

Simulated Annealing untuk Perancangan Tata Letak Industri Furniture dengan Model Single dan Double Row Layout

Devita Ayuni Kusumaningsih¹, Ahmad Fadhil Azim², Disya Amalia I khsani Ulil Albab³, Feishal Rey Hans⁴, Filbert Korin⁵, Rafi Naufal Al Mochtari Pohan⁶, Vhysnu Satya Ananta⁷, Achmad Pratama Rifai^{8*}

^{1,2,3,4,5,6,7,8} Departemen Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada
Jalan Grafika No. 2, Yogyakarta 55281

¹devitaayuni@mail.ugm.ac.id

^{8*}achmad.p.rifai@ugm.ac.id

Simulated Annealing for Furniture Industry Layout Design with Single and Double Row Layout

Dikirimkan : 09, 2021. Diterima : 03, 2022. Dipublikasikan : 03, 2022

Abstract— *Micro, Small, and Medium Enterprises (MSMEs) are promising contributors to national economic growth. One of the significant components in a business is the layout aspect of production facilities. This study aims to produce an optimal layout for an MSME engaged in furniture production, namely UD Bazooka in Yogyakarta. Currently, the layout type used by UD Bazooka is a process layout to produce a large variety of products. The use of simple process layout affects on inefficient material movement, thus causing longer travelled distance and higher material handling cost as relative to the total production cost. Therefore, this research aims to improve the layout of UD Bazooka with minimizing total travelled distance as the objective. The data collection is performed by observing the production line at UD Bazooka which will be translated into relationship data or REL charts, from-to-charts, and space requirements. In this study, the layout of the facility is modelled into single and double-row layout problems. This study developed a Simulated Annealing (SA) algorithm to solve the two models. Furthermore, Modified Spanning Tree (MST) is used as a benchmark method. To evaluate the best layout, we use total travelled distance and adjacency weight as the objective function. The results showed that the best layout with minimum total travelled distance was the output of the double row layout model solved using the Simulated Annealing.*

Keywords— *Facility Layout Design; Minimum Spanning Tree; Simulated Annealing; Single-row Layout ; Double-row Layout .*

Abstrak— *Usaha Mikro Kecil dan Menengah (UMKM) merupakan kontributor yang cukup signifikan dalam pertumbuhan ekonomi suatu negara. Salah satu komponen penting dalam sebuah bisnis adalah aspek tata letak fasilitas produksi. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan tata letak optimal sebuah UMKM yang bergerak dalam bidang produksi furniture yaitu UD Bazooka yang berlokasi di Yogyakarta. Jenis tata letak yang digunakan oleh UD Bazooka saat ini adalah tipe process layout. Penggunaan tata letak fasilitas berupa process layout yang sederhana menyebabkan perpindahan material dan komponen yang tidak efisien, sehingga menyebabkan waktu dan biaya perpindahan yang relatif tinggi dibandingkan dengan total biaya produksi. Dengan demikian, penelitian ini melakukan perancangan ulang tata letak fasilitas dengan tujuan meminimasi total travelled distance. Data diperoleh dengan mengobservasi lini produksi UD Bazooka yang kemudian akan diterjemahkan dalam data relationship atau REL chart, from-to-chart, dan space requirement. Pada penelitian ini, tata letak fasilitas dimodelkan menjadi single dan double row layout problem. Penelitian ini*

mengembangkan algoritma *Simulated Annealing* (SA) untuk menyelesaikan kedua model tersebut. Selanjutnya, *Modified Spanning Tree* (MST) digunakan sebagai metode pembandingan. Untuk mengevaluasi tata letak terbaik, digunakan *total traveled distance* dan *adjacency weight* sebagai fungsi tujuan. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa *layout* terbaik dengan *total travelled distance* paling rendah adalah *output* model *double row layout* yang diselesaikan dengan *Simulated Annealing*.

Kata kunci— Tata Letak Fasilitas; *Minimum Spanning Tree*; *Simulated Annealing*; *Single-row Layout*; *Double-row Layout*.

I. PENDAHULUAN

Pertumbuhan Usaha Mikro Kecil dan Menengah (UMKM) sangat pesat dari 3,6 juta unit usaha pada tahun 2015 menjadi 4,6 juta unit usaha pada tahun 2019. Nilai penyerapan tenaga kerja dari sektor UMKM pun cukup besar yakni mencapai 10,8 juta orang dengan nilai produksi lebih dari satu triliun rupiah pada tahun 2019 [1]. Meskipun demikian, perkembangan UMKM tidak disertai dengan kemampuan pemilik untuk menjalankan aktivitas produksi secara efektif dan efisien. Salah satunya adalah dalam hal tata letak (*layout*) produksi yang berpengaruh langsung terhadap biaya perpindahan material [2].

Objek penelitian ini adalah UD Bazooka, UMKM yang bergerak di bidang *furniture* sejak tahun 2005 di Yogyakarta. Industri ini menghasilkan produk berupa beragam jenis lemari, kusen jendela, kursi, dan bahan bangunan lainnya. Tipe produksi yang diterapkan UD Bazooka adalah *make to order* yaitu produksi dilakukan ketika mendapat pesanan. Proses produksi terbagi ke dalam enam stasiun kerja (*workstation*) yaitu stasiun *serkel*, stasiun permasalahan, stasiun tatah, stasiun *serkel* pita, stasiun *reinforcement*, dan stasiun *finishing*. Terdapat dua fasilitas *inventory* yaitu *inventory* bahan baku dan *inventory* produk jadi. Jenis produk yang memiliki volume permintaan terbesar adalah kursi siswa. Kapasitas produksi UD Bazooka adalah lima kursi per hari sehingga dalam sebulan mampu menghasilkan 150 kursi. Studi mengenai tata letak produksi di usaha ini diperlukan untuk meningkatkan efisiensi dari lini produksi.

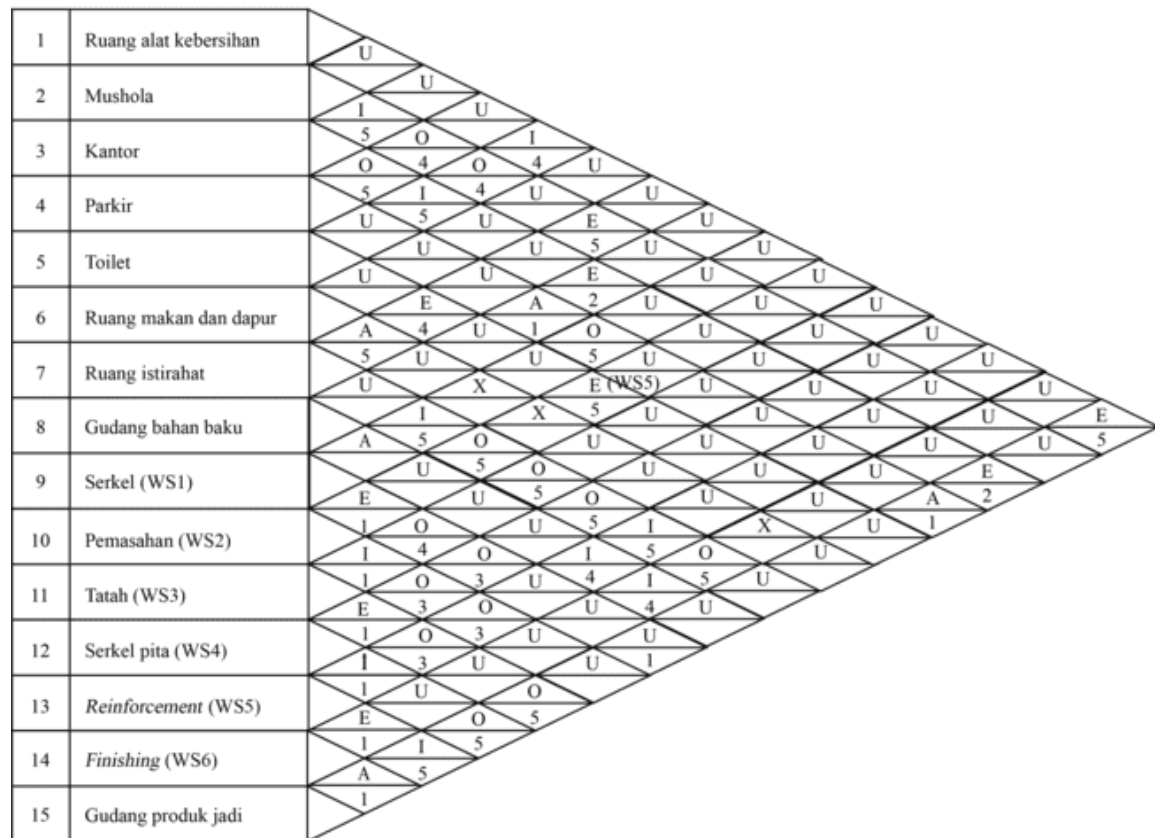
Penelitian ini berfokus pada produksi kursi siswa yang merupakan salah satu produk yang diproduksi oleh UD Bazooka secara rutin dengan volume yang cukup besar. Dengan karakteristik produk tersebut, *product layout* akan lebih sesuai untuk diterapkan. Sedangkan, saat ini UD Bazooka menerapkan tipe *process layout* yang mengakibatkan tingginya jarak yang ditempuh dan waktu yang dibutuhkan untuk material *handling*. Hal ini berimbas pada meningkatnya waktu produksi secara keseluruhan dan tingginya biaya perpindahan material. Oleh karena itu, penelitian ini melakukan perancangan ulang tata letak fasilitas dengan tujuan untuk meminimasi jarak perpindahan material (*total travelled distance*).

Sejumlah literatur terdahulu sudah membahas mengenai perancangan *layout*. Siregar dkk. [3] menyusun tata letak perusahaan manufaktur peralatan elektrik rumah tangga menggunakan algoritma CORELAP dan BLOCPAN. Langkah yang dilakukan yaitu dimulai dengan menggambar *block layout* awal pada lantai produksi lalu menentukan jarak antar departemen menggunakan metode *rectilinear* beserta frekuensi perpindahan antar departemen. Langkah selanjutnya ialah membuat REL *chart* dan menyusun *layout* menggunakan CORELAP yang dilakukan dengan menentukan nilai *Total Closeness Rating* (TCR). Hasil eksperimen menunjukkan bahwa hasil *layout* menggunakan metode CORELAP lebih optimal dibandingkan metode BLOCPAN.

Penelitian lain juga menganalisis tentang penyusunan *layout* dengan menggunakan metode heuristik *Particle Swarm Optimization* [4] untuk tata letak fasilitas dalam lokasi konstruksi. Adapun langkah penyusunan *layout* dilakukan dengan membuat REL *chart* terlebih dahulu yang akan merepresentasikan hubungan antar departemen. Terdapat metode lain pula yang digunakan dalam menyusun *layout* yang difokuskan terhadap fasilitas dengan bentuk dan luasan yang berbeda misalnya dalam [5] yang menggunakan *Genetic Algorithm* (GA) yang juga diterapkan di lokasi konstruksi. Metode *metaheuristik* lain juga sering digunakan untuk menyusun *layout*, misalnya dalam [6] yang menerapkan *Simulated Annealing* (SA) di mana *layout* fasilitas konstruksi dibangun menurut frekuensi hubungan antar departemen dan jarak antar departemen tersebut.

Literatur-literatur sebelumnya menunjukkan bahwa metode *metaheuristik* menjadi alternatif yang menarik karena efektivitas dan efisiensinya dalam menyelesaikan permasalahan perancangan *layout*. Penelitian ini menggunakan metode *metaheuristik* SA dengan data yang diperoleh dari *from-to-chart* antar departemen dalam membangun *layout*.

Dalam permasalahan perancangan *layout* fasilitas berbentuk baris, terdapat dua istilah umum yang sering ditemukan yakni *single-row layout* dan *double-row layout*. Terdapat penelitian yang mengulas terkait berbagai literatur tentang *single-row layout planning* (SRLP) dan pendekatan untuk memecahkan permasalahan yang mampu



Gambar 1. REL chart UD Bazooka

menghasilkan hasil yang tepat atau mendekati optimal adalah *metaheuristik* [7]. Permasalahan SRLP juga dapat diselesaikan dengan menggunakan metode *Modified Spanning Tree* (MST) yang diterapkan untuk departemen produksi yang nantinya menghasilkan *single-row layout* dengan frekuensi *material flow* minimum [8].

Selain *single-row layout*, terdapat pula *double-row layout* yang dapat dikatakan cukup populer. *Double-row layout planning* (DRLP) menyediakan pola perpindahan material yang lebih efisien dibandingkan dengan SRLP [9]. Penelitian [9] mengembangkan model *Mixed Integer Programming* (MIP) untuk DRLP yang melibatkan variabel dan batasan yang lebih kompleks dibandingkan dengan formulasi untuk model SRLP. Formulasi MIP juga digunakan dalam penelitian [10] yang mengalokasikan tata letak mesin dalam fasilitas lini fabrikasi LCD ke dalam dua baris. Terdapat pula penelitian yang menjelaskan penerapan GA untuk memecahkan DRLP yang mana menghasilkan solusi yang relatif baik dalam hitungan waktu yang lebih pendek dibandingkan dengan *mathematical programming* terutama untuk permasalahan yang melibatkan sejumlah besar mesin [11].

Berdasarkan tinjauan di atas, baik tipe *single-row layout* dan *double-row layout* memiliki

karakteristik tersendiri. Oleh karena itu, penelitian ini akan menganalisis tata letak UD Bazooka untuk kedua tipe *layout* tersebut. Untuk mengembangkan tata letak fasilitas yang lebih optimal, penelitian ini menggunakan *algoritma* SA dan MST yang berdasarkan penelitian sebelumnya telah terbukti efektif dalam meminimalkan waktu dan jarak perpindahan material.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini berfokus pada perbaikan tata letak fasilitas UD Bazooka agar proses produksi lebih efisien dan efektif. Adapun langkah yang dilakukan adalah dengan menyusun *Activity Relationship Chart* (REL chart) yang akan disusun ke dalam bentuk *dimensionless block diagram*. Kemudian untuk mencari solusi *layout* optimal, digunakanlah metode *metaheuristik* yakni SA dan sebagai pembandingnya adalah *Modified Spanning Tree*.

A. Activity Relationship Chart (REL Chart)

REL chart merupakan sebuah diagram yang menunjukkan hubungan antar aktivitas dari fasilitas yang ada pada rantai produksi, berdasarkan jumlah perpindahan material antar *workstation*. Hubungan tersebut direpresentasikan dalam simbol berikut yaitu A (*Absolutely necessary*) untuk hubungan

mutlak, E (*Especially important*) apabila hubungan sangat penting, I (*Important*) artinya hubungan cukup penting, O (*Ordinary*) untuk hubungan biasa saja, U (*Undesrable*) artinya hubungan tidak diinginkan, dan X untuk hubungan yang sangat tidak diinginkan [12]. Gambar 1 menunjukkan REL chart UD Bazooka.

Pada Gambar 1, terlihat ada beberapa hubungan X antar departemen yang disebabkan karena adanya fasilitas yang menghasilkan tatal sehingga letaknya diusahakan tidak berdekatan dengan beberapa fasilitas dikarenakan faktor kebersihan dan keselamatan.

B. Dimensionless Block Diagram

Dimensionless Block Diagram merupakan salah satu teknik penggambaran fasilitas dalam sebuah lembar kerja di mana apabila hubungan antar aktivitas diwakili oleh kode A maka kedua sisi fasilitas itu akan menempel. Karena hanya menggambarkan hubungan antar departemen, skala area setiap departemen tidak perlu dipertimbangkan. Gambar 2 menunjukkan *Dimensionless Block Diagram* pada UD Bazooka.

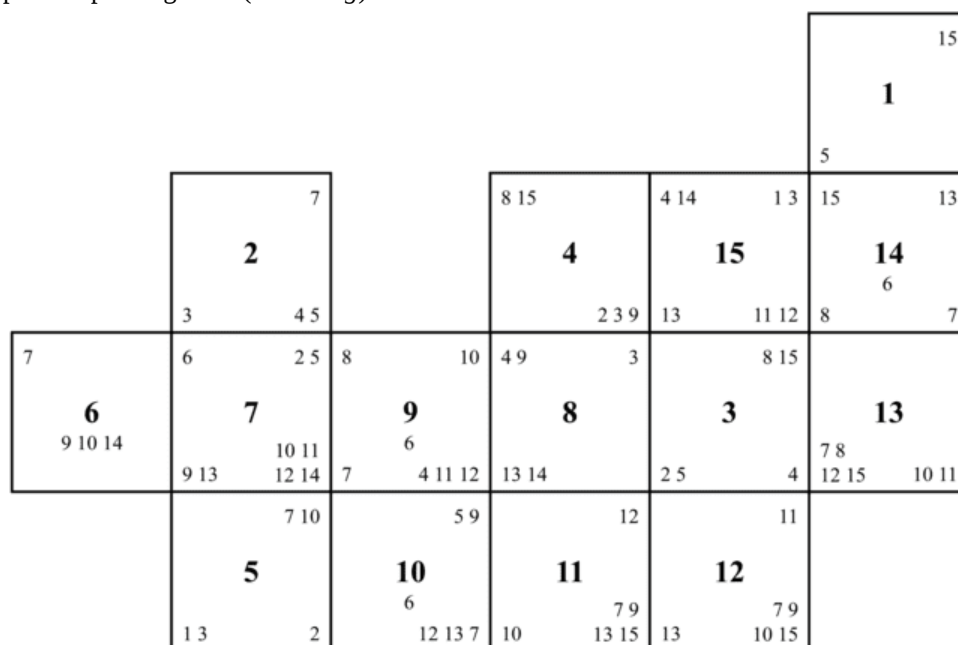
C. Simulated Annealing

Algoritma Simulated Annealing (SA) pertama kali diperkenalkan oleh Metropolis pada tahun 1953, dan kemudian banyak diaplikasikan untuk masalah *optimasi* [13]. *Algoritma* ini dianalogikan sebagai proses pendinginan (*annealing*) dalam

pembuatan material *galssy*. *Annealing* bisa diartikan sebagai penurunan temperatur secara konstan pada benda padat yang dipanaskan lalu mencapai fase *groud state/freezing point* dan menurun secara kontinu dan perlahan sampai tercapai keseimbangan termal. SA dapat dikategorikan sebagai konsep *neighborhood search* atau *local search*.

Algoritma SA yang digunakan dalam penelitian ini diterapkan untuk penyusunan tata letak departemen produksi dengan dua tipe yaitu *single-row layout* dan *double-row layout*. Adapun *pseudocode* sebagai langkah *algoritma* SA dalam penelitian ini antara lain:

1. Lakukan *input* parameter SA mencakup T_0 (suhu awal), T_{final} (suhu akhir), dan α (derajat penurunan suhu).
2. Solusi awal tata letak mesin bisa dibangun.
3. Hitung nilai *fitness* untuk tata letak saat ini.
4. Sesuaikan temperatur awal dengan temperatur pada iterasi sebelumnya.
5. Jika temperatur masih lebih besar dari temperatur akhir maka lakukan modifikasi hasil, hitung nilai *fitness* terbaru, hitung perbedaan nilai *fitness* hasil akhir dan hasil awal, dan ubah temperatur dengan persamaan $T = \alpha T$.
6. Iterasi selesai dan didapatkan tata letak paling baik beserta nilai *fitness*.



Gambar 2. *Dimensionless Block Diagram* UD Bazooka



Gambar 3. Flowchart produksi UD Bazooka

D. Modified Spanning Tree (MST)

MST merupakan *algoritma* khusus untuk menganalisis kasus tata letak mesin dalam departemen yang susunannya hanya dalam satu baris saja. *Algoritma* akan menempatkan mesin yang memiliki aliran (*flow*) yang lebih besar dibanding mesin pada departemen lainnya. Asumsi yang digunakan adalah aliran bersifat searah

sehingga untuk aliran tegak lurus diabaikan. Setelah itu, data *from-to-chart* digunakan untuk menghitung bobot perpindahan dan data jarak antar mesin juga bisa ditambahkan.

III. HASIL PENELITIAN

Eksperimen perancangan tata letak fasilitas dilakukan dengan menggunakan metode *Activity Relationship Diagram* (REL chart), *Dimensionless Block Diagram*, *algoritma Simulated Annealing single-row* dan *double-row*, serta *Modified Spanning Tree* (MST). Hasil dari analisis dengan metode tersebut akan dibandingkan untuk memperoleh hasil tata letak optimal dan *feasible* yang akan diterapkan pada UD Bazooka.

A. Deskripsi Proses Produksi di Industri Furniture

Proses produksi UD Bazooka terdiri atas beberapa tahapan seperti yang ditunjukkan Gambar 3. Tahapan itu antara lain:

1. *Raw material* masuk ke UD Bazooka dalam bentuk kayu gelondong lalu dilakukan pengukuran dengan meteran.
2. Proses pemotongan kayu menurut ukuran tertentu dengan mesin *serkel*.
3. *Pemasahan* kayu guna meratakan permukaan kayu dengan mesin pasah.
4. Kayu ditandai kembali untuk membuat lubang *purusan*.
5. Pembuatan lubang untuk *purusan* menurut ukuran sebelumnya menggunakan mesin tatah.
6. Pembuatan *purusan* menggunakan mesin *serkel* pita.
7. Kayu dirangkai menjadi bentuk kursi yang tersusun atas kaki depan, kaki belakang, dudukan, sandaran punggung, serta sandaran kaki.
8. Penguatan rakitan kayu dengan menambahkan paku dan lem.
9. Proses *finishing* dilakukan dengan menambah cat dan dempul.

From-to-chart menunjukkan aliran material antar departemen seperti yang diilustrasikan oleh Gambar 4. Satuan dalam *from-to-chart* di UD

WS	Serkel	Pemasahan	Tatah	Serkel Pita	Reinforcement	Finishing	Gudang Produk Jadi	Gudang Bahan Baku
Serkel		36660	-	-	-	-	-	40000
Pemasahan	36660		36660	-	-	-	-	-
Tatah	-	36660		36660	-	-	-	-
Serkel Pita	-	-	36660		36660	-	-	-
Reinforcement	-	-	-	36660		157320	-	-
Finishing	-	-	-	-	157320		157320	-
Gudang Produk Jadi	-	-	-	-	-	157320		-
Gudang Bahan Baku	40000	-	-	-	-	-	-	

Gambar 4. From-to-chart UD Bazooka

Bazooka dikonversikan ke dalam satuan volume yaitu m³.

TABEL I
SPACE REQUIREMENT DAN AREA ALLOCATION DEPARTEMEN
PRODUKSI UD BAZOOKA

Departemen Produksi							
Work Station	Net Luas WS	Allo- wance	Total Area WS	WIP	Allo- wance WIP	Total Area	Skala Design
Serkel	10	1	11	2,16	0,21	13,37	14
Pemasahan	8	1	9	1,16	0,11	10,27	11
Tatah	8	1	9	2,32	0,23	11,55	12
Serkel Pita	10	1	11	2,32	0,23	13,55	14
Reinfrocement	8	1	9	0,83	0,08	9,91	10
Finisihing	8	1	9	0,41	0,04	9,45	10
Gudang produk jadi	8	0,8	8,8	-	-	8,8	9
Gudang bahan baku	10	1	11	-	-	11	11
Total			78			87,91	91

TABEL II
SPACE REQUIREMENT DAN AREA ALLOCATION DEPARTEMEN
NON-PRODUKSI UD BAZOOKA

Departemen Non-Produksi			
No	Ruang	Luas	Skala Design
1	Toilet	6	6
2	Ruang makan dan dapur	10	10
3	Parkir	31,5	32
4	Ruang istirahat dan menyimpan barang	8	8
5	Mushola	10	10
6	Kantor	12	12
7	Ruang alat kebersihan	4	4
Total		81,5	82

Data total kebutuhan luas lahan untuk setiap departemen di UD Bazooka baik untuk fasilitas produksi maupun fasilitas non-produksi diperlukan dalam penelitian ini. Tabel I menunjukkan *space requirement* untuk departemen produksi di UD Bazooka sedangkan Tabel II merepresentasikan

total kebutuhan luas untuk departemen non-produksi. Kemudian *allowance* sebesar 10% ditambahkan pada masing-masing *workstation* untuk mengakomodir kebutuhan lainnya.

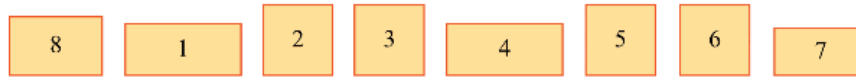
B. Area Allocation

Langkah awal perancangan tata letak dengan menggunakan REL *chart* dan *Dimensionless Block Diagram* yakni menentukan *space requirement* yang diperlukan oleh setiap departemen. Setelah kebutuhan ruang ditentukan, hubungan antar departemen direpresentasikan melalui REL *chart* yang nantinya akan dijadikan sebagai dasar untuk menyusun *Dimensionless Block Diagram*. Tata letak yang diperoleh dari *Dimensionless Block Diagram* serta luas setiap departemen yang didapatkan dari *space requirement* akan digunakan untuk menentukan *area allocation* seperti yang ditunjukkan oleh Tabel I dan Tabel II. Adapun satuan skala *design* dinyatakan dalam blok di mana setiap blok mewakili ukuran 1 m². Gambar 5 menunjukkan hasil *area allocation* departemen di UD Bazooka.

Metode optimasi penyusunan tata letak fasilitas yang digunakan adalah *algoritma Simulated Annealing* (SA) baik untuk *single-row* maupun *double-row*. *Algoritma* SA untuk mendapatkan hasil *layout* mesin yang optimal dalam penelitian ini dibangun dan dieksekusi menggunakan MATLAB.



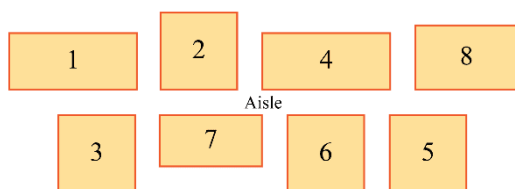
Gambar 5. Hasil akhir *area allocation* UD Bazooka



Gambar 6. Hasil susunan tata letak menggunakan SA single-row

Pada SA untuk *single-row*, komputasi dimulai dengan meng-input parameter temperatur awal, temperatur akhir, dan *cooling rate* yakni berturut-turut sebesar 100, 1, dan 0,95. Langkah selanjutnya ialah *input dataset*, jumlah mesin yaitu 8 mesin, lebar mesin menurut *space requirement*, *clearance*, dan *from-to-chart* yang merepresentasikan volume aliran material antar departemen. Lalu dilakukan komputasi hingga didapatkan susunan tata letak paling optimal. Untuk SA dengan model *single-row*, diperoleh hasil susunan optimal sebagai berikut: departemen 8-1-2-3-4-5-6-7 dengan nilai *objective* sebesar 4,5047. Adapun ilustrasi susunan tata letak optimal menggunakan SA *single-row* ditunjukkan oleh Gambar 6.

Selanjutnya adalah komputasi SA dengan model *double-row* yang mana langkah pengerjaannya cukup mirip dengan SA *single-row*, hanya saja terdapat penambahan *cutting point* untuk memecah urutan departemen menjadi baris pertama dan kedua. Hasil urutan tata letak paling optimal menggunakan algoritma SA *double-row* adalah departemen 1-2-4-8-3-7-6-5. Letak *cutting point* yaitu pada bagian ke-4 sehingga didapatkan hasil urutan tata letak 1-2-4-8 pada row pertama dan 3-7-6-5 pada row kedua. Adapun nilai *objective* yang didapat sebesar 4,0342. Lebar *aisle* yang digunakan adalah 1 m karena *material handling* dilakukan oleh pekerja (manusia). Ilustrasi susunan tata letak dengan SA *double-row* ditunjukkan oleh Gambar 7.



Gambar 7. Hasil susunan tata letak dengan menggunakan SA double-row

Metode lain yang digunakan untuk menganalisis tata letak sekaligus sebagai

pembanding metode SA adalah MST. Data *from-to-chart* diperlukan dalam pembuatan MST. Langkah pertama dilakukan dengan mencari *flow* antar departemen yang nilainya terbesar. Gambar 8 mengilustrasikan proses urutan pemilihan susunan tata letak dengan MST.

Setelah diperoleh urutan pemilihan departemen, langkah berikutnya adalah menyusun *workstation* menurut luasnya sehingga didapatkanlah urutan tata letak departemen seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 9.

IV. PEMBAHASAN

Setelah memperoleh beberapa alternatif rancangan tata letak, dilakukan analisis perbandingan untuk menentukan alternatif yang paling optimal dan *feasible* untuk diterapkan oleh UD Bazooka. Parameter nilai optimal adalah berdasarkan *total traveled distance* atau *adjacency weight* (minimum), *percentage of in-sequence moves* (minimum), dan total hubungan kedekatan yang direpresentasikan oleh *adjacency rating score* (maksimum).

Dalam penelitian ini, *objective* yang digunakan ialah *total traveled distance* atau *adjacency weight* karena lebih representatif dan akurat dengan mempertimbangkan jarak serta *flow* antar departemen.

Adjacency weight dihitung dengan menjumlahkan hasil perkalian antara volume material yang dibawa (*flow*) dengan jarak tempuh ketika pekerja berpindah dari *workstation* satu menuju *workstation* lain, tentunya dengan mempertimbangkan panjang dan lebar tiap *workstation*. *Total travelled distance* A dihitung berdasarkan formula sebagai berikut.

$$A = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n c_{ij} d_{ij} \quad (1)$$

Di mana n adalah jumlah *workstation*, c adalah material yang dipindahkan dari *workstation* i ke *workstation* j , dan d adalah jarak antara *workstation*

	Gudang bahan baku	Serkel	Pemasahan	Tatah	Serkel pita	Finishing	Reinforcement	Gudang produk jadi
Urutan Memilih	7	6	5	4	3	1	1	2

Gambar 8. Urutan penyusunan tata letak dengan metode MST



Gambar 9. Hasil susunan tata letak dengan menggunakan MST

i dan *workstation j*. Adapun perbandingan hasil antara metode penyusunan tata letak departemen ditunjukkan oleh Tabel III.

TABEL III
PERBANDINGAN HASIL LAYOUT PADA SA SINGLE-ROW, SA
DOUBLE-ROW, DAN MST

Objective	Single-row		Double-row	Layout terbaik ^[1]
	MST	SA	SA	
Total Traveled Distance	4,5047	4,5047	4,0342	SA double-row

Tabel III menunjukkan bahwa hasil yang didapat oleh metode SA dan MST pada skema *single-row* menghasilkan nilai *total traveled distance* yang sama, dikarenakan urutan peletakan *workstation* yang sama, diperlihatkan pada Gambar 6 dan 8. Sedangkan penggunaan SA dengan model *double-row* menghasilkan total jarak tempuh yang lebih sedikit dibandingkan dengan model *single-row*. Hasil ini sesuai dengan ekspektasi karena pada model *double-row*, *workstation* diletakkan di dua baris, sehingga dapat memperpendek panjang area yang dibutuhkan dan juga memperpendek jarak tempuh perpindahan material. Akan tetapi di sisi lain, model *double-row* memerlukan area lahan yang lebih lebar dibandingkan *single-row*. Meninjau area lahan yang dimiliki oleh UD Bazooka, model *double-row* dipilih menjadi *layout* usulan untuk perbaikan tata letak fasilitas produksi di perusahaan ini.

V. KESIMPULAN

Penyusunan tata letak departemen di IKM *furniture* UD Bazooka menggunakan dua metode yakni *Modified Spanning Tree* (MST) dan *Simulated Annealing* (SA). Kedua metode tersebut diterapkan untuk menyelesaikan *problem single-row* dan *double-row layout*. Setelah itu dilakukan perbandingan tata letak dengan fungsi tujuan meminimalkan *total traveled distance*. Hasil eksperimen menyatakan bahwa tata letak paling optimal adalah *layout double-row* karena memiliki nilai *total traveled distance* terpendek.

Minimasi *total traveled distance* digunakan sebagai fungsi tujuan, karena *layout* baru yang diusulkan diharapkan dapat mengurangi waktu perpindahan material antar *workstation* yang berimbas pada pengurangan biaya produksi dan mengeliminasi *waste*. Tata letak dengan *double-row* juga mampu mengefisienkan penggunaan lahan yang biasanya berbentuk kotak, bukan memanjang seperti pada *single-row*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada pemilik serta para pegawai UD Bazooka atas izin dan bantuan yang diberikan selama penulis melaksanakan penelitian ini.

REFERENSI

- Kementrian Perindustrian Republik Indonesia. (2020) Siaran Pers homepage on Kemenperin. [Online]. Available: <https://kemenperin.go.id/artikel/21755/Menperin-Agus-Dorong-Peran-Pengusaha-Wanita-Pulihkan-Ekonomi-Nasional>.
- A.B. Agista, A.P. Natuna, H.B. Wangsa, J. Fernanda, N. N. Akmal, and A.P. Rifai, "Perancangan Tata Letak Fasilitas UKM Kerajinan Kayu Dengan Metode Simulated Annealing," *Journal of Industrial and Manufacture Engineering*, vol. 5, no. 2, 2021.
- R.M. Siregar, D. Sukatendel, and U. Tarigan, "Perancangan Ulang Tata Letak Fasilitas Produksi dengan Menerapkan Algoritma BLOCPLAN dan Algoritma CORELAP pada PT XYZ," *E-Jurnal Teknik Industri FT USU*, vol.1, pp. 35-44, 2013.
- M. Oral, S. Bazaati, S. Aydinli, and E. Oral, "Construction Site Layout Planning: Application of Multi-Objective Particle Swarm Optimization," *Teknik Dergi*, vol. 29, pp. 8691-8713, 2018.
- P. Zoucin, H. Harmanani, and A. Hajar, "Genetic Algorithm for Solving Site Layout Problem with Unequal-Size and Constrained Facilities," *Journal of Computing in Civil Engineering*, vol.16, pp. 143-151, 2002.
- M. El-Gafy, T. Abdelhamid, and A. Ghanem, "Using Simulated Annealing for Layout Planning of Construction Sites."
- B. Keller and U. Buscher, "Single Row Layout Models," *European Journal of Operational Research* 000, pp. 1-16, 2015.
- D. E. Christiyono and M. L. Singgih, "Perbaikan Layout Pabrik dengan Algoritma CORELAP, MST, CRAFT, dan Pertimbangan Material Handling (Studi Kasus di PT XYZ)," *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XXII*, vol.10, pp. 1-7, 2015.
- J. Chung and J. M. A. Tanchoco, "The Double Row Layout Problem," *International Journal of Production Research*, vol. 48, pp. 709-727, 2010.
- A. R. Amaral, "Optimal Solutions for the Double Row Layout Problem," *Optimization Letters*, vol. 7, pp. 407-413, 2013.
- A. P. Rifai, S. T. W. Mara, P. A. Kusumastuti, and R. G. Wiraningrum, "A Genetic Algorithm for the Double Row Layout Problem," *Jurnal Teknik Industri*, vol. 22, pp. 85-91, 2020.
- S. Heragu, "Facilities Design", 3rd Edition, CRC Press, Boca Raton, 2008.
- H. P. Panggabean, "Algoritma Simulated Annealing untuk Pembentukan Sel Mesin dengan Dua Tipe Fungsi Objektif dan Dua Cara Pembatasan Sel," *Jurnal Teknik Industri*, vol. 6, pp. 10-24, 2004.