



PAPER – **OPEN ACCESS**

Perancangan Tata Letak Lantai Produksi Menggunakan Pendekatan Group Technology Layout dan Analisis Biaya Material Handling pada PT XYZ

Author : Sanjaya Baroar Sakti Nasution, et al
DOI : 10.32734/ee.v9i2.2828
Electronic ISSN : 2654-704X
Print ISSN : 2654-7031

Volume 9 Issue 2 – 2026 TALENTA Conference Series: Energy & Engineering (EE)



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/).
Published under licence by TALENTA Publisher, Universitas Sumatera Utara



Perancangan Tata Letak Lantai Produksi Menggunakan Pendekatan *Group Technology Layout* dan Analisis Biaya *Material Handling* pada PT XYZ

Sanjaya Baroar Sakti Nasution^a, Alvin Fauzi Malik^{b*}, Marthin Paulido Siahaan^b, Safira Azizah Harahap^b, Friyenco Gelvanos Sinaga^b

^aProgram Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Medan, 20155, Indonesia

^bDepartment of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Sumatera Utara, Medan, 20155, Indonesia

sanjayabaroar@usu.ac.id, alfinfauzi@usu.ac.id, marthinpaulido@gmail.com, safiraazizahhrp01@gmail.com, friyencogelvanossinaga@gmail.com

Abstrak

Efisiensi operasional merupakan faktor krusial bagi korporasi dalam mempertahankan daya saing di tengah volatilitas pasar global. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh kondisi tata letak fasilitas pada PT XYZ yang belum optimal, di mana alur distribusi antarstasiun kerja masih panjang dan berbelit. Masalah utama yang teridentifikasi meliputi terjadinya pola aliran bersilang (*cross-tracking*) dan penumpukan barang yang memicu pembengkakan biaya operasional serta menurunkan produktivitas. Guna mengatasi kompleksitas tersebut, penelitian ini menerapkan filosofi *Group Technology* (GT) untuk mengelompokkan komponen sejenis ke dalam *family part* berdasarkan kemiripan proses manufaktur. Tujuan penelitian adalah merancang ulang tata letak fasilitas untuk membentuk sel-sel produksi yang efisien serta mereduksi jarak perpindahan material. Hasil analisis menunjukkan bahwa implementasi *Group Technology Layout* (GTL) mampu mengoptimalkan alur kerja dan secara finansial berhasil mereduksi total ongkos *material handling* secara signifikan dibandingkan kondisi awal.

Kata Kunci: *Aisle Distance; Direct Clustering Algorithm; From To Chart; Group Technology Layout; Material Handling*

Abstract

Operational efficiency is a crucial factor for corporations to maintain competitiveness amidst global market volatility. This research is driven by the suboptimal facility layout at PT XYZ, where the distribution flow between workstations remains long and convoluted. The primary issues identified include *cross-tracking* flow patterns and material accumulation, which trigger increased operational costs and decrease overall productivity. To address these complexities, this study implements the *Group Technology* (GT) philosophy to group similar components into part families based on manufacturing process similarities. The research objective is to redesign the facility layout to form efficient production cells and reduce material movement distances. Analytical results demonstrate that the implementation of a *Group Technology Layout* (GTL) optimizes workflow and financially succeeds in significantly reducing total material handling costs compared to the initial conditions.

Keywords: *Aisle Distance; Direct Clustering Algorithm; From To Chart; Group Technology Layout; Material Handling*

1. Pendahuluan

Dinamika industri global menuntut setiap entitas manufaktur untuk senantiasa meningkatkan efisiensi operasional guna menjaga keunggulan kompetitif [1]. Salah satu determinan utama dalam pencapaian hal tersebut adalah optimalisasi desain tata letak fasilitas yang berorientasi pada minimasi jarak transportasi material. Konfigurasi lintasan produksi yang tidak terstruktur umumnya berdampak pada perpanjangan jarak perpindahan, hambatan pemenuhan jadwal, serta penurunan utilitas kapasitas, yang pada akhirnya bermuara pada eskalasi biaya produksi [2].

Fenomena ketidakefektifan alur kerja ini teramati secara nyata pada PT XYZ. Berdasarkan pengamatan, pengaturan posisi fasilitas produksi di perusahaan tersebut belum optimal, ditandai dengan alur distribusi yang panjang dan berbelit antarstasiun kerja yang saling terkait. Kondisi ini menyebabkan terjadinya penumpukan barang serta pola aliran yang saling bersilangan (*cross-tracking*), yang berujung pada meningkatnya waktu siklus produksi. Lingkungan kerja yang kurang terorganisir ini menghambat fleksibilitas PT XYZ dalam merespons fluktuasi pesanan serta menurunkan produktivitas secara keseluruhan.

Guna mengatasi kompleksitas tersebut, metode *Group Technology* (GT) menjadi solusi yang relevan dengan mengelompokkan komponen sejenis ke dalam *family part* berdasarkan kesamaan desain dan proses manufaktur. Melalui pendekatan ini, perusahaan dapat mengidentifikasi sel-sel mesin (manufacturing cell) secara teratur untuk memfasilitasi produksi setiap kelompok komponen[3]. Pembentukan sel permesinan ini bertujuan untuk menciptakan aliran proses yang lebih linear, menyederhanakan pengawasan, serta mempercepat identifikasi masalah pada setiap tahapan manufaktur[4].

Integrasi stasiun kerja yang disesuaikan dengan urutan fabrikasi komponen mampu mengakselerasi proses transisi dengan tingkat presisi yang lebih tinggi [5]. Implementasi strategi ini menjadi esensial bagi PT XYZ dalam memitigasi isu keterlambatan pemenuhan permintaan yang diakibatkan oleh fragmentasi aliran produksi[6].

Berdasarkan pada permasalahan utama tersebut, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk merancang kembali tata letak dari fasilitas PT XYZ menggunakan metode *Group Technology Layout*. Fokus penelitian diarahkan pada identifikasi pengelompokan mesin yang optimal guna membentuk sel-sel produksi yang efisien serta mengevaluasi efektivitasnya dalam mereduksi jarak perpindahan material. Hasil rancangan ini diharapkan mampu meningkatkan kelancaran aliran produksi dan memperkuat posisi kompetitif PT XYZ melalui sistem manufaktur yang lebih ramping dan efisien.

2. Metode Penelitian

2.1. Group Technology

Group technology, yang dipelopori oleh Mitrofanov dan dikembangkan secara komprehensif oleh Burbidge, merupakan sebuah filosofi manufaktur yang menitikberatkan pada identifikasi serta pengelompokan komponen-komponen sejenis [7]. Pendekatan ini memanfaatkan kemiripan desain dan proses produksi untuk mengoptimalkan efisiensi operasional. Melalui reduksi waktu siklus manufaktur (*lead time*) serta penyederhanaan aktivitas perencanaan dan penjadwalan, ini mampu mendukung prinsip produksi massal, bahkan pada volume produksi yang rendah hingga menengah[8].

2.2. Material Handling

Material handling (ongkos pelayanan) merupakan sistem pemindahan material dalam industri manufaktur yang mencakup mobilisasi dari bahan baku, barang-barang yang masih setengah jadi, hingga menjadi produk yang sudah jadi di seluruh tahapan proses produksi sesuai urutan operasi yang telah ditetapkan[9]. Aktivitas ini berfokus pada pengaturan alur transportasi barang secara sistematis guna menjamin kelancaran distribusi antarstasiun kerja. Implementasi metode penanganan material yang tepat dipandang sebagai solusi optimal untuk meminimalkan hambatan logistik serta mendukung tercapainya efisiensi operasional yang lebih tinggi di rantai produksi [10].

2.3. Direct Clustering Algorithm

Metode *Direct Clustering Algorithm* (DCA) merupakan algoritma yang digunakan untuk mengelompokkan seluruh mesin-mesin ke dalam sel manufaktur dan juga komponen ke dalam suatu *family part* yang sama berdasarkan matriks kejadian mesin-komponen[11]. Melalui pendekatan ini, kompleksitas aliran produksi dapat disederhanakan secara signifikan sehingga dapat mendukung terciptanya sistem manufaktur yang terorganisir dan efisien[12].

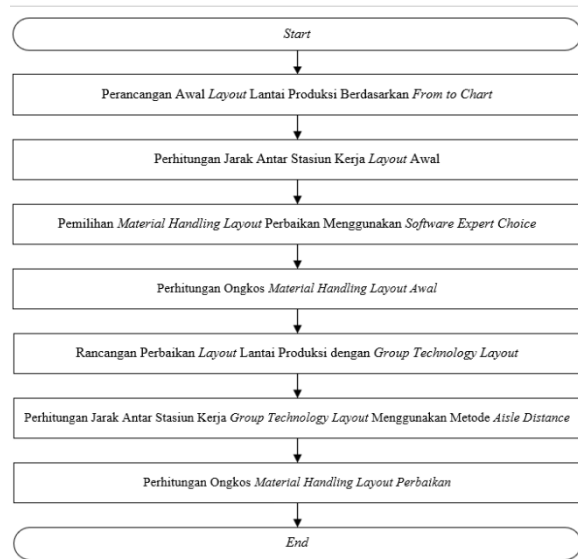
2.4. From to Chart

From to Chart yaitu sebuah matriks konvensional yang dapat digunakan dengan tujuan untuk merencanakan tata letak dari fasilitas dengan cara memetakan volume perpindahan material atau frekuensi transportasi antarstasiun kerja dalam suatu sistem produksi[13]. Dengan mengidentifikasi intensitas perpindahan tersebut, perusahaan dapat menentukan urutan mesin atau departemen yang paling optimal guna meminimalkan pola aliran yang tidak efisien seperti cross-tracking[14]. Selain berperan dalam penyusunan tata letak, data dari matriks ini juga menjadi landasan utama dalam mengevaluasi performansi sistem manufaktur melalui perhitungan efisiensi dan efikasi kelompok mesin..

2.5. Aisle Distance

Metode *aisle distance* ialah teknik perhitungan dari jarak aktual yang didasarkan pada lintasan nyata yang dilalui oleh sarana penanganan material[15]. Penentuan jarak ini menggunakan input data berupa titik koordinat yang diambil dari tata letak awal lantai produksi untuk merepresentasikan alur perpindahan secara presisi. Dengan mempertimbangkan lorong dan jalur lintasan yang tersedia, metode ini mampu menghasilkan estimasi waktu serta biaya distribusi material yang lebih akurat dibandingkan perhitungan jarak garis lurus[16].

Flowchart langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Langkah Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Perancangan Awal dari Layout pada Lantai Produksi Berdasarkan Perhitungan From to Chart

Berdasarkan hasil pengolahan *from to chart* didapatkan bahwa urutan mesin yang paling baik dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Urutan Mesin Alternatif Terpilih

Setelah mengetahui urutan mesin, selanjutnya adalah perancangan awal *layout* lantai produksi. Langkah – langkah perancangan awal dari *layout* pada lantai produksi berdasarkan perhitungan *from to chart* adalah sebagai berikut.

3.1.1. Perhitungan Luas Area Stasiun

Rekapitulasi hasil perhitungan total luas area stasiun dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Luas Area Stasiun

Mesin	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Jumlah Mesin	Luas dari Area Mesin (cm ²)	Total Luas dari Area Mesin (cm ²)	Total Luas Lantai Mesin (cm ²)	Total luas Lantai Mesin (m ²)
Cutting	312	207	2	64584	129168	302562	31
Gerinda	263	170	1	44710	44710	130903,4	14
Milling	261	204	2	53244	106488	259416	26
Drilling	220	160	2	35200	70400	194376,4	20
Bubut	294	188	2	55272	110544	269281,2	27
Tap and Dies	240	170	1	40800	40800	124256,4	13
Gergaji Potong	240	200	1	48000	48000	136496,4	14
Mesin Las	233	172	1	40076	40076	123025,6	13
Assembly	120	180	1	21600	21600	91616,4	10
Cutting	312	207	2	64584	129168	302562	31
Total						1631933,8	168

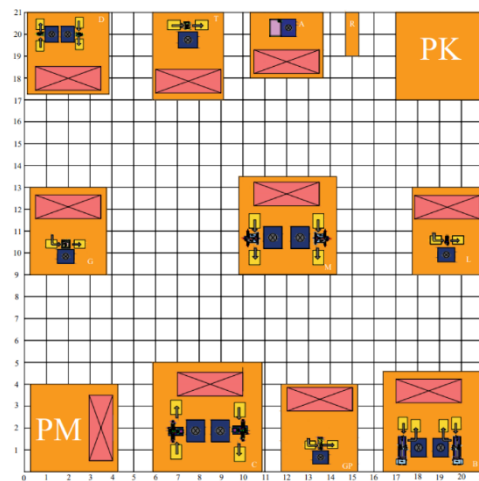
3.1.2. Perhitungan dari Luas pada Lantai Produksi

Rekapitulasi hasil perhitungan total luas area stasiun dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Luas Area Stasiun

Parameter	Nilai (m ²)
Luas pada Lantai Produksi	202
Luas <i>Allowance</i> pada Lantai Produksi	141,4
Luas <i>Allowance</i> Gang Antar Area Mesin	80,8
Total Luas Lantai Produksi	424,2
Luas pada Lantai Produksi Teoritis	20,6
Luas pada Lantai Produksi Aktual	21

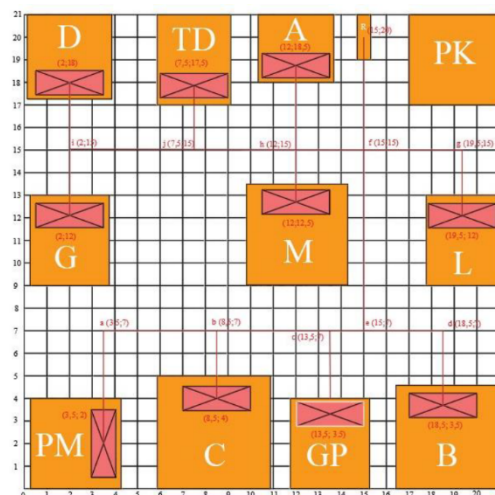
Berdasarkan hasil perhitungan diatas, maka dapat dilakukan perancangan layout awal pada masing-masing area mesin. Layout awal yang sudah dirancang menggunakan bantuan software AutoCAD dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Layout Awal

3.2. Perhitungan dari Jarak Antar Stasiun Kerja Layout Awal

Perhitungan dari jarak antar stasiun kerja dilakukan dengan menggunakan perhitungan *aisle distance*. Adapun titik koordinat tiap stasiun kerja yang ada dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Titik Koordinat Setiap Stasiun Kerja

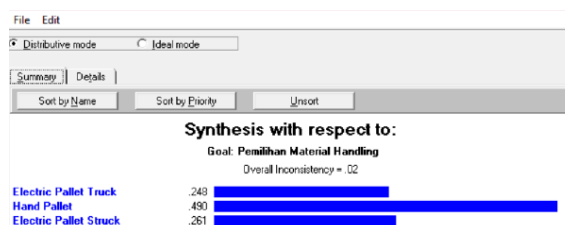
Berdasarkan dari jarak antar setiap stasiun kerja didapatkan rekapitulasi perpindahan *part* yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Luas Area Stasiun

No	Perpindahan	Part yang Dipindahkan	Jarak (m)
1		Pemutar Ulir	13,00
2	Pintu Masuk-Cutting	Tutup Pemutar	13,00
3		Dudukan	13,00
4		Penjepit Berjalan	13,00
5	Pintu Masuk-Gergaji Potong	Badan Ragum	18,50
6		Ulir	18,50
7	Gergaji Potong	Pemutar Ulir	16,50
8	Mesin Las	Dudukan	25,00
9	Cutting-Drilling	Tutup Pemutar	33,50
10		Penjepit Berjalan	33,50
11	Gergaji Potong-Bubut	Badan Ragum	12,00
12		Ulir	12,00
13		Badan Ragum	17,00
14	Bubut-Milling	Ulir	31,00
15	Bubut-Drilling	Pemutar Ulir	20,50
16	Las-Gerinda	Dudukan	23,50
17	Milling-Drilling	Badan Ragum	15,50
18	Gerinda-Drilling	Dudukan	6,00
19	Drilling-Tap and Dies	Badan Ragum	11,00
20		Ulir	11,00
21		Dudukan	11,00
22	Drilling-Assembly	Penjepit Berjalan	11,00
23		Tutup Pemutar	16,50
24	Tap and Dies-Assembly	Badan Ragum	10,50
25		Ulir	10,50
26		Dudukan	10,50
27	Assembly-Rak	Penjepit Berjalan	10,50
28		Ragum	13,00

3.3. Pemilihan dari Material Handling Layout Perbaikan Menggunakan Expert Choice

Berdasarkan pemilihan dari material handling layout perbaikan dengan menggunakan Expert Choice, dapat disimpulkan bahwa *material handling* yang dipilih adalah *Hand Pallet* dengan nilai 0,490 dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pemilihan Material Handling Menggunakan Software Expert Choice

3.4. Perhitungan dari Ongkos Material Handling pada Layout Awal

Rekapitulasi perhitungan dari ongkos *material handling* pada *layout* awal dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi dari Ongkos Material Handling pada Layout Awal

No	Part	Material Handling	Ongkos Total Material Handling (Rp)
1	Badan Ragum	Foklift	6589,37
2	Ulir	Foklift	6589,37
3	Pemutar Ulir	Foklift	3969,50
4	Tutup Pemutar	Foklift	5001,57
5	Dudukan	Foklift	7065,71
6	Penjepit Berjalan	Foklift	5398,52
7	Ragum Jadi	Foklift	1032,07
Total			34614,04

3.5. Rancangan Perbaikan dari Layout pada Lantai Produksi dengan menggunakan Group Technology Layout

Pengelompokan-pengelompokan sel mesin dan *part* terbagi ke dalam 2 kelompok yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Pen gelompokan Part-Mesin

Sel	Part	Mesin
1	Badan Ragum, Dudukan, Ulir	Milling, Gerinda, Las, Gergaji Potong, Bubut, Cutting, Tap and Dies, Drilling, Assembly
2	Penjepit Berjalan, Pemutar Ulir, Tutup Pemutar	Tap and Dies, Assembly, Bubut 2, Cutting 2, Drilling 2

Hasil perhitungan performansi adalah sebagai berikut.

$$Group\ Efficacy = 0,60$$

$$Group\ Efficiency = 0,80$$

Selanjutnya yaitu melakukan penyusunan urutan mesin. Penyusunan *From To Chart* kelompok mesin 1 dapat pula dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. *From To Ratio* Kelompok Mesin 1

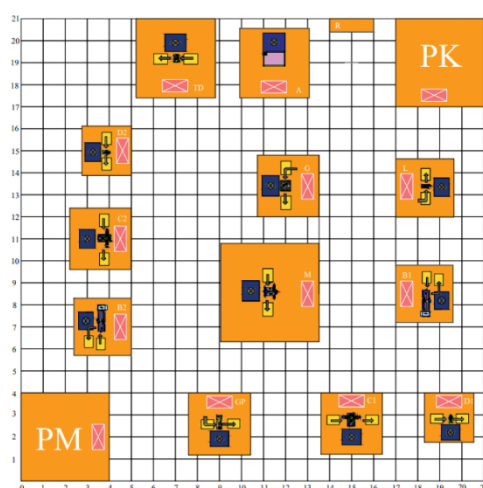
Mesin	From	To	Ratio	Rank
Milling	247	247	1	6
Gerinda	247	247	1	7
Las	247	247	1	8
Gergaji Potong	494	0	-	1
Bubut	494	494	1	5
Cutting	247	0	-	2
Tap and Dies	741	741	1	3
Drilling	741	741	1	4

Selanjutnya yaitu melakukan penyusunan urutan mesin. Penyusunan *From To Chart* kelompok mesin 2 dapat pula dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. *From To Ratio* Kelompok Mesin 2

Mesin	From	To	Ratio	Rank
Tap and Dies	247	494	0,5	4
Assembly	0	494	0	5
Bubut	247	247	1	3
Cutting	741	0	-	1
Drilling	494	494	1	2

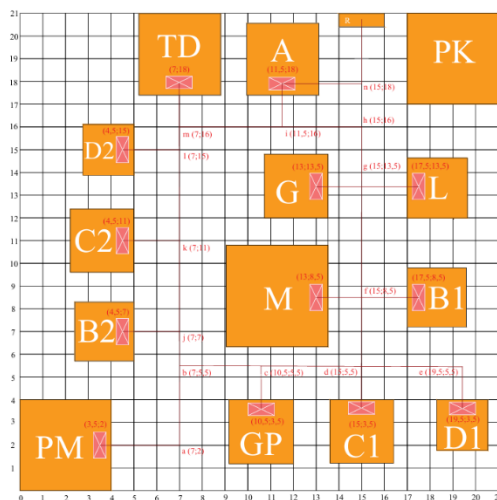
Hasil dari penggambaran rancangan *layout* berdasarkan hasil dari *Group Technology Layout* (GTL) dapat pula dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Rancangan dari Perbaikan *Layout* dengan Metode *Group Technology Layout* Menggunakan Software AutoCAD

3.6. Perhitungan dari Jarak Antar Stasiun Kerja Menggunakan Metode Aisle Distance

Adapun titik koordinat tiap stasiun kerja dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Titik Koordinat Rancangan Perbaikan dari Layout Metode Aisle Distance

Rekapitulasi data jarak perpindahan antar stasiun-stasiun kerja rantai produksi dengan menggunakan *aisle distance* pada *layout* perbaikan *group technology layout* dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Rekapitulasi Luas Area Stasiun

No	Perpindahan	Part yang Dipindahkan	Jarak (m)
1	Pintu Masuk-Cutting 1	Dudukan	17,00
2		Pemutar Ulir	15,00
3	Pintu Masuk-Cutting 2	Tutup Pemutar	15,00
4		Penjepit Berjalan	15,00
5	Pintu Masuk-Gergaji Potong	Badan Ragum	12,50
6		Ulir	15,00
7	Cutting 2-Bubut 2	Pemutar Ulir	13,00
8	Cutting 1-Las	Dudukan	12,50
9	Cutting 2-Drilling 2	Tutup Pemutar	9,00
10		Penjepit Berjalan	9,00
11	Gergaji Potong-Bubut 1	Badan Ragum	12,00
12		Ulir	12,00
13	Bubut 1-Milling	Badan Ragum	4,50
14	Bubut 1-Drilling 1	Ulir	12,00
15	Bubut 2-Assembly	Pemutar Ulir	18,00
16	Las-Gerinda	Dudukan	4,50
17	Milling-Drilling 1	Badan Ragum	11,50
18	Gerinda-Drilling 1	Dudukan	20,17
19		Badan Ragum	27,00
20	Drilling 1-Tap and Dies	Ulir	27,00
21		Dudukan	26,00
22	Drilling 2-Tap and Dies	Penjepit Berjalan	5,50
23	Drilling 2-Assembly	Tutup Pemutar	15,00
24		Badan Ragum	8,50
25		Ulir	8,50
26	Tap and Dies-Assembly	Dudukan	8,50
27		Penjepit Berjalan	8,50
28	Assembly-Ragum	Ragum	5,50

3.7. Perhitungan Ongkos dari Material Handling pada Layout Perbaikan

Rekapitulasi perhitungan ongkos dari *material handling* pada *layout* perbaikan dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Rekapitulasi Ongkos dari *Material Handling* pada *Layout* Perbaikan

No	Part	Material Handling	Ongkos Total <i>Material Handling</i> (Rp)
1	Badan Ragum	<i>Hand Pallet</i>	6033,64
2	Ulir	<i>Hand Pallet</i>	5914,56
3	Pemutar Ulir	<i>Hand Pallet</i>	3651,94
4	Tutup Pemutar	<i>Hand Pallet</i>	3532,86
5	Dudukan	<i>Hand Pallet</i>	7039,51
6	Penjepit Berjalan	<i>Hand Pallet</i>	3016,82
7	Ragum Jadi	<i>Hand Pallet</i>	436,65
Total			29189,32

Setelah ongkos *material handling layout* perbaikan diketahui, kemudian dilakukan pula perbandingan dengan ongkos dari *material handling layout* awal. Perbandingan ongkos dari *material handling layout* awal dan perbaikan dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Perbandingan Ongkos dari *Material Handling* pada *Layout* Awal dan Perbaikan

No	Part	Ongkos Total <i>Material Handling</i> (Rp)	
		<i>Layout</i> Awal	<i>Layout</i> Perbaikan
1	Badan Ragum	6589,37	6033,64
2	Ulir	6589,37	5914,56
3	Pemutar Ulir	3969,50	3651,94
4	Tutup Pemutar	5001,57	3532,86
5	Dudukan	7065,71	7039,51
6	Penjepit Berjalan	5398,52	3016,82
7	Ragum Jadi	1032,07	436,65
Total		34614,04	29189,32

Berdasarkan tabel perbandingan diatas, diketahui bahwa rancangan *layout* perbaikan dengan metode *Group Technology Layout* (GTL) memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan *layout* awa. Hal ini dapat dilihat pada ongkos dari *material handling layout* perbaikan dengan *Group Technology Layout* (GTL) yaitu senilai Rp29.745.051 lebih sedikit dibandingkan dengan ongkos dari *material handling layout* awal senilai Rp35.646.110.

4. Online license transfer

Permasalahan operasional pada rantai produksi dipicu oleh ketidakefisienan tata letak fasilitas yang mengakibatkan tingginya biaya penanganan material. Penelitian ini bertujuan untuk merancang perbaikan struktur rantai produksi melalui implementasi metode *Group Technology Layout* (GTL) guna mengoptimalkan alur kerja. Hasil pengolahan data menetapkan *Hand Pallet* sebagai sarana angkut terpilih dengan nilai probabilitas 0,490. Analisis performansi menunjukkan nilai *Group Efficacy* sebesar 0,60 dan *Group Efficiency* mencapai 0,80. Secara finansial, penerapan GTL terbukti lebih efektif dengan mereduksi total ongkos *material handling* dari Rp35.646.110 pada kondisi awal menjadi Rp29.745.051 pada rancangan *layout* perbaikan..

References

- [1] D. Irawan, P. P. Haswin, and H. P. Gresik, "EVALUASI LAYOUT PROSES PRODUKSI DENGAN PENDEKATAN GROUP TECHNOLOGY DI PT. HASWIN HIJAU PERKASA GRESIK," vol. XVI, no. 2, pp. 19–30, 2016, doi: 10.30587/matrik.
- [2] R. Fauzi, S. Hartanti, T. H. Safitri, A. P. Rifai, and A. Saifurrahman, "Analisis Tata Letak Produksi CNC Batik dengan Group Technology dan Particle Swarm Optimization," *Go-Integratif: Jurnal Teknik Sistem dan Industri*, vol. 4, no. 02, pp. 132–147, Mar. 2024, doi: 10.35261/gijtsi.v4i02.10950.
- [3] A. Al-Zuheri, H. S. Ketan, and I. Vlachos, "Grouping technology and a hybrid genetic algorithm-desirability function approach for optimum design of cellular manufacturing systems," *IET Collaborative Intelligent Manufacturing*, vol. 4, no. 4, pp. 267–285, Dec. 2022, doi: 10.1049/cim2.12053.
- [4] M. A. Sellitto, "Analysis of the Use of Similarity Coefficients in Manufacturing Cell Formation Processes," *Applied System Innovation*, vol. 8, no. 1, Feb. 2025, doi: 10.3390/asi8010023.
- [5] R. Saraswati, A. Azhar, and D. D. Kunhadi, "PERANCANGAN GROUP TECHNOLOGY LAYOUT DI PT DPS SURABAYA DENGAN METODE SIMULASI DAN DENGAN METODE SIMULASI DAN TAGUCHI."
- [6] N. Van Thanh, N. T. N. Thanh, and N. Viet Tinh, "Group Technology for Optimizing Manufacturing Facility Layout," *ARRUS Journal of Engineering and Technology*, vol. 1, no. 1, pp. 9–17, Aug. 2021, doi: 10.35877/jetech512.
- [7] D. H. Dhayef, S. S. A. Al-Zubaidi, L. A. H. Al-Kindi, and E. B. Tirkolae, "Cell formation and layout design using genetic algorithm and TOPSIS: A case study of Hydraulic Industries State Company," *PLoS One*, vol. 19, no. 1 January, Jan. 2024, doi: 10.1371/journal.pone.0296133.
- [8] Md. K. Uddin, Md. S. Islam, M. A. Jahin, Md. S. I. Seam, and M. F. Mridha, "Solving generalized grouping problems in cellular manufacturing systems using a network flow model," *Journal of Intelligent Manufacturing and Special Equipment*, pp. 1–30, Apr. 2026, doi: 10.1108/JIMSE-01-2026-0001.
- [9] Z. Soufi, P. David, and Z. Yahouni, "A methodology for the selection of Material Handling Equipment in manufacturing systems," in *IFAC-PapersOnLine*, Elsevier B.V., 2021, pp. 122–127. doi: 10.1016/j.ifacol.2021.08.193.
- [10] D. R. Satish and S. Vp, "A Study On Warehouse Management And Material Handling Process At Polkart Logistics," 2023.
- [11] A. Moujahid and F. Dornaika, "Advanced unsupervised learning: a comprehensive overview of multi-view clustering techniques," *Artif. Intell. Rev.*, vol. 58, no. 8, Aug. 2025, doi: 10.1007/s10462-025-11240-8.

- [12] G. C. Potdar, S. U. Sapkal, and A. S. Shivade, "Modified direct clustering algorithm for group formation in cellular manufacturing," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1049, no. 1, p. 012019, Jan. 2021, doi: 10.1088/1757-899x/1049/1/012019.
- [13] R. Adipura and P. Eka Dewi Karunia Wati, "Relayout Fasilitas Produksi di UD. X Menggunakan Metode FTC dan Simulasi Diskrit untuk Efisiensi Material Handling," vol. 12, no. 1, 2025.
- [14] A. Azis Alghushan, M. Nuruddin, and S. S. Dahda, "Proposed Improvement Of Facility Layout In Production Area In Ud. Arshaindo Using The From To Chart (Ftc) Method."
- [15] D. Ueno and E. Hirata, "The Optimization of Picking in Logistics Warehouses in the Event of Sudden Picking Order Changes and Picking Route Blockages," *Mathematics*, vol. 12, no. 16, Aug. 2024, doi: 10.3390/math12162580.
- [16] V. Kapou, S. T. Ponis, G. Plakas, and E. Aretoulaki, "An Innovative Layout Design and Storage Assignment Method for Manual Order Picking with Respect to Ergonomic Criteria," *Logistics*, vol. 6, no. 4, Dec. 2022, doi: 10.3390/logistics6040083.