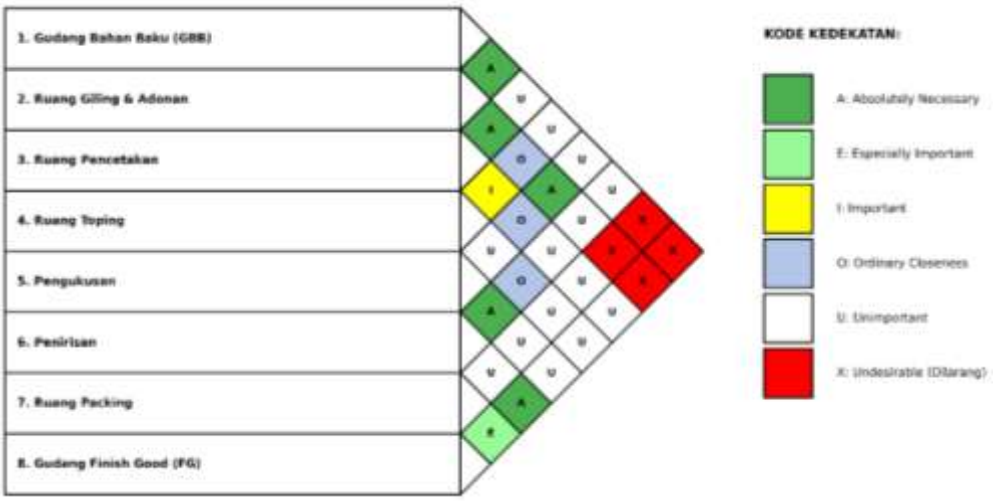
Tabel 5 Matriks Eksisting

Dari/Ke	Gudang	R. Giling & Adonan	R. Pencetakan	R. Toping	Pengukusan	Penirisan	Packing	Finish Good	Total
Gudang		**13**							**13**
R. Giling & Adonan			**10**						**10**
R. Pencetakan		**10**		**5**					**15**
R. Toping		**4**	**5**		**22**				**31**
Pengukusan						**6**			**6**
Penirisan							**8**		**8**
Packing								**4**	**4**
Finish Good									
Total		**27**	**15**	**5**	**22**	**6**	**8**	**4**	**87**

Total nilai forward 13 + 10 + 5 + 22 +6 + 8 +4 = 68 dan nilai backward sebesar 10 + 4 + 5 = 19. Akibat adanya jarak backtracking sepanjang 19 meter yang telah dihitung, berdasarkan matriks eksisting total jarak tempuhnya adalah 87 meter.

Tabel 6 Total Momen Eksisting

No	Rute Perpindahan	Jarak (meter)	Expected Flow	Total Momen
1.	Gudang – Giling dan Adonan	13	754,5	9808,5
2.	Giling dan Adonan - Cetak	10	754,5	7545
3.	Cetak – Giling dan Adonan	10	754,5	7545
4.	Cetak - Toping	5	754,5	3772,5
5.	Toping – Giling dan Adonan	4	754,5	3018
6.	Toping - Pencetakan	5	754,5	3772,5
7.	Toping - Pengukusan	22	754,5	16599
8.	Pengukusan - Penirisan	6	754,5	4527
9.	Penirisan - Packing	8	754,5	6036
10.	Packing – Finish Good	4	754,5	3018
Total	**Seluruh Rute**	**87**	**-**	**65641,5**



Gambar 3 *Activity Relationship Chart*

Tabel 7 Bobot Numerik ARC

Fasilitas	1	2	3	4	5	6	7	8
Gudang Bahan Baku		10					-10	-10
R. Giling & Adonan	10		10	1	10		-10	-10
R. Pencetakan		10		3	1			
R. Toping		1	3			1		
Pengukusan		10	1			10		
Penirisan				1	10			10
Packing	-10	-10						5
Finish Good	-10	-10				10	5	

Diagram *Activity Relationship Chart* (ARC) digunakan untuk memetakan tingkat kepentingan kedekatan antar fasilitas secara kualitatif. Penilaian ini tidak hanya didasarkan pada urutan aliran proses produksi, tetapi juga mempertimbangkan faktor higienitas lingkungan kerja berdasarkan standar *Good Manufacturing Practices* (GMP) pada industri pengolahan pangan. Berdasarkan diagram ARC (Gambar X.X), analisis kodifikasi kedekatan antar 8 fasilitas di PT. Prima Samudra Nusantara dijelaskan sebagai berikut:

a. Derajat A (Mutlak Perlu / Absolutely Necessary)
   Disimbolkan dengan warna hijau tua. Kode ini diberikan secara khusus pada rute aliran material utama yang bergerak secara sekuensial (berurutan). Contohnya adalah hubungan dari Gudang Bahan Baku menuju Ruang Giling & Adonan, serta dari Ruang Giling & Adonan menuju Ruang Pencetakan. Stasiun-stasiun ini wajib didekatkan untuk meminimalkan jarak tempuh (momen) perpindahan material.
b. Derajat E (Sangat Penting) dan I (Penting)
   Disimbolkan dengan warna hijau muda dan kuning. Diberikan pada fasilitas yang memiliki frekuensi interaksi tinggi namun bukan merupakan rute awal, misalnya kedekatan antara Ruang *Packing* dengan Gudang *Finish Good* (E), serta antara Ruang Pencetakan dengan Ruang Toping (I) yang saling mendukung proses pencetakan produk.
c. Derajat O (Kedekatan Biasa) dan U (Tidak Penting)
   Kode O (biru pucat) diberikan pada fasilitas yang memiliki hubungan kelancaran operasional minor. Sedangkan kode U (putih) mendominasi sebagian besar jaring diagram

karena banyak stasiun kerja yang memang tidak memiliki interaksi aliran material maupun personel secara langsung.

d. Derajat X (Dilarang)
Disimbolkan dengan warna merah menyala. Kode ini merupakan batasan mutlak dalam perancangan pabrik industri pengolahan. Derajat X diberikan pada hubungan silang antara Area Kotor (Gudang Bahan Baku dan Ruang Giling & Adonan) dengan Area Steril (Ruang *Packing* dan Gudang *Finish Good*). Penempatan yang berdekatan sangat dilarang untuk mencegah terjadinya kontaminasi silang (*cross-contamination*) berupa debu, kotoran, atau kebisingan ke area produk akhir.

Tabel 8 Matriks Skenario Sibuk

Dari/Ke	Gudang	R. Giling & Adonan	R. Pencetakan	R. Toping	Pengukusan	Penirisan	Packing	Finish Good	Total
Gudang		**1.028**							**1.028**
R. Giling & Adonan			**1.028**						**1.028**
R. Pencetakan		**1.028**		**1.028**					**2.056**
R. Toping		**1.028**	**1.028**		**1.028**				**3.084**
Pengukusan						**1.028**			**1.028**
Penirisan							**1.028**		**1.028**
Packing								**1.028**	**1.028**
Finish Good									
Total Flow		**3.084**	**2.056**	**1.028**	**1.028**	**1.028**	**1.028**	**1.028**	**10.280**

Table 9 Matriks Skenario Normal

Dari/Ke	Gudang	R. Giling & Adonan	R. Pencetakan	R. Toping	Pengukusan	Penirisan	Packing	Finish Good	Total
Gudang		**790**							**790**
R. Giling & Adonan			**790**						**790**
R. Pencetakan		**790**		**790**					**1.580**
R. Toping		**790**	**790**		**790**				**2.370**
Pengukusan						**790**			**790**
Penirisan							**790**		**790**
Packing								**790**	**790**
Finish Good									

Total Flow		**2.370**	**1.580**	**790**	**790**	**790**	**790**	**790**	**7.900**

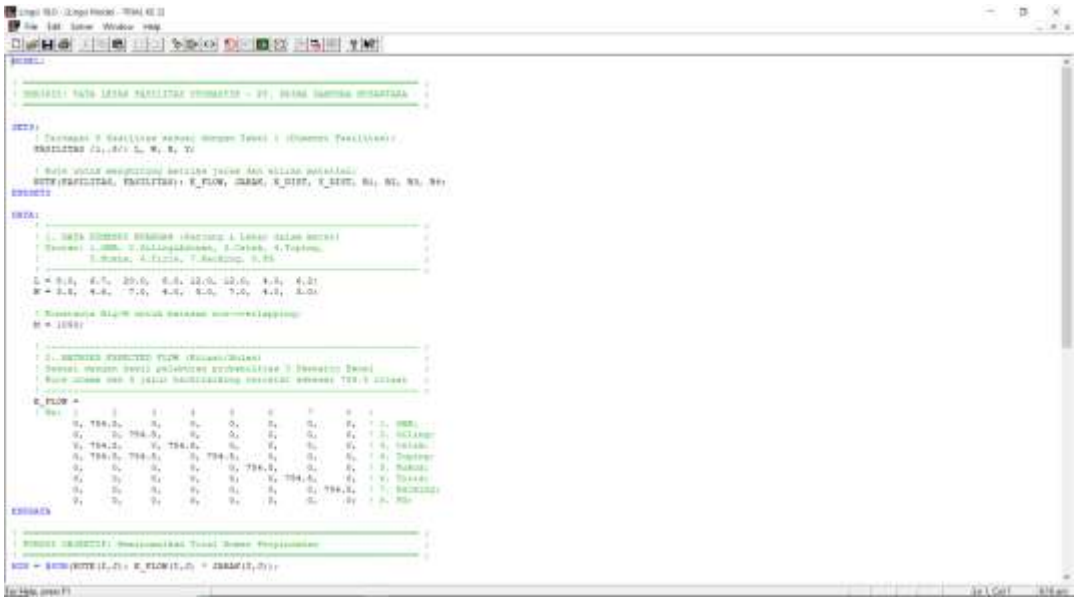
Tabel 10 Matriks Skenario Tidak Sibuk

Dari/Ke	Gudang	R. Giling & Adonan	R. Pencetakan	R. Toping	Pengukusan	Penirisan	Packing	Finish Good	Total
Gudang		**553**							**553**
R. Giling & Adonan			**553**						**553**
R. Pencetakan		**553**		**553**					**1.106**
R. Toping		**553**	**553**		**553**				**1.659**
Pengukusan						**553**			**553**
Penirisan							**553**		**553**
Packing								**553**	**553**
Finish Good									
Total Flow		**1.659**	**1.106**	**553**	**553**	**553**	**553**	**553**	**5.530**

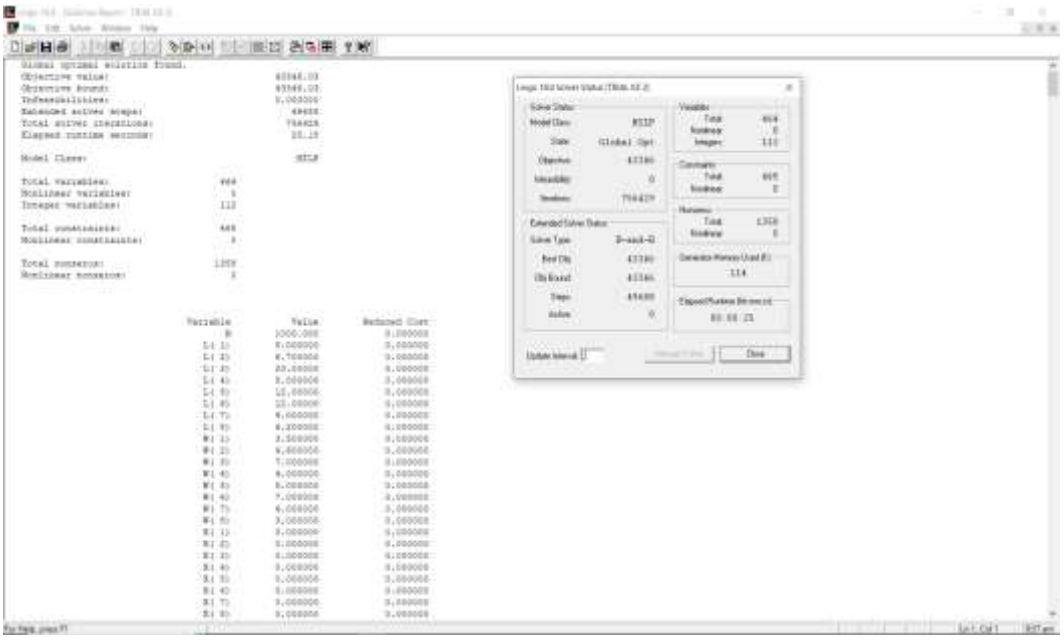
Tahap ini merupakan proses optimasi matematis menggunakan software LINGO untuk meminimalkan beban perpindahan material, model mixed integer linear programming diatur dengan beberapa fungsi kendala utama, yaitu:

1. Memastikan ke-delapan fasilitas produksi tidak saling bertumpuk pada sumbu X maupun sumbu Y berdasarkan dimensi panjang dan lebarnya.
2. Jarak *rectilinear* antara area kotor (fasilitas 1 dan 2) dengan area steril (fasilitas 7 dan 8) dipaksa minimal berjarak 15 meter.

Fungsi tujuan (objective function) diformulasikan untuk meminimalkan *Z*, yaitu jumlah perkalian antara variabek jarak usulan dengan parameter matriks *expected flow*. Proses komputasi diselesaikan oleh solver LINGO dalam hitungan kurang lebih 15 detik dengan status global optimum dan nilai *infeasibilities* 0.000000, yang menandakan seluruh kendala spesial dan standar GMP berhasil terpenuhi tanpa ada pelanggaran. Input *script/coding* untuk LINGO



Gambar 4 Input *Coding Lingo*



Gambar 5 Hasil Output Lingo

Keterangan *global optimum solution found* menunjukkan bahwa model matematis telah berhasil menemukan titik solusi yang paling minimum secara mutlak. Artinya, konfisgurasi tata letak yang dihasilkan oleh LINGO ini adalah susunan letak fasilitas yang paling efisien dan tidak ada lagi kemungkinan susunan lain yang dapat menghasilkan jarak perpindahan material yang lebih pendek dari ini. Angka 43.346,03 ini adalah total momen perpindahan material usulan. Nilai ini merupakan hasil akhir perhitungan fungsi objektif (MIN), di mana ekspektasi aliran yang fluktuatif dikalikan dengan jarak rectilinear antar fasilitas usulan. Nilai ini lebih rendah dari total momen eksisting yang bernilai 65.641,5, jika di hitung maka akan menghasilkan nilai efisiensi sebesar:

$$\text{Efisiensi} = \frac{Total\ Momen\ Eksisting - Total\ Momen\ Usaha}{Total\ Momen\ Eksisting} \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi} = \frac{65.641{,}5 - 43.346{,}03}{Total\ Momen\ Eksisti 65.641{,}5 ng} \times 100\%$$

Efisiensi = $\frac{22.295,47}{65.641,5} \times 100\%$

Efisiensi = 0,33965 × 100% = 33,97%

Hasil komputasi dari Lingo juga berupa letak koordinat untuk menentukan penyusunan tata letak yang baru, berikut adalah letak koordinatnya :

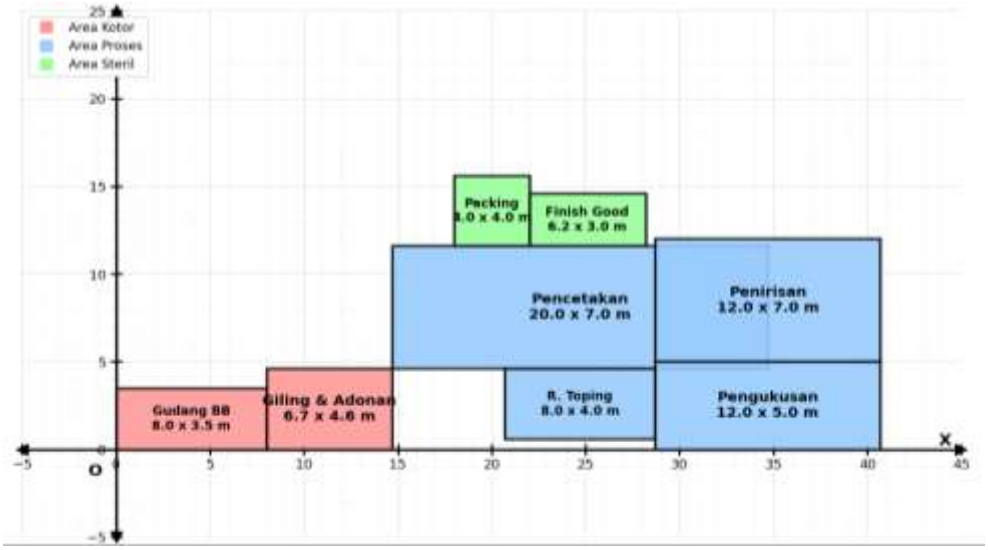
Tabel 11 Koordinat Layout Usulan

No	Fasilitas	Koordinat X	Koordinat Y
1.	Gudang Bahan Baku	4,00	1,75
2.	R. Giling & Adonan	11,35	2,30
3.	Ruang Pencetakan	24,70	8,10
4.	Ruang Toping	24,70	2,60
5.	Pengukusan	34,70	2,50
6.	Penirisan	34,70	8,50
7.	Packing	20,00	13,60
8.	Finish Good	25,10	13,10

Tabel 12 Koordinat Y

Y (1)	**34,85**
Y (2)	30,80
Y (3)	25,00
Y (4)	19,50
Y (5)	15,00
Y (6)	9,00
Y (7)	3,50
Y (8)	0,00

Setelah proses menggunakan bantuan Bahasa pemrograman python maka hasil layout usulan sebagai berikut:



Gambar 6 *Layout* Usulan

Dengan adanya layout usulan yang baru dan mengeliminasi alur bolak-balik yang tidak perlu, maka untuk matrisknya akan berubah juga menjadi seperti berikut:

Tabel 13 Matriks Setelah Optimasi

Dari/Ke	Gudang	R. Giling & Adonan	R. Pencetakan	R. Toping	Pengukusan	Penirisan	Packing	Finish Good	Total
Gudang		**4,05**							**4,05**
R. Giling & Adonan			**5,8**						**5,8**
R. Pencetakan				**5,5**					**5,5**
R. Toping					**4,5**				**4,5**
Pengukusan						**6**			**6**
Penirisan							**5,5**		**5,5**
Packing								**3,5**	**3,5**
Finish Good									
Total		**4,05**	**5,8**	**5,5**	**4,5**	**6**	**5,5**	**3,5**	**34,85**

Hasil minimasi jarak tersebut diperoleh dari pengurangan nilai koordinat sebagai berikut:

a. Y(1) 34,85 – Y(2) 30,80 = 4,05
b. Y(2) 30,80 – Y(3) 25,00 = 5,80
c. Y(3) 25,00 – Y(4) 19,50 = 5,50
d. Y(4) 19,50 – Y(5) 15,00 = 4,50
e. Y(5) 15,00 – Y(6) 9,00 = 6,00
f. Y(6) 9,00 – Y(7) 3,50 = 5,50
g. Y(7) 3,50 – Y(8) 0,00 = 3,50

Dari matriks from to chart diatas diketahui bahwa semua alur produksi sudah berjalan dengan lancer tanpa adanya perpindahan material yang bolak-balik, sehingga dapat meminimalkan total momen perpindahan material serta jarak antar fasilitas yang lebih dekat dengan rincian sebagai berikut

$$\textbf{Efisiensi Jarak} = \frac{Jarak\ Eksisting - Jarak\ Usulan}{Jarak\ Eksisting} \times 100\%$$

$$\textbf{Efisiensi Jarak} = \frac{87-34,85}{87} \times 100\%$$

$$\textbf{Efisiensi Jarak} = \frac{52,15}{87} \times 100\%$$

$$\textbf{Efisiensi Jarak} = 0,599425 \times 100\%$$

$$\textbf{Efisiensi Jarak} = 59,94\%$$

KESIMPULAN

Pendekatan matematis MILP berhasil menemukan konfigurasi tata letak global optimal yang mengubah aliran material acak menjadi aliran garis lurus (straight-line flow). Tata letak usulan terbukti mampu mengeliminasi 100% masalah backtracking (aliran bolak-balik) sepanjang 19 meter yang sebelumnya menjadi titik kemacetan (bottleneck) utama di pabrik. Selain itu, rancangan usulan juga berhasil mematuhi hard constraint terkait good manufacturing practices tanpa adanya pelanggaran (nilai infeasibility nol). Area kotor yang meliputi Gudang bahan baku dan ruang giling dan adonan terbukti berhasil diisolasi dan dipisahkan sejauh lebih dari 15 meter dari area steril (ruang packing dan gudang finish good) guna mencegah resiko kontaminasi silang pada produk pangan. Susunan ruang yang lebih rapat dan sekuensial

berhasil memangkas jarak total lintasan fisik dari 87 meter menjadi 34,85 meter. Penghematan murni ini merepresentasikan tingkat efisiensi spasial sebesar 59,94% yang berdampak langsung pada pemendekan lorong material di lantai produksi. Pergerakan yang lebih singkat mengeliminasi pemborosan tenaga material handling. Total momen perpindahan material bulanan berhasil di reduksi secara drastis dari 65.641,5 meter-ritasi/bulan menjadi 43.346,03 meter-ritasi/bulan. Penurunan ini ekuivalen dengan peningkatan efisiensi kinerja operasional sebesar 33,97% tanpa harus mengurangi volume frekuensi produksi ekspektasi sebesar 754,5 ritasi/bulan

REFERENSI

Boufellouh, R., & Belkaid, F. (2023). Multi-objective optimization for energy-efficient flow shop scheduling problem with blocking and collision-free transportation constraints. *Applied Soft Computing*, *148*, 110884. https://doi.org/10.1016/j.asoc.2023.110884

Creswell, J. W. (2016). Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches. *Manual Therapy*, *16*(1), 103. https://doi.org/10.1016/j.math.2010.09.003

Fan, X., Yang, L., & Zhao, X. (2026). Automated production cutting optimization for minimizing material waste of pipelines in prefabricated MEP systems based on integer programming. *Scientific Reports*.

Kemenperin. (2024). Kemenperin: Jadi Sumber Pertumbuhan Ekonomi, Kinerja Industri Manufaktur Terus Mendaki. In *Siaran Pers Kementerian Perindustrian*. https://www.kemenperin.go.id/

Lee, D., Kim, G.-Y., Yoo, J., Cho, H., An, S., Youn, S., Kim, G. Y., Yu, O., Jung, Y., & Noh, S. D. (2026). Optimization of facility layout using reinforcement learning for semiconductor production. *Journal of Computational Design and Engineering*, *13*(1), 174–189. https://doi.org/10.1093/jcde/qwaf131

Li, H., Zhang, H., Liao, Y., Tian, J., & Kuang, M. (2025). Facility layout optimisation of an intelligent manufacturing unit based on queueing network and deep reinforcement learning. *International Journal of Production Research*, *64*, 1–24. https://doi.org/10.1080/00207543.2025.2568181

Muharni, Y., Febianti, E., & Vahlevi, I. R. (2022). Perancangan tata letak fasilitas gudang pada Hot Strip Mill menggunakan metode Activity Relationship Chart dan Blocplan. *Jurnal Teknik Industri: Jurnal Hasil Penelitian Dan Karya Ilmiah Dalam Bidang Teknik Industri*, *8*(1), 44–51. https://doi.org/10.24014/jti.v7i2.11526

Perikanan, K. K. dan. (2022). Data Kelautan dan Perikanan Triwulan IV Tahun 2022. In *Pusat Data, Statistik dan Informasi*. Sekretariat Jenderal Kementerian Kelautan dan Perikanan.

Perindustrian, D. J. (2025). *Didukung 4,52 Juta Unit Usaha, Menperin Optimistis IKM Percepat Dekarbonisasi Sektor Industri*. Kementerian Perindustrian.

Tompkins, J. A., White, J. A., & Bozer, Y. A. (2010). *Facilities Planning* (4th ed.). John Wiley & Sons.

Wan, X., Zuo, X., & Zhao, X. (2022). A differential evolution algorithm combined with linear programming for solving a closed loop facility layout problem. *Applied Soft Computing*, *121*, 108725. https://doi.org/10.1016/j.asoc.2022.108725

Wang, D., Wu, H., Zheng, W., Zhao, Y., Tian, G., Wang, W., & Chen, D. (2025). A Mixed-Integer Linear Programming Model for Addressing Efficient Flexible Flow Shop Scheduling Problem with Automatic Guided Vehicles Consideration. *Applied Sciences (Switzerland)*, *15*(6), 1–22. https://doi.org/10.3390/app15063133

Wang, Z., & Xu, C. (2023). A thin-provisioned and functionalized memetic algorithm for the single row facility layout problem. *Applied Soft Computing*, *146*, 110716. https://doi.org/10.1016/j.asoc.2023.110716

Widarman. (2024). Penjadwalan produksi label menggunakan metode Palmer untuk meminimasi makespan di CV. PQR. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi (JUTIN)*, *7*(3), 1641–1649. https://doi.org/10.31004/jutin.v7i3.30829

Yusriski, R., Nasution, A. R. K., Lukas, L., Wijayanti, L., & Octaviani, S. (2023). Two-Machine Flow Shop Batch Scheduling Model to Minimize Total Actual Flow Time. *Jurnal Teknik Industri*, *25*(2), 179–194. https://doi.org/10.9744/jti.25.2.179-194

Zhang, Z., Wang, X., Wang, X., Cai, Y., & Zhang, C. (2022). Energy-saving oriented manufacturing workshop facility layout: A solution approach using Multi-Objective Particle Swarm Optimization. *Sustainability*, *14*(5), 2788. https://doi.org/10.3390/su14052788

Zhang, Z., Zhang, Y., Chen, F., Liu, J., & Wang, C. (2025). Optimizing Multi-Row Layouts With the Through-Aisle Structure: A Hybrid Approach of Teaching-Learning-Based Optimization and Linear Programming. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, *22*, 4972–4987. https://doi.org/10.1109/TASE.2024.3414133

Zhao, Y. (2024). Research on equipment layout of multi-layer circular manufacturing cell based on NSGA III. *PLoS ONE*, *19*(12), 1–28. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0312364

Zhao, Y., & Duan, D. (2024). Workshop Facility Layout Optimization Based on Deep Reinforcement Learning. *Processes*, *12*(1), 201. https://doi.org/10.3390/pr12010201