

Perancangan Ulang Tata Letak IKM Tahu Sehat Sari untuk Mengurangi Jarak *Material Handling*

Andara Fadilah¹, Azka Hikam², Dini Muhtar³, Mauli Anom Sari⁴, Achmad Pratama Rifai^{5*}

^{1,2,3,4,5}Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
Jalan Grafika No.2 Kampus UGM, Yogyakarta, 55281, Indonesia

*Penulis korespondensi: achmad.p.rifai@ugm.ac.id

Abstract

Small and Medium Enterprises (SMEs) typically operate within limited or small spaces, with production activities that are sometimes mismatched with their available conditions. This includes the case of Tahu Sehat Sari SME, where the existing product layout results in significant material handling movement, leading to high operational costs. This research designs a facility layout tailored to the SME's needs. The layout is developed considering various constraints such as cost, available area, and other resources. The goal of this design is to create a new production layout for Tahu Sehat Sari SME, accommodating its relatively high daily production capacity, to minimize operational costs, reduce material handling distances, and increase productivity. Based on the initial layout of the SME, proposed layouts using methods such as Modified Spanning Tree (MST) and Simulated Annealing (SA) are compared. From the layout designs using single-row Simulated Annealing, double-row Simulated Annealing, and Modified Spanning Tree, the total material handling distances calculated are 8,590, 1,950, and 1,695, respectively, with the total material handling distances in current layout 2,600 m. The most suitable layout design is determined based on the minimization of total travel distance, directly correlating to the optimization of material handling and the elimination of waste..

Keywords: *Double Row, Layout Planning, Modified Spanning Tree, Simulated Annealing, Single Row*

Abstrak

Industri Kecil Menengah (IKM) biasanya memiliki lokasi area yang terbatas atau kecil dengan skala aktivitas produksi yang terkadang tidak sesuai dengan kondisinya. Termasuk juga dengan IKM Tahu Sehat Sari dimana *layout existing* berupa *product layout* mengakibatkan tingginya jarak perpindahan material handling yang berefek pada biaya operasional yang tinggi. Penelitian ini melakukan perancangan tata letak fasilitas yang dimiliki oleh IKM tersebut. *Layout* disusun dengan mempertimbangkan berbagai konstrain seperti biaya, luas area, dan juga *resource* lainnya. Tujuan perancangan ini yaitu mengembangkan tata letak produksi baru untuk IKM Tahu Sehat Sari mengingat kapasitas produksi harian yang cukup tinggi supaya dapat meminimalkan biaya operasional, *material handling*, dan meningkatkan produktivitas. Berdasarkan acuan *layout* awal IKM, hasil *proposed layout* dengan metode *Modified Spanning Tree* (MST) dan *Simulated Annealing* (SA) akan saling dibandingkan. Dari hasil perancangan tata letak dengan metode *Simulated Annealing single row*, *Simulated Annealing double row*, dan *Modified Spanning Tree*, total jarak perpindahan yang dihitung adalah 8.590 m, 1.950 m, dan 1.695 m dari total jarak perpindahan *layout* awal sebesar 2.600 m. Perancangan *layout* yang paling sesuai didasarkan pada minimasi *total travelled distance*, yang berkaitan langsung dengan optimasi material handling dan eliminasi *waste*.

Kata Kunci: *Double Row, Perancangan Tata Letak, Modified Spanning Tree, Simulated Annealing, Single Row*

Pendahuluan

Perancangan tata letak fasilitas merupakan salah satu cara efisien untuk menangani masalah di lantai produksi seperti adanya *bottleneck*, produktivitas rendah, biaya operasional tinggi, dan sebagainya. Tata letak buruk yang terus dipertahankan akan membawa dampak yang tidak baik pula pada perusahaan dengan kemungkinan terburuknya yaitu gulung tikar. Industri yang kami analisis adalah IKM Tahu Sehat Sari Cokro Tulung yang terletak di daerah Klaten, Jawa Tengah. IKM Tahu Sehat Sari merupakan usaha yang berfokus pada produksi tahu dan produk olahan tahu dan sudah berdiri sejak tahun 2009. Dengan varian rendah dan permintaan yang selalu tinggi setiap harinya, IKM Tahu Sehat Sari dapat mengaplikasikan tipe tata letak *product layout* sedangkan tipe produksinya berupa *mass production*. IKM tahu sehat sari mampu memproduksi hingga 5000 potong tahu kotak putih dalam sehari. Namun dalam perjalanannya, IKM Tahu Sehat Sari menemukan permasalahan yakni tingginya biaya operasional dan salah satu pemicunya yaitu jarak perpindahan material handling yang cukup tinggi.

Dalam penelitian ini, produk yang kami amati hanyalah tahu kotak putih yang merupakan produk dengan volume produksi terbesar. Tujuan dari studi ini adalah merancang tata letak IKM Tahu Sehat Sari yang paling efektif dan efisien sehingga dapat mengurangi jarak perpindahan material. Oleh karena itu, kami melakukan perancangan ulang dan analisis perbaikan pada tata letak fasilitas dan peralatan IKM ini.

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang tata *layout* pabrik IKM Tahu Sehat Sari dengan dua pendekatan model: *single row* dan *double row*. Pada *single row model*, mesin dan *workstation* diletakkan pada satu baris berurutan. Sedangkan pada, *double row layout*, penataan mesin dilakukan pada kedua sisi koridor jalur *material handling*, sehingga mesin-mesin terbagi menjadi dua baris (Amaral, 2022). Pada kedua model tersebut, fungsi tujuan yang digunakan adalah meminimalkan total jarak perpindahan material dengan mempertimbangkan frekuensi perpindahan.

Terdapat beberapa metode optimasi yang digunakan untuk perancangan layout.

Chae & Regan (2020) mengembangkan *mixed integer programming* (MIP) yang memodifikasi model yang telah diusulkan dalam literatur sebelumnya dengan memperkenalkan batasan yang lebih ketat. Untuk perbandingan kinerja, model dalam literatur sebelumnya dan model baru yang diusulkan diuji untuk menyelesaikan 26 *benchmark data* dan dua data tambahan yang diperkenalkan dalam makalah ini. Hasil komputasi menunjukkan bahwa model baru berkinerja sangat baik dibandingkan dengan model dalam literatur sebelumnya.

Systematic Layout Planning (SLP) merupakan cara sistematis untuk menghasilkan alternatif tata letak. Amit et al. (2012) menggunakan mekanisme ini untuk perancangan tata letak, yang kemudian dievaluasi dengan membandingkan layout yang diusulkan dengan tata letak saat ini dan simulasi menggunakan ARENA. Pemilihan alternatif terbaik didasarkan pada ukuran kinerja yang mengalami peningkatan paling signifikan yaitu total jarak tempuh, total waktu tempuh, total biaya perjalanan dan *output*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *material handling* membutuhkan waktu lebih sedikit, pekerja bergerak lebih cepat, dan produktivitas meningkat yang berefek pada pengurangan biaya variabel untuk operasi harian.

Wiyaratn et al. (2013) juga menggunakan SLP untuk merancang tata letak pabrik alternatif dengan mempertimbangkan aliran material, *activity relationship*, area proses dan lokasi yang optimal. Dengan metode SLP, tata letak pabrik alternatif secara signifikan mengurangi jarak aliran material. Pendekatan serupa juga digunakan oleh Rifai et al. (2023) yang melakukan perancangan layout untuk produksi mesin pirolisis. Metode ALDEP kemudian digunakan untuk membuat layout berdasarkan tingkat kepentingan antar departemen. Metode SLP telah banyak diterapkan pada perancangan layout di berbagai jenis industri. Beberapa penelitian terkini yang menerapkan metode SLP antara lain Hafidin & Nugraha (2023) pada produksi unit *drivetrain*, Kholidasari et al. (2023) pada industri pengolahan makanan ringan, Sonja et al. (2023) pada IKM pabrik mie tradisional,

Tabel 1. From-to-chart Material Movement

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1		100										
2			110									
3				110								
4					110							
5						110						
6							100					
7								100				
8									100			
9										100		
10											100	
11												100
12												

dan Adiasa & Mashabai (2024) pada industri pengolahan ikan.

Modified spanning tree (MST) merupakan salah satu metode klasik untuk menentukan tata letak mesin pada model *single row layout*. Christiyono & Singgih (2015) menggunakan MST untuk perancangan layout departemen produksi dengan kriteria kesamaan dimensi produk yang kemudian menghasilkan *single-row layout* dengan frekuensi perpindahan material minimum. Di penelitian lain, Tannady (2017) menerapkan MST untuk perancangan tata letak etalase penyimpanan yang tersusun secara serial. Pada penelitian terkini, Agista et al. (2021) menerapkan SLP dan MST pada perancangan tata letak fasilitas pada UKM kerajinan kayu. Sama seperti dengan penelitian sebelumnya, meminimalkan total jarak perpindahan material menjadi indikator utama dalam perancangan layout.

Selain metode tradisional diatas, metode heuristik dan metaheuristik juga secara luas diterapkan untuk optimasi perancangan tata letak. Salah satunya adalah algoritma *simulated annealing* (SA) yang digunakan untuk menyelesaikan masalah pengoptimalan kombinatorial seperti masalah tata letak fasilitas dengan sangat efektif dan efisien. Sihite et al. (2015) menerapkan metode SA untuk menyusun ulang tata letak mesin produksi di PT DEF, dengan fungsi tujuan meminimalkan biaya *material handling*. Sedangkan, Kusumaningsih et al. (2022) menerapkan MST dan SA untuk perancangan tata letak industri furnitur pada

UMKM di Yogyakarta. Pada penelitian terkini, Rifai et al. (2023) menggunakan SA dalam perancangan layout pada industri bakery. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode SA menghasilkan usulan layout terbaik dibandingkan dengan metode-metode lain. Algoritma *simulated annealing* dapat secara efektif menghindari pencarian berulang, sehingga menghasilkan solusi yang lebih baik dengan efisiensi yang tinggi (Qi, 2010).

Penelitian ini menganalisis kemungkinan penyelesaian masalah tata letak fasilitas menggunakan algoritma *simulated annealing* dan *modified spanning tree* dengan fungsi tujuan minimasi *total travelled distance*. Metode MST diterapkan untuk perancangan layout dengan model *single row*, sedangkan SA digunakan baik untuk *single row* maupun *double row layout model*.

Deskripsi Proses

Production process

Proses pembuatan tahu kotak putih diawali dengan penimbangan kedelai. Kedelai diambil dari gudang *raw material* oleh pekerja yang sama di penimbangan kedelai. Pengambilan dilakukan setiap 1 karung kedelai dari gudang raw material menuju departemen penimbangan kedelai untuk memisahkan kedelai sebanyak 11 kg. Setelah ditimbang, 11 kg kedelai direndam dan disortir. Kedelai selanjutnya digiling sehingga didapatkan sari- sari kedelai. Sari kedelai kemudian direbus dan hasil rebusan kedelai selanjutnya disaring sehingga didapatkan 10

kg sari pati kedelai dan 1 kg ampas tahu. 10 kg sari pati kedelai selanjutnya diaduk dengan sari garam dan air fermentasi hingga menggumpal. Sari pati kedelai yang telah menggumpal kemudian dicetak dan dikemas. Sebanyak 11 kg kedelai dapat menghasilkan 50 potong tahu kotak putih, dan dikemas menjadi 50 bungkus tahu yang masing-masing berisi 10 pcs. Gambar 1 menunjukkan alur proses produksi dari IKM Tahu Sehat Sari.

From-to-chart

Untuk melihat perpindahan material yang terjadi antar departemen maka dibentuk *from to chart*. Perpindahan material yang terjadi hanya antar departemen yang saling berdekatan satu sama lain. Misal departemen 1 ke 2, 2 ke 3, 3 ke 4, dan seterusnya. Dan departemen yang dimaksud merupakan

departemen yang berkaitan dengan *manufacturing* saja, atau yang terdapat aliran material.

Satuan yang digunakan dalam *from to chart* adalah kilogram untuk semua perpindahan antar workstation. Tabel 1 menunjukkan perpindahan bahan material berupa kedelai mulai dari gudang *raw material* hingga gudang *finished goods*.

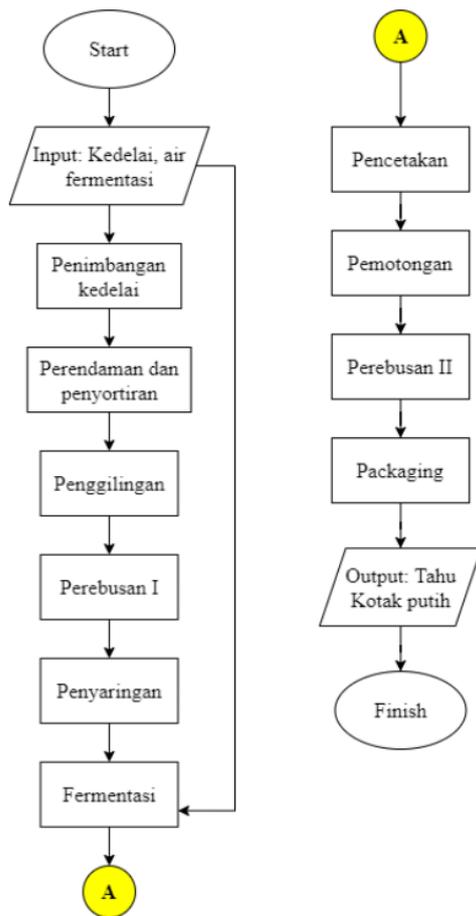
Space Requirement for Each Department

Setelah diketahui seluruh proses produksi dan departemen yang ada pada IKM Tahu Sehat Sari, langkah selanjutnya adalah mendefinisikan luasan area yang dibutuhkan untuk masing-masing departemen. Penentuan dilakukan dengan mempertimbangkan luas alat/mesin yang digunakan, ruang gerak operator, dan juga tempat *work in process*.

Tabel 2. *Space requirement worksheet* untuk departemen produksi

No	Workstation	Entitas	Jumlah	L x W (m)	Area (m ²)
1	Gudang <i>raw material</i>	Rak barang	6	0.5 x 2	6
		Personnel	1	9	9
2	Penimbangan	Mesin Timbangan	1	1 x 1	1
		Personnel	1	1 x 1	1
		WIP	1	1 x 1	2
3	Perendaman dan Penyortiran	Ember	4	0.5 x 0.5	1
		Personnel	1	1 x 1	1
		WIP	1	2 x 1	2
4	Penggilingan	Mesin Penggiling	1	1 x 1	1
		Personnel	1	1 x 1	1
		WIP	1	1 x 1	1
5	Perebusan kedelai	Boiler dan kompor	1	1 x 1	1
		Personnel	1	1 x 1	1
		WIP	1	1 x 1	1
6	Penyaringan sari pati kedelai	Kain saringan tahu	1	1 x 1	1
		Personnel	1	2 x 1	2
		WIP	1	1 x 1	1
7	Pencampuran air fermentasi	Drum dan baskom	1	1 x 1	1
		Personnel	1	1 x 1	1
		WIP	1	1 x 1	1
8	Pencetakan tahu	Cetakan tahu dan kain	5	1 x 1	5
		Personnel	1	2 x 1	2
		WIP	1	2 x 2	4
9	Pemotongan tahu	Meja dan pisau	1	2 x 2	4
		Personnel	1	1 x 1	1
		WIP	1	2 x 1	2
10	Perebusan tahu	Drum, kompor, dan saringan	2	2.25 x 2	9
		Personnel	1	2 x 1	2
		WIP	1	1 x 1	1
		Personnel	1	1 x 1	1
11	Packaging	Mesin sealer	1	2 x 2	4
		Personnel	1	1 x 1	1
		WIP	1	2 x 1	2
12	Gudang <i>finish goods</i>	Rak barang	6	0.5 x 2	6
		Personnel	1	9	9

Tabel 2 dan 3 menunjukkan kebutuhan luasan untuk masing-masing *workstation* di departemen produksi dan non-produksi.



Gambar 1. Flow Process Chart
Sumber: Peneliti, 2024

Metode Penelitian
Activity relationship diagram

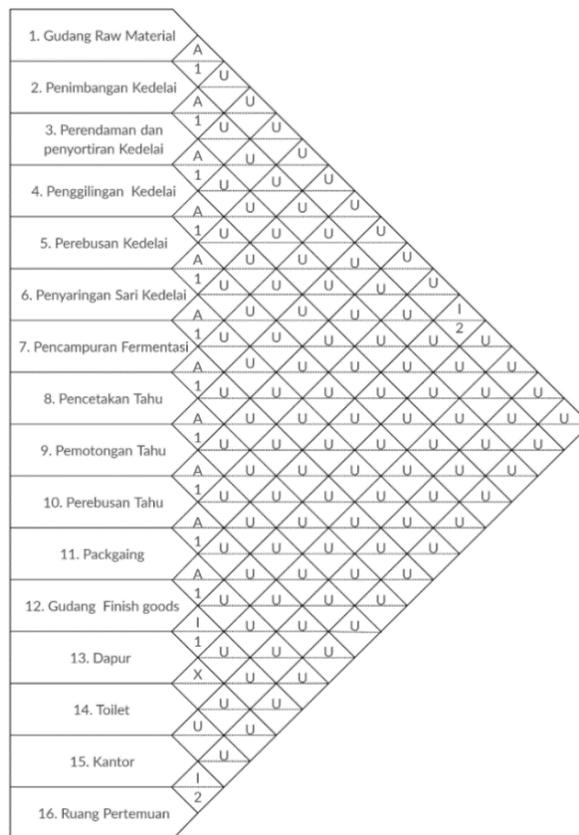
Dalam membentuk *Activity Relationship Diagram* (ARD), perlu didefinisikan hubungan seluruh antar departemen yang ada di IKM Tahu Sehat Sari terlebih dahulu. Hubungan A diberikan untuk seluruh departemen manufaktur yang saling berdekatan satu sama lain dengan alasan kemudahan aliran material, mengingat IKM ini menerapkan product layout. Kemudian hubungan I diberikan untuk beberapa departemen yang termasuk dalam employee services dan manufacturing seperti kantor dengan ruang pertemuan, dapur dengan gudang, dan juga antar gudang dengan alasan kemudahan supervising. Dan hubungan X diberikan untuk departemen toilet dengan dapur dengan alasan untuk menjaga ke higienisan

Setelah terbentuk *Activity Relationship Chart* (ARC) dan juga *Activity Relationship Worksheet* (ARW), selanjutnya untuk memperoleh gambaran tentang letak suatu departemen relatif terhadap departemen lainnya maka dibentuklah ARD. Langkah pertama pembentukan ARD yaitu membuat blok untuk setiap departemen yang ada. Lalu

Pada tahapan selanjutnya dalam merancang tata letak, tempat parkir tidak disertakan karena diasumsikan langsung harus berdekatan dengan gudang *raw material* dan gudang *finished goods*.

Tabel 3. Space requirement worksheet untuk employee service

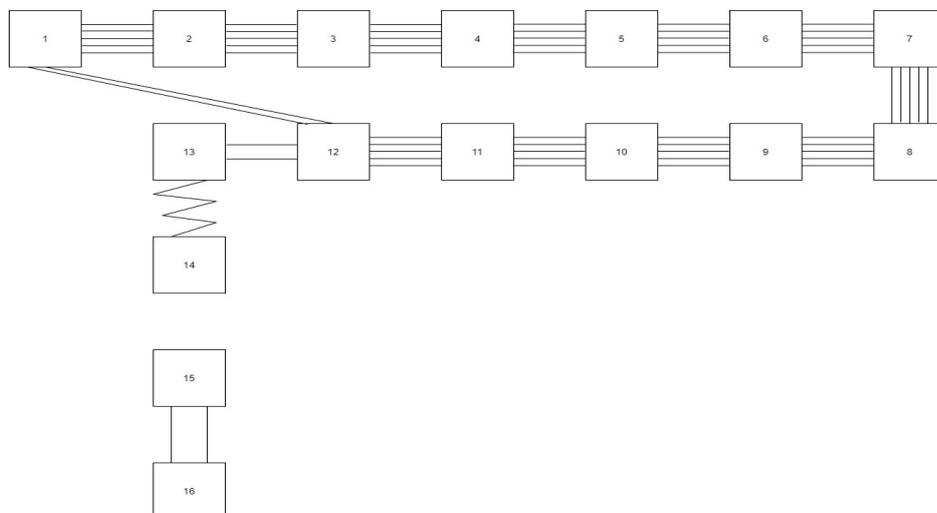
Workstation	Entitas	Jumlah	L x W (m)	Area (m ²)
Toilet	Kloset	3	0.6 x 0.5	0.9
	Bak	3	1 x 1	1
	Personnel	3	2.36	7.1
Dapur	Meja dan kursi	4	0.9 x 2	1.8
	Kitchen set	1	0.6 x 2	1.2
	Personnel	1	1 x 1	1
Kantor	Meja dan kursi	6	2 x 3	6
	Personnel	1	2 x 1	1
Ruang pertemuan	Meja dan kursi	10	2 x 3	6
	Personnel	1	2 x 1	2
Parkir	Area mobil	4	2.5 x 2	20
	Area motor	10	1.5 x 1	15
	Area truk angkutan	1	3 x 5	15
	Area jalan	1	50	50
Total				129



Gambar 2. Activity relationship chart
Sumber: Peneliti, 2024

mulai menempatkan setiap blok diikuti dengan keterangan atau simbol hubungan rating yang didefinisikan pada Gambar 2. Yang pertama yaitu meletakkan blok departemen 1 dan departemen 2, kemudian memberikan lima garis horizontal dipasang

secara paralel untuk menghubungkan antara kedua departemen. Kemudian dilihat hubungan yang ada dalam departemen yang sudah terpasang, lalu menghubungkannya dengan departemen terkait sesuai dengan simbol hubungan. Iterasi dilakukan hingga



Gambar 3. Activity relationship diagram
Sumber: Peneliti, 2024

seluruh blok departemen terpasang.

Dimensionless block diagram

Setelah terbentuk *activity relationship diagram*, selanjutnya yaitu memberi gambaran umum fasilitas melalui penempatan departemen dalam bentuk diagram blok. Dalam proses perancangan layout awal, *dimensionless block diagram* tidak mempertimbangkan ukuran sebenarnya yang diperlukan departemen.

Metode ini dimulai dengan membuat blok untuk seluruh departemen termasuk produksi dan nonproduksi yang ada di IKM Tahu Sehat Sari. Kemudian departemen penimbangan kedelai ditempatkan pada *work desk* karena memiliki 2 rating A dan merupakan proses pertama. Langkah selanjutnya adalah melihat hubungan yang dimiliki departemen penimbangan dengan departemen lain. Kemudian, departemen gudang *raw material* dan perendaman *fully touching* ditempatkan disebelah departemen penimbangan karena memiliki rating A. Iterasi dilanjutkan hingga seluruh departemen terpasang pada *work desk*. Gambar 3 menunjukkan *activity relationship diagram*.

Modified Spanning Tree

Algoritma *Modified Spanning Tree* (MST) khusus digunakan untuk menganalisis kasus-kasus tata letak dimana mesin atau departemennya tersusun dalam satu baris saja. Algoritma MST ini berusaha menempatkan departemen atau mesin yang memiliki flow lebih besar dibandingkan yg lain (kontribusi besar). Pada pembuatan layout dengan menggunakan algoritma MST, diperlukan data luasan mesin dan *from-to chart material movement*.

Kemudian, diasumsikan bahwa dimensi yang digunakan adalah dimensi panjang mesin, sehingga lebar dari mesin dapat diabaikan. *Clearance* (jarak antar mesin) yang digunakan adalah berjarak 2 m. Setelah data mengenai luasan alat dan frekuensi pemindahan material pada Tabel 2 dari satu mesin ke mesin yang lain sudah didapatkan, maka langkah selanjutnya adalah menghitung *adjacency weight* matriks, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
M a c h i n e	1	-	275										
	2		-	330									
	3			-	330								
	4				-	330							
	5					-	330						
	6						-	300					
	7							-	350				
	8								-	400			
	9									-	525		
	10										-	525	
	11											-	300
	12												-

Gambar 4. *Adjacency weight matrix*
Sumber: Peneliti, 2024

Simulated Annealing

SA adalah metode pencarian stokastik yang dimodelkan berdasarkan proses annealing fisik yang ditemukan dalam bidang termodinamika (Pardalos & Mavridou, 2024). Pada tahap ini, penyusunan tata letak IKM Tahu Sehat Sari dilakukan secara otomatis dengan menggunakan metode Simulated Annealing yang dibangun dan dieksekusi pada *software* MATLAB. Output dari metode ini adalah hasil plotingan mesin, dan total perpindahan yang dilakukan. Khusus untuk model double row layout, ditentukan pula pembagian baris (*cutting point*) mesin, yang menentukan isi dari baris pertama dan kedua.

Langkah-langkah dalam pengembangan SA untuk perancangan layout terbagi dalam beberapa tahapan. Pada tahap pertama, parameter input dari SA didefinisikan sebagai berikut: $T_0=1$, $T_f=100$, dan $\alpha=0,95$, dimana T_0 adalah temperature awal, T_f adalah temperature akhir, dan α adalah laju pendinginan. Kemudian, solusi awal dibentuk secara random karena dalam proses pengerjaannya, metaheuristik tidak terpengaruh dengan solusi awal. Setelah itu, solusi tersebut dimodifikasi dengan beberapa operator, diantaranya swap, insertion, dan 2-opt. Dalam setiap iterasi, nilai parameter temperature sekarang T diubah sesuai dengan formula $T = \alpha T$. Modifikasi solusi dilakukan dalam beberapa iterasi hingga temperatur sekarang T lebih kecil atau sama dengan temperatur final T_f .

Hasil dan Pembahasan

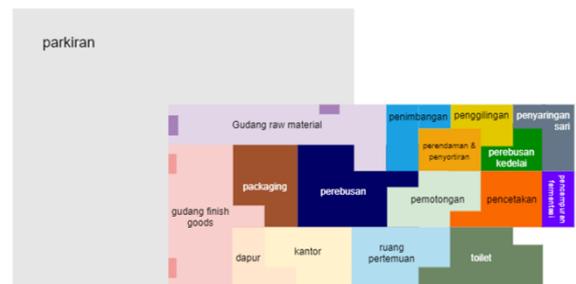
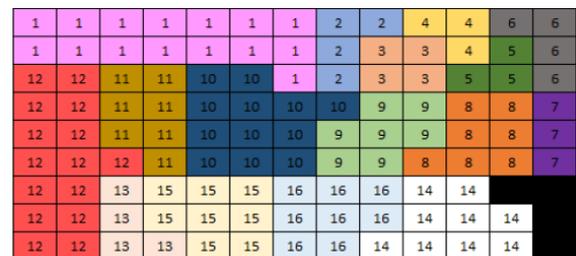
Setelah terbentuk *activity relationship diagram* dan *dimensionless block diagram*, maka langkah selanjutnya yaitu melakukan alokasi area departemen. Alokasi area dilakukan dengan menggunakan sistem blok dimana luasan dan jumlah blok yang diperlukan oleh masing-masing departemen ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Area allocation: grid layout

No	Aktivitas	Luas	Blok
1	Gudang raw material	15	15
2	Penimbangan	4	4
3	Perendaman dan penyortiran	4	4
4	Penggilingan	3	3
5	Perebusan kedelai	3	3
6	Penyaringan sari	4	4
7	Pencampuran fermentasi	3	3
8	Pencetakan tahu	7	7
9	Pemotongan tahu	7	7
10	Perebusan tahu	12	12
11	Packaging	7	7
12	Gudang finish goods	15	15
13	Dapur	4	4
14	Toilet	9	9
15	Kantor	8	8
16	Ruang pertemuan	8	8
Total			113

Berdasarkan *space requirement* dan *dimensionless block diagram*, maka didapatkan alokasi area seluruh departemen, baik produksi dan nonproduksi yang ada di IKM Tahu Sehat Sari sebagaimana

diperlihatkan pada Gambar 5. Dari gambar tersebut didapatkan bahwa seluruh departemen produksi dan nonproduksi sudah teralokasi sesuai dengan kerangka dari *dimensionless block diagram* yang sudah dibuat sebelumnya. Pada hasil *allocating area* yang terbentuk, blok berwarna hitam hanya ada dalam jumlah sedikit. Hal ini menunjukkan bahwa tidak banyak *space* yang terbuang pada saat melakukan *layouting*. Penggunaan alokasi ini setidaknya dapat menghemat dan memaksimalkan penggunaan area.



Gambar 5. Allocating Area
Sumber: Peneliti, 2024

Terdapat tiga metode yang digunakan



Gambar 6. Layout usulan metode *dimensionless block diagram*

Sumber: Peneliti, 2024

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----

Gambar 7. Layout usulan metode *modified spanning tree*

Sumber: Peneliti, 2024

1	8	11	9	6	4	3	2	7	10	5	12
---	---	----	---	---	---	---	---	---	----	---	----

Gambar 8. Layout usulan metode *simulated annealing single row*

Sumber: Peneliti, 2024

1	11	2	10	4	5	8
	3	9	7	6	12	

Gambar 9. Layout usulan metode *simulated annealing double row*

Sumber: Peneliti, 2024

untuk membuat usulan perbaikan *layout*, yaitu *dimensionless block diagram*, *simulated annealing*, dan *modified spanning tree*. Gambar 6-9 menunjukkan hasil usulan *layout* menggunakan ketiga metode tersebut.

Dari Gambar 6, didapatkan bahwa tata letak departemen produksi pada IKM Tahu Sehat Sari berurutan mulai dari penimbangan hingga packaging yang tersusun dalam 2 baris dengan general flow pattern berbentuk U. Hal ini sesuai dengan teori product layout yang prosesnya berurutan. Selain dari departemen produksi juga terdapat gudang atau warehouse yang diletakkan secara berdekatan dengan departemen produksi guna kemudahan perpindahan material yang digunakan maupun yang sudah jadi untuk meminimalisir *material handling*.

Pada metode MST, iterasi dilakukan terus menerus hingga seluruh departemen yang ada terpasang, berurutan dari nilai *adjacency weight* tertinggi dari departemen yang telah terpasang. Kemudian dari hasil layout tersebut dilakukan perhitungan total *travelled distance* yaitu dengan mengalikan jarak titik tengah dari workstation dikalikan dengan frekuensi yang diperoleh dari data *from-to-chart*, dimana didapatkan total *travelled distance* dari layout yang dirancang dengan metode MST sebesar 1.695 m.

Sama halnya pada metode MST, perancangan tata letak dengan metode *simulated annealing single row* melibatkan sepuluh stasiun kerja yang berhubungan langsung dengan produksi. Berdasarkan

pemrograman yang telah dilakukan didapatkan hasil berupa urutan mesin awal yang ditunjukkan oleh Gambar 8, dengan total perpindahan material sebesar 8.590 m. Untuk kasus double row, metode SA menghasilkan solusi *cutting point* pada titik ke-7 dengan total perpindahan sebesar 1.950 m. Tata letak mesin dengan double row layout hasil dari metode SA diperlihatkan pada Gambar 9.

Dari ketiga metode yang dibahas, dilakukan perbandingan antara hasil penyusunan layout menggunakan *Simulated Annealing* (SA) dan *Modified Spanning Tree* (MST). Perbandingan dilakukan dengan menghitung *total travelled distance* yang merupakan hasil perkalian jarak antar titik tengah workstation dengan total frekuensi perpindahan antar workstation. Hal ini menandakan jarak perpindahan baik yang dilakukan oleh pekerja dalam memindahkan material. Pada perhitungan ini diasumsikan allowance antar workstation adalah 2 m.

Table 5 menampilkan perbandingan kedua metode pada *single* dan *double row layout*. Hasil ini menunjukkan bahwa metode SA pada *double row layout* dapat mengurangi total *travelled distance* secara significant, jika dibandingkan dengan *single row layout*. Hasil terbaik dicatat oleh metode MST dengan *total travelled distance*, sebesar 1.695 m. Mengacu pada Gambar 7, metode MST menghasilkan urutan peletakan stasiun kerja yang urut sesuai dengan nomornya. Dikarenakan proses pembuatan tahu putih berupa *flow shop*

production, maka peletakan stasiun kerja yang ideal adalah sesuai dengan urutan prosesnya.

Kesimpulan

Penelitian ini melakukan perancangan tata letak IKM Tahu Sehat Sari dengan menggunakan metode MST dan SA, serta dengan pendekatan dua model yaitu *single row* dan *double row layout*. Hasil eksperimen membuktikan bahwa layout yang diusulkan dapat mengurangi biaya operasional dikarenakan jarak perpindahan material antar departemen berkurang dari yang sebelumnya 2.600 m menjadi 1.695 m pada usulan *layout* terbaik.

Pada penelitian kali ini, *layout* yang terpilih adalah perhitungan *layout* dengan *area allocation* menggunakan *activity relationship diagram* dan *dimensionless block diagram*, yang kemudian urutan peletakan stasiun kerja untuk departemen produksi mengacu pada hasil metode MST. Untuk studi lebih lanjut dapat dipertimbangkan produk olahan dari tahu putih seperti tahu bulat, tahu magel, tahu pong, dan lainnya yang juga diproduksi pada IKM Tahu Sehat Sari dan perusahaan sejenis.

Daftar Pustaka

- Adiasa, I., & Mashabai, I. (2024). Perancangan Ulang Tata Letak Fasilitas Menggunakan Metode Systematic Layout Planning (SLP) Dengan Algoritma Blocplan Di UD Wijaya Samawa. *Industriika: Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 8(1), 54–66.
- Agista, A. B., Natuna, A. P., Wangsa, H. B., Fernanda, J., Akmal, N. N., & Rifai, A. P. (2021). Perancangan Tata Letak Fasilitas UKM Kerajinan Kayu Dengan Metode Simulated Annealing. *Journal of Industrial and Manufacture Engineering*, 5(2), 137–147.
- Amaral, A. R. S. (2022). A heuristic approach for the double row layout problem. *Annals of Operations Research*, 316(2), 1–36.
- Amit, N., Suhadak, N., Johari, N., & Kassim, I. (2012). Using simulation to solve facility layout for food industry at XYZ Company. *2012 IEEE Symposium on Humanities, Science and Engineering Research*, 647–652.
- Chae, J., & Regan, A. C. (2020). A mixed integer programming model for a double row layout problem. *Computers & Industrial Engineering*, 140, 106244.
- Christiyono, D. E., & Singgih, M. L. (2015). Perbaikan Layout Pabrik dengan Algoritma CORELAP, MST, CRAFT, dan Pertimbangan Material Handling (Studi Kasus di PT XYZ). *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XXII*, 10, 1–7.
- Hafidin, M. F., & Nugraha, A. E. (2023). Analisis Dan Usulan Perencanaan Tata Letak Pabrik Bagian Produksi Menggunakan Metode Systematic Layout Planning (SLP) Di PT.ABC. *Industriika: Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 7(2), 161–171.
- Kholidasari, I., Syahri, Y. S., & Sundari, S. (2023). Penerapan metode systematic layout planning untuk meminimasi jarak perpindahan material pada UKM X. *Industriika: Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 7(1), 93–102. <https://doi.org/https://doi.org/10.37090/indstrk.v7i1.943>
- Kusumaningsih, D. A., Azim, A. F., Albab, D. A. I. U., Hans, F. R., Korin, F., Pohan, R. N. A. M., Ananta, V. S., & Rifai, A. P. (2022). Simulated Annealing untuk Perancangan Tata Letak Industri Furniture dengan Model Single dan Double Row Layout. *Jurnal Media Teknik Dan Sistem Industri*, 6(1), 60–67.
- Pardalos, P. M., & Mavridou, T. D. (2024). Simulated annealing. In *Encyclopedia of Optimization* (pp. 1–3). Springer.
- Qi, J.-Y. (2010). Application of improved simulated annealing algorithm in facility layout design. *Proceedings of the 29th Chinese Control Conference*, 5224–5227.
- Rifai, A. P., Alfithra, A. R., Al'adiat, C. F., & Sari, W. P. (2023). Facility Layout Planning for Pyrolyzer Production Using Automated Layouts Design Program (ALDEP) Method. *OPSI*, 16(1), 165–173.
- Rifai, A. P., Kusumaningsih, D. A., Syahrizad, A., Adriani, A., Hediandra, F. B., Ramadhana, I., Sunarso, R. V. P., & Abdillah, S. H. (2023). Perancangan Tata Letak Fasilitas Industri Bakery dengan Pendekatan Model Single Row dan Double Row Layout. *Jurnal Penelitian Dan Aplikasi Sistem & Teknik Industri (PASTI)*, 17(1), 1–12.

- Sihite, E. M., Febianti, E., & Ilhami, M. A. (2015). Usulan Perbaikan Layout Produksi Project Fab Of Resin Untuk Meminimasi Ongkos Material Handling Menggunakan Metode Simulated Annealing. *Jurnal Teknik Industri Untirta*, 3(1).
- Sonja, A., Radeva, E. A., Dianswari, F. A., Noorfadila, A. M., Pramudita, A. D., & Rifai, A. P. (2023). Perancangan Tata Letak Pabrik Mie Lethek UD Garuda dengan Metode DBD, ALDEP, CORELAP dan MST. *Journal Of Industrial and Manufacture Engineering*, 7(2), 204–216.
- Tannady, H. (2017). Pengaturan Ulang Urutan Tata Letak Seri Antar Etalase. *JIEMS (Journal of Industrial Engineering and Management Systems)*, 6(2), 1-7.
- Wiyaratn, W., Watanapa, A., & Kajondecha, P. (2013). Improvement plant layout based on systematic layout planning. *IACSIT International Journal of Engineering and Technology*, 5(1), 76–79.