



PAPER – OPEN ACCESS

Lintasan Produksi Stasiun Kerja Produksi Kapal Mainan dengan Line Balancing

Author : Naufal Abdurrahman Hawari, dkk
DOI : 10.32734/ee.v7i1.2331
Electronic ISSN : 2654-704X
Print ISSN : 2654-7031

Volume 7 Issue 1 – 2024 TALENTA Conference Series: Energy and Engineering (EE)



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/).

Published under licence by TALENTA Publisher, Universitas Sumatera Utara



Lintasan Produksi Stasiun Kerja Produksi Kapal Mainan dengan *Line Balancing*

Naufal Abdurrahman Hawari*, Geubrina Hikmah, Yasmin Nelyanda Pulungan, Anggi Maharini S

Magister Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara: Jln. Dr. T. Mansyur No. 9, 20155, Medan, Indonesia
naufalabdurrahmanh@gmail.com, geubrinahs@gmail.com, yasminnelyandapulungan@gmail.com, anggimhrini19@gmail.com

Abstrak

Dalam industri manufaktur mainan, efisiensi produksi merupakan kunci untuk memenuhi permintaan pasar yang tinggi dan beragam. Penelitian ini berfokus pada penerapan line balancing dalam proses produksi kapal mainan untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi waktu tunggu antar stasiun kerja. Peneliti melakukan analisis terhadap distribusi beban kerja dan menemukan solusi optimal untuk penugasan tugas pada segala lintasan kerja. Keseimbangan lintasan merupakan proses mengatur lintasan kerja dari aktivitas pengembangan unit untuk mencapai keseimbangan beban kerja. Keseimbangan ini penting untuk efisiensi produksi yang optimal dan menghindari ketidakseimbangan waktu pada stasiun kerja. Metode seperti *line balancing*, peta kerja, dan precedence diagram digunakan untuk mengatur aliran produksi dengan mempertimbangkan waktu yang diperlukan dan urutan kerja. *Balance delay* dan efisiensi lintasan menjadi fokus dalam mengoptimalkan produksi. Metode *Helgeson* dan *Birnie*, seperti sistem RPW, digunakan untuk alokasi tugas pada stasiun kerja dengan memperhitungkan keterkaitan dan urutan kerja. Studi ini bertujuan untuk menciptakan suatu pola penyeimbangan jalur secara efektif melalui pengurangan *balance delay* dan meningkatkan efisiensi produksi. Dalam penelitian ini, ditemukan bahwa total lintasan kerjapaling sedikit sesuai hasil kalkulasi yaitu 2 lintasan kerja, sementara pendekatan *Helgeson Birnie* menghasilkan 8 lintasan kerja yang masing masing memiliki waktu kerja bervariasi dari 181 detik hingga 5190 detik.

Kata Kunci: Efisiensi; *Helgeson Birnie*; Keseimbangan; Produksi

Abstract

In the toy manufacturing industry, production efficiency is key to meeting high and diverse market demands. This research focuses on the application of line balancing in the production process of toy vessels to increase efficiency and reduce waiting time between workstations. Researchers conduct an analysis of the workload distribution and find the optimal solution for task assignment at each workstation. Line balancing is the process of organizing work stations in product manufacturing to achieve workload balance. This balance is important for optimal production efficiency and avoiding time imbalances at work stations. Methods such as line balancing, work maps, and precedence diagrams are used to organize the production flow by considering the time required and the work sequence. Delay balance and trajectory efficiency are the focus in optimizing production. Helgeson and Birnie methods, such as the RPW system, are used for task allocation at work stations by taking into account interrelationships and work sequences. This research aims to develop an efficient trajectory balance model by reducing balance delay and increasing production efficiency. In this study, it was found that the minimum total work stations based on calculations was 2 work stations, while the Helgeson and Birnie method resulted in 8 work stations with working times varying from 181 seconds to 5190 seconds.

Keywords: Efficiency; *Helgeson Birnie*; Equilibrium; Production

1. Pendahuluan

Penyeimbangan garis produksi adalah rangkaian tempat kerja yang dipakai dalam proses pembuatan unit. Keseimbangan garis produksi umumnya tergolong menjadi sejumlah zona bekerja di mana disebut tempat bekerja yang dioperasikan satu operator ataupun lebih dari satu dan mungkin memakai berbagai jenis peralatan. Sasaran inti dalam pengembangan penyeimbangan garis produksi yakni pembentukan serta penyeimbangan berat bekerja untuk masing-masing tempat kerja [1].

Keseimbangan alur produksi sangat krusial dalam merencanakan pembuatan produk dikarenakan bisa memengaruhi hasil pembuatan produk terbaik. Apabila durasi yang ada di sebuah pusat kerja lebih kecil daripada durasi yang diperlukan, maka akan tercipta perbedaan durasi di lintasan kerja tersebut. Tidak hanya itu, penimbunan material serta barang proses beserta peralatan lainnya dapat mengakibatkan peningkatan nilai keterlambatan keseimbangan dan pengurangan efisiensi alur produksi. Jadi, teknik penyeimbangan alur produksi ditetapkan agar penyeimbangan tugas di sebuah lini perakitan menuju stasiun kerja yang bertujuan untuk mengurangi total stasiun kerja serta durasi tidak produktif di stasiun kerja supaya bisa mencapai hasil yang ditetapkan [2].

Diagram bekerja merupakan peralatan yang mengilustrasikan proses bekerja yang terstruktur dan bias. Melalui diagram ini, dapat disaksikan semua tahap ataupun kegiatan yang dilakukan sebuah barang dari saat memasuki industri, lalu memaparkan segala tahapan yang dilaluinya, contohnya: pengangkutan, perakitan, pemeriksaan, operasi mesin hingga menjadi unit utuh [3].

Precedence diagram digunakan sebelum memulai menggunakan metode penyeimbangan alur. *Precedence* diagram sebenarnya adalah representasi grafis dari urutan tugas dan ketergantungannya dengan tugas yang lain dengan siasat agar dapat mempermudah pengendalian dan perkiraan aktivitas yang terlibat [4]

Diperlukan penataan keseimbangan alur produksi di setiap tempat kerja dengan menggunakan metode penyeimbangan garis dalam mengawasi penyeimbangan aktivitas di segala tempat bekerja, diperlukan perhitungan durasi yang dibutuhkan segala unit pada tiap lintasan yang dibutuhkan, agar bisa diperoleh alur pembuatan yang efisien guna memanfaatkan peralatan, fasilitas dan pekerja [5].

Balance delay dikenal sebagai satuan yang menunjukkan perbedaan di alur pembuatan serta didefinisikan menjadi perbedaan mengenai durasi yang diperlukan oleh lintasan bekerja W_{si} serta durasi siklus CT. Kejadian ini bisa menyebabkan penimbunan unit di lintasan bekerja yang lemot dan mengurangi efektifitas pembuatan garis besarnya. jadi, diperlukan pembentukan keseimbangan alur produksi untuk meminimalkan *balance delay* dan meningkatkan produktivitas dengan formula berikut ini [6].

$$BD = \frac{K.C - \sum_{i=1}^K ST_i}{K.C} \quad (1)$$

Keterangan:

ST_i : durasi intasan kerja ke-i

K : kuantitas lintasan kerja

C : durasi siklus maksimum di lintasan kerja

Efisiensi alur produksi menunjukkan seberapa efisien suatu alur produksi dengan dinyatakan dalam persentase [7]. Formula efisiensi alur produksi (EL) yakni:

$$EL = \frac{\sum_{i=1}^K ST_i}{K.C} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

ST_i : durasi intasan kerja ke-i

K : kuantitas lintasan kerja

C : durasi siklus maksimum di lintasan kerja

Indeks kelancaran (*smoothness index*) adalah ukuran yang menilai sejauh mana suatu penyeimbangan garis produksi lancar mengenai durasi menunggu. Dikatakan komplit ketika angka yang diperoleh mengarah ke 0 [8]. Formula *smoothness index* yakni:

$$SI = \sqrt{\sum (ST_{max} - ST_i)^2} \quad (3)$$

Keterangan:

ST_{max} : durasi lintasan bekerja terbesar

ST_i : durasi lintasan bekerja ke-i

Dengan menggunakan metode *Helgeson* dan *Birnie* untuk menetapkan kuantitas lintasan bekerja serta mengatur tugas untuk semua lintasan pekerja, studi ini dibuat dengan sasaran untuk mengembangkan sebuah model keseimbangan lintasan yang efektif.

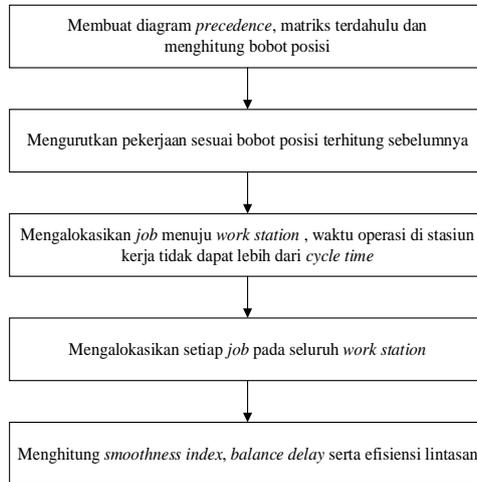
2. Metodologi Penelitian

Beberapa teori, seperti metode *Helgeson* dan *Birnie*, diusulkan untuk menyeimbangkan lintasan perakitan. Metode ini biasanya dikenal sebagai sistem beban teratas atau sistem RPW. Cara awalnya yaitu membentuk diagram *plot* serta kerangka *precedence*. Selanjutnya, beban posisional semua bagian dihitung menggunakan penjumlahan durasi kerja bagian tersebut di mana mengikuti durasi bagian lainnya [9]. Dengan mengkalkulasikan durasi yang diperlukan agar seua aktivitas dalam proses pembuatan berjalan, teknik yang dipakai ini memiliki tujuan inti mencapai tingkat efisiensi yang paling tinggi. Metode RPW memberikan nilai pada setiap elemen pekerjaan dengan mempertimbangkan hubungan serta langkah ke dalam diagram *precedence*. Ini dilakukan untuk memastikan bahwa elemen pekerjaan dengan hubungan yang lebih kuat memikul beban yang lebih besar, sehingga elemen tersebut diberikan prioritas yang lebih tinggi selama proses penempatan pada posisi kerja [10].

Helgeson *Birnie* menyarankan teknik RPW yang ditetapkan untuk penyelesaian masalah penyeimbangan lintasan serta diperoleh hasil secara instan. Metode ini melibatkan perhitungan total lintasan bekerja yang sedikit, mengklasifikasikan tiap aktivitas ke setiap lintasan bekerja, serta membuat beban posisi pada masing-masing stasiun kerja [11]. Kecepatan lintasan produksi menentukan durasi yang sesuai untuk penyelesaian elemen aktivitas dan kemampuan aktivitas pekerjaan yang ada di semua lintasan bekerja bisa berjalan secara optimal [12].

Kriteria umum dalam penyeimbangan alur pembuatan yaitu memaksimalkan efektifitas atau meminimalkan *balance delay*. Sasaran ini dari penyusunan lini keseimbangan yaitu pembentukan dan penyesuaian bobot bekerja yang diberikan di setiap lintasan bekerja. *Line balancing* dikenal sebagai elemen krusial untuk melakukan kegiatan pembuatan [13]. Oleh karena itu, *line balancing* memiliki definisi mengelola sekumpulan individu serta peralatan yang menjalankan elemen-elemen berurutan pada tahap pembentukan sebuah unit, di mana adil di segala alur pembentukan, guna maksimum pada tiap lintasan bekerja meminimalkan *gap* durasi aktivitas antar waktu menganggur [15].

dikasihkan ke setiap *resource* secara mendapatkan efektifitas kerja [14]. *Line balancing* juga bertujuan lintasan bekerja serta meminimalkan



Gambar 1. Tahapan Metode Helgeson dan Birnie

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Penentuan Durasi Siklus Lintasan Bekerja

Durasi siklus dapat dikalkualsikan dari informasi hasil perkiraan menggunakan metode kausal total yang terjual pada mainan pada bulan Januari 2024 hingga Desember 2024 dengan total 5226 buah. Hari bekerja di periode tersebut sebesar 244 hari dan rinciannya 8 jam bekerja dalam sehari serta 2 *shifting* dalam satu hari.

Keseluruh pembuatan kapal mainan setiap jam sebanyak 1,3386 buah. Dengan asumsi efisiensi pembuatan sebesar 100%, jadi durasi siklus pembuatan kapal mainan yang diharapkan sebesar 3659 sekon untuk tiap buah.

3.2. Penentuan Jumlah Stasiun Kerja Minimum

Pengkalkulasian memakai teknik memperkirakan kuantitas lintasan kerja paling sedikit yakni.

$$\begin{aligned}
 \text{Total durasi produksi} &= 7534 \text{ detik} \\
 \text{Total lintasan bekerja minimal} &= \text{total durasi produksi} / \text{durasi siklus} \\
 &= 7534 / 3659 = 2,05 \approx 2 \text{ stasiun}
 \end{aligned}$$

Sesuai hasil kalkulasi tersebut, terlihat bahwa total lintasan bekerja minimal adalah 2 lintasan bekerja.

3.3. Penentuan lintasan bekerja dengan cara biasa

Dalam menetapkan lintasan bekerja secara biasa terdapat berbagai cara. Dari beberapa cara tersebut, dalam penelitian ini hanya menggunakan metode Helgeson dan Birnie.

3.3.1. Precedence Constraint

Pada tahap perakitan, terdapat situasi di mana tidak terjadi hubungan saling membutuhkan antara elemen elemen dalam aktivitas pembuatannya. Oleh karena itu, semua elemen memiliki peluang agar dapat dikerjakan terlebih dahulu, dan diperlukan suatu prosedur seleksi untuk menentukan prioritasnya. Hal ini menghasilkan kebutuhan akan pembatasan dengan menggunakan *precedence* untuk pengerjaan komponen-komponen. Dalam metode *precedence constraint*, urutan disusun berdasarkan prioritas

dengan syarat tidak boleh melampaui *precedence*-nya. Berikut adalah *precedence constraint* yang disusun berdasarkan diagram *precedence* yang terdapat dalam Tabel 1.

Tabel 1. Batasan *Precedence*

Elemen Kerja	Sebelum	Sesudah
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
2	1	11, 16, 19, 24, 28, 29
3	1	11, 16, 19, 24, 28, 29
4	1	11, 16, 19, 24, 28, 29
5	1	11, 16, 19, 24, 28, 29
6	1	11, 16, 19, 24, 28, 29
7	1	11, 16, 19, 24, 28, 29
8	1	11, 16, 19, 24, 28, 29
9	1	11, 16, 19, 24, 28, 29
10	1	11, 16, 19, 24, 28, 29
11	2,3,4,5,6,7,8,9,10	16, 19, 24, 28, 29
12	1	16, 19, 24, 28, 29
13	1	16, 19, 24, 28, 29
14	1	16, 19, 24, 28, 29
15	1	16, 19, 24, 28, 29
16	12,13,14,15	19, 24, 28, 29
17	1	19, 24, 28, 29
18	1	19, 24, 28, 29
19	17,18	24, 28, 29
20	1	23, 24, 28, 29
21	1	23, 24, 28, 29
22	1	23, 24, 28, 29
23	20,21,22	24, 28, 29
24	23	28, 29
25	1	28, 29
26	1	28, 29
27	1	28, 29
28	25,26,27	29
29	28	-

3.4. Matriks *Precedence* Metode Helgeson dan Birnie

Matriks *Precedence* adalah representasi koneksi di antara bagian bagian aktivitas yang disusun ke wujud matriks. Dalam matriks ini, terdapat relasi *precedence* yang memiliki nilai +1 jika ada hubungan maju antara elemen kerja dengan elemen kerja lain (hubungan depan), nilai 0 jika tidak ada hubungan antara elemen kerja, dan nilai -1 jika terdapat hubungan ke belakang (yaitu, hubungan yang merupakan kebalikan dari hubungan depan yang memiliki nilai +1). Matriks *precedence* dapat dilihat dalam Gambar 2.

EK	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	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
2	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	
3	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	
4	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	
5	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	
6	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	
7	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	
8	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	
9	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	
11	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	
16	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	
19	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	1	1	0	0	0	1	1	
24	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	0	0	0	1	1	
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	1	1	1	
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	1	1	1	
28	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	
29	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	

Gambar 1. Matriks Precedence

Dengan menggunakan matriks *precedence* yang telah dibuat, kita dapat menetapkan pembebanan untuk semua bagian aktivitas untuk menentukan urutan dari elemen kerja tersebut. Pembobotan elemen kerja dihitung dengan menjumlahkan durasi aktivitas dari bagian aktivitas di mana mempunyai hubungan depan atau bernilai +1 untuk setiap barisnya. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, pembobotan tugas direpresentasikan di Tabel 2.

Tabel 2. Pembobotan tugas

Elemen Kerja	Waktu Baku	Bobot
1	181	7127
2	181	3530
3	187	3349
4	190	3162
5	196	2972
6	211	2776
7	211	2565
8	181	2354
9	601	2173
10	190	1762
11	181	1572
12	190	2889
13	721	2699
14	316	1978
15	271	1662

16	217	1391
17	226	1626
18	226	1400
19	220	1174
20	187	1506
21	181	1319
22	181	1319
23	184	1138
24	202	954
25	181	1295
26	181	1114
27	181	933
28	211	752
29	541	541

3.5. Pembentukan Stasiun Kerja

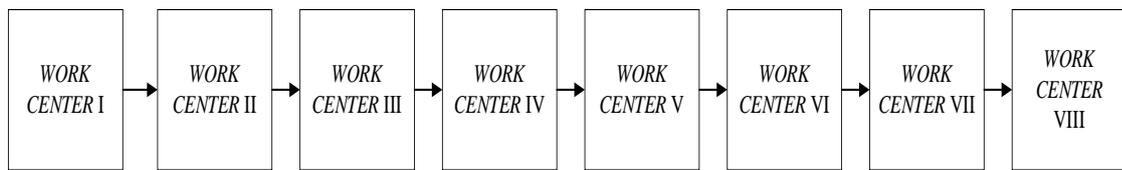
Penempatan bagian aktivitas di setiap lintasan bekerja ditentukan berdasarkan pembobotan dan pengurutan yang disesuaikan dengan waktu siklus sebesar 1281 detik, seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Pembentukan Lintasan Bekerja

Work Center	Elemen	Waktu	Pengurangan	Keterangan	Jumlah Waktu
I	1	181	2509	Masuk	181
II	2	181	2509	Masuk	
II	3	187	2322	Masuk	
II	4	190	2132	Masuk	
II	5	196	1936	Masuk	
II	6	211	1725	Masuk	
II	7	211	1514	Masuk	
II	8	181	1333	Masuk	5190
II	9	601	732	Masuk	
II	10	190	542	Masuk	
II	12	190	352	Masuk	
II	13	721	-369	Keluar	
II	14	316	-685	Keluar	
II	15	271	-956	Keluar	
II	17	226	-1182	Keluar	
II	18	226	-1408	Keluar	
II	20	187	-1595	Keluar	
II	21	181	-1776	Keluar	
II	22	181	-1957	Keluar	
II	25	181	-2138	Keluar	
II	26	181	-2319	Keluar	
II	27	181	-2500	Keluar	

III	11	181	2509	Masuk	365
III	23	184	2325	Masuk	
IV	16	217	2473	Masuk	217
V	19	220	2253	Masuk	220
VI	24	202	2488	Masuk	202
VII	28	211	2479	Masuk	211
VIII	29	541	2149	Masuk	541

Sesuai dengan patokan kelihaiian penyeimbangan lini bekerja menggunakan teknik *Helgeson Birnie*, diperoleh *balance delay* yang memiliki nilai 31%, efisiensi yang memiliki nilai 69%, waktu menganggur dengan nilai 31%, serta *smoothness index* dengan nilai 181. Dari hasil pengolahan data tersebut, bisa dibuat ilustrasi lintasan terbentuk yang terlihat dalam Gambar 3.



Gambar 3. Lintasan Bekerja Menggunakan Teknik *Helgeson dan Birnie*

4. Kesimpulan

Dalam penelitian ini, teknik *Helgeson Birnie* digunakan untuk mengelompokkan semua aktivitas bekerja ke tiap lintasan bekerja sesuai pendekatan pengelompokkan berdasarkan bobot angka +1, 0, serta -1. Setelah itu, angka bobot untuk tiap bagian aktivitas dihitung. Hubungan precedence antara elemen kerja diberi nilai +1 jika terdapat hubungan maju antara elemen kerja yang akan dihubungkan bersama bagian aktivitas yang lain. Nilai koneksi bakalan menjadi nol apabila tidak terjadi koneksi antar bagian kerja, dan bakalan dipakai -1 apabila terdapat koneksi dengan sebelumnya. Bobot dari bagian aktivitas tersebut kemudian disejajarkan mulai dari yang paling tinggi ke paling rendah. Berdasarkan kalkulasi, total lintasan bekerja minimal sebanyak 2 lintasan bekerja, sedangkan metode *Helgeson dan Birnie* menunjukkan adanya 8 stasiun kerja. *Work center II* memiliki waktu kerja terbesar sebesar 5190 detik, sementara *work center I* memiliki waktu kerja terkecil sebesar 181 detik.

Referensi

- [1] R. Ginting, *Sistem Produksi*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2017.
- [2] G. Nugrianto, M. Syambas, R. Diky, dan N. Demus, "Analisis Penerapan Line Balancing untuk Peningkatan Efisiensi pada Proses Produksi Pembuatan Pagar Besi Studi Kasus : CV . Bumen Las Kontraktor," *Bull. Appl. Ind. Eng. Theory*, vol. 1, no. 2, hal. 46–53, 2020.
- [3] I. Z. Satalaksana, *Teknik Perancangan Sistem Kerja*. Bandung: ITB, 2006.
- [4] A. Gunanto dan J. Pramono, *Produk Kreatif Dan Kewirausahaan, Program Keahlian Teknik Mesin. Kompetensi Keahlian Teknik Pemesinan*. Yogyakarta: ANDI, 2019.
- [5] H. H. Azwir dan H. W. Pratomo, "Implementasi Line Balancing untuk Peningkatan Efisiensi di Line Welding Studi Kasus: PT X," *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 6, no. 1, hal. 57, 2017.
- [6] M. Djunaidi dan Angga, "Analisis Keseimbangan Lintasan (Line Balancing) pada Proses Perakitan Body Bus pada Karoseri Guna Meningkatkan Efisiensi Lintasan," *J. Ilm. Tek. Ind.*, vol. 5, no. 2, 2017.
- [7] Subhan, M. T. Hasan, dan M. Nazar, "Peningkatan Sistem Kerja Produksi Untuk Meningkatkan Efektivitas Industri Kecil di Kota Langsa (Studi Kasus pada UD. Cita Rasa, Pabrik Roti, Kota Langsa)Informasi Artikel," *J. Ilm. Jurutera*, vol. 02 No. 01, hal. 27–37, 2015.
- [8] I. Dharmayanti dan H. Marliansyah, "Perhitungan Efektifitas Lintasan Produksi Menggunakan Metode Line Balancing," *J. Manaj. Ind. dan Logistik*, vol. 3, no. 1, hal. 45–56, 2019.
- [9] E. Elfandry dan dkk, "Pendekatan Line Balancing dalam Pembuatan Ragum Menggunakan TALENTA Conference Series Pendekatan Line Balancing dalam Pembuatan Ragum Menggunakan Metode Helgeson-," *Talent. Conf. Ser.*, vol. 3, no. 2, hal. 210–217, 2020.
- [10] A. Thoha, D. Salsabilla, D. Alexander, D. F. Gultom, dan M. Rizky, "Perbandingan Metode Kilbridge Wester dan Ranked Positional Weight pada Permasalahan Line Balancing Proses Produksi Batik," *Talent. Conf. Ser. Energy Eng.*, vol. 6, no. 1, hal. 74–80, 2023.
- [11] A. B. Sulisty, "Perencanaan Line Balancing Proses Produksi Pada Shearing Line Plant Dengan Menggunakan Metode Rank Position Weight," *J. PASTI (Penelitian dan Apl. Sist. dan Tek. Ind.)*, vol. 16, no. 1, hal. 49, 2022.
- [12] A. T. Panudju, B. S. Panulisan, dan E. Fajriati, "Analisis Penerapan Konsep Penyeimbangan Lini (Line Balancing) dengan Metode Ranked Position Weight (RPW) pada Sistem Produksi Penyamakan Kulit di PT. Tong Hong Tannery Indonesia Serang Banten," *J. Integr. Sist. Ind.*, vol. 5, no. 2, hal. 70–80, 2018.
- [13] M. Fitri, M. I. Adelino, dan M. L. Apuri, "Analisis Line Balancing Untuk Meningkatkan Efisiensi Lintasan Produksi Perakitan," *Rang Tek. J.*, vol. 5, no. 2, hal. 295–300, 2022.
- [14] W. Poncotoyo, S. Mardhiani, R. Puspita, M. F. Zain, dan S. A. Sholihah, "1088-5229-1-Pb," 202, vol. 2, no. 1, hal. 32–38, 2020.
- [15] M. Afifuddin, "Penerapan Line Balancing Menggunakan Metode Ranked Position Weight (RPW) untuk Meningkatkan Output Produksi pada Home Industri Pembuatan Sepatu Bola," *J. Ind. Eng. Manag.*, vol. 4, no. 1, hal. 38, 2019.