



PAPER – OPEN ACCESS

Optimasi Lintasan Produksi dengan Metode Ranked Positional Weight (RPW) dan Algoritma Genetik (GA)

Author : Victor Frans, dkk
DOI : 10.32734/ee.v8i1.2650
Electronic ISSN : 2654-704X
Print ISSN : 2654-7031

Volume 8 Issue 1 – 2025 TALENTA Conference Series: Energy & Engineering (EE)



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0 International License](#).
Published under licence by TALENTA Publisher, Universitas Sumatera Utara



Optimasi Lintasan Produksi dengan Metode Ranked Positional Weight (RPW) dan Algoritma Genetik (GA)

Victor Frans*^a, Wilbert Geovani^a, Edbert Nathanael^a, Kelly Tanoto^a, Venus Amanda Riady^a

^aProgram Studi Sarjana Teknik Industri, Universitas Sumatera Utara, Jl. Dr. Mansyur No. 9, Kota Medan 20222, Indonesia
victorfrans651@gmail.com, wilbertgiovani348@gmail.com, edbertnathanael00@gmail.com, kelly.tanoto@gmail.com, amandariady481@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi lintasan produksi di Bengkel Las Cahaya menggunakan metode Ranked Positional Weight (RPW) dan Algoritma Genetik (GA). Sebelum penerapan kedua metode tersebut, efisiensi lintasan produksi hanya mencapai 32,92%, dengan balance delay sebesar 67,08%, yang menunjukkan ketidakseimbangan beban kerja antar stasiun kerja dan waktu idle yang tinggi. Metode RPW digunakan untuk mendistribusikan elemen kerja secara optimal berdasarkan bobot posisi, sedangkan GA digunakan untuk mencari solusi optimal dengan crossover dan mutasi. Hasilnya, efisiensi lintasan meningkat menjadi 75,90%, sementara balance delay berkurang menjadi 24,10%, menunjukkan bahwa distribusi beban kerja antar stasiun menjadi lebih merata. Smoothing index yang semula tinggi berkurang menjadi 504,93, menandakan perbaikan dalam keseragaman beban kerja antar stasiun. Penerapan GA terbukti efektif dalam mengurangi bottleneck di stasiun pengecatan dan pengelasan, yang sebelumnya menjadi hambatan utama dalam alur produksi. Secara keseluruhan, penggunaan RPW dan GA berhasil meningkatkan line efficiency, mengurangi waktu idle, dan meningkatkan produktivitas di Bengkel Las Cahaya. Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam optimasi lintasan produksi untuk industri manufaktur kecil.

Kata Kunci: Algoritma Genetika; Efisiensi Manufaktur; Penyeimbangan Lintasan Produksi; Ranked Positional Weight

Abstract

This study aims to improve production line efficiency at Bengkel Las Cahaya using Ranked Positional Weight (RPW) and Genetic Algorithm (GA) methods. Before the application of these methods, the production line efficiency was only 32.92%, with a balance delay of 67.08%, indicating an imbalance in workload distribution across workstations and high idle time. The RPW method was used to optimally distribute work elements based on positional weights, while GA was applied to find optimal solutions through crossover and mutation. As a result, line efficiency increased to 75.90%, while balance delay decreased to 24.10%, indicating a more balanced distribution of workload across workstations. The smoothing index, which was previously high, decreased to 504.93, reflecting improved workload uniformity. The application of GA proved effective in reducing bottlenecks at the painting and welding stations, which were previously the main production barriers. Overall, the use of RPW and GA successfully enhanced line efficiency, reduced idle time, and improved productivity at Bengkel Las Cahaya. This study provides a valuable contribution to production line optimization for small-scale manufacturing industries.

Keywords: Genetic Algorithm; Manufacturing Efficiency; Production Line Optimization; Ranked Positional Weight

1. Pendahuluan

Efisiensi operasional merupakan elemen kunci dalam mengurangi pemborosan dan meningkatkan produktivitas perusahaan, memungkinkan pemanfaatan sumber daya secara optimal untuk menghasilkan output yang lebih tinggi. Penerapan teknologi informasi, seperti yang telah diterapkan dalam sistem digital untuk pencatatan dan distribusi, terbukti dapat meminimalkan pemborosan dan mempercepat proses produksi [1], [2]. Selain itu, strategi Lean Manufacturing telah diimplementasikan untuk menghilangkan pemborosan melalui identifikasi tujuh jenis waste, sehingga mengurangi waktu proses dan biaya overhead, yang pada gilirannya meningkatkan produktivitas secara signifikan [3], [4], [5]. Penurunan biaya produksi yang dihasilkan dari efisiensi operasional memungkinkan perusahaan untuk menawarkan harga yang lebih kompetitif, meningkatkan daya saing di pasar, dan sekaligus mengoptimalkan penggunaan modal kerja untuk investasi pengembangan [6]. Dengan demikian, integrasi teknologi digital dan prinsip Lean secara holistik tidak hanya mendorong efisiensi operasional tetapi juga memperkuat posisi kompetitif perusahaan di pasar global.

Bottleneck produksi terjadi ketika salah satu stasiun mengalami keterlambatan—akibat kapasitas mesin yang terbatas, ketidakmerataan beban kerja, atau permasalahan teknis—yang menyebabkan penumpukan material, peningkatan waktu tunggu, dan biaya operasional lebih tinggi [7], [8]. Pendekatan Theory of Constraints menekankan pentingnya perencanaan kapasitas dan penjadwalan yang tepat guna mengoptimalkan aliran produksi sehingga mengurangi dampak bottleneck pada kinerja keseluruhan [9].

Metode RPW mendistribusikan beban kerja secara optimal dengan menghitung bobot elemen kerja berdasarkan durasi dan ketergantungan antar elemen, yang secara empiris terbukti mengurangi waktu idle dan meningkatkan efisiensi lini produksi [10]. Pendekatan ini diaplikasikan pada produksi dengan struktur deterministik untuk menyeimbangkan lintasan produksi secara efektif serta mengurangi ketidakmerataan beban kerja di setiap stasiun, yang berkontribusi pada peningkatan kinerja keseluruhan lini [10], [11].

Algoritma Genetik (GA) menggunakan pendekatan evolusi alam untuk mencari solusi optimal dalam mengatasi kompleksitas masalah keseimbangan lintasan produksi dengan mensimulasikan proses evaluasi, crossover, dan mutasi yang meniru seleksi alam [12], [13]. Proses evaluasi dalam GA mengukur kinerja masing-masing individu (solusi) dalam mengurangi waktu idle dan mengidentifikasi bottleneck, sementara operator crossover dan mutasi membantu menjaga keanekaragaman solusi guna membawa iterasi menuju perbaikan yang signifikan [12], [14]. Penerapan GA dalam penjadwalan dan keseimbangan lintasan produksi telah terbukti meningkatkan efisiensi operasional secara keseluruhan dengan mengoptimalkan distribusi beban kerja dan mengurangi waktu tunggu yang tidak produktif [13], [15].

Kedua metode ini membantu mengatasi bottleneck dengan mengoptimalkan distribusi beban kerja antar stasiun kerja, sehingga meningkatkan efisiensi dan produktivitas operasional secara signifikan [16], [17]. Metode RPW terbukti efektif dalam lini produksi yang lebih sederhana dengan perhitungan bobot elemen kerja yang langsung dan mudah diimplementasikan, sedangkan algoritma genetik (GA) memiliki keunggulan dalam menangani masalah produksi dengan ketergantungan kompleks antar elemen kerja melalui proses evaluasi, crossover, dan mutasi yang adaptif [18].

2. Metodologi Penelitian

Penelitian optimasi lintasan produksi kerap menggunakan pendekatan kuantitatif untuk mengevaluasi distribusi beban kerja antar stasiun melalui analisis data numerik, yang memungkinkan identifikasi serta pengukuran efisiensi operasional secara empiris [19], [20]. Desain eksperimental juga diterapkan untuk menguji secara sistematis

pengaruh intervensi operasional dalam industri manufaktur terhadap peningkatan produktivitas, seperti pada studi optimalisasi lintasan produksi daur ulang plastik yang mengintegrasikan metode Ranked Positional Weight (RPW) [20]. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain eksperimental untuk mengevaluasi parameter performa lintasan produksi, seperti efisiensi, idle time, dan balance delay. Metode Ranked Positional Weight (RPW) diterapkan untuk mendistribusikan beban kerja antar stasiun produksi, mengurangi waktu idle, dan meningkatkan efisiensi. Algoritma Genetik (GA) digunakan untuk mencari solusi optimal pada masalah lintasan produksi yang lebih kompleks dengan ketergantungan antar elemen kerja.

Parameter performansi menghitung *Line Efficiency*, *Balance Delay*, dan *Smoothing Index* terhadap lintasan kondisi aktual. Berikut perhitungan terhadap setiap masing-masing parameter [21].

1. *Line Efficiency*: Perhitungan efisiensi lintasan dapat dilakukan dengan penerapan rumus berikut.

$$LE = \frac{\sum Si}{n \times C} \quad (1)$$

2. *Balance Delay*: Perhitungan *Balance Delay* lintasan dapat dilakukan dengan penerapan rumus berikut.

$$BD = \frac{n \times C - \sum Si}{n \times C} \quad (2)$$

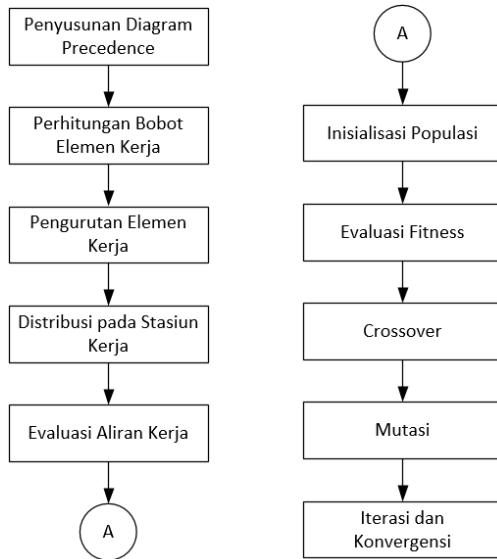
3. *Smoothing Index*: Perhitungan *Smoothing Index* lintasan dapat dilakukan dengan penerapan rumus berikut.

$$SI = \sqrt{\sum (C - Si)^2} \quad (3)$$

Berdasarkan persamaan (1) (2) (3), dimana variabel pada tiap persamaan tersebut memiliki identitas sebagai berikut: Si adalah waktu stasiun kerja, n adalah jumlah stasiun kerja, dan C adalah waktu siklus. Pada Metode Algoritma Genetik terdapat perhitungan nilai fitness yang dapat didapatkan dengan persamaan berikut [21].

$$Fitness = \frac{\sum_{i=1}^n Si}{n \cdot Sm} \quad (4)$$

Persamaan yang dituliskan merupakan parameter yang didapatkan pada pembuatan stasiun kerja, dimana pada penelitian ini adalah metode Ranked Positional Weight dan Algoritma Genetik dengan langkah-langkah implementasi metode Ranked Positional Weight (RPW) [22] dan tahapan penerapan Algoritma Genetik (GA) dalam optimasi lintasan produksi yang diringkas dalam poin-poin berikut [23] dapat dilihat Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

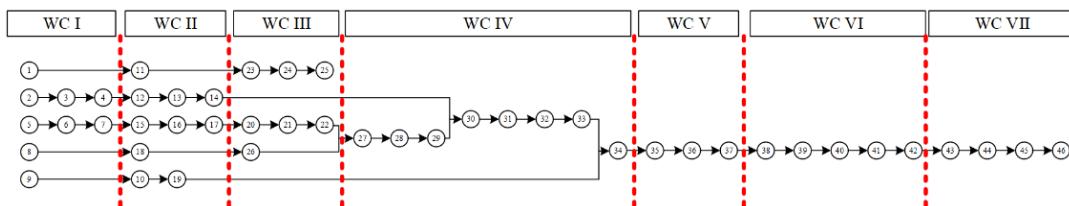
Prosedur penerapan metode RPW dalam industri manufaktur melibatkan identifikasi elemen kerja beserta waktunya, perhitungan bobot posisi yang mencerminkan kontribusi setiap elemen pada lintasan produksi, serta pengurutan dan alokasi elemen tersebut untuk mencapai distribusi beban kerja yang optimal, sebagaimana dijelaskan dalam kerangka teori penjadwalan modern [24]. Penelitian ini dilakukan di Bengkel Las Cahaya, sebuah usaha manufaktur kecil yang memproduksi kursi kafe dengan sistem Make-to-Order. Penelitian berlangsung selama tiga bulan untuk mengumpulkan data dan menerapkan metode optimasi RPW dan GA untuk menyeimbangkan lintasan produksi dan mengurangi bottleneck. Variabel penelitian meliputi metode optimasi (RPW dan GA) sebagai variabel bebas, efisiensi lintasan, idle time, dan balance delay sebagai variabel terikat, serta faktor-faktor seperti tenaga kerja dan mesin sebagai variabel kontrol. Data dikumpulkan melalui pengamatan waktu, diuji kecukupan dan keseragaman, serta dihitung waktu normal dan standar untuk evaluasi kinerja lintasan produksi sebelum dan sesudah optimasi.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengumpulan Data

Data waktu pengamatan untuk setiap elemen kerja yang terlibat dalam proses produksi kursi kafe di Bengkel Las Cahaya telah dikumpulkan. Pengukuran waktu dilakukan sebanyak lima kali untuk setiap elemen kerja guna memastikan representativitas dan kestabilan hasil. Pengamatan dilakukan menggunakan stopwatch manual dan hasilnya dicatat untuk analisis lebih lanjut. Data waktu pengamatan menunjukkan variasi yang wajar, seperti pada elemen kerja pertama, di mana waktu pengamatan tercatat antara 10 hingga 11 detik pada setiap pengamatan. Variasi tersebut dianggap penting untuk mencerminkan kondisi yang realistik dan dapat diandalkan dalam analisis. Selain itu, data Rating Factor dan Allowance untuk setiap stasiun kerja juga telah dikumpulkan. Data ini digunakan untuk

menyesuaikan waktu siklus dengan mempertimbangkan kecepatan kerja operator di masing-masing stasiun. Pembagian stasiun kerja aktual pada lantai produksi dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Precedence Diagram Aktual

Diagram alur produksi ini menggambarkan pembagian 46 elemen kerja ke dalam 7 stasiun kerja (WC I hingga WC VII) berdasarkan pembagian aktual, dengan tujuan mendistribusikan beban kerja secara efisien. Pembagian ini memastikan setiap stasiun bekerja secara optimal, menghindari bottleneck, dan meningkatkan efisiensi lintasan produksi.

3.2. Pengolahan Data

Pengolahan Data dilakukan melalui beberapa tahapan untuk memastikan validitas dan konsistensi data:

4. Uji Kecukupan Data dilakukan dengan tingkat keyakinan 95% dan ketelitian 5%. Data dianggap mencukupi jika hasil perhitungan menunjukkan $N > N'$, yang berarti data yang terkumpul cukup representatif untuk analisis.
5. Uji Keseragaman Data dilakukan untuk memastikan konsistensi data dalam perhitungan waktu standar. Hasil uji menunjukkan bahwa seluruh data elemen kerja seragam.
6. Perhitungan Waktu Normal dan Waktu Standar dihitung dengan mengalikan waktu siklus dengan Rating Factor, sedangkan waktu standar dihitung dengan menambahkan Allowance pada waktu normal. Hasil perhitungan ini digunakan untuk membandingkan kinerja lintasan produksi sebelum dan sesudah optimasi.

3.3. Ranked Positional Weight (RPW)

Berdasarkan matriks precedence kemudian diperoleh bobot masing-masing elemen diperoleh dengan menjumlahkan waktu pengerjaan untuk setiap elemen dengan nilai +1 untuk setiap baris. Rangkuman pembobotan dan ranking elemen kerja dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pembobotan tiap Elemen Kerja

EK	Waktu	Bobot												
1	14	2.881	10	43	2.751	19	27	2.708	28	79	3.155	37	23	1.857
2	11	3.062	11	11	2.867	20	32	3.332	29	75	3.076	38	96	1.834
3	10	3.051	12	10	3.031	21	33	3.300	30	70	3.001	39	165	1.738
4	10	3.041	13	10	3.021	22	34	3.267	31	71	2.931	40	624	1.573
5	21	3.428	14	10	3.011	23	32	2.856	32	72	2.860	41	158	949

EK	Waktu	Bobot	EK	Waktu	Bobot	EK	Waktu	Bobot	EK	Waktu	Bobot	EK	Waktu	Bobot
6	20	3.407	15	11	3.368	24	17	2.824	33	107	2.788	42	637	791
7	19	3.387	16	12	3.357	25	19	2.807	34	427	2.681	43	61	154
8	17	3.430	17	13	3.345	26	160	3.393	35	147	2.254	44	32	93
9	22	2.773	18	20	3.413	27	78	3.233	36	250	2.107	45	37	61
												46	24	24

Penyusunan elemen kerja berikutnya berdasarkan pada urutan bobot dari paling tinggi ke paling rendah dan disertai dengan pemberian *ranking* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Penyusunan Elemen Kerja Berdasarkan Bobot

E K	Ran k																
8	1	7	6	21	11	2	16	14	21	32	26	9	31	36	36	41	41
5	2	15	7	22	12	3	17	30	22	23	27	10	32	37	37	42	42
18	3	16	8	27	13	4	18	31	23	24	28	19	33	38	38	43	43
6	4	17	9	28	14	12	19	1	24	25	29	34	34	39	39	44	44
26	5	20	10	29	15	13	20	11	25	33	30	35	35	40	40	45	45
														46	46		

Waktu siklus dihitung dengan membagi total waktu operasi per hari (25.200 detik) dengan jumlah unit yang diproduksi (30 unit), menghasilkan waktu siklus ± 830 detik per unit. Ini memastikan setiap stasiun kerja dapat menyelesaikan tugas tanpa melebihi batas waktu yang ditetapkan, seperti dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Stasiun Kerja Metode Ranked Positional Weight

WC	EK	Waktu
I	Rank 1-23	826
II	Rank 24-34	791
III	Rank 35-39	681
IV	Rank 40-41	782
V	Rank 42-46	791

Lintasan produksi aktual memiliki Waktu Siklus sebesar 830 detik dengan 5 stasiun kerja. Berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan (1), (2), dan (3) diperoleh bahwa nilai *Line Efficiency* sebesar 93,28%, *Balance Delay* sebesar 6,72%, dan *Smoothing Index* sebesar 166,02.

3.4. Genetic Algorithm

Pada algoritma genetik, digunakan beberapa variabel sebagai parameter control algoritma genetika yaitu populasi (popsize), peluang crossover (Pc), dan peluang mutase (Pm). Nilai parameter ini ditentukan dan disesuaikan dengan permasalahan yang ada. Pada penelitian ini digunakan ukuran populasi sebanyak 3, dengan peluang *crossover* (Pc) sebesar 0,98 dan peluang mutase (Pm) sebesar 0,01.

$$(\text{popsize}; \text{Pc}; \text{Pm}) = (3; 0,98; 0,01)$$

3.4.1. Inisialisasi populasi awal

Pada langkah pertama, populasi **diinisialisasi** dengan sejumlah individu yang masing-masing memiliki representasi genetik (misalnya kromosom). Misalnya, jika ukuran populasi yang dipilih adalah 10 individu, maka 10 solusi acak (misalnya, dalam bentuk string biner atau array nilai) akan dihasilkan. Setiap individu dalam populasi ini merepresentasikan satu solusi potensial terhadap masalah yang sedang dipecahkan. Populasi yang lebih besar biasanya memiliki keberagaman yang lebih tinggi, memungkinkan pencarian solusi yang lebih luas. Hasil bilangan random untuk penyusunan stasiun kerja dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Bilangan Random

WC	Bilangan Random	WC	Bilangan Random
1	10	1	4
2	8	2	5
3	10	3	10
4	9	4	10
5	2	5	10
6	5	6	2
7	2	7	4
Total	46	Total	46

3.4.2. Evaluasi Fitness

Setelah populasi diinisialisasi, setiap individu dievaluasi untuk menentukan nilai fitness mereka. Fitness mengukur seberapa baik solusi individu tersebut dalam mencapai tujuan atau meminimalkan/maksimalkan fungsi objektif. Individu dengan fitness tinggi akan lebih diprioritaskan untuk reproduksi, memastikan bahwa solusi yang lebih baik memiliki peluang lebih tinggi untuk menghasilkan keturunan yang juga baik. Hasil nilai fitness yang didapatkan dengan menerapkan persamaan (4) adalah Fitness Kromosom A (0,329), Fitness Kromosom B (0,366), dan Fitness Kromosom C (0,279).

3.4.3. Seleksi

Pada tahap seleksi, individu-individu dengan fitness lebih tinggi dipilih untuk menjadi orang tua dan menghasilkan keturunan melalui proses crossover dan mutasi. Seleksi dilakukan untuk memastikan bahwa individu dengan kualitas genetik lebih baik memiliki kesempatan lebih besar untuk bereproduksi. Berbagai metode seleksi dapat diterapkan,

seperti seleksi roda rolet, turnamen, atau elitisme, yang memastikan individu terbaik dipilih. Kromosom hasil seleksi dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Kromosom Hasil Seleksi

Kromosom	Fitness	Asal
A	0,329	A
B	0,279	C
C	0,366	B

3.4.4. Crossover

Proses crossover melibatkan pasangan individu yang dipilih sebagai orang tua untuk menghasilkan keturunan. Crossover menggabungkan informasi genetik dari kedua orang tua untuk menciptakan individu baru dengan karakteristik dari keduanya. Crossover memungkinkan eksplorasi ruang solusi dengan menciptakan variasi baru dalam populasi. Peluang crossover ini diatur oleh parameter probabilitas crossover (Pc) yang telah ditentukan sebelumnya.

C' =	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td>32</td><td>33</td><td>34</td><td>35</td><td>36</td><td>37</td><td>38</td><td>39</td><td>40</td><td>41</td><td>42</td><td>43</td><td>44</td><td>45</td><td>46</td></tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46		
B' =	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td>32</td><td>33</td><td>34</td><td>35</td><td>36</td><td>37</td><td>38</td><td>39</td><td>40</td><td>41</td><td>42</td><td>43</td><td>44</td><td>45</td><td>46</td></tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46		
A' =	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td>32</td><td>33</td><td>34</td><td>35</td><td>36</td><td>37</td><td>38</td><td>39</td><td>40</td><td>41</td><td>42</td><td>43</td><td>44</td><td>45</td><td>46</td></tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46		
B'' =	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td>32</td><td>33</td><td>34</td><td>35</td><td>36</td><td>37</td><td>38</td><td>39</td><td>40</td><td>41</td><td>42</td><td>43</td><td>44</td><td>45</td><td>46</td></tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46		
C'' =	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td>32</td><td>33</td><td>34</td><td>35</td><td>36</td><td>37</td><td>38</td><td>39</td><td>40</td><td>41</td><td>42</td><td>43</td><td>44</td><td>45</td><td>46</td></tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46		

Gambar 3. Kromosom Hasil Crossover

3.4.5. Mutasi

Mutasi adalah perubahan acak dalam genetik individu untuk memperkenalkan variasi tambahan dalam populasi. Jika probabilitas mutasi (Pm) adalah 0,01 (1%), maka hanya 1% dari individu dalam populasi yang akan mengalami mutasi. Misalnya, jika individu 101010 mengalami mutasi pada bit ketiga, maka kromosom baru akan menjadi 100010. Proses ini menghindari konvergensi prematur dan memungkinkan pencarian solusi yang lebih luas. Pada tahap ini, ditentukan kombinasi gen yang memungkinkan untuk dilakukan crossover yang dapat dilihat pada Tabel 6.

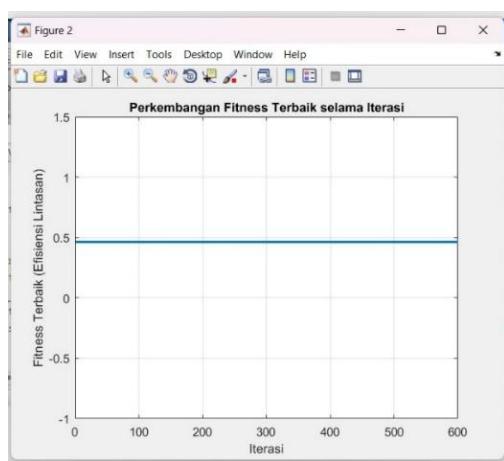
Tabel 6. Bilangan Acak untuk Mutasi

Kromosom A	Bilangan Random	Kromosom B	Bilangan Random	Kromosom C	Bilangan Random
8-9	0,343	8-9	0,085	8-9	0,437
18-19	0,390	18-19	0,150	18-19	0,634
24-25	0,064	24-25	0,502	24-25	0,002
33-34	0,420	33-34	0,434	33-34	0,367

Kromosom C memiliki nilai random sebesar 0,02, lebih kecil dibandingkan nilai mutase (Pm) sebesar 0,01, oleh karena itu kromosom C yang mengalami mutasi.

3.4.6. Evaluasi Fitness Keturunan

Setelah crossover dan mutasi, keturunan yang dihasilkan dievaluasi dengan menghitung nilai fitness mereka. Sebagai contoh, jika keturunan pertama memiliki nilai fitness 85 dan keturunan kedua 95, maka kedua keturunan ini akan dipertimbangkan dalam seleksi untuk generasi berikutnya. Hasil evaluasi ini akan menunjukkan apakah keturunan tersebut lebih baik dari orang tua mereka atau tidak. Nilai *Fitness* terbaik setelah dilakukan 600 iterasi adalah 0,4631 atau dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil Nilai Fitness dengan Software MatLAB

3.4.7. Seleksi Generasi Berikutnya

Setelah evaluasi fitness, individu terbaik dari populasi saat ini dipilih untuk melanjutkan ke generasi berikutnya. Dalam hal ini, individu dengan fitness tertinggi memiliki peluang lebih besar untuk dipilih. Sebagai contoh, jika populasi terdiri dari 10 individu, maka individu dengan nilai fitness tertinggi, misalnya individu yang memiliki fitness 95, akan dipilih untuk menjadi bagian dari generasi berikutnya. Sementara itu, individu dengan fitness terendah, misalnya individu dengan fitness 50, akan digantikan oleh keturunan baru hasil crossover dan mutasi.

Jika elitisme diterapkan, individu dengan fitness tertinggi (misalnya 2 individu teratas) akan langsung dipindahkan ke generasi berikutnya tanpa melalui proses crossover atau mutasi. Ini memastikan bahwa solusi terbaik yang ditemukan tetap dipertahankan dan tidak terpengaruh oleh proses generasi selanjutnya, sehingga mengurangi risiko kehilangan solusi yang baik akibat proses evolusi.

3.4.8. Kondisi Berhenti

Proses Algoritma Genetik (GA) dihentikan setelah memenuhi kondisi tertentu yang disepakati sebelumnya. Salah satu kondisi yang umum digunakan adalah jumlah generasi maksimum yang telah dijalankan. Misalnya, jika jumlah iterasi atau generasi yang dijalankan mencapai 100, GA akan berhenti dan solusi terbaik pada generasi ke-100 akan dianggap sebagai hasil akhir.

Selain itu, proses GA juga dapat dihentikan jika fitness terbaik yang ditemukan mencapai ambang batas yang ditentukan. Misalnya, jika fitness tertinggi pada generasi ke-100 adalah 98, dan tidak ada perubahan signifikan dalam

fitness pada generasi berikutnya, maka dapat diputuskan bahwa GA telah mencapai konvergensi dan berhenti. Hal ini memastikan bahwa algoritma tidak terus berputar tanpa memberikan peningkatan yang berarti dalam solusi, dan waktu komputasi dapat lebih efisien.

Dengan menggunakan kondisi berhenti ini, Algoritma Genetik dapat memastikan bahwa solusi yang ditemukan adalah solusi yang memadai dalam waktu yang terbatas, tanpa perlu terus berlanjut selama-lamanya.

3.4.9. Solusi Akhir

Solusi akhir dari algoritma genetik adalah individu dengan fitness tertinggi yang ditemukan selama eksekusi algoritma. Misalnya, setelah 100 generasi, individu dengan fitness 98 akan dianggap sebagai solusi optimal atau mendekati optimal. Solusi ini akan menjadi hasil akhir dari pencarian yang dilakukan oleh algoritma genetik.

WC	EK	Waktu
I	5,8,14,15,19,20,25,32,34,35,43	844
II	1,7,29,42,45	782
III	2,12,21,23,24,28,36,44,46	488
IV	16,22,40,41	828
V	3,4,9,10,27,30,31,37,38	423
VI	6,11,13,17,18,26,33,39	506

Lintasan produksi aktual memiliki Waktu Siklus sebesar 830 detik dengan 5 stasiun kerja. Berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan (1), (2), dan (3) diperoleh bahwa nilai *Line Efficiency* sebesar 75,90%, *Balance Delay* sebesar 24,10%, dan *Smoothing Index* sebesar 504,9297.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan, penerapan Ranked Positional Weight (RPW) dan Algoritma Genetik (GA) pada Bengkel Las Cahaya menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam efisiensi lintasan produksi. Sebelum penerapan metode, efisiensi lintasan tercatat hanya 32,92%, yang mengindikasikan bahwa sebagian besar waktu produksi terbuang sebagai idle time. Sementara itu, balance delay yang tinggi, mencapai 67,08%, menunjukkan ketidakseimbangan yang signifikan dalam distribusi beban kerja antar stasiun kerja, yang menyebabkan bottleneck di beberapa stasiun, terutama di stasiun pengecatan dan pengelasan.

Setelah penerapan metode RPW, yang bertujuan mendistribusikan elemen kerja berdasarkan bobot posisi, dan Algoritma Genetik (GA), yang mencari solusi optimal melalui crossover dan mutasi, efisiensi lintasan meningkat secara signifikan menjadi 75,90%. Hal ini menunjukkan bahwa waktu kerja yang digunakan untuk produksi meningkat, sementara waktu yang terbuang sebagai idle time berkurang. Selain itu, balance delay yang sebelumnya tinggi berkurang menjadi 24,10%, menandakan bahwa distribusi beban kerja menjadi lebih merata antar stasiun kerja, mengurangi waktu tunggu yang tidak produktif.

Penerapan GA berperan besar dalam mengoptimalkan distribusi beban kerja dengan mengurangi bottleneck di stasiun pengecatan dan pengelasan, yang sebelumnya menjadi hambatan utama dalam alur produksi. Smoothing index yang tercatat setelah penerapan metode mengalami penurunan menjadi 504,93, yang menunjukkan peningkatan keseragaman beban kerja di antara stasiun kerja. Dengan demikian, penerapan RPW dan GA terbukti efektif dalam

meningkatkan efisiensi produksi, mengurangi idle time, dan menyeimbangkan beban kerja antar stasiun, yang akhirnya meningkatkan produktivitas secara keseluruhan di Bengkel Las Cahaya.

Referensi

- [1] R. Renaldo and V. P. Agustiayani, "Sistem Informasi Dalam Ekonomi Berkelanjutan Sebagai Upaya Mendorong Efisiensi Dan Inovasi Dalam Bisnis Gula Aren Di Kabupaten Pesisir Barat Lampung," *Jurnal Ekonomi Manajemen Sistem Informasi*, vol. 6, no. 4, pp. 2451–2460, 2025, doi: 10.38035/jemsi.v6i4.4556.
- [2] A. R. A. Syafaruddin, N. Natsir, and S. Syafaruddin, "Implementasi Sistem Informasi Akuntansi (SIA) Berbasis Cloud Dalam Meningkatkan Efisiensi Operasional Bisnis Kecil," *Jurnal Minfo Polgan*, vol. 13, no. 2, pp. 1618–1626, 2024, doi: 10.33395/jmp.v13i2.14183.
- [3] R. Aisyah, B. Fardiansyah, S. Amelia, A. Fauziah, M. M. Ar-ridha, and B. A. Mauluda, "Implementasi Konsep Lean Manufacturing Dalam Meningkatkan Efisiensi Proses Produksi Produk LC Hijab Pada PT. ABC," *Jurnal Kalibrasi*, vol. 22, no. 2, pp. 29–38, 2024, doi: 10.33364/kalibrasi/v.22-2.1569.
- [4] N. Sari and R. Saputra, "Meningkatkan Kualitas Dan Produktifitas Dengan Analisis Penanganan Overbudget Overtime Dengan Metode Lean Management," *Jurnal Inkofar*, vol. 8, no. 1, 2024, doi: 10.46846/jurnalinkofar.v8i1.327.
- [5] N. R. Nurwulan, A. A. Taghsya, E. D. Astuti, R. A. Fitri, and S. R. K. Nisa, "Pengurangan Lead Time Dengan Lean Manufacturing: Kajian Literatur," *Journal of Industrial and Manufacture Engineering*, vol. 5, no. 1, pp. 30–40, 2021, doi: 10.31289/jime.v5i1.3851.
- [6] A. U. Putri and S. Lazuardi, "Peranan Efisiensi Biaya Produksi Dalam Meningkatkan Pendapatan Pada Usaha Rumahan Namira Bakery Di Kota Palembang," *Jemasi Jurnal Ekonomi Manajemen Dan Akuntansi*, vol. 20, no. 2, pp. 205–215, 2024, doi: 10.35449/jemasi.v20i2.835.
- [7] M. I. Monoarfa, Y. Hariyanto, and A. Rasyid, "Analisis Penyebab Bottleneck Pada Aliran Produksi Briquette Charcoal Dengan Menggunakan Diagram Fishbone Di PT. Saraswati Coconut Product," *Jambura Industrial Review (Jirev)*, vol. 1, no. 1, pp. 15–21, 2021, doi: 10.37905/jirev.1.1.15-21.
- [8] A. Septriani and B. N. Alfa, "Penerapan Perencanaan Kapasitas Produksi Dengan Perhitungan Metode Rough Cut Capacity Planning (Rccp) Di Perusahaan Panel Listrik," *Jurnal Pasti (Penelitian Dan Aplikasi Sistem Dan Teknik Industri)*, vol. 15, no. 1, p. 59, 2021, doi: 10.22441/pasti.2021.v15i1.006.
- [9] H. Napitupulu, M. T. Sembiring, and N. Hidayah, "Perencanaan Dan Penjadwalan Produksi Green Tea Dengan Pendekatan Theory of Constraint Pada Pt. Xyz," *Jurnal Sistem Teknik Industri*, vol. 18, no. 1, pp. 26–30, 2018, doi: 10.32734/jsti.v18i1.340.
- [10] F. Pulansari and I. Nugraha, "Analysis of Line Balancing Using Ranked Positional Weight (RPW), Largest Candidate Rule (LCR), and J-Wagon Methods in Crane Girder Production at PT MHE Demag Surabaya, Indonesia," *Technium Romanian Journal of Applied Sciences and Technology*, vol. 16, pp. 341–349, 2023, doi: 10.47577/technium.v16i1.10008.
- [11] S. Nallusamy and V. Saravanan, "Enhancement of Overall Output in a Small Scale Industry Through VSM, Line Balancing and Work Standardization," *International Journal of Engineering Research in Africa*, vol. 26, pp. 176–183, 2016, doi: 10.4028/www.scientific.net/jera.26.176.
- [12] L. Dai *et al.*, "A Novel Production Scheduling Approach Based on Improved Hybrid Genetic Algorithm," *Sustainability*, vol. 14, no. 18, p. 11747, 2022, doi: 10.3390/su141811747.
- [13] A. N. Haq, K. Rengarajan, and J. Jayaprakash, "A Hybrid Genetic Algorithm Approach to Mixed-Model Assembly Line Balancing," *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 28, no. 3–4, pp. 337–341, 2005, doi: 10.1007/s00170-004-2373-3.
- [14] Z. Ren and F. Zhang, "Optimal Scheduling of Glass Substrate Evaporation Based on Improved Genetic Algorithm," p. 191, 2024, doi: 10.1117/12.3039266.
- [15] C. Sheng, Y. Huangfu, J. Shi, B. Cai, and J. Wangcheng, "Research on Integrated Production Scheduling Optimization in Aerospace Manufacturing Workshop Based on Production Processes," 2024, doi: 10.3233/faia231289.
- [16] R. Prabowo, "Line Balance Application to Achieve Optimum Work Efficiency at Work Station in PT. Pulsara Cempaka – Cigarette Factory at Tulungagung District, East Java," *Jurnal Teknik Industri*, vol. 12, no. 3, pp. 265–271, 2022, doi: 10.25105/jti.v12i3.15659.
- [17] I. Siregar, "Application of Ranked Positional Weights Method in Springbed Production Line Balancing," *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 801, no. 1, p. 012098, 2020, doi: 10.1088/1757-899x/801/1/012098.
- [18] Y. Wang and O. Yang, "Research on Industrial Assembly Line Balancing Optimization Based on Genetic Algorithm and Witness Simulation," *International Journal of Simulation Modelling*, vol. 16, no. 2, pp. 334–342, 2017, doi: 10.2507/ijsimm16(2)co8.
- [19] D. P. Setyawan, F. Pulansari, and K. R. Hayati, "Analisa Line Balancing Menggunakan Metode Moodie Young Dan Ranked Positional Weight Di Cv. Xyz," *Juminten*, vol. 2, no. 1, pp. 84–95, 2021, doi: 10.33005/juminten.v2i1.140.
- [20] Y. Hapid and S. Supriyadi, "Optimalisasi Keseimbangan Lintasan Produksi Daur Ulang Plastik Dengan Pendekatan Ranked Positional

- [21] Weight,” *Jurnal Intech Teknik Industri Universitas Serang Raya*, vol. 7, no. 1, pp. 63–70, 2021, doi: 10.30656/intech.v7i1.3305.
- [22] R. Ginting, *Lintasan Produksi*, USU Press. Medan: USU Press, 2007.
- [22] B. R. Christata, S. Majid, and V. I. Asri, “Perbaikan Keseimbangan Lintasan Lini Produksi Dengan Metode Ranked Positional Weight (RPW) Untuk Meningkatkan Efisiensi,” *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, vol. 6, no. 4, pp. 995–10003, 2023, doi: 10.31004/jutin.v6i4.18245.
- [23] T. Arifin, “Optimasi Decision Tree Menggunakan Particle Swarm Optimization Untuk Klasifikasi Sel Pap Smear,” *Jatisi (Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi)*, vol. 7, no. 3, pp. 572–579, 2020, doi: 10.35957/jatisi.v7i3.361.
- [24] M. Pinedo, “Scheduling: Theory, Algorithms, and Systems,” *Iie Transactions*, vol. 28, no. 8, pp. 695–697, 1996, doi: 10.1080/15458830.1996.11770714.