

PERANCANGAN PENYEIMBANGAN LINI PERAKITAN EXCAVA 200 DI PT PINDAD (PERSERO) MENGGUNAKAN METODE *LINEAR PROGRAMMING*
EXCAVA 200 ASSEMBLY LINE BALANCING IN PT PINDAD (PERSERO) USING LINEAR PROGRAMMING METHOD

Azzam Nadhiftha Ahmady¹, Pratya Poeri Suryadhini², Murni Dwi Astuti³

^{1, 2, 3}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom

¹azzamnadhiftaa@gmail.com, ²pratya@telkomuniversity.com, ³murnidwiastuti@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

PT Pindad (Persero) memproduksi sebuah produk ekskavator bernama Excava 200. Permasalahan yang terjadi pada lini produksi Excava 200 adalah rendahnya tingkat efisiensi lini saat ini karena perbedaan waktu stasiun yang cukup signifikan pada stasiun kerja yang ada saat ini. Hal ini menyebabkan permintaan produk Excava 200 pada tahun 2017 menjadi tidak dapat terpenuhi. Tujuan dari penelitian ini adalah menyeimbangkan waktu stasiun yang ada pada lini perakitan tersebut agar didapat lini perakitan yang lebih efisien dan dapat memenuhi permintaan akan produk Excava 200. Penelitian ini menggunakan LINGO versi 17 sebagai software pengolah data. Dengan dilakukannya penyeimbangan lini pada lini produksi Excava 200 menggunakan metode linear programming, efisiensi lini meningkat dari sebelumnya sebesar 20,67% menjadi sebesar 77,85%. Keseimbangan waktu senggang mengalami penurunan dari semula sebesar 79,33% menjadi 22,15%. Nilai indeks kelancaran juga menurun dari sebelumnya sebesar 4813,78 menjadi sebesar 599,92. Berdasarkan perubahan nilai performa lini tersebut, dapat disimpulkan bahwa lini usulan lebih baik dibandingkan lini aktual.

Kata kunci: Penyeimbangan lini, Linear Programming, Efisiensi lini, *Balance delay*, *Smoothness index*

Abstract

PT Pindad (Persero) produces excavator by the name of Excava 200. The problem with the existing Excava 200 production line is that the line efficiency is staggeringly low as a result of significant difference in station time. This leads to unfulfillment of Excava 200 demand in 2017. The purpose of this research is to balance the station time of said line such that a more efficient line is produced and the demand can be met. This research uses LINGO version 17 as data processing software. By balancing the line using linear programming method, the line efficiency rises up from 20.67% to 77.85%. Balanced delay lowers from 79.33% to 22.15%. Smoothness index also lowers from 4813.78 to 599.92. Based on changes of line performances, it can be concluded that the proposed line is better than the existing line.

Keywords: Line balancing, Linear Programming, Line efficiency, *Balanced delay*, *Smoothness index*

1. Pendahuluan

PT Pindad (Persero) merupakan sebuah BUMN (Badan Usaha Milik Negara) di Bandung yang bergerak di bidang manufaktur alutsista (Alat Utama Sistem Pertahanan) dan produk komersial. Salah satu produk komersial yang dihasilkan adalah alat berat ekskavator bernama Excava 200 yang diproduksi oleh divisi Alat Berat. Pada proses produksi saat ini, waktu stasiun yang dimiliki tiap stasiun kerja berbeda-beda karena pembagian tugas yang tidak merata antar stasiun kerja. Perbedaan waktu stasiun yang terjadi pun sangatlah signifikan dengan waktu stasiun terendah sebesar 18.66 menit sedangkan yang tertinggi sebesar 1547.13 menit. Hal ini menjadi penyebab terjadinya *bottleneck* karena terdapat beberapa stasiun kerja dengan waktu stasiun yang lebih rendah dibandingkan stasiun kerja sebelumnya. Waktu stasiun lini perakitan Excava 200 dapat dilihat pada tabel 1-1.

Bottleneck menyebabkan adanya waktu menganggur pada beberapa stasiun kerja. Hal ini tentunya sangat kontra produktif karena waktu yang seharusnya dapat digunakan untuk kegiatan produksi hanya digunakan untuk menunggu produk dari stasiun kerja sebelumnya. Berdasarkan perhitungan menggunakan data pada tabel 1-1, diketahui bahwa nilai efisiensi lini perakitan Excava 200 hanya sebesar 20.67% sehingga perlu dilakukan penyeimbangan lini.

Tabel 1-1 Waktu Stasiun Lini Perakitan Excava 200

Stasiun Kerja	Waktu Stasiun (menit)
A1	18.66
A2	197.49
A3	177.64
A4	225.67
B1	362.43
B2	54.05
B3	87.08
B4	76.77
C1	344.35
C2	620.58
C3	576.42
C4	75.9
C5	1547.13
C6	113.78

2. Landasan Teori

2.1 Linear Programming

Linear programming merupakan suatu model umum yang dapat digunakan dalam pemecahan masalah secara optimal. Dalam model linear programming terdapat dua fungsi, yaitu fungsi tujuan dan fungsi kendala atau batasan. Fungsi tujuan adalah fungsi yang menggambarkan tujuan dari permasalahan yang diteliti. Sedangkan fungsi batasan merupakan bentuk penyajian secara matematis batasan-batasan yang tersedia untuk dialokasikan secara optimal[1].

Dalam penyeimbangan lini, terdapat fungsi tujuan dan beberapa fungsi kendala yang dimodelkan dalam model matematis sebagai berikut:

1. Fungsi tujuan yaitu meminimasi stasiun kerja $MIN Z = \sum_{k=1}^k A_k$ dimana A_k adalah stasiun kerja ke-k.
2. Fungsi-fungsi kendala
 - a. Fungsi kendala penugasan $\sum_{k=1}^k X_{ik} = 1$ ($i = 1, 2 \dots n$) dimana X_{ik} adalah elemen kerja i pada stasiun kerja k
 - b. Fungsi kendala waktu siklus atau *takt time* $\sum_{i=1}^n X_{ik} T_i \leq CT$ ($k = 1, 2 \dots k$) dimana T_i adalah waktu elemen kerja ke-i
 - c. Fungsi kendala keterkaitan $\sum_{k=1}^k (kX_{jk} - kX_{ik}) \geq 0$ ($(i, j) \in pred$)
 - d. Fungsi kendala biner $X_{ik} = 0$ atau 1 dan $A_k = 0$ atau 1
 - e. Fungsi kendala tambahan $\sum_{k=1}^k X_{ik} \leq nA_k$ ($k = 1, 2 \dots k$)

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi lini perakitan Excava 200 dengan meminimasi jumlah stasiun kerja yang ada saat ini. Maka fungsi tujuan yang digunakan adalah minimasi stasiun kerja. Dalam melakukan penyeimbangan lini ada beberapa hal yang harus diperhatikan dan dituangkan pula dalam fungsi kendala.

Kendala penugasan menjelaskan bahwa tiap elemen kerja harus ditempatkan pada sebuah stasiun kerja maka, X_{ik} akan bernilai 1 apabila elemen kerja i ditempatkan pada stasiun kerja k. Kendala waktu siklus membatasi waktu stasiun lini perakitan tidak boleh melebihi waktu siklus atau *takt time* yang sudah ditentukan. Fungsi kendala keterkaitan membatasi penempatan elemen kerja agar tetap sesuai dengan *precedence diagram*. Fungsi diatas menyatakan bahwa elemen kerja j tidak boleh ditempatkan sebelum elemen kerja i. Fungsi kendala biner menyatakan bahwa nilai X_{ik} dan A_k adalah biner sedangkan fungsi kendala tambahan akan membuat A_k bernilai 1 apabila ada elemen kerja yang ditugaskan pada stasiun kerja k[2].

2.2 Performa Lini Perakitan

Sebuah lini perakitan memiliki nilai performa untuk mengetahui seberapa baik lini perakitan tersebut. Tiga indikator penting dari sebuah lini perakitan adalah efisiensi lini (LE), keseimbangan waktu senggang (BD), dan indeks kelancaran (SI)[3].

$$LE = \frac{\sum_{i=1}^n Ts_i}{N \times Ts_{max}} \times 100\%$$

$$BD = \frac{(N \times Ts_{max}) - \sum Tek}{(N \times Ts_{max})} \times 100\%$$

$$SI = \sqrt{\sum ((Ts_{max} - Ts_i)^2)}$$

3. Pembahasan

3.1 Keseimbangan Lini Aktual

Data berikut menunjukkan keseimbangan lini perakitan pada kondisi aktual yaitu:

1. Jumlah stasiun kerja
Pada lini perakitan Excava 200 saat ini terdapat 14 stasiun kerja yang saling berhubungan. 14 stasiun tersebut terbagi kedalam tiga zona yaitu A, B, dan C.
2. Waktu siklus lini perakitan
Waktu siklus lini perakitan merupakan waktu siklus terlama dari seluruh stasiun kerja pada lini perakitan Excava 200. Waktu siklus terlama ini menyebabkan terjadinya *bottleneck* pada lintasan perakitan.

Waktu stasiun kerja dan alokasi elemen kerja aktual dapat dilihat pada tabel 3-1.

Tabel 3-1 Waktu Stasiun Kerja dan Alokasi Elemen Kerja Aktual

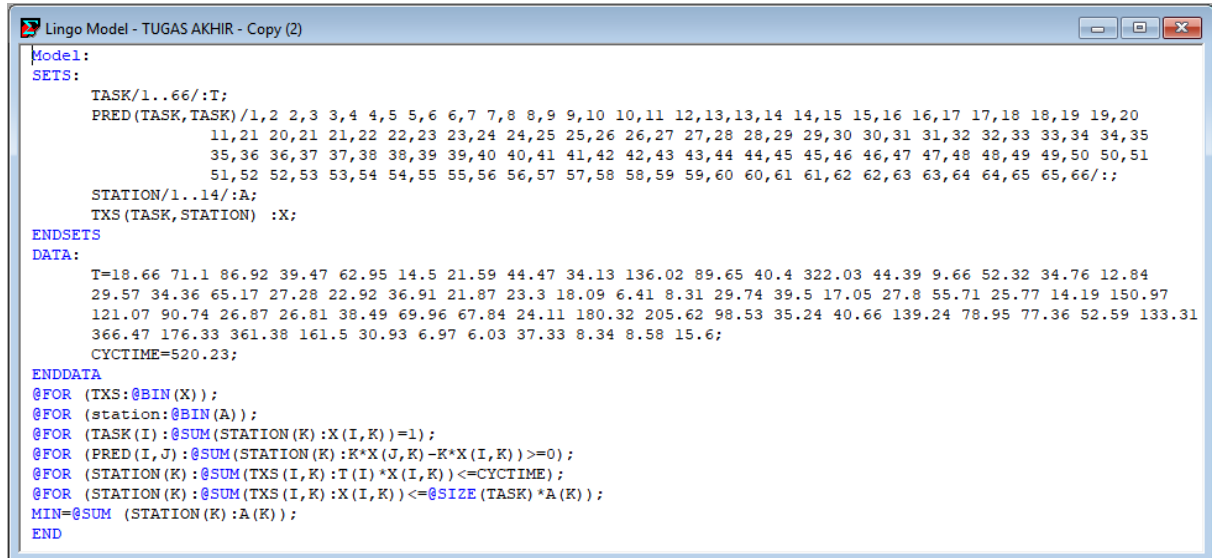
Zona	Stasiun Kerja	Elemen Kerja	Waktu Stasiun (menit)
A	A1	1	18.66
	A2	2,3,4	197.49
	A3	5,6,7,8,9	177.64
	A4	10,11	225.67
B	B1	12,13	362.43
	B2	14,15	54.05
	B3	16,17	87.08
	B4	18,19,20	76.77
C	C1	21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33	344.35
	C2	34,35,36,37,38,39,40,41,42,43	620.58
	C3	44,45,46,47,48	576.42
	C4	49,50	75.9
	C5	51,52,53,54,55,56,57,58,59	1547.13
	C6	60,61,62,63,64,65,66	113.78

3. Efisiensi Lini
Nilai efisiensi lini aktual adalah sebesar 20.67%.
4. Keseimbangan Waktu Senggang
Nilai keseimbangan waktu senggang lini aktual adalah sebesar 79.33%.
5. Indeks Kelancaran

Nilai indeks kelancara lini perakitan aktual adalah sebesar 4813.78.

3.2 Perhitungan Penyeimbangan Lini

Penelitian ini menggunakan LINGO versi 17. Sebelum memasukkan data pada LINGO, dilakukan perhitungan *takt time*. Setelah dihitung, diperoleh *takt time* sebesar 526.73 menit. Kemudian data-data yang diperlukan serta fungsi tujuan dan fungsi-fungsi kendala dimasukkan pada LINGO seperti pada gambar 3-1.



Gambar 3-1 Masukan Program pada Software LINGO

Setelah pengolahan data menggunakan LINGO, didapatkan hasil sebagai berikut:

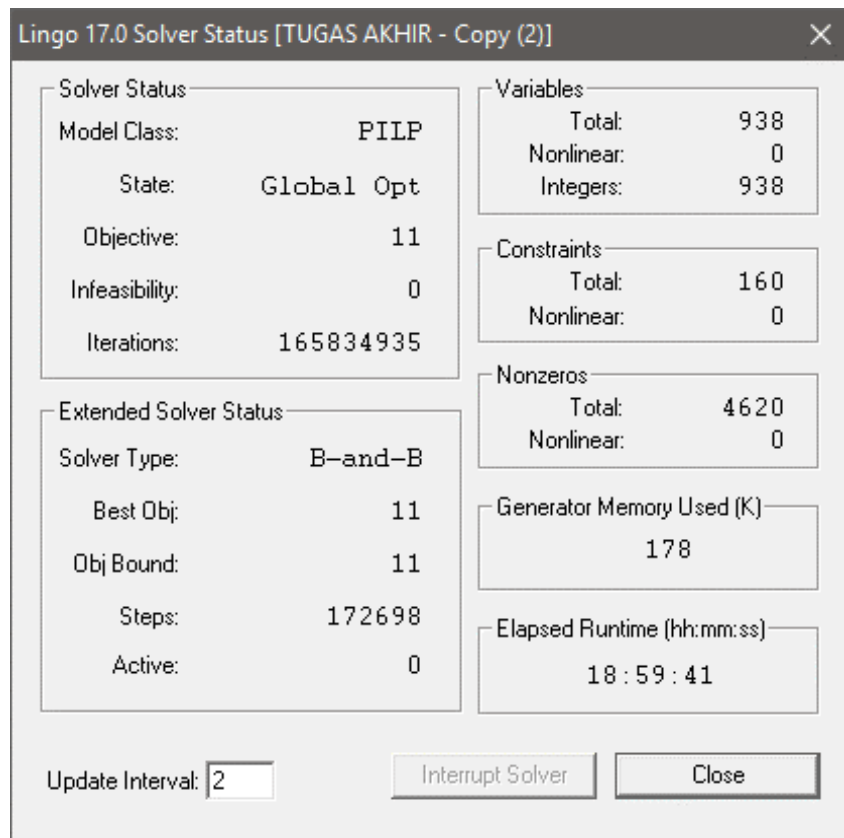
1. Jumlah stasiun kerja optimal adalah 11 stasiun.
2. Alokasi elemen kerja dan waktu stasiun lini usulan seperti pada tabel 3-2

Tabel 3-2 Alokasi Elemen Kerja dan Waktu Stasiun Usulan

WS	Elemen Kerja	TwS
1	1,2,3,4,5,6,7,12	355.59
2	8,13,14,15,16,17,18	520.47
3	9,10,11,19,20,21,22,23,24,25,26	521.18
4	27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37	393.54
5	38,39,40,41,42,43,44,45	465.89
6	46,47,48,49	519.71
7	50,51,52,53,54,55	522.11
8	56	366.47
9	57	176.33
10	58,59	522.88
11	60,61,62,63,64,65,66	113.78

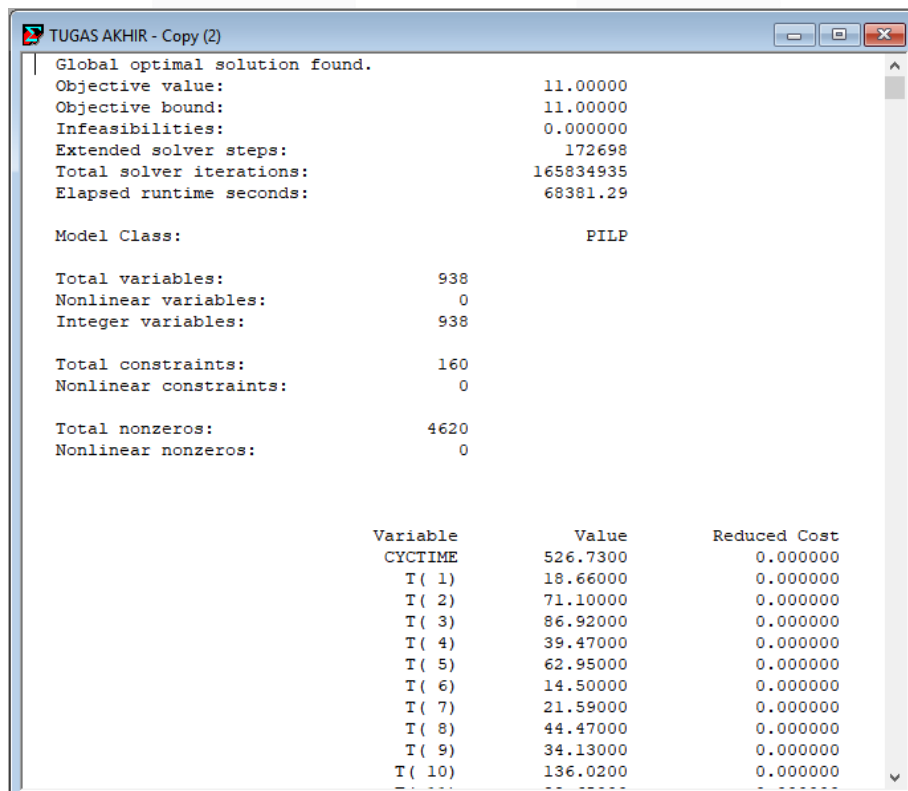
3. Efisiensi lini usulan sebesar 77.85%
4. Keseimbangan waktu senggang lini usulan sebesar 22.15%
5. Indeks kelancaran lini usulan sebesar 599.92%

Tampilan *solver* LINGO dapat dilihat pada gambar 3-2.



Gambar 3-2 Tampilan solver LINGO

Bagian dari tampilan hasil pengolahan data menggunakan LINGO dapat dilihat pada gambar 3-3.



Gambar 3-3 Bagian dari tampilan hasil pengolahan data LINGO

3.3 Perbandingan Lini Aktual dan Usulan

Setelah dilakukan penyeimbangan lini, dilakukan perbandingan untuk mengetahui apakah lini usulan lebih baik dibandingkan aktual. Perbandingan lini mencakup jumlah stasiun kerja, waktu siklus, efisiensi lini, keseimbangan waktu senggang, dan indeks kelancaran. Perbandingan performa lini aktual dan usulan dapat dilihat pada tabel 3-3.

Tabel 3-3 Perbandingan Lini Aktual dan Usulan

Indikator Performa	Aktual	Usulan
Jumlah stasiun kerja	14	11
Waktu siklus (menit)	1547.13	522.88
Efisiensi lini (persen)	20.67%	77.85%
<i>Balance Delay</i>	79.33%	22.15%
<i>Smoothness index</i>	4813.78	599.92

4. Kesimpulan

Lini produksi Excava 200 milik PT Pindad (Persero) saat ini memiliki nilai performansi yang sangat rendah. Dengan 14 stasiun kerja, nilai efisiensi lini yang dimiliki hanya sebesar 20.67% sedangkan nilai keseimbangan waktu senggang sangat tinggi yaitu 79.33%, dan nilai indeks kelancaran sebesar 4813.78.

Setelah dilakukan penyeimbangan lini, didapatkan rancangan lini yang lebih efisien. Dengan mengurangi jumlah stasiun kerja menjadi 11 stasiun kerja, didapat nilai efisiensi lini yang baru sebesar 77.85%. Tentunya dengan meningkatnya efisiensi lini terjadi pula penurunan keseimbangan waktu senggang dan indeks kelancaran. Keseimbangan waktu senggang untuk lini usulan adalah sebesar 22.15% dan nilai indeks kelancaran sebesar 599.92.

Referensi

- [1] P. Subagyo, M. Asri, and T. H. Handoko, *Dasar-Dasar Operations Research*. Yogyakarta: BPFE-Yogyakarta, 2013.
- [2] S. Zhang, Q. Ge, N. Yang, and Y. Zhang, "Linear Programming Algorithm for Assembly Line Balancing in Crane Production," no. Csma, pp. 410–415, 2017.
- [3] T. Baroto, *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Jakarta: Ghalia Indonesia, 2002.