

PENERAPAN *LINE BALANCING* MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIK UNTUK MENGURANGI *WASTE WAITING* PADA PROSES PERAKITAN KOMPONEN *NOSE FUSELAGE* DI PT. XYZ

IMPLEMENTATION OF LINE BALANCING USING GENETIC ALGORITHM TO REDUCE WASTE WAITING IN THE NOSE FUSELAGE COMPONENT ASSEMBLY PROCESS AT PT. XYZ

Wening Ayomi Dhara Setyani¹, Dida Diah Damayanti², Ayudita Oktafiani³

^{1,2,3} Universitas Telkom, Bandung

¹weningayomi@student.telkomuniversity.ac.id, ²didadiah@telkomuniversity.ac.id,

³ayuditaoktafiani@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Seiring dengan perkembangan dunia industri yang semakin pesat menimbulkan persaingan dalam pemenuhan permintaan konsumen membuat perusahaan yang bergerak dalam bidang industri penerbangan terus melakukan perbaikan. PT. XYZ merupakan perusahaan industri manufaktur yang memproduksi pesawat terbang. Berdasarkan kondisi aktual, PT. XYZ memiliki permintaan sebanyak 6 unit per tahun, namun hasil produksi masih belum mencapai target. Pada proses perakitan komponen mengalami permasalahan karena terdapat *waste waiting* pada perakitan *nose fuselage* yang disebabkan adanya beban kerja tidak merata tiap stasiun kerja, seperti waktu siklus minimal sebesar 119,63 jam dan waktu siklus maksimal selama 326,14 jam. Agar dapat menyelesaikan permasalahan tersebut perlu dilakukan penyeimbangan lini perakitan dengan meminimasi jumlah stasiun kerja, dan meningkatkan efisiensi lini perakitan. Pada penelitian ini penyeimbangan lini perakitan dilakukan dengan metode *Genetic Algorithm* (GA). Hasil dari penyeimbangan lini perakitan dengan metode tersebut berupa minimasi dari stasiun kerja sebelumnya 6 stasiun kerja menjadi 4 stasiun kerja, peningkatan *line efficiency* aktual sebesar 54% menjadi 91%, dan menurunkan *smoothness index* sebesar 408,337 menjadi 89,78. Hasil usulan dari penyeimbangan lini perakitan *nose fuselage* menghasilkan lini perakitan yang lebih baik daripada sebelumnya.

Kata kunci: *Genetic Algorithm*, penyeimbangan lini perakitan, *waste waiting*

Abstract

Along with the development of the industrial world, which is increasing rapidly, causing competition in fulfilling consumer demand, companies engaged in the aviation industry continue to make improvements. PT. XYZ is a manufacturing industry company that produces airplanes. Based on actual conditions, PT. XYZ has a demand of 6 units per year, but the production has not yet reached the target. There are problems in the component assembly process because there is waste waiting in the nose fuselage assembly due to an uneven workload for each work station, such as a minimum cycle time of 119.63 hours and a maximum cycle time of 326.14 hours. To solve these problems, balance the assembly line by minimizing the number of workstations and increasing the efficiency of the assembly line. This study carried out balancing the assembly line using the *Genetic Algorithm* (GA) method. The result of balancing the assembly line with this method is the depreciation of the previous six work stations to 4 work stations, an increase in actual line efficiency by 54% to 91%, and a decrease in the smoothness index by 408.337 to 89.78. The proposed result of balancing the nose fuselage assembly line resulted in a better assembly line than before.

Keywords : *Genetic Algorithm*, assembly line balancing, *waste waiting*

I. Pendahuluan

PT. XYZ merupakan salah satu perusahaan di Indonesia yang bergerak di bidang pembuatan pesawat terbang. Pada tahun 2018 perusahaan ini sedang melakukan peningkatan jumlah produktivitas yang sebelumnya perusahaan hanya memiliki target untuk menghasilkan 2 pesawat per tahun kini meningkat menjadi 6 pesawat dalam satu tahun. Maka dari itu, PT. XYZ harus dapat memproduksi pesawat tepat pada waktunya, cepat dalam melakukan proses produksi, serta dapat meminimasi apabila adanya pemborosan yang dapat merugikan perusahaan.

Dalam proses produksi atau perakitan terdapat adanya pemborosan pada *component assembly* (CA) sehingga menjadi salah satu penyebab keterlambatan saat menyerahkan pesawat kepada *customer*.

Tabel I. 1 Identifikasi Waste

| Jenis waste | Jumlah Waktu (jam) |
|----------------|--------------------|
| <i>Waiting</i> | 33 |
| <i>Motion</i> | 0,88 |

Dari tabel di atas diketahui bahwa *waste waiting* paling sering terjadi. *waste waiting* yang terjadi pada lini perakitan dapat dihilangkan atau diminimasi dengan melakukan *line balancing*.

II. Landasan Teori

II.1 Pemborosan

pemborosan atau biasa disebut juga dengan *waste* merupakan segala sesuatu yang tidak menguntungkan karena tidak memberikan nilai tambah dalam proses perubahan input menjadi output [1]. Sumber-sumber pemborosan (*waste*) pada perusahaan manufaktur umumnya dapat disingkat menjadi "DOWN-TIME", yang mana terdiri dari *Defect*, *Overproduction*, *Waiting*, *Non-Utilized Talent*, *Transportation*, *Inventory*, *Motion*, dan *Extra-Processing*.

II.2 Assembly Line Balancing

Assembly line balancing (ALB) merupakan serangkaian proses yang mengalokasikan tugas secara merata ke setiap stasiun kerja, sehingga setiap stasiun kerja memiliki jumlah pekerjaan yang sama [2]. Beberapa istilah yang biasa digunakan dalam *line balancing* [3]:

a. *Precedence diagram*

Precedence diagram adalah gambaran dari urutan operasi kerja, dan ketergantungan pada operasi kerja lainnya yang memiliki tujuan untuk mempermudah dalam pengontrolan dan perencanaan kegiatan yang terkait di dalamnya.

b. *Work element*

elemen kerja (*work element*) merupakan bagian dari seluruh operasi yang dilakukan.

c. *Operation time*

Operation time merupakan waktu standar untuk menyelesaikan suatu operasi.

d. *Cycle time*

Cycle time merupakan waktu yang diperlukan untuk membuat satu unit produk per satu stasiun.

$$T_i \max \leq CT \leq \frac{P}{Q} \dots\dots\dots (II-1)$$

e. *Work station*

Stasiun kerja (*work station*) merupakan sebuah tempat pada lini perakitan dimana proses perakitan dilakukan.

$$K_{min} = \frac{\sum_{i=1}^N T_i}{CT} \dots\dots\dots (II-2)$$

f. *Line efficiency*

Line efficiency adalah ukuran dari keefisienan lintasan yang dihasilkan dari waktu yang digunakan sebenarnya.

$$LE = \frac{\sum_{i=1}^k ST_i}{K \times CT} \times 100\% \dots\dots\dots (II-3)$$

g. *Smoothness index*

Smoothness index adalah suatu indeks yang menunjukkan kelancaran relatif dari penyeimbangan lini perakitan tertentu.

$$SI = \sqrt{\sum_{i=1}^k (ST_{max} - ST_i)^2} \dots\dots\dots (II-4)$$

h. *Idle time*

waktu menunggu (*idle time*) adalah waktu yang menunjukkan kapasitas dari mesin dan pekerja yang sedang tidak digunakan atau *non-productive* [4].

$$I = CT - ST \dots\dots\dots (II-5)$$

i. *Balance delay*

Balance delay adalah ukuran dari ketidakseimbangan lintasan yang dihasilkan dari waktu menganggur sebenarnya yang disebabkan karena pengalokasian yang kurang tepat di antara stasiun-stasiun kerja.

$$BD = \frac{(K \times CT) - \sum_{i=1}^k ST_i}{(K \times CT)} \times 100\% \dots\dots\dots (II-6)$$

II.3 Genetic Algorithm

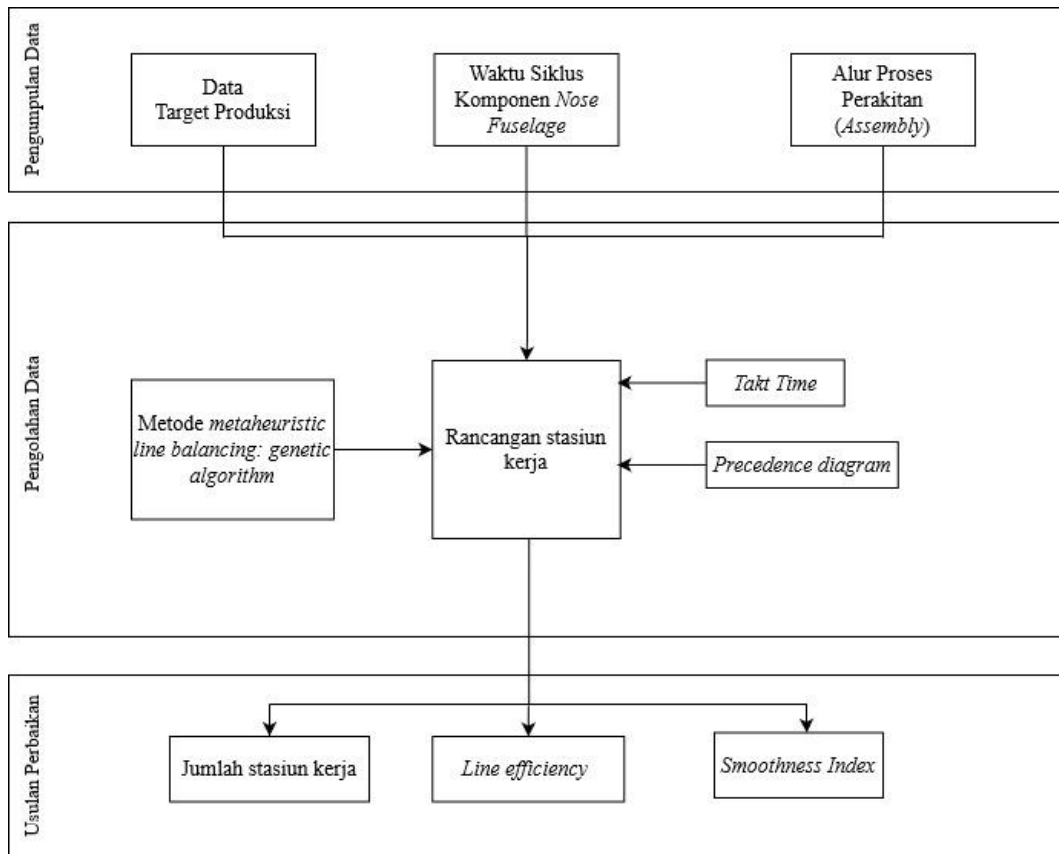
Genetic algorithm (GA) adalah salah satu metode *meta-heuristic* yang dapat menyelesaikan suatu permasalahan mengenai optimasi secara cepat dan efisien. Tahapan dalam metode GA adalah:

- Membentuk *initial population*
- Menghitung nilai *fitness* terhadap setiap individu dalam populasi
- Mutasi
- Stopping condition*

III. Metode Penyelesaian Masalah

III.1 Model Konseptual

Model konseptual berfungsi untuk menjelaskan konsep pemecahan masalah secara terstruktur. Tahapan model konseptual terbagi dalam bentuk tiga tahapan yang dapat dilihat pada gambar III.1 di bawah.

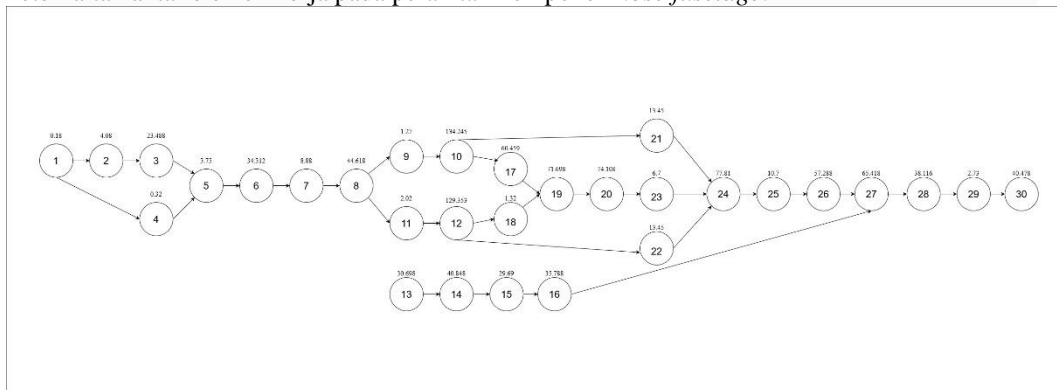


Gambar III. 1 Model Konseptual

IV. Pembahasan

IV.1 Precedence Diagram

Langkah awal yang harus dilakukan yaitu menentukan hubungan antar elemen kerja, sehingga penyeimbangan yang dilakukan layak untuk diterapkan. Gambar di bawah merupakan hubungan keterkaitan antar elemen kerja pada perakitan komponen *nose fuselage*.



Gambar IV. 1 Precedence Diagram

IV.2 Keseimbangan Lini Perakitan Existing

Terdapat beberapa data yang berhubungan dengan kondisi lini perakitan *existing*, diantaranya yaitu:

1. Jumlah stasiun kerja yang diterapkan untuk melakukan perakitan komponen *nose fuselage* sebanyak 6 stasiun kerja.

2. Penempatan elemen kerja waktu siklus pada tiap stasiun kerja, seperti tabel di bawah

Tabel IV. 1 Keseimbangan Lini Perakitan

| Elemen Kerja | Operation Time | Work Station | Cycle Time |
|--------------|----------------|--------------|------------|
| 1 | 0.18 | WS 1 | 119.628 |
| 2 | 4.08 | | |
| 3 | 23.488 | | |
| 4 | 0.32 | | |
| 5 | 3.75 | | |
| 6 | 34.312 | | |
| 7 | 8.88 | | |
| 8 | 44.618 | | |
| 9 | 1.27 | WS 2 | 135.515 |
| 10 | 134.245 | WS 3 | 136.323 |
| 11 | 2.02 | | |
| 12 | 134.303 | WS 4 | 137.024 |
| 13 | 30.698 | | |
| 14 | 40.848 | | |
| 15 | 29.69 | | |
| 16 | 35.788 | WS 5 | 207.585 |
| 17 | 60.459 | | |
| 18 | 1.32 | | |
| 19 | 71.698 | | |
| 20 | 74.108 | WS 6 | 326.14 |
| 21 | 13.45 | | |
| 22 | 13.45 | | |
| 23 | 6.7 | | |
| 24 | 77.81 | | |
| 25 | 10.7 | | |
| 26 | 57.288 | | |
| 27 | 65.418 | | |
| 28 | 38.116 | | |
| 29 | 2.73 | | |
| 30 | 40.478 | | |

3. Efisiensi lini perakitan dapat dihitung dengan cara membagi total waktu operasi elemen kerja dengan perkalian dari banyaknya stasiun kerja dengan waktu siklus lini perakitan. Hasil yang didapat dengan menggunakan rumus II-3 yaitu sebesar:

$$LE = \frac{1057.265}{6 \times 326.14} = 0,54029$$

4. *Smoothness index* yang dihasilkan dengan menggunakan rumus II-4 sebesar 452,08.
 5. *Balance delay* yang dihasilkan dari perhitungan dengan menggunakan rumus II-6 sebesar 0,45971.

IV.3 Algoritma Genetika pada Keseimbangan Lini Perakitan

Penerapan metode algoritma genetika pada keseimbangan lini perakitan untuk perakitan komponen *nose fuselage* dilakukan beberapa penentuan parameter, diantaranya adalah:

1. Ukuran populasi
Ukuran populasi yang digunakan sebanyak 10 populasi atau kromosom yang berisikan gen-gen yang merepresentasikan urutan dari elemen kerja dengan memperhatikan kelayakan populasi tersebut.
2. Populasi awal
Seperti yang telah dijelaskan di atas, populasi awal harus dibentuk dengan tingkat kelayakan yang terjamin agar solusi yang dihasilkan akan terjamin kelayakannya. Populasi direpresentasikan secara acak (*randomly*).
3. Jumlah iterasi
Banyaknya jumlah iterasi digunakan untuk memberikan kemungkinan mendapatkan nilai *fitness* yang lebih baik. Jumlah iterasi yang digunakan pada penelitian ini adalah 100.

IV.4 Keseimbangan Lini Perakitan dengan Genetic Algorithm

Hasil yang dari program algoritma genetika yang telah dibuat dengan menggunakan waktu siklus yang sama dengan kondisi *existing*. Untuk menguji keefektifan dari program yang telah dibuat, program dijalankan dengan batasan waktu siklus lini perakitan sebesar 326.14 jam yang merupakan waktu siklus yang terjadi pada lini perakitan aktual. Berikut hasil dari *running* program dengan menggunakan 100 iterasi.

1. Jumlah stasiun kerja
Jumlah stasiun kerja yang didapat dari hasil running program dengan melakukan 100 kali iterasi sebesar 4 stasiun kerja.
2. Waktu siklus maksimal (CT max)
Waktu siklus (*cycle time*) maksimal atau sama dengan *station time* maksimal dari 4 stasiun kerja sebesar 292.142 jam.
3. Waktu siklus pada tiap stasiun kerja
Berikut merupakan waktu siklus untuk tiap stasiun kerja

Tabel IV. 2 Cycle Time Tiap Workstation

| | Stasiun Kerja 1 | Stasiun Kerja 2 | Stasiun Kerja 3 | Stasiun Kerja 4 |
|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| <i>Cycle Time</i> | 289.239 | 292.142 | 276.804 | 204.03 |

4. Jalur perakitan terbaik
Jalur atau alokasi elemen kerja untuk lini perakitan terbaik, yaitu

Tabel IV. 3 Alokasi Elemen Kerja

| Stasiun Kerja | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---------------|---|---------------------------|---------------------------|-----------------------|
| Jalur Terbaik | 1, 4, 2, 3, 5, 13, 6, 7, 8, 11, 12, 18, 9 | 10, 21, 22, 14, 15, 17 | 16, 19, 20, 23, 24, 25 | 26, 27, 28, 29, 30 |

5. Efisiensi lini perakitan
Line efficiency sebesar 91%
6. *Smoothness index*
Smoothness index sebesar 89.78
7. *Balance delay*
Balance delay sebesar 9%

V. Kesimpulan

Dari hasil *assembly line balancing* yang dilakukan pada komponen *nose fuselage*, dapat diambil kesimpulan yaitu *assembly line balancing* dengan menggunakan metode algoritma genetika memberikan performa lini perakitan yang lebih baik dibandingkan dengan *assembly line balancing* pada kondisi *existing*. Dengan penurunan jumlah stasiun kerja *existing* yang semula terdapat 6 stasiun kerja menjadi 4 stasiun kerja dengan menggunakan GA. Terjadi peningkatan efisiensi lini perakitan *existing* yang mulanya 54% menjadi 92%, serta menurunkan *smoothness index* dari

408,337 jam turun menjadi 89,78 jam hal ini menunjukkan bahwa lini perakitan semakin seimbang karena pembagian beban kerja cukup merata tiap stasiun kerja.

REFERENSI

- [1] H. Hirano, JIT Implementation Manual-The Complete Guide to Just-in-Time Manufacturing, 2nd ed., Tokyo: Productivity Press, 2009, p. 147.
- [2] R. Ginting, Sistem Produksi, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2007.
- [3] T. Baroto, Perencanaan dan Pengendalian Produksi, Jakarta: Ghalia Indonesia, 2002.
- [4] A. Scholl, Balancing and Sequencing of Assembly Line, New York: Physica Verlag Heidelberg, 1999.
- [5] Z. Zukhri, Algoritma Genetika Metode Komputasi Evolusioner untuk Menyelesaikan Masalah Optimasi, Yogyakarta: Andi, 2014.
- [6] I. Sabuncuoglu, E. Erel and M. Tanyer, "Assembly line balancing using genetic algorithms," *Journal of Intelligent Manufacturing*, pp. 295-310, 2000.