

## Analisis Tata Letak Produksi CNC Batik dengan *Group Technology* dan *Particle Swarm Optimization*

Rifqi Fauzi<sup>1</sup>, Sri Hartanti<sup>1</sup>, Tari Hardiani Safitri<sup>1</sup>, Achmad Pratama Rifai<sup>1\*</sup>,  
Anas Saifurrahman<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada  
Jl. Bulaksumur, Caturtunggal, Depok, Sleman, D.I Yogyakarta 55281

### Abstrak

Produksi batik menunjukkan tren peningkatan permintaan, memacu kebutuhan akan peningkatan produktivitas dan fleksibilitas dalam proses produksi. Dalam konteks ini, pengaturan tata letak menjadi krusial untuk memaksimalkan efisiensi operasional, karena memiliki dampak signifikan terhadap kelancaran aliran operasi dan minimasi jarak tempuh perpindahan material. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan metode untuk optimasi tata letak pada industri batik. Metodologi penelitian ini meliputi beberapa langkah, diantaranya adalah klasifikasi *cell* produksi berdasarkan kelompok *part* menggunakan *Rank Order Clustering* (ROC) dan *Similarity Coefficient* (SC), estimasi jarak perpindahan material melalui perhitungan *distance-based score*, dan penentuan urutan optimal departemen dengan *Particle Swarm Optimization* (PSO). Hasil eksperimen menunjukkan pengelompokan *cell* yang serupa antara metode ROC dan SC. Analisis terhadap hasil eksperimen menunjukkan perbaikan signifikan dari tata letak intuitif awal (*existing*) ke tata letak baru (*suggested*), dengan reduksi *distance based score* dari 315,75 menjadi 292,96. Implementasi *group technology* dan *cell manufacturing* terbukti meningkatkan efektivitas dan efisiensi aliran material dan *work in process* (WIP). Selain itu, penerapan PSO dalam menempatkan departemen berhasil mengurangi total jarak tempuh menjadi 7.018,5190 meter, dengan total biaya *material handling* menjadi Rp 1.544.074,18. Hal ini menegaskan potensi dari metode yang dikembangkan dalam mengoptimalkan tata letak fasilitas produksi batik untuk mencapai efisiensi operasional yang lebih tinggi.

**Kata kunci:** Perancangan tata letak; *Rank order clustering*; *Similarity coefficient*; *Distance-based score*; *Particle Swarm Optimization*

### Abstract

*Batik production shows a trend of increasing demand, spurring the need for enhanced productivity and flexibility in the production process. Here, the layout planning becomes crucial to maximize operational efficiency, as it significantly impacts the smoothness of operation flow and the minimization of material handling distance. Therefore, this research develops methods for layout optimization in the batik industry. The research methodology includes several steps: classification of production cells based on part groups using ROC and SC, estimation of distance-based score, and determination of the optimal order of departments with PSO. The results demonstrate the effectiveness of similar cell grouping between the ROC and SC. Further, the results show a significant improvement from the initial intuitive layout to the new layout, with a reduction in distance-based score from 315.75 to 292.96. The implementation of group technology and cell manufacturing has proven to enhance the effectiveness and efficiency of material and work in process flow. Moreover, the application of PSO successfully reduced the total travel distance to 7.018,5190 meters, with the total material handling cost of Rp 1.544.074,18. This confirms*

\*Corresponding author

Alamat email: [achmad.p.rifai@ugm.ac.id](mailto:achmad.p.rifai@ugm.ac.id)

<https://doi.org/10.35261/gijtsi.v4i02.10950>

Diterima 07 Januari 2024; Disetujui 8 Maret 2023; 10 Maret 2024

*the potential of the proposed method in optimizing the layout of batik production facilities to achieve higher operational efficiency.*

**Keywords:** *Layout planning; Rank order clustering; Similarity coefficient; Distance based score; Particle Swarm Optimization.*

## Pendahuluan

Batik merupakan warisan leluhur yang diwariskan hingga saat ini. Industri batik memiliki peranan yang sangat penting bagi perekonomian nasional. Sepanjang tahun 2023, nilai ekspor batik dan produk batik menembus angka USD 64,56 juta atau meningkat 30,1% dibanding capaian tahun 2021 [1]. Selain itu, industri batik juga merupakan sektor padat karya yang telah menyerap tenaga kerja hingga jutaan orang. Hal ini menunjukkan bahwa sektor industri batik memiliki peran penting dalam peningkatan perekonomian di Indonesia [2].

Di Pulau Jawa terdapat beberapa sentra industri batik, salah satunya di Yogyakarta, baik yang masih menggunakan metode konvensional maupun telah menggunakan mesin CNC. Untuk menerapkan penggunaan CNC dalam proses produksi batik, perlu contoh usaha yang menggunakan mesin produksi berbasis CNC, salah satunya adalah Laboratorium Inovasi di Yogyakarta yang dapat digunakan sebagai rujukan dalam proses produksi batik yang akan menggunakan mesin CNC. Laboratorium Inovasi memiliki 3 mesin CNC yang diproduksi, dan mesin yang digunakan untuk membuat pola batik adalah CNC Router [3]. Namun, susunan mesin di Laboratorium Inovasi belum teratur sesuai dengan alur perancangan mesin CNC. Terdapat dua lantai lini produksi yang digunakan di Lab Inovasi. Lantai 1 digunakan untuk aktivitas kebutuhan komponen mekanik, sedangkan lantai 2 digunakan untuk kebutuhan elektrik [3]. Hal ini menimbulkan *material handling* yang lebih sulit, dan tentunya meningkatkan biaya *material handling*, serta konsumsi waktu yang lebih panjang.

Berdasarkan permasalahan di atas, maka perlu dilakukan perbaikan terhadap tata letak fasilitas yang terdapat di Laboratorium Inovasi. Penelitian ini berfokus pada perbaikan tata letak mesin CNC Batik. Tujuan penelitian ini adalah menentukan jenis tata letak yang tepat untuk diterapkan pada industri produsen CNC Batik. Penentuan jenis tata letak pada penelitian ini dimulai dengan melakukan perhitungan jarak aliran berdasarkan pengelompokan menggunakan *group technology* untuk memperoleh jarak total aliran proses produksi, sehingga dapat digunakan untuk meminimalkan fungsi tujuan dalam penentuan urutan departemen produksi. Hal ini penting dilakukan sebab tata letak merupakan faktor penentu produktivitas kerja. Tata letak fasilitas yang dirancang dengan baik mampu memberikan kontribusi positif terhadap optimalisasi proses produksi [4]. Prinsip yang harus terpenuhi dalam perancangan tata letak fasilitas adalah adanya fleksibilitas, sebab berpengaruh terhadap penurunan biaya, waktu produksi, peningkatan kualitas produk, serta kemampuan dalam melakukan perubahan sesuai permintaan atau pergantian material produksi. Perancangan tata letak harus dilakukan secara menyeluruh dari semua faktor yang mempengaruhi proses produksi, perpindahan jarak minimal, aliran kerja yang berlangsung normal, sehingga semua area dapat dimanfaatkan secara efektif dan efisien, serta pengaturan tata letak yang fleksibel [5].

Fleksibilitas menjadi aspek yang penting dalam perancangan tata letak fasilitas. Sebab dengan adanya fleksibilitas dalam tata letak fasilitas, sistem produksi mampu dihadapkan pada berbagai perubahan. Fleksibilitas tata letak fasilitas mampu meningkatkan optimalisasi dalam proses produksi yang memungkinkan terjadi banyak perubahan dalam setiap pergantian permintaan produk [6]. Perancangan tata letak fasilitas yang baik juga mampu mengoptimalkan ruang yang berada dalam lantai produksi, sehingga dapat meningkatkan kelancaran pada aliran operasi perpindahan material. Kondisi ini akan mengurangi jarak tempuh *material handling* sehingga berpengaruh terhadap penurunan biaya *material handling* [7].

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan klasifikasi mesin menggunakan *Group Technology*, untuk mengetahui jenis *layout* yang tepat sehingga mampu mengurangi total jarak *material handling*. Pada proses klasifikasi menggunakan *Group Technology*, semua mesin dikelompokkan berdasarkan tipe yang sama agar membentuk *cell*. Metode yang digunakan untuk mengelompokkan *cell* berdasarkan *part family* adalah *Rank Order Clustering (ROC)* dan *Similarity Coefficient (SC)*. Setiap *cell* dalam *Group Technology* mengkhususkan diri untuk memproduksi *part family* tertentu. Perbaikan menggunakan metode *Rank Order Clustering (ROC)* ini dinilai cukup efisien. Pada penelitian sebelumnya, Amelia [8] melakukan perbandingan perbaikan tata letak menggunakan metode *Rank Order Clustering (ROC)* dengan MOD ROC, dimana *Rank Order Clustering (ROC)* mampu memberikan efisiensi yang lebih baik daripada menggunakan MOD ROC, yaitu sebesar 72%. Pada *cell* ini dilakukan pengelompokkan komponen produk ke dalam sebuah *family* yang disebut *part family*, dan membentuk *cell* yang terdiri dari mesin-mesin dan pekerja yang dibutuhkan untuk memproduksi *part family* tersebut [9]. Nilai koefisien dari kesamaan ini dinilai menggunakan *Similarity Coefficient*, dengan hasil berupa matriks dengan nilai berkisar dari 0 hingga 1. Angka mendekati 1 artinya part tersebut memiliki kesamaan proses [10]. Melalui tahapan ini selanjutnya dapat digunakan untuk penentuan tata letak yang optimal. Selain itu, perbaikan tata letak fasilitas menggunakan metode *shared storage* dapat memberikan penurunan kebutuhan luas tata letak pada produk *homeware* sebesar 16,06%, *health & beauty* sebesar 15,6%. Hal tersebut memberikan informasi bahwa penempatan produk pada gudang perlu mempertimbangkan frekuensi kebutuhan pelanggan agar tercipta efisiensi transportasi [11].

Penentuan tata letak yang digunakan pada penelitian ini adalah *Distance Based Score Calculate* dan *Particle Swarm Optimization (PSO)*. *Software* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Software MATLAB*. *Distance Based Score Calculate* ini digunakan untuk menghitung jarak aliran berdasarkan hasil klasifikasi menggunakan *Group Technology*, sehingga dapat memperoleh jarak total aliran proses produksi. Sedangkan *Particle Swarm Optimization (PSO)* digunakan untuk menentukan urutan departemen dengan cara memaksimalkan atau meminimalkan fungsi tujuan. Pada penelitian ini yang menjadi fungsi tujuan adalah meminimalkan jarak tempuh antar departemen agar mampu meminimalisir *part material handling*. Algoritma metaheuristik dipilih sebagai metode penyelesaian karena metode ini *robust* dalam menyelesaikan berbagai permasalahan optimasi dan sering kali mampu menemukan solusi yang baik bahkan untuk masalah yang sangat kompleks atau berdimensi besar dengan waktu komputasi yang relatif cepat dibandingkan dengan metode eksak. Secara spesifik, PSO dipilih karena memiliki kemampuan mengidentifikasi nilai optimum secara global dengan keakuratan yang tinggi [12]. PSO ini dijalankan dengan iterasi tertentu hingga mencapai pemberhentian, sehingga diperoleh solusi yang terletak pada *global best*. Persamaan ini disimulasikan dalam ruang dengan dimensi tertentu dengan sejumlah iterasi, sehingga

di setiap iterasi posisi partikel akan semakin mengarah ke fungsi yang dituju, dalam penelitian ini adalah minimasi *total traveled distance* [13].

Penentuan tata letak harus memperhatikan aliran proses produksi. Hal ini bertujuan untuk mengurangi frekuensi perpindahan material, maupun meminimalkan jarak tempuh pada saat aktivitas perpindahan material tersebut. Penelitian oleh Daya et al. [13] dilakukan pada penentuan tata letak dalam aliran proses produksi menggunakan metode BLOCPAN. Metode ini mampu menyelesaikan permasalahan tata letak fasilitas, dengan memperhitungkan jarak perpindahan material, dan tata letak akhir. Layout usulan yang dipilih berdasarkan nilai R-Score yang nilainya mendekati 1 dengan efisiensi jarak perpindahan material sebesar 11,35 meter atau sebesar 3,79% [14]. Karmila et al. [14] mengkombinasikan metode BLOCPAN dengan AHP untuk merancang tata letak fasilitas pabrik susu bubuk menghasilkan lima usulan alternatif yang mana masing-masing usulan memiliki beberapa pertimbangan diantaranya Adjacency Score, R-Score, dan Rel-dist Score. Pertimbangan tersebut digunakan untuk memilih tata letak fasilitas terbaik menggunakan AHP dengan relative score terbesar yaitu 0.295 (alternatif pertama) sehingga total jarak material handling secara rectilinear untuk tata letak yang diusulkan adalah 66,225 meter [15]. Menggunakan metode yang sama, perusahaan produksi roti di Surakarta dapat merancang tata letak dan fasilitas dengan biaya awal sebesar Rp. 3.750.000 menjadi Rp. 3.744.277 [16].

Selain menggunakan pendekatan eksak, perancangan tata letak fasilitas dikembangkan melalui pendekatan *approximation*. Penelitian serupa oleh Guan et al. [16] dilakukan pada perancangan tata letak fasilitas yang melibatkan penempatan sekelompok departemen ke dalam beberapa *workshop*. Hal ini berkaitan dengan distribusi departemen dengan mempertimbangkan situasi praktis, aliran penanganan material internal dan aliran transportasi eksternal. Penelitian tersebut memiliki 3 tujuan, diantaranya minimalisasi penanganan material secara keseluruhan, minimalisasi jumlah *workshop*, dan maksimalisasi rasio pemanfaatan lantai *workshop*. 3 fungsi tujuan ini yang mendasari penggunaan metode *Multi-Objective Particle Swarm Optimization (MOPSO)*, untuk mencari solusi yang layak secara lokal dan global. Hasilnya menunjukkan bahwa *MOPSO* memiliki konvergensi yang sangat baik. Selain itu, terdapat beberapa solusi optimal Pareto yang terdistribusi secara seragam, dan menunjukkan kemampuan penyebaran yang baik [17]. Penelitian lain oleh Azmi et al. [17] juga menunjukkan bahwa algoritma *PSO* memiliki performa yang lebih baik dari pada algoritma *Glowworm Swarm Optimization* dalam penyelesaian sistem persamaan *non linier*. Hal ini disebabkan karena algoritma *PSO* konvergen pada *global optimal* dibandingkan algoritma *Glowworm Swarm Optimization* yang hanya konvergen pada *local optimum* [18].

Penelitian oleh Liu et al. [18] menyebutkan bahwa penyelesaian tata letak pipa menggunakan IDACO. Metode ini berhasil mengefisienkan PRD pada produksi *oil and gas company*. Membandingkan beberapa metode dalam menyelesaikan permasalahan tata letak departemen telah banyak dilakukan. Setiawan et al. [19] melakukan komparasi dari metode *Genetic Algorithm-Simulated Annealing* I dan II, yang mana dalam menyelesaikan *facility layout problem* GA-SA II memiliki performa terbaik untuk meminimalkan momen perpindahan lebih pendek daripada GA-SA I. Siswanti et al. [20] menggunakan metode *Modified Squirrel Search Algorithm* untuk mengurangi jarak perpindahan material pada Departemen Produksi cup gelas dan galon. Diperoleh 9

alternatif yang menghasilkan total jarak perpindahan paling minimum sebesar 2731,5 m dengan efisiensi 11,99% [19]. Penentuan tata letak gudang dengan membandingkan kebijakan *Class-Based Storage* dengan *Particle Swarm Optimization* untuk meminimalkan jarak tempuh dan biaya *material handling*. Metode PSO lebih memberikan biaya yang lebih sedikit jika dibandingkan dengan kondisi *existing* dan kebijakan *Class-Based Storage*, dengan kata lain pendekatan PSO tidak dapat memberikan kondisi paling optimal namun dapat memberikan kondisi mendekati optimal [20].

Belo-Filho et al. [21] menyelesaikan masalah tata letak fasilitas tidak hanya bertujuan untuk meminimalkan biaya *material handling*, tetapi juga meminimalkan produk cacat dan biaya produksi dimana nilai efisiensinya mencapai 55,7% lebih kecil dari kondisi *existing* menggunakan pendekatan analisis *Activity Relationship Diagram* (ARD), *Dimensionless Block Diagram*, *Activity Relationship Chart* (ARC), dan metode *aisle*. Penelitian terdahulu mengenai perbandingan metode *re-layout design* menunjukkan bahwa metode PSO merupakan metode terbaik [20]. Tinjauan literatur diatas memberikan informasi bahwa pendekatan *approximation*, khususnya menggunakan metode PSO merupakan salah satu alternatif yang efektif untuk menentukan rancangan tata letak fasilitas terbaik namun perlu dilakukan penggabungan menggunakan *group of technology* sebelum merancang tata letak fasilitas. Hal ini bertujuan untuk memastikan fasilitas yang akan dirancang telah dikelompokkan berdasarkan proses yang serupa, sehingga penelitian ini perlu dilakukan untuk mengetahui bagaimana kombinasi *group of technology* dengan PSO untuk meminimalkan biaya *material handling* pada proses produksi CNC Batik.

## Metode Penelitian

Objek penelitian ini merupakan Lab Inovasi yang memiliki kemampuan untuk memproduksi mesin CNC Batik. Sehingga dalam melakukan riset terdapat beberapa metode yang digunakan pada penelitian mengelompokkan proses permesinan kedalam *group technology*, antara lain *Rank Order Clustering* (ROC) dan *Similarity Coefficient* (SC) untuk mengelompokkan cell berdasarkan *part family*. Setelah dikelompokkan menjadi *cell*, dilakukan penentuan jarak minimal menggunakan metode *Distance Based Score Calculate*. Metode selanjutnya yang digunakan adalah *Particle Swarm Optimization* (PSO) untuk menentukan urutan departemen. Diagram alur penelitian disajikan pada Gambar 1.

### *Similarity Coefficient*

*Similarity coefficient* merupakan metode pembentukan *manufacturing cell* dengan mengelompokkan mesin yang sejenis, berdasarkan *part family*. Pada metode ini dilakukan perhitungan pada nilai SC untuk memperoleh nilai kemiripan pada pasangan mesin atau *part*. Tahapan pada metode *Similarity Coefficient*, antara lain :

*Langkah 1* : memasang setiap mesin dengan mesin lainnya, kemudian menghitung *Similarity coefficient Value*.

*Langkah 2* : memilih *threshold value* terbesar untuk dipasangkan. Pasangan yang telah selanjutnya digabungkan menjadi satu untuk setiap mesin yang memiliki kemiripan. Lakukan langkah 1 dan 2 secara berulang untuk memperoleh pasangan. Sehingga hasil dari penggunaan metode *Similarity Coefficient* ini adalah berupa pengelompokkan *cell*.

Untuk memperoleh nilai kemiripan antara 2 mesin, digunakan persamaan (1) sebagai berikut;

$$S_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n a_{ki} a_{kj}}{\sum_{k=1}^n (a_{ki} + a_{kj} - a_{ki} a_{kj})} \quad (1)$$

Notasi yang digunakan pada model matematika diatas adalah sebagai berikut :

$S_{ij}$  = *Similarity coefficient* pada proses mesin  $i$  ke proses mesin  $j$   
 $a_{ki}$  = Variabel biner, 1 jika part  $k$  diproses pada mesin  $i$ , 0 jika sebaliknya  
 $a_{kj}$  = Variabel biner, 1 jika part  $k$  diproses pada mesin  $i$ , 0 jika sebaliknya

### **Rank Order Clustering**

Perhitungan *Rank order clustering* dilakukan dengan menentukan bilangan biner pada setiap baris dan kolom. Pengaturan dilakukan dengan urutan menurun sesuai dengan nilai bilangan biner pada baris maupun kolom. Notasi simbol memiliki keterangan sebagai berikut :

$BW$  = Bobot bilangan *binner*  
 $DE$  = *Decimal Equivalent*  
 $a_{ij}$  = Variabel biner, 1 jika part  $i$  diproses pada mesin  $j$ , 0 jika sebaliknya  
 $m$  = total mesin  
 $n$  = total part  
 $i$  = part ke  $i$   
 $j$  = mesin ke  $j$

Langkah perhitungan Perhitungan *Rank order clustering* diantaranya :  
 Memberikan bobot bilangan biner pada setiap kolom  $i$  dengan persamaan (2).

$$BW_i = 2^{m-i} \quad (2)$$

Menentukan *decimal equivalent* pada nilai bilangan biner untuk setiap baris  $j$  menggunakan persamaan (3).

$$DE_j = \sum_{i=1}^m 2^{m-i} a_{ij} \quad (3)$$

Mengurutkan baris sesuai nilai dari *decimal equivalent* secara menurun dari angka tertinggi sampai terendah. Jika tidak ada lagi yang bisa diurutkan maka lanjut ke langkah 4.

Memberikan bobot bilangan biner dengan baris  $j$  sesuai dengan persamaan (4).

$$BW_j = 2^{n-j} \quad (4)$$

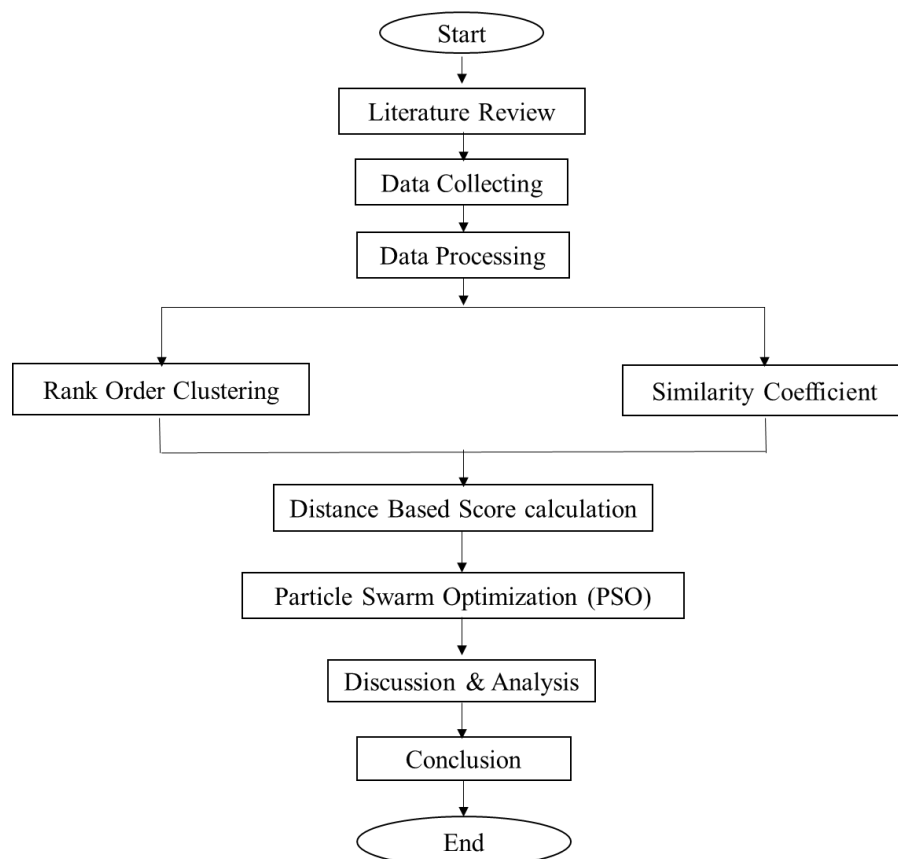
Menentukan *decimal equivalent* pada nilai bilangan biner untuk setiap kolom  $i$  menggunakan persamaan (5).

$$DE_i = \sum_{j=1}^n 2^{n-j} a_{ij} \quad (5)$$

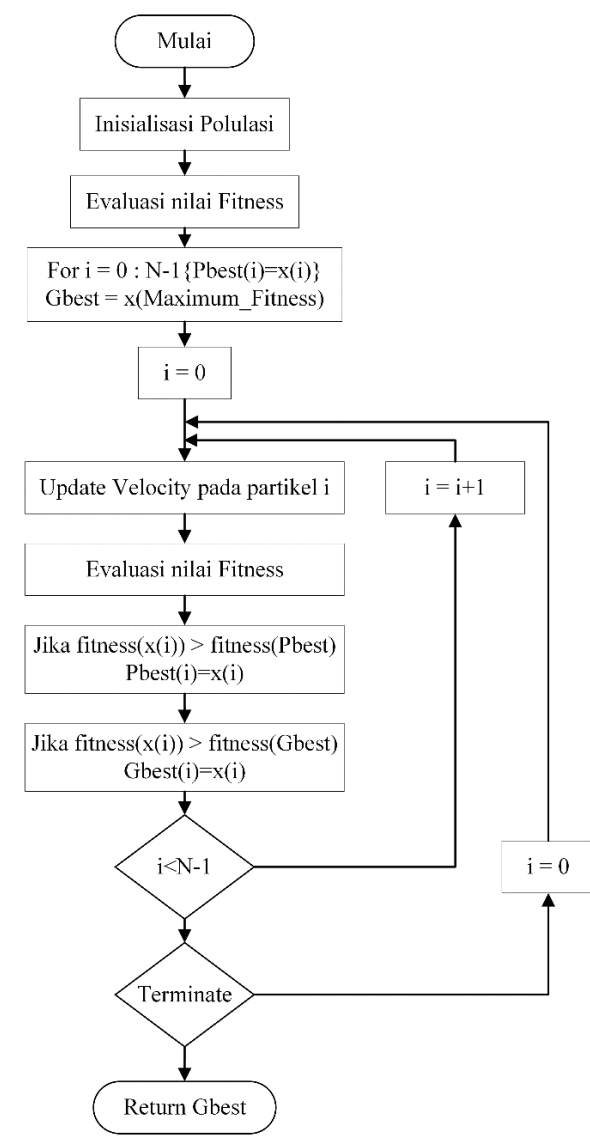
Urutkan baris sesuai nilai dari *decimal equivalent* secara menurun dari angka tertinggi ke terendah. Jika tidak ada lagi yang bisa diurutkan, maka berhenti.

## Particle Swarm Optimization

*Particle swarm optimization* termasuk kedalam *population based metaheuristics* yang biasanya digunakan untuk menyelesaikan permasalahan bertipe *continuous*. PSO merupakan metode yang diadaptasi oleh perilaku kelompok burung dan ikan. Setiap partikel dalam metode ini memiliki kecepatan dan posisi serta bergerak dalam ruang pencarian dengan kecepatan yang dinamis disesuaikan dengan perilaku kawanan mereka pada masa sebelumnya. Kemudian partikel akan bergerak menuju daerah pencarian yang lebih baik selama prose pencarian [22]. Proses pada PSO adalah ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 1.** Diagram alur penelitian



**Gambar 2.** Diagram Alir PSO [23]

PSO memerlukan inisialisasi populasi yang merupakan *random particle* yang kemudian akan melakukan proses pencarian optimal solusi dengan melakukan evaluasi fitness dari setiap partikel berdasarkan fungsi tujuan. Pada setiap iterasi akan dilakukan update dua nilai yaitu Pbest (posisi terbaik) dan Gbest (posisi terbaik global). Proses pengulangan akan terus berlanjut hingga pada suatu nilai konvergensi tertentu sehingga menghasilkan Gbest yang paling optimal [23].

## Hasil dan Pembahasan

### Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder proses produksi mesin CNC Batik meliputi *operation process chart*, *route sheet*, *bill of material*, proses permesinan dan data yang berkaitan dengan produksi baik berkaitan langsung maupun tidak langsung [3]. Data yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada Tabel 1 (kolom menunjukkan komponen yang diproduksi atau di *assembly* sedangkan baris menunjukkan proses permesinan yang dilakukan).



**Tabel 1.** Data Penelitian

| <i>Components<br/>Process</i> | <i>Frame<br/>Assembly</i> | <i>Bridge</i> | <i>Z-<br/>axis</i> | <i>Motor<br/>Set</i> | <i>Cable Carier<br/>Set</i> | <i>Box<br/>Panel</i> | <i>Sliding<br/>Frame</i> |
|-------------------------------|---------------------------|---------------|--------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------|
| Gerinda                       | 1                         |               |                    | 1                    | 1                           | 1                    | 1                        |
| CNC Frais                     |                           | 1             | 1                  |                      |                             |                      | 1                        |
| Las                           | 1                         | 1             |                    | 1                    | 1                           | 1                    | 1                        |
| Gerinda<br>(Preparasi)        |                           |               |                    | 1                    | 1                           |                      |                          |
| <i>Spray Paint</i>            | 1                         | 1             |                    | 1                    | 1                           | 1                    | 1                        |
| <i>Cat</i>                    | 1                         | 1             |                    | 1                    | 1                           | 1                    | 1                        |
| <i>Proxy</i>                  | 1                         | 1             |                    | 1                    | 1                           | 1                    | 1                        |
| Kompresor                     | 1                         | 1             |                    | 1                    | 1                           | 1                    | 1                        |
| CNC Bubut                     |                           |               | 1                  |                      |                             |                      |                          |
| Oven                          |                           |               |                    | 1                    | 1                           | 1                    | 1                        |
| <i>Powder<br/>Coating</i>     |                           |               |                    |                      |                             | 1                    |                          |
| <i>Cat Powder</i>             |                           |               |                    |                      |                             | 1                    |                          |

Berdasarkan Tabel 1 diketahui bahwa terdapat kombinasi antara 11 mesin dengan 7 *part*. Tabel di atas menunjukkan bahwa masing-masing jenis mesin yang dipasangkan dengan *part* bernilai 1, artinya terdapat *part* yang diproses di mesin tersebut.

### ***Pengelompokan Workstation menggunakan Similarity Coefficient***

Hasil perhitungan menggunakan metode *Similarity Coefficient* disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Pengelompokan *Cell* Menggunakan *Similarity Coefficient*

|  | { <i>Spray Paint, Cat, Proxy, Kompresor, Las, Gerinda, Oven, Gerinda (Preparasi)</i> } | { <i>Powder Coating, Cat Powder</i> } | {CNC Frais, CNC Bubut} |
|--|--|---------------------------------------|------------------------|
| { <i>Spray Paint, Cat, Proxy, Kompresor, Las, Gerinda, Oven, Gerinda (Preparasi)</i> } | -  | 0,25                                  | 0,285714               |
| { <i>Powder Coating, Cat Powder</i> }  |  | -                                     | 0                      |
| {CNC Frais, CNC Bubut}   |  |                                       | -                      |

Berdasarkan perhitungan menggunakan metode *Similarity Coefficient*, dengan mempertimbangkan dengan kondisi aktual di lapangan, diperoleh dua *cell manufacturing*. Kedua *cell* tersebut diantaranya adalah *Cell 1* {*Spray paint, cat proxy, Kompresor, Las, Gerinda*} dan *Cell 2* {CNC Frais, dan CNC Bubut}. Hasil perhitungan menggunakan metode *Similarity Coefficient* ini akan dibandingkan dengan metode *Rank Order Clustering (ROC)*. Pengelompokan berdasarkan *Similarity Coefficient* ini membantu dalam menciptakan pengaturan tata letak yang optimal, dan meningkatkan efisiensi dalam pemrosesan atau proses produksi.

### ***Pengelompokan Workstation menggunakan Rank Order Clustering***

Hasil pengelompokan cell menggunakan metode *Rank order clustering* disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Pengelompokan *Cell* Menggunakan Metode *Rank Order Clustering*

| Machine/<br>Component  | Sliding<br>Frame | Motor<br>Set | Cable Carier<br>Set | Box<br>Panel | Frame<br>Assembly | Bridge | Z-<br>axis |
|------------------------|------------------|--------------|---------------------|--------------|-------------------|--------|------------|
| Las                    | 1                | 1            | 1                   | 1            | 1                 | 1      |            |
| Spray Paint            | 1                | 1            | 1                   | 1            | 1                 | 1      |            |
| Cat                    | 1                | 1            | 1                   | 1            | 1                 | 1      |            |
| Proxy                  | 1                | 1            | 1                   | 1            | 1                 | 1      |            |
| Kompresor              | 1                | 1            | 1                   | 1            | 1                 | 1      |            |
| Gerinda                | 1                | 1            | 1                   | 1            | 1                 |        |            |
| CNC Frais              | 1                |              |                     |              |                   | 1      | 1          |
| CNC Bubut              |                  |              |                     |              |                   |        | 1          |
| Oven                   | 1                | 1            | 1                   | 1            |                   |        |            |
| Gerinda<br>(Preparasi) |                  | 1            | 1                   |              |                   |        |            |
| Powder<br>Coating      |                  |              |                     | 1            |                   |        |            |
| Cat Powder             |                  |              |                     | 1            |                   |        |            |

Berdasarkan Tabel 3, diketahui bahwa penggunaan metode *Rank order clustering* menghasilkan cell yang sama dengan pengelompokan menggunakan metode *Similarity Coefficient*. *Cell* tersebut diantaranya, *Cell* 1 {*Spray paint*, *cat proxy*, Kompresor, Las, Gerinda} dan *Cell* 2 {CNC Frais, dan CNC Bubut}. Terdapat beberapa komponen yang perlu transfer antar *cell*, diantaranya pada komponen *sliding frame*, proses oven perlu ditransfer ke *cell* 1 dan proses CNC frais perlu transfer ke *cell* 2. Pada komponen *motor set*, *cable carier*, dan *box panel*, proses operasi oven dan gerindra perlu ditransfer ke *cell* 1. Hal ini menunjukkan bahwa pada penelitian ini terdapat hasil pengelompokan *cell* yang relatif sama antar penggunaan metode *Rank order clustering* dan metode *Similarity Coefficient*. Berikutnya, untuk menganalisis hasil pengelompokan departemen lebih dalam, evaluasi menggunakan distance based score dan optimasi urutan departemen dilakukan untuk mengetahui total jarak tempuh dan total biaya *material handling*.

### ***Evaluasi Distance Based Score***

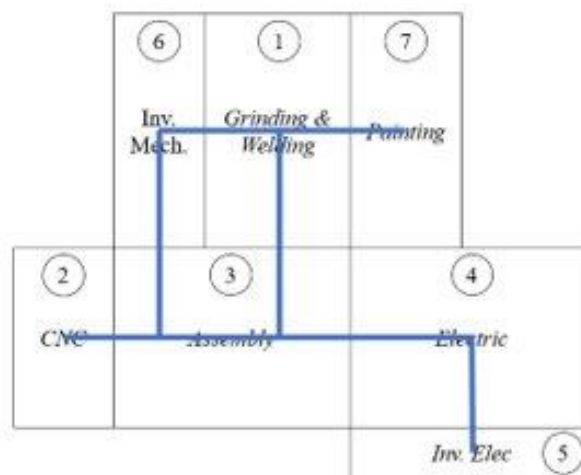
*Distance based score* merupakan prosedur untuk evaluasi alternatif tata letak yang terbaik. Perhitungan jarak departemen direkapitulasi dan direpresentasikan dalam matriks *from-to-chart*. Perhitungan *Distance based score* ini dapat menggunakan teknik *Group Technology*. Hasil perhitungan *Distance Based Score* menggunakan *Group Technology* disajikan pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Perhitungan *Distance Based Score*

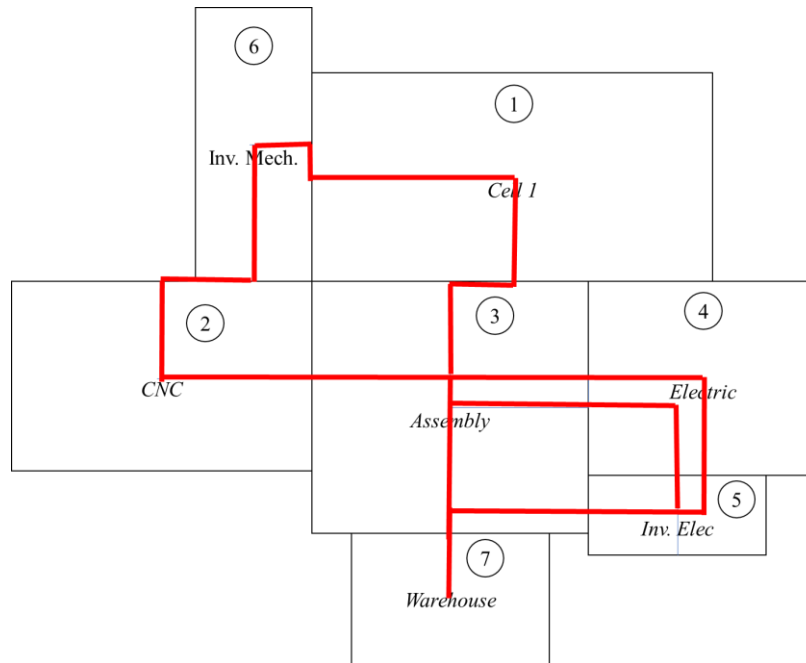
| <i>Flow<br/>Departement</i> | Jumlah<br><i>Flow</i> | CORELAP<br>( <i>Existing Layout</i> ) |                        | Layout usulan |                        |
|-----------------------------|-----------------------|---------------------------------------|------------------------|---------------|------------------------|
|                             |                       | Jarak                                 | Jarak x<br><i>Flow</i> | Jarak         | Jarak x<br><i>Flow</i> |
| 6-1                         | 13                    | 5,96                                  | 77,48                  | 8,47          | 110,11                 |
| 6-2                         | 2                     | 7,83                                  | 15,66                  | 7,83          | 15,66                  |
| 6-3                         | 2                     | 13,95                                 | 27,9                   | 13,95         | 27,9                   |

|     |   | CORELAP<br>(Existing Layout) |        | Layout usulan |        |
|-----|---|------------------------------|--------|---------------|--------|
| 1-7 | 6 | 6,26                         | 37,56  | 0,00          | 0      |
| 2-1 | 1 | 12,71                        | 12,71  | 16,33         | 16,33  |
| 2-3 | 1 | 9,72                         | 9,72   | 9,72          | 9,72   |
| 2-7 | 1 | 18,98                        | 18,98  | 16,33         | 16,33  |
| 4-3 | 1 | 8,57                         | 8,57   | 8,57          | 8,57   |
| 5-3 | 2 | 11,96                        | 23,92  | 11,96         | 23,92  |
| 5-4 | 1 | 4,92                         | 4,92   | 4,92          | 4,92   |
| 7-3 | 7 | 11,19                        | 78,33  | 8,50          | 59,5   |
|     |   | Jumlah                       | 315,75 | Jumlah        | 292,96 |

Tabel 4 menunjukkan perbandingan antara hasil *Distance Based Score* menggunakan (*Intuitive 1*), dengan hasil menggunakan *Group Technology*. Pada alternatif *Intuitive 1* fokus pada 7 departemen *Grinding & Welding*, *CNC*, *Assembly*, *Inventory electric*, *Electric mekanik*, *painting*, dan *warehouse*, menghasilkan *Distance Based Score* sejumlah 11,19. Sedangkan penelitian ini menggunakan *Group Technology*, yaitu terdiri dari 6 departemen, dan 2 *cell manufacturing*, dengan total *Distance Based Score* yang dihasilkan sejumlah 8,50. Hal ini menunjukkan bahwa adanya penurunan total jarak yang ditempuh antara *intuitive 1 (existing)* dan menggunakan *group technology*. Visualisasi layout dari perhitungan *Distance Based Score intuitive 1 (existing)* dan *Group Technology* disajikan pada Gambar 3 dan 4.



**Gambar 3.** Layout menggunakan CORELAP (*Existing Layout*)



**Gambar 4.** Usulan Tata Letak

Gambar 3 dan Gambar 4 merupakan perbandingan gambar yang dihasilkan dari perhitungan *Distance Based Score* menggunakan CORELAP (*existing layout*) dan menggunakan *Group Technology*.

**Penentuan Tata Letak Workstation menggunakan Particle Swarm Optimization**

Berdasarkan pengumpulan data *layout* CNC Batik, dibawah ini merupakan data jarak antar *cell* dan/atau departemen atau dikenal dengan *from-to chart*. Terdapat 7 titik tataletak yang dirancang berdasarkan *group of technology*. Detail dimensi *cell* dan/atau *department* pada CNC Batik ditunjukkan pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Dimensi *Cell* dan *Department*

| <i>Cell/Department</i>    | Panjang (m) |
|---------------------------|-------------|
| <i>Cell 1 (1 7)</i>       | 11,43       |
| <i>Cell 2</i>             | 9,14        |
| <i>Assembly</i>           | 8,40        |
| <i>Elektrik</i>           | 6,98        |
| <i>Inventory Elektrik</i> | 5,40        |
| <i>Inventory Mekanik</i>  | 3,54        |
| <i>Warehouse</i>          | 6           |

Sedangkan jarak antar titik *cell* dan/atau departemen ditunjukkan pada Tabel 6 dibawah ini:

**Tabel 6.** *From-To Chart* pada Tata Letak Produksi CNC Batik

| From/To             | <i>Cell 1 (1 7)</i> | <i>Cell 2</i> | <i>Assembly</i> | Elektrik | Inventory Elektrik | Inventory Mekanik | Warehouse |
|---------------------|---------------------|---------------|-----------------|----------|--------------------|-------------------|-----------|
| <i>Cell 1 (1 7)</i> | 0                   | 16,33         | 8,50            | 4,95     | 9,37               | 8,47              | 5,76      |
| <i>Cell 2</i>       | 16,33               | 0             | 9,72            | 6,54     | 8,53               | 7,83              | 6,07      |
| <i>Assembly</i>     | 8,50                | 9,72          | 0               | 3,04     | 4,44               | 13,95             | 8,50      |

| From/To               | Cell 1<br>(1 7) | Cell 2 | Assembly | Elektrik | Inventory<br>Elektrik | Inventory<br>Mekanik | Warehouse |
|-----------------------|-----------------|--------|----------|----------|-----------------------|----------------------|-----------|
| Elektrik              | 4,81            | 6,54   | 8,57     | 0        | 4,92                  | 20,67                | 5,86      |
| Inventory<br>Elektrik | 9,37            | 8,53   | 11,96    | 4,92     | 0                     | 25,58                | 4,19      |
| Inventory<br>Mekanik  | 8,47            | 7,83   | 13,95    | 20,67    | 25,58                 | 0                    | 8,6       |
| Warehouse             | 5,76            | 6,07   | 8,50     | 5,86     | 4,19                  | 8,6                  | 0         |

Berdasarkan data sekunder berupa *from/to chart* dan dimensi *cell/department*, kemudian dilakukan pengolahan pada Tabel 7. Proses komputasi penentuan urutan departemen menggunakan PSO direplikasi 10 kali untuk mengevaluasi *robustness* dari PSO dalam menghasilkan solusi *near-optimal*.

**Tabel 7.** Hasil PSO

| Replikasi | Waktu Running<br>(detik) | Urutan Layout | Total Jarak<br>Tempuh |
|-----------|--------------------------|---------------|-----------------------|
| 1         | 1,081131                 | 7 4 6 5 3 2 1 | 7.018,5190            |
| 2         | 1,113399                 | 1 2 3 5 6 4 7 | 7.701,8519            |
| 3         | 0,952559                 | 7 4 6 5 3 2 1 | 7.701,8519            |
| 4         | 0,965431                 | 1 2 3 5 6 4 7 | 7.701,8519            |
| 5         | 0,998213                 | 1 2 5 6 4 3 7 | 7.698,8733            |
| 6         | 0,980612                 | 7 4 6 5 3 2 1 | 7.701,8519            |
| 7         | 1,329706                 | 7 3 4 6 5 2 1 | 7.698,8733            |
| 8         | 1,032079                 | 1 2 3 5 6 4 7 | 7.701,8519            |
| 9         | 1,11379                  | 7 3 4 6 5 2 1 | 7.698,8733            |
| 10        | 1,030146                 | 1 2 3 5 6 4 7 | 7.701,8519            |

Berdasarkan hasil replikasi, solusi terbaik yang dihasilkan oleh algoritma *Particle Swarm Optimization* didapatkan pada replikasi kedelapan dengan total jarak tempuh sejauh 7.018,5190 m dengan total biaya material handling sebesar Rp. 220 pada setiap meter dengan total biaya material handling sebesar Rp 1.544.074,18.

Hasil eksperimen menunjukkan bahwa PSO dapat meminimalisir total biaya material handling dibandingkan dengan tata letak awal. Selain itu, hasil eksperimen menunjukkan *robustness* dari metode PSO dimana didapatkan rata-rata total jarak tempuh sebesar 7.632,63 m dengan standar deviasi 215,78 m. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan antara hasil dari 10 replikasi yang mengindikasikan bahwa proses pencarian solusi oleh PSO tidak terjebak dalam *local optima*. Kondisi tersebut dimungkinkan karena PSO termasuk ke dalam *population-based algorithm* yang memiliki keunggulan dalam fase eksplorasi pencarian solusi sehingga proses pencarian tidak hanya berfokus pada *neighborhood* tertentu pada keseluruhan proses iterasi. Dengan fitur tersebut, prosedur dari PSO dapat menjaga keseimbangan proses eksplorasi dan eksploitasi pencarian solusi dan menghindari adanya *premature convergence*.

Disamping itu, penggunaan metode PSO memiliki kelebihan dalam hal waktu komputasi yang relatif cepat, dimana rata-rata waktu komputasi dari 10 replikasi adalah 1.06 detik. Nilai tersebut jauh lebih cepat dibandingkan dengan study dari Guan et al. [16] yang juga mengembangkan PSO untuk perancangan layout. Hasil dari Guan et al. [16] mencatat waktu komputasi selama 71.62 detik untuk *instance* IM08 yang terdiri dari 8 departemen.

Akan tetapi perlu dicatat bahwa *problem* yang diangkat merupakan permasalahan *multi-objective* dengan kompleksitas yang lebih tinggi. Selain itu, jumlah dari departemen juga akan sangat mempengaruhi kompleksitas problem. Demikian juga, spesifikasi komputer yang digunakan juga akan mempengaruhi durasi waktu komputasi.

Meskipun memiliki banyak kelebihan, PSO merupakan metode metaheuristik yang juga memiliki keterbatasan, termasuk risiko tidak menemukan solusi yang optimal. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya dapat diarahkan dalam pengembangan model matematika dan metode eksak dalam penyelesaian permasalahan optimasi tata letak untuk mendapatkan solusi optimal.

## Kesimpulan

Perancangan *cell manufacturing* menggunakan *Group Technology* diawali dengan membuat pengelompokan jenis *part family* dan proses yang sama agar membentuk *cell*. Metode yang digunakan untuk mengelompokkan *cell* berdasarkan prosesnya adalah *Rank Order Clustering (ROC)* dan *Similarity Coefficient (SC)*. Hal ini menunjukkan bahwa pada penelitian ini terdapat hasil pengelompokan *cell* yang relatif sama antara metode *ROC* dan metode *SC*, dengan hasil pengelompokan pada *Cell 1* {*Spray paint, cat proxy, Kompresor, Las, Gerinda*} dan *Cell 2*{*CNC Frais, dan CNC Bubut*}. Berdasarkan pada masalah jarak tempuh, didapatkan jarak tempuh pada mesin *intuitive 1* dan aliran baru sebagai usulan sebesar 315,75 dan 292,96. Sehingga, penerapan *group of technology* untuk mengimplementasikan *cell manufacturing* dapat memberikan aliran material dan *WIP* yang lebih efektif dan efisien. Sedangkan hasil pengolahan penempatan *department* menggunakan metode PSO menghasilkan usulan urutan tata letak *cell 1* (gerinda, las, *printing*), *cell 2* (CNC frais dan CNC bubut), *department 3* (*assembly*), *department 5* (inventori elektrik), *department 6* (inventori mekanik), *department 4* (elektrik), dan *department 7* (*warehouse*). Hasil usulan tata letak baru dapat meminimalkan total jarak tempuh sebesar 7.018,5190 m dengan total biaya *material handling* sebesar Rp. 220 pada setiap meter sehingga total biaya *material handling* sebesar Rp 1.544.074,18. Pada penelitian selanjutnya, perlu dilakukan perancangan layout dalam 2 dimensi secara keseluruhan, sehingga layout dapat benar-benar optimal saat diaplikasikan.

## Daftar Pustaka

- [1] Kementerian Perindustrian, "Menperin: Ekspor Batik Ditargetkan Mencapai USD 100 Juta Tahun 2023." Accessed: Feb. 22, 2024. [Online]. Available: <https://kemenperin.go.id/artikel/24228/Menperin:-Ekspor-Batik-Ditargetkan-Mencapai-USD-100-Juta-Tahun-2023>
- [2] Kementerian Perindustrian, "Serap 200 Ribu Tenaga Kerja, Ekspor Industri Batik Tembus USD 533 Juta," [kemenperin.go.id](https://kemenperin.go.id). Accessed: Feb. 22, 2024. [Online]. Available: <https://kemenperin.go.id/artikel/22830/Serap-200-Ribu-Tenaga-Kerja,-Ekspor-Industri-Batik-Tembus-USD-533-Juta>
- [3] A. Saifurrahman, "Perancangan Tata Letak Fasilitas Untuk Fabrikasi Mesin CNC Batik Tulis Menggunakan Pendekatan Systematic Layout Planning," UGM, Yogyakarta, 2020.
- [4] D. Oktarini, F. Suryani, Madagaskar, and M. Rosyidah, "Modernization of facility layout design in earthenware craft industry with green productivity approach," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, Nov. 2019. doi: 10.1088/1757-899X/620/1/012114.

- [5] H. Purnomo, *Perencanaan dan Perancangan Fasilitas*, 1st ed. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2004.
- [6] X. Hao and L. Florez-Perez, "The Effect Of Classroom Environment On Satisfaction And Performance: Towards Iot-Sustainable Spaces," in *IGLC 2021 - 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction - Lean Construction in Crisis Times: Responding to the Post-Pandemic AEC Industry Challenges*, Department of Engineering, Civil Engineering Division, Pontificia Universidad Catolica del Peru, 2021, pp. 443–453. doi: 10.24928/2021/0145.
- [7] I. Sodikin and N. Jacky Prasatya, "Penerapan Cellular Manufacturing System Dengan Menggunakan Algoritma Heuristic Similarity Coeficient Untuk Meminimasi Waktu Siklus Dan Biaya Material Handling," *Jurnal Teknologi*, Vol. 1, No. 1, pp. 44-52, 2008.
- [8] A. Amelia, "Aplikasi Metode Group Technology dalam Memperbaiki Tata Letak Mesin untuk Meminimalkan Jarak Perpindahan Bahan (Studi Kasus di Perusahaan Mebel Logam)." Universitas Kristen Petra, 2007 [Online]. Available: <http://puslit.petra.ac.id/journals/mechanical>
- [9] N. Singh and D. Rajamani, "Cellular Manufacturing Systems: Design, Planning and Control," Springer Science & Business Media, 1996.
- [10] A. Hasibuan and L. Parinduri, "Aplikasi Metode Group Technology dalam Memperbaiki Tata Letak Mesin untuk Meminimalkan Jarak Perpindahan Bahan." *PISTON (Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Fakultas Teknik UISU)*, Vol. 2, no. 1, pp. 1-9, 2017.
- [11] R. A. Prasetyo, D. Herwanto, and A. E. Nugraha, "Usulan Penerapan Metode Shared Storage pada Tata Letak Stock di Gudang PT XYZ," *Go-Integratif: Jurnal Teknik Sistem dan Industri*, vol. 2, no. 2, pp. 124–134, Dec. 2021, doi: 10.35261/gijtsi.v2i2.5652.
- [12] K. Shunmugesh and K. Panneerselvam, "Machinability study of Carbon Fiber Reinforced Polymer in the longitudinal and transverse direction and optimization of process parameters using PSO–GSA," *Engineering Science and Technology, an International Journal*, vol. 19, pp. 1552–1563, 2016, doi: 10.1016/j.jestch.2016.04.012.
- [13] A. Sateria, I. Dwi Saputra, and Y. Dharta, "Penggunaan Metode PSO Pada Optimasi Multirespon Gaya Tekan dan Momen Torsi Penggurdian Material Komposit GFRP Yang Ditumpuk Dengan Material Stainless Steel," *Jurnal Manutech*, pp. 1–7, 2018.
- [14] M. A. Daya, F. D. Sitania, and A. Profita, "Perancangan Ulang (re-layout) tata letak fasilitas produksi dengan metode blocplan (studi kasus: UKM roti rizki, Bontang)," *PERFORMA Media Ilmiah Teknik Industri*, vol. 17, pp. 140–145, 2019, doi: 10.20961/performa.17.2.29664.
- [15] R. Karmila Dewi, M. Choiri, and A. Eunike, "Perancangan Tata Letak Fasilitas Menggunakan Metode BLOCPLAN Dan Analytic Hierarchy Process (AHP) (Studi Kasus: Koperasi Unit Desa Batu)," *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*, Vol. 2, no. 3, 2003.
- [16] A. Pascagama, R. B. Prakasa, S. Maulida, T. Nabila Assahda, T. Gunung Tua, and W. A. Jauhari, "Perancangan Tata Letak Fasilitas Menggunakan Metode SLP (Systematic Layout Planning) pada UMKM Roti Shendy," *Seminar dan Konferensi Nasional IDEC*, 2022.
- [17] C. Guan, Z. Zhang, S. Liu, and J. Gong, "Multi-objective particle swarm optimization for multi-workshop facility layout problem," *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 53, pp. 32–48, 2019, doi: 10.1016/j.jmsy.2019.09.004.
- [18] A. U. Azmi, R. Hidayat, and M. Z. Arif, "Perbandingan Algoritma Particle Swarm Optimization (Pso) Dan Algoritma Glowworm Swarm Optimization (Gso) Dalam

- Penyelesaian Sistem Persamaan Non Linier,” *Majalah Ilmiah Matematika dan Statistika*, vol. 19, p. 29, 2019, doi: 10.19184/mims.v19i1.17263.
- [19] S. U. Siswanti, A. K. Garside, and I. Amalynda, “Perancangan Ulang Tata Letak Fasilitas Produksi Menggunakan Modified Squirrel Search Algorithm,” *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, vol. 9, no. 2, pp. 178–184, Dec. 2023, doi: 10.30656/intech.v9i2.7098.
- [20] Y. Muharni, Kulsum, and M. Khoirunnisa, “Warehouse Layout Designing of Slab Using Dedicated Storage and Particle Swarm Optimization,” in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, 2019. doi: 10.1088/1757-899X/532/1/012003.
- [21] A. A. Permatasari, F. N. Pramandha, M. I. Karima, and E. Santoso, “Re-layout facility to minimize defects and production cost in PT. Sendanis Jaya Makmur,” in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Institute of Physics Publishing, Mar. 2020. doi: 10.1088/1755-1315/426/1/012166.
- [22] M. A. F. Belo-Filho, P. Amorim, and B. Almada-Lobo, “An adaptive large neighbourhood search for the operational integrated production and distribution problem of perishable products,” *International Journal of Production Research*, vol. 53, no. 20, pp. 6040–6058, Oct. 2015, doi: 10.1080/00207543.2015.1010744.
- [23] M. B. Abdelhalim and E.-D. Habib, “Particle Swarm Optimization for HW/SW Partitioning,” *Particle Swarm Optimization*, pp.49-76, 2009.