

PENERAPAN ALGORITMA *HYBRID ANT COLONY OPTIMIZATION* (ACO) DAN *LOCAL SEARCH* DALAM MENINGKATKAN EFISIENSI PEMOTONGAN BAHAN BAKU

Zaenul Arif¹⁾, Nur Latifatul Arifiyah²⁾

^{1,2} Program Studi Teknik Informatika, STMIK YMI Tegal
^{1,2} Jl. Pendidikan No. 1, Pesurungan Lor, Kota Tegal, Indonesia
email: zendhunter@gmail.com, nlarifiyah123@gmail.com

Abstract - Manual raw material cutting can be time-consuming, require significant labor, and lead to increased material usage, ultimately driving up production costs. To address these challenges, this research aims to optimize the process of cutting raw material pieces in the furniture industry using a Hybrid Ant Colony Optimization (ACO) algorithm combined with a Local Search algorithm. The initial approach in this study involves the initialization of pheromones, where each ant begins its route with available items and raw material stock. In an effort to update the pheromone levels, we adopted an approach similar to the MAX-MIN Ant System (MMAS), where only the best-performing ants are allowed to leave pheromone traces in each iteration. After the ACO algorithm generates an initial solution, the next step involves the use of the Local Search algorithm to improve that solution. By combining the advantages of solution space exploration by ACO and the optimization capabilities of Local Search, the Hybrid ACO + LS approach is expected to create better and more efficient solutions in less time. This research has significant potential to assist the furniture industry in reducing time and costs in their raw material cutting processes. Thus, the findings of this study have a positive impact on enhancing production efficiency and reducing production costs in the furniture industry.

Keywords: Optimization, Raw material cutting, Ant Colony Optimization, Local Search.

Abstrak - Pemotongan bahan baku yang dilakukan secara manual dapat memakan waktu yang cukup lama, memerlukan tenaga kerja yang signifikan, dan mengakibatkan penggunaan bahan baku yang lebih besar, yang pada akhirnya meningkatkan biaya produksi. Untuk mengatasi tantangan ini, penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan proses pemotongan objek bahan baku dalam industri mebel dengan menggunakan algoritma Hybrid Ant Colony Optimization (ACO) yang digabungkan dengan algoritma Local Search. Pendekatan awal penelitian ini melibatkan inisialisasi feromon, di mana setiap semut memulai rute dengan item dan stok bahan baku yang tersedia. Dalam upaya untuk memperbaiki tingkat feromon, kami mengadopsi pendekatan yang mirip dengan MAX-MIN Ant System (MMAS), di mana hanya semut terbaik yang diizinkan meninggalkan jejak feromon di setiap iterasi. Setelah algoritma ACO menghasilkan solusi awal, langkah selanjutnya melibatkan penggunaan algoritma Local Search untuk memperbaiki solusi tersebut. Dengan menggabungkan keunggulan eksplorasi ruang solusi oleh ACO dan kemampuan Local Search dalam mengoptimalkan solusi yang ada, pendekatan Hybrid ACO + LS diharapkan dapat menciptakan solusi yang lebih baik dan lebih efisien dalam waktu yang lebih singkat. Penelitian ini memiliki potensi besar untuk membantu industri mebel mengurangi waktu dan biaya dalam proses pemotongan bahan baku mereka. Dengan demikian, hasil penelitian ini memiliki dampak positif dalam meningkatkan efisiensi produksi dan mengurangi biaya produksi dalam industri mebel.

Kata kunci: Optimasi, Pemotongan bahan baku, Ant Colony Optimization, Local Search

I. PENDAHULUAN

Industri mebel adalah salah satu pilar penting dalam perekonomian Indonesia [1]. Di dalam proses produksi mebel, langkah awal yang sangat krusial adalah pemotongan bahan baku. Sayangnya, pendekatan manual dalam pemotongan bahan baku seringkali memakan waktu berharga dan memerlukan tenaga kerja yang besar. Lebih dari itu, cara ini cenderung menghasilkan limbah bahan baku yang signifikan, yang pada akhirnya berdampak pada biaya produksi yang melambung tinggi.

Oleh karena itu, dalam upaya untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi pemborosan sumber daya, perusahaan-perusahaan mebel di seluruh dunia mencari metode optimasi yang efektif dalam pemotongan bahan baku mereka. Salah satu solusi yang menjanjikan adalah menggunakan algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO). Inspirasi ACO datang dari perilaku semut dalam mencari jalur terpendek menuju sumber makanan dari sarang mereka [2]. Meskipun ACO telah terbukti berhasil dalam berbagai permasalahan optimasi, termasuk pemotongan bahan baku, namun kelemahannya terletak pada kemampuannya yang terbatas dalam menemukan solusi optimal dengan cepat.

Dalam rangka mengatasi keterbatasan ini, pendekatan yang sangat menarik adalah pengembangan teknik "*Hybrid Ant Colony Optimization* dan *Local Search*". Pendekatan ini menggabungkan kelebihan ACO dalam eksplorasi ruang solusi dengan kekuatan Local Search yang fokus pada pengembangan solusi yang telah ada. Hasilnya adalah algoritma yang mampu mengatasi masalah kompleks dengan lebih efisien dan menghasilkan solusi yang lebih baik dan lebih cepat dibandingkan jika hanya menggunakan ACO atau Local Search secara terpisah.

II. PENELITIAN YANG TERKAIT

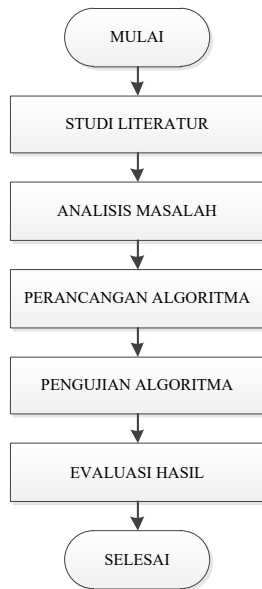
Referensi terbaru dalam penelitian ini menunjukkan bahwa penggabungan algoritma seperti ini dapat menghasilkan kemajuan signifikan dalam pengembangan teknologi optimasi [3]. Penelitian sebelumnya juga menyoroti perkembangan terbaru dalam penggunaan ACO untuk mengatasi masalah-masalah kompleks, seperti yang dijelaskan dalam artikel yang diterbitkan oleh *European Association of Personality Psychology* pada tahun 2019 [4].

Dalam konteks industri mebel, penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan pemotongan bahan baku dengan mempertimbangkan batasan-batasan yang ada, seperti lebar (L), panjang (P), dan tebal (T) dari bahan baku yang terbatas. Tujuan utamanya adalah menentukan pola pemotongan yang meminimalkan pemborosan bahan baku serta mengurangi biaya produksi secara signifikan. Dengan begitu, penelitian ini akan mengembangkan algoritma *Hybrid Ant Colony*

Optimization (ACO) dan Local Search yang dapat menjadi solusi inovatif dalam mengatasi tantangan ini pada industri mebel.

*) penulis korespondensi: Nur Latifatul Arifiyah
Email: nlarifiyah123@gmail.com

III. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Skema Alur Penelitian

3.1. Studi Literatur dan Analisis Masalah

Penelitian ini dimulai dengan studi literatur yang komprehensif untuk memahami lanskap optimasi pemotongan bahan baku dan masalah-masalah yang terkait. Langkah pertama adalah mengidentifikasi berbagai metode yang telah digunakan dalam industri mebel, termasuk pendekatan algoritma genetika yang mengadopsi prinsip-prinsip genetika alami [5]. Namun, kita juga perlu menyadari keterbatasan dari pendekatan ini.

3.2. Perancangan Algoritma Hybrid

Pada tahap ini, kita akan merancang algoritma *Hybrid Ant Colony Optimization* (ACO) yang digabungkan dengan algoritma *Local Search* (LS). ACO, yang terinspirasi dari perilaku semut dalam mencari jalur terpendek, akan digunakan untuk membangun solusi awal dengan mengandalkan feromon yang ditinggalkan oleh semut [6]. Sementara itu, LS akan digunakan untuk memperbaiki solusi ini. Penggabungan teknik optimasi yang berbeda ini akan memungkinkan kita untuk mengeksplorasi ruang solusi dengan lebih baik dan lebih efisien [7].

Local Search (LS) yaitu sebuah metode heuristic yang menggunakan kombinasi dari teknik optimasi [8]. metode LS ini mencari solusi yang baik untuk memperbaiki solusi awal. Jika didapatkan solusi yang lebih baik maka solusi awal akan tergantikan oleh solusi tersebut kemudian local search akan dilanjutkan, langkah ini akan terus diulang sehingga didapatkan solusi terbaik. Algoritma akan berhenti jika kondisi mencapai local optimum.

Hybrid Ant Colony Optimization adalah sebuah metode optimasi yang menggabungkan dua atau lebih teknik optimasi

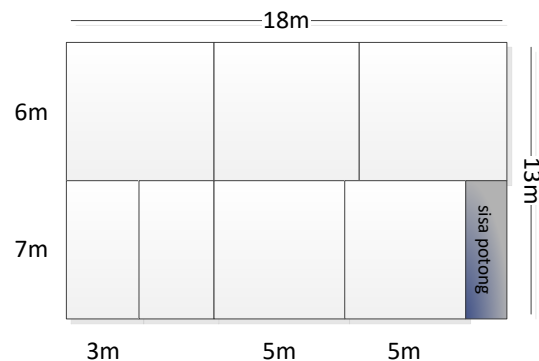
yang berbeda dalam satu algoritma. Dalam algoritma *Hybrid ACO*, semut dianggap sebagai agen yang mencari solusi terbaik dari suatu masalah. ACO digunakan untuk membangun solusi awal berdasarkan feromon yang ditinggalkan oleh semut, dan teknik optimasi lainnya digunakan untuk memperbaiki solusi tersebut. Dengan menggabungkan teknik optimasi yang berbeda, *Hybrid ACO* dapat menemukan solusi yang lebih baik dan lebih efisien dalam waktu yang lebih cepat daripada jika menggunakan teknik optimasi tunggal.

Order list merupakan urutan dari beberapa elemen yang dalam hal ini adalah sekumpulan beberapa potongan objek kecil (*item*) dengan ukuran tertentu dari hasil pemotongan objek besar (*stock*) yang harus dipenuhi agar menghasilkan sisa pemotongan yang optimal. Dalam penelitian ini mengambil sampel dimana terdapat *order list* seperti ditunjukkan dalam tabel 1.

Tabel 1. *Order list* dengan 3 item

No	Ukuran	Jumlah
1	6 x 6	3
2	7 x 5	2
3	7 x 3	2

Sedangkan untuk *lay out* pemotongannya dapat dilihat seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Gambar *lay out* pemotongan

Berdasarkan *lay out* diatas, kita memiliki bahan baku berukuran 18m x 13m dan kita akan memotongnya menjadi beberapa potongan dengan ukuran 6m x 6m sebanyak 3 potong, ukuran 7m x 3m sebanyak 2 potong, kemudian ukuran 7m x 5m sebanyak 2 potong. Kita memiliki beberapa batasan, seperti potongan yang tidak bisa dipotong lebih kecil dari ukuran yang telah ditentukan, dan batasan limbah tidak lebih dari 10% dari bahan baku awal. Pada *lay out* diatas data bahan yang digunakan P=18m, L=13m, sedangkan daerah yang diarsir merupakan sisa dengan luas $2 \times 7 = 14\text{m}$. Luas bahan baku $18 \times 13 = 234\text{m}$, maka persentase area limbah yang terbuang adalah $(14/234) \times 100\% = 5,982\%$.

3.3. Pengujian Algoritma

Untuk mengukur kinerja algoritma *Hybrid ACO + LS*, kita akan melakukan serangkaian pengujian dengan menggunakan dataset yang relevan dari industri mebel. Pengujian ini akan mencakup pengukuran waktu eksekusi, kualitas solusi yang dihasilkan, dan tingkat efisiensi dalam memotong bahan baku.

Untuk dapat membangun sistem penyelesaian masalah pemotongan bahan baku dengan algoritma ACO yang pertama diperlukan adanya Inisialisasi, Memberi nilai awal feromon,

Pembaruan feromon, Menambahkan Fitness dan Menambahkan *Local Search*.

3.3.1. Inisialisasi

Inisialisasi untuk mendefinisikan feromon dengan τ_{ij} yaitu item dengan ukuran i dan ukuran j pada satu *stock* yang sama.

3.3.2. Memberi Nilai Awal Feromon

Setiap semut akan memulai rute dengan item dan *stock* yang ada, selanjutnya *stock* akan dipotong berdasarkan item yang ada hingga *stock* tersebut tidak lagi dapat dipotong dengan item yang ada, maka akan dipakai *stock* berikutnya.

Semut k berada pada *Stock* r di sebagian solusi x dan akan memilih *item* i berikutnya yang akan dilewati. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Pk(x, i, r) = \frac{[\tau(i)]^\alpha \cdot [\eta(i)]^\beta r}{\sum_{g \in I_k(x,r)} [\tau_r(g)]^\alpha \cdot [\eta(g)]^\beta} \quad (1)$$

$I_k(x,r)$ mewakili kumpulan item yang perlu dipotong dan masih dapat dipotong dari stok yang sedang digunakan, serta menjadi bagian dari sisa item setelah bagian solusi x terbentuk. Parameter β mengindikasikan informasi *heuristik*, sementara parameter α berfungsi sebagai intensitas feromon, dan parameter $\eta(i)$ menggambarkan ukuran item i . Nilai feromon $\tau(i)$ untuk item i pada *stock* r dijelaskan dalam persamaan berikut:

$$\tau = \begin{cases} \sum_{i \in r} \tau(i, j) \\ |r| \end{cases} \text{ jika } r \neq 1 \quad (2)$$

3.3.3. Pembaruan Feromon

Setelah semut menyelesaikan rutenya maka feromon akan di perbarui dengan menggunakan yang digunakan dalam MAX-MIN *Ant System* (MMAS) dimana terdapat aturan hanya semut terbaik yang boleh meninggalkan feromon. Rumusnya adalah sebagai berikut:

$$\tau(i, j) = \rho \cdot \tau(i, j) + m \cdot f(S^{best}) \quad (3)$$

Dari persamaan tersebut terdapat parameter ρ yaitu faktor yang menyebabkan feromon menguap. Sedangkan untuk $\tau(i, j)$ akan meningkatkan feromon pada semua bagian yang telah dikunjungi oleh semut dan parameter m menunjukkan jumlah dari i dan j dalam satu *stock* yang sama pada solusi terbaik S^{best} .

Keuntungan dari penguapan feromon adalah untuk menghindari untuk menghindari sistem terjebak di optima lokal. Dalam MMAS terdapat beberapa *feature* untuk menyeimbangkan antara eksplorasi dan eksploitasi yang pertama dengan cara memilih antara penggunaan *best iteration* dan *global best*. Dengan menggunakan *global best* akan menambah eksploitasi yang kuat sehingga digunakan alternatif lain yaitu menggunakan *iteration best*. Parameter γ akan mendefinisikan angka pembaruan sebelum digunakan *global best* lagi. Kemudian yang kedua dengan menentukan nilai awal feromon ke τ_{max} . Dan untuk *feature* lainnya yaitu dengan cara mendefinisikan batas atas dan batas bawah untuk nilai feromon.

Rumus untuk batas atas dan batas bawah didefinisikan sebagai berikut:

$$\tau_{min} = \frac{1}{(1-\rho) \cdot 1 - n \sqrt{\rho best}} \quad (4)$$

$$\tau_{max} = \frac{1}{1-\rho} \quad (5)$$

Berdasarkan rumus di atas n merupakan jumlah total item, dan avg menentukan jumlah rata-rata item yang dipilih dari setiap titik.

3.3.4. Menambahkan Fitness

Untuk dapat mengetahui solusi yang baik maka perlu adanya suatu Fungsi *Fitness* berikut ini rumus untuk menghitung fungsi *fitness*:

$$f(s) = \frac{\sum_{i=1}^N (F_i/C)^2}{N} \quad (6)$$

3.3.5. Menambahkan Local Search

Setiap semut akan menghasilkan solusi dan solusi tersebut nantinya akan melewati *fase* optimal lokal dengan cara jumlah (n) *stock* yang telah dipotong dibatalkan sehingga menjadi bebas, selanjutnya setiap *stock* yang ada akan dicoba apakah item yang ada pada *stock* yang dipakai dapat digantikan dengan item yang bebas tadi. Jika tidak dapat dilakukan perbaikan lagi maka *stock* selanjutnya yang akan dipakai.

3.4. Evaluasi Hasil

Setelah pengujian selesai, kita akan menganalisis hasilnya. Kami akan membandingkan kinerja algoritma *Hybrid* dengan metode optimasi lain yang ada, termasuk algoritma genetika jika relevan, serta menganalisis apakah algoritma kita mampu menghasilkan solusi yang lebih baik dan lebih cepat.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Inisialisasi

4.1.1. Inisialisasi Data

Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan tahapan awal yaitu dilakukan pengumpulan data uji yang meliputi informasi tentang bahan baku yang akan dipotong, dimensi, ukuran, dan spesifikasi lain yang diperlukan untuk menentukan solusi optimal.

Terdapat 2 jenis bahan baku 2 dimensi yang akan dipakai dalam pengujian algoritma dengan spesifikasi bahan baku yang disajikan dalam tabel 2 dan untuk order list disajikan pada tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 2. Spesifikasi Bahan Baku

Bahan baku	Panjang	Lebar	Tebel	Jumlah
1	240 cm	120 cm	5 cm	50
2	200 cm	150 cm	0.5 cm	100

Tabel 3 Order list spesifikasi produk

No	Produk	jumlah	spesifikasi
1	Meja	10	- 4 Potongan dengan panjang 100 cm - Lebar 60 cm - Ketebalan 4 cm
2	Kursi	20	- 2 Potongan dengan panjang 80 cm - Lebar 40 cm - Ketebalan 3 cm

Berdasarkan tabel 2 dan tabel 3, sebagai data uji kita memiliki batasan yang harus dipenuhi antara lain:

1. Maksimum penggunaan Bahan Baku 1: 30 lembar
2. Maksimum penggunaan Bahan Baku 2: 50 lembar
3. Ukuran potongan harus sesuai dengan spesifikasi pemotongan

Pada tabel 2, dapat dilihat untuk bahan baku 1 dengan panjang 240 cm, lebar 120 cm, tebal 5 cm dan jumlah stock 50 lembar sedangkan untuk pemesanan 10 produk meja (item) dengan spesifikasi yang dibutuhkan 4 potongan dengan panjang 100 cm, lebar 60 cm, tebal 4 cm. Maka dengan mempertimbangkan batasan dan ketersediaan bahan baku yang tersedia, didapatkan sebanyak 20 lembar untuk memenuhi pesanan sejumlah 10 produk meja (item), jadi untuk setiap lembar stock bahan baku 1 dapat dipotong 2 item dan untuk sisa stock yang tersedia 30 lembar bahan baku 1. Demikian juga dapat dilakukan pada bahan baku 2, sehingga untuk dapat memenuhi pemesanan sejumlah 20 item tersebut, membutuhkan stock bahan baku 2 sejumlah 40 lembar.

4.1.2. Inisialisasi Parameter ACO

Pertama menentukan Jumlah semut yang akan digunakan dalam pencarian solusi. Dalam penelitian ini, kita akan menggunakan 5 semut untuk mencari jalur pemotongan yang optimal. Selanjutnya Intensitas Feromon Awal (τ_0) yang merupakan nilai awal feromon pada semua jalur yang dapat diambil oleh semut. Nilai ini mencerminkan tingkat feromon yang ada pada awal pencarian sebelum semut melakukan perjalanan pertama mereka.

Tingkat Visibilitas (hij). Tingkat visibilitas menggambarkan sejauh mana potongan-potongan tertentu “terlihat” atau sesuai dengan kebutuhan spesifikasi pesanan. Dalam contoh ini, tingkat visibilitas dihitung berdasarkan jarak atau kesesuaian dengan potongan lain.

Probabilitas α mengatur pengaruh feromon dalam keputusan semut. Nilai α yang lebih tinggi akan memberikan lebih banyak bobot pada feromon dalam pengambilan keputusan semut. Selanjutnya probabilitas Beta (β) mengatur pengaruh visibilitas dalam keputusan semut. Nilai β yang lebih tinggi akan memberikan lebih banyak bobot pada tingkat visibilitas dalam pengambilan keputusan semut.

Tingkat Penguapan Feromon (ρ) mengendalikan sejauh mana feromon yang ditinggalkan oleh semut akan menguap seiring waktu. Nilai ρ yang lebih tinggi akan membuat feromon lebih lambat menguap, sementara nilai ρ yang lebih rendah

akan menyebabkan feromon menguap lebih cepat. Dalam contoh ini, tingkat penguapan adalah 0.1, yang mengindikasikan bahwa 10% feromon akan menguap pada setiap iterasi pencarian. Dalam Inisialisasi Parameter ACO sesuai tabel berikut:

Tabel 4. Inisialisasi Parameter ACO

Parameter	Nilai Awal
Jumlah Semut (Ants)	10
Intensitas Feromon Awal (τ_0)	1 (untuk semua jalur)
Tingkat Visibilitas (hij)	1 / jarak (misalnya, jarak Euclidean) ke potongan lain
- Potongan Meja	1 / jarak (misalnya, jarak Euclidean) ke potongan lain
- Potongan Kursi	1 / jarak (misalnya, jarak Euclidean) ke potongan lain
Probabilitas Alpha (α)	1.0
Probabilitas Beta (β)	2.0
Tingkat Penguapan Feromon (ρ)	0.1

4.1.3. Inisialisasi Parameter Local Search (LS)

Local Search (LS) adalah tahap dalam algoritma Hybrid ACO + LS yang digunakan untuk memperbaiki solusi awal yang dihasilkan oleh Ant Colony Optimization (ACO). Ini adalah proses iteratif di mana solusi awal dianalisis dan perubahan kecil diterapkan untuk mencoba meningkatkan kualitas solusi.

Tabel 5. Inisialisasi Parameter Local Search (LS)

Parameter	Nilai Awal
Jumlah Iterasi LS	100
Kriteria Berhenti LS	Jika tidak ada perbaikan lebih dari 10 iterasi

4.2. Menyusun Solusi Awal (Menggunakan ACO)

Pada tahap ini, semut akan digunakan untuk menyusun solusi awal pemotongan bahan baku berdasarkan feromon yang ditinggalkan oleh semut dan tingkat visibilitas (hij) dari potongan-potongan. Hasil Menyusun Solusi Awal (Menggunakan ACO) ditunjukkan dalam tabel 6 berikut:

Tabel 6. Menyusun Solusi Awal (Menggunakan ACO)

No	Solusi Semut 1	Solusi Semut 2	...	Solusi Semut 5
1	Potongan 1	Potongan 2	...	Potongan 3
2	Potongan 4	Potongan 5	...	Potongan 6
3
...
N	Potongan N-1	Potongan N-2	...	Potongan N

Tabel 6 menunjukkan hasil dari setiap semut dalam menyusun solusi awal. Setiap baris tabel mewakili urutan pemotongan bahan baku yang dipilih oleh satu semut. Setiap solusi semut berisi potongan-potongan yang diambil dari stok bahan baku untuk memenuhi pesanan produk.

Pada Solusi Semut 1, semut tersebut memilih urutan pemotongan yang dimulai dengan Potongan 1, kemudian

Potongan 2, dan seterusnya. Solusi Semut 2 memiliki urutan pemotongan yang berbeda, dan hal yang sama berlaku untuk Semut 3 hingga Semut 5. Setiap potongan bahan baku yang dipilih harus memenuhi spesifikasi pesanan produk dan memperhatikan batasan penggunaan bahan baku yang telah ditentukan.

Solusi awal yang dihasilkan oleh masing-masing semut akan dievaluasi untuk melihat sejauh mana mereka memenuhi batasan-batasan yang telah ditetapkan, seperti batasan penggunaan bahan baku dan ukuran potongan.

4.3. Evaluasi Solusi Awal

Evaluasi hasil solusi awal yang dihasilkan oleh semua semut dalam tahap “Menyusun Solusi Awal (Menggunakan ACO)”. Solusi awal ini dievaluasi untuk memeriksa sejauh mana mereka memenuhi batasan-batasan yang telah ditetapkan sesuai dengan data uji inisialisasi.

Tabel 7. Evaluasi Solusi Awal

Kriteria Evaluasi	Hasil Evaluasi
Jumlah Bahan Baku 1	20
Jumlah Bahan Baku 2	40
Kesesuaian Pesanan	Pesanan Meja: 10/10, Pesanan Kursi: 20/20
Kualitas Solusi	Sesuai dengan spesifikasi pesanan

Jumlah Bahan Baku 1: 10 produk Meja memerlukan 4 potongan masing-masing dengan panjang 100 cm. Sebagai hasilnya, 10 Meja memerlukan 20 lembar bahan baku 1. Jumlah Bahan Baku 2: 20 produk Kursi memerlukan 40 potongan masing-masing dengan panjang 80 cm. Sebagai hasilnya, 20 Kursi memerlukan 40 lembar bahan baku 2. Kesesuaian Pesanan: semua pesanan Meja (10 Meja) dan semua pesanan Kursi (20 Kursi) terpenuhi. Kualitas Solusi: Kualitas keseluruhan solusi awal Sesuai dengan spesifikasi pesanan.

4.4. Iterasi Local Search (LS)

Tahap ini melibatkan iterasi menggunakan metode *Local Search* (LS) untuk memperbaiki solusi awal yang telah dihasilkan dalam tahap sebelumnya. Dalam setiap iterasi LS, solusi awal yang dihasilkan dalam tahap sebelumnya digunakan sebagai input untuk mencari solusi yang lebih baik menggunakan metode *Local Search*. Setiap iterasi menghasilkan solusi yang telah diperbaiki, yang akan menjadi input untuk iterasi berikutnya jika perlu.

Tabel 8. Iterasi Local Search (LS)

Iterasi Ke-	Solusi Awal Sebelum LS	Solusi Setelah LS
1	Bahan Baku 1: 20 lembar, Bahan Baku 2: 40 lembar	Bahan Baku 1: 19 lembar, Bahan Baku 2: 39 lembar
2	Bahan Baku 1: 19 lembar, Bahan Baku 2: 39 lembar	Bahan Baku 1: 18 lembar, Bahan Baku 2: 38 lembar

Iterasi Ke-	Solusi Awal Sebelum LS	Solusi Setelah LS
3	Bahan Baku 1: 18 lembar, Bahan Baku 2: 38 lembar	Bahan Baku 1: 17 lembar, Bahan Baku 2: 37 lembar
4	Bahan Baku 1: 17 lembar, Bahan Baku 2: 37 lembar	Bahan Baku 1: 16 lembar, Bahan Baku 2: 36 lembar
5	Bahan Baku 1: 16 lembar, Bahan Baku 2: 36 lembar	Bahan Baku 1: 15 lembar, Bahan Baku 2: 35 lembar

4.5. Memeriksa Hasil Local Search

Tahap ini melibatkan pemeriksaan hasil dari tahap “Iterasi *Local Search* (LS)” untuk memastikan bahwa solusi terbaik telah ditemukan. Dalam tahap ini, setiap hasil dari iterasi *Local Search* (LS) dievaluasi untuk memeriksa sejauh mana kriteria evaluasi seperti penggunaan bahan baku dan kualitas solusi terpenuhi. Setiap iterasi menghasilkan solusi yang dievaluasi berdasarkan kriteria yang sesuai dengan data inisialisasi Anda, seperti jumlah bahan baku yang digunakan dan kesesuaian pesanan.

Hasil yang dihasilkan dari tahap ini adalah solusi terbaik yang telah ditemukan setelah iterasi *Local Search* (LS) dilakukan.

Tabel 9. Hasil Pemeriksaan Local Search (LS)

Iterasi Ke-	Solusi Hasil LS	Kriteria Evaluasi
1	Bahan Baku 1: 19 lembar, Bahan Baku 2: 39 lembar	Evaluasi 1 - Pesanan Meja: 10/10, Pesanan Kursi: 20/20)
2	Bahan Baku 1: 18 lembar, Bahan Baku 2: 38 lembar	Evaluasi 2 - Pesanan Meja: 10/10, Pesanan Kursi: 20/20)
3	Bahan Baku 1: 17 lembar, Bahan Baku 2: 37 lembar	Evaluasi 3 - Pesanan Meja: 10/10, Pesanan Kursi: 20/20)
4	Bahan Baku 1: 16 lembar, Bahan Baku 2: 36 lembar	Evaluasi 4 - Pesanan Meja: 10/10, Pesanan Kursi: 20/20)
5	Bahan Baku 1: 15 lembar, Bahan Baku 2: 35 lembar	Evaluasi 5 - Pesanan Meja: 10/10, Pesanan Kursi: 20/20)

V. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

Melalui penggabungan teknik optimasi yang berbeda dalam metode *Hybrid Ant Colony Optimization* (ACO) yang digabungkan dengan *Local Search* (LS), dalam penelitian ini berhasil menunjukkan bahwa pendekatan ini dapat menghasilkan solusi yang lebih baik dan lebih efisien dalam

waktu yang lebih cepat dibandingkan dengan menggunakan metode optimasi tunggal. Data uji dan spesifikasi pemotongan bahan baku yang telah diberikan dalam penelitian ini memungkinkan pemotongan bahan baku untuk memenuhi batasan dan kriteria yang telah ditentukan, sehingga membantu industri mebel mengoptimalkan penggunaan bahan baku mereka.

4.2 Saran

Untuk mengembangkan lebih lanjut penelitian ini, penting untuk menguji metode *Hybrid ACO + LS* pada berbagai skenario pemotongan bahan baku yang lebih kompleks dan variasi yang lebih besar dalam data pesanan produk mebel.

Implementasi praktis dari algoritma ini dalam industri mebel sebenarnya perlu diuji coba untuk mengukur efisiensinya dalam situasi nyata. Keterlibatan pemangku kepentingan industri mebel dapat membantu memastikan relevansi dan efektivitas solusi ini. Dalam rangka memahami konvergensi dan stabilitas algoritma, analisis lebih lanjut terkait performa dan waktu komputasi dapat dilakukan untuk mengoptimalkan algoritma.

Kolaborasi yang erat dengan pemangku kepentingan industri mebel dapat membantu mengidentifikasi masalah praktis yang perlu diatasi dan mengintegrasikan solusi ini ke dalam operasi sehari-hari.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. P. Sari, N. U. Handayani, M. M. Ulkhaq, W. Budiawan, D. L. Maharani, and F. Ardi, "A data envelopment analysis approach for assessing the efficiency of small and medium-sized wood-furniture enterprises: a case study," in *MATEC Web of Conferences*, 2018, vol. 204, p. 1015.
- [2] M. Boru, "Algoritma Ant Colony Optimization untuk Optimasi Penjadwalan Mata Kuliah Ant Colony Optimization Algorithm for Lecturing Schedule Optimization," vol. 7, no. 2, 2019, doi: 10.34010/telekontran.v7i2.2632.
- [3] A. Akhtar, "Evolution of Ant Colony Optimization Algorithm -- A Brief Literature Review," 2019, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1908.08007>.
- [4] G. Olaru, U. Schroeders, J. Hartung, and O. Wilhelm, "Ant colony optimization and local weighted structural equation modeling. A tutorial on novel item and person sampling procedures for personality research," *Eur. J. Pers.*, vol. 33, no. 3, pp. 400–419, 2019.
- [5] A. I. Kusuma, A. W. Widodo, and M. A. Fauzi, "Optimasi Sisa Bahan Baku Pada Industri Mebel Menggunakan Algoritma Genetika," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 3, pp. 1119–1125, 2018.
- [6] N. A. Savitri, I. N. Pujawan, and B. Santosa, "Resource-constrained project scheduling with ant colony optimization algorithm," *J. Civ. Eng.*, vol. 35, no. 2, pp. 34–38, 2020.
- [7] Y. C. Sitanggang, C. Dewi, and R. C. Wihandika, "Pemilihan Rute Optimal Penjemputan Penumpang Travel Menggunakan Ant Colony Optimization Pada Multiple Travelling Salesman Problem (M-TSP)," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput. e-ISSN*, vol. 2548, p. 964X, 2018.
- [8] E. A. Rahmayanti, "Analisis Penentuan Rute Distribusi Gas Elpiji 3 KG Menggunakan Algoritma Nearest Neighbour dan Local Search pada PT. Asri Gasindo Jember," *Digit. Repos. Univ. Jember*, 2021.