JURNAL SIMETRI REKAYASA: 2020: 76-85
Website: http://jurnal.harapan.ac.id/index.php/JSR
ISSN 2716-5035(online) ISSN 2715-890X (print)

OPTIMALISASI KESEIMBANGAN LINTASAN PRODUKSI DENGAN METODE LARGEST CANDIDATE RULE DI PT. PAP

Eddy
Universitas Harapan Medan, Fakultas Teknik & Komputer, Program Studi Teknik Industri, Jl. H. M. Joni No. 70 C
eddy.stth.medan@gmail.com

MifthahulAhyan
Universitas Harapan Medan, Fakultas Teknik & Komputer, Program Studi Teknik Industri, Jl. H. M. Joni No. 70 C

Abstract

Research on the optimization of the balance of the production line was conducted at PT. PAP, which is a manufacturing company in the tire retreading industry. The not yet optimal production line has the potential to cause bottlenecks on the production line. The existence of workload imbalance can be seen from the significant variation in idle time from each work station. For this reason, this study was conducted with the aim of optimizing the line balancing which refers to indicators such as: balance delay, line efficiency and total idle time. The method used in this study is the Largest Candidate Rule (LCR) method which is part of the heuristic method. The use of heuristic methods is basically designed to get better results based on certain limitations. From the research results obtained: Balance Delay (D) = 25.05%, Line Efficiency (LE) = 74.95%, and the total idle time is 1.515 seconds. When compared with the initial state before optimization, the results are a decrease in Balance Delay (D) of 28.44%, an increase in Line Efficiency (LE) of 28.44%, and a reduction in total idle time of 3,699 seconds.

Keywords:
Optimization, Line Balancing, Balance Delay, Line Efficiency

Abstrak

Penelitian tentang optimalisasi keseimbangan lintasan produksi ini dilakukan di PT. PAP, yaitu sebuah perusahaan manufaktur di bidang industri vulkanisir ban. Belum optimalnya lintasan produksi sangat berpeluang untuk menimbulkan terjadinya kemacetan (bottleneck) pada lintasan produksi. Adanya ketidakseimbangan beban kerja dapat diketahui dari variasi waktu menganggur yang signifikan dari masing-masing stasiun kerja. Untuk hal itulah penelitian ini dilakukan dengan tujuan mengoptimalkan keseimbangan lintasan yang mengacu pada indikator seperti: balance delay, efisiensi lintasan dan total waktu menganggur. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode Largest Candidate Rule (LCR) yang merupakan bagian dari metode heuristik. Penggunaan metode heuristik pada dasarnya dirancang untuk mendapatkan hasil yang lebih baik mengacu pada batasan-batasan tertentu. Dari hasil penelitian diperoleh: Balance Delay (D) = 25,05%, Efisiensi Lintasan (LE) = 74,95%, dan total waktu menganggur sebesar 1.515 detik. Jika dibandingkan dengan keadaan awal sebelum dilakukan optimalisasi diperoleh hasil penurunan Balance Delay (D) sebesar 28,44%, peningkatan Efisiensi Lintasan (LE) sebesar 28,44%, dan pengurangan total waktu menganggur sebesar 3.699 detik**.**

Kata Kunci:
*Optimalisasi**,** Keseimbangan Lintasan, Balance Delay, Efisiensi Lintasan.*

DOI: http://dx.doi.org/10.15575/jw.xxx.xxx
Received:xxxxxx;Accepted: xxxxxx; Published: xxxxxxx

1. PENDAHULUAN

Di era kekinian perusahaan menghadapi persaingan yang semakin kompetitif. Perusahaan dituntut untuk mampu bersaing dalam memberikan produk yang terbaik agar memuaskan konsumen. Kondisi masyarakat saat ini yang semakin kritis dalam hal penilaian produk juga mempengaruhi perusahaan untuk melakukan berbagai upaya perbaikan proses yang terus menerus agar dapat mempertahankan dan meningkatkan hasil produksinya.

Waktu proses pada setiap stasiun kerja yang tidak seimbang dapat menimbulkan penumpukan atau bottleneck di lantai produksi. Hal tersebut akan menimbulkan ketidaklancaran dalam proses produksi. Penyeimbangan waktu proses antara satu stasiun kerja dengan stasiun kerja lainnya menjadi hal yang sangat mendasar untuk dilakukan sehingga diperoleh lintasan produksi yang seimbang sesuai dengan kriteria line balancing.

Untuk dapat menyelesaikan masalah line balancing, harus diketahu tentang: metode kerja, peralatan yang digunakan, mesin-mesin, dan personil yang terlibat dalam proses kerja. Juga diperlukan informasi tentang waktu yang dibutuhkan untuk setiap assembly line dan precedence relationship di antara aktivitas-aktivitas yang merupakan susunan dan urutan dari berbagai tugas yang harus dilakukan.

Tujuan utama dalam menyusun line balancing adalah untuk membentuk dan menyeimbangkan beban kerja yang dialokasikan pada tiap-tiap stasiun kerja. Apabila keseimbangan tidak dilakukan akan mengakibatkan terjadinya inefisiensi di beberapa stasiun kerja. Hal tersebut akan menimbulkan beban kerja yang tidak seimbang antara stasiun kerja yang satu dengan stasiun kerjanya lainnya.

Pada peneltian terdahulu, Taufiqur Rachman dkk (2019) menggunakan metode Largest Candidate Rule yang merupakan bagian dari metode heuristik untuk menentukan keseimbangan lintasan optimal di PT. PBI. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan performan lintasan yang ditandai dengan meningkatnya efisiensi lintasan, penurunan balance delay dan berkurangnya total waktu menganggur jika dibandingkan dengan performan lintasan awal.

PT. PAP merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang industri manufaktur vulkanisir ban, dengan memproduksi dua jenis ban yaitu ban ukuran besar dan ban ukuran kecil. Ban ukuran besar dipasarkan kepada perusahaan alat angkut berat yaitu truk dan bus. Sedangkan ban ukuran kecil di pasarkan kepada perusahaan angkutan umum. Proses vulkanisir adalah proses remanufaktur yang bertujuan untuk menambah umur ban yang telah digunakan. Proses ini dilakukan dengan cara melapisi kembali ban yang telah aus terpakai dengan tapak atau bunga ban baru.

2. HASIL DAN PEMBAHASAN

2.1. Metode Keseimbangan Lintasan Produksi

Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk menyeimbangkan lintasan produksi, yaitu:

1. Metode Analitik
   Merupakan metode yang dapat menghasilkan solusi yang optimal. Metode ini memiliki karakteristik dalam pemecahan masalah, yaitu menggunakan pendekatan kuantitatif atau matematis. Pendekatan yang digunakan untuk mengoptimalkan lintasan umumnya menggunakan operation research.
2. Metode Probabilistik
   Metode probabilistik menggunakan bentuk-bentuk distribusi yang merupakan data aktual dari waktu operasi. Metode probabilistik mengasumsikan waktu operasi menjadi lebih realistis, dimana waktu operasi tersebut mencerminkan distribusi kemungkinan (probabilistic distribution). Distribusi waktu operasi tersebut didasarkan atas tiga perkiraan, yaitu: waktu optimis, waktu pesimis, dan waktu paling mungkin.
3. Metode Heuristik
   Metode heuristik digunakan untuk menggambarkan pendekatan tertentu dalam memecahkan masalah dan membuat keputusan. Metode ini menggunakan aturan-aturan yang logis dalam memecahkan masalah. Metode heuristik tidak menjamin hasil optimal, tetapi metode ini dirancang untuk menghasilkan strategi yang relative lebih baik dengan mengacu pada pembatas-pembatas tertentu. Metode heuristik ini banyak digunakan dalam masalah line balancing.
   Beberapa metode heuristik yang umum digunakan, antara lain:
   a. Metode Helgesson-Birnie.
   b. Metode Region Approach.
   c. Metode Largest Candidate Rule.
   d. Metode J-Wagon.

2.2. Metode Largest Candidate Rule

Metode Largest Candidate Rule (LCR) merupakan bagian dari metode heuristik. Adapun prosedur dari metode ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

a. Semua elemen kerja diurutkan dari waktu yang paling besar hingga waktu yang paling kecil.
b. Elemen kerja pada stasiun kerja (work station) pertama dimulai dari urutan yang paling atas dan diikuti oleh elemen kerja berikutnya hingga total waktunya tidak melebihi waktu siklus (cycle time). Elemen kerja pindah ke stasiun kerja berikutnya apabila total waktunya telah melebihi waktu siklus.
c. Lanjutkan prosedur (b) hingga semua elemen kerja berada dalam stasiun kerja dan total waktu elemen kerja ≤ waktu siklus.

2.3. Terminologi KeseimbanganLintasan (Line Balancing)

a. Waktu siklus

Adalah waktu yang diperlukan untuk membuat satu unit produk pada satu stasiun kerja. Apabila periode waktu produksi dan output produksi per-periode diketahui, maka waktu siklus dapat diketahui dari hasil bagi periode waktu produksi dan output produksi per-periode.

$$T_C = \frac{P}{Q}$$

Keterangan: T_C = waktu siklus
P = periode waktu produksi
Q = output produksi per-periode

b. Precedence diagram

Adalah diagram yang menggambarkan urutan dan keterkaitan antar elemen kerja untuk menghasilkan sebuah produk.

c. Jumlah stasiun kerja teoritis (K_t)

$$K_t = \frac{\sum_{i=1}^{m} S_i}{T_C}$$

Dimana: K_t = jumlah stasiun kerja teoritis
T_C = waktu siklus
S_i = waktu masing-masing stasiun kerja
m = jumlah elemen

d. Balance Delay (*D*)

Merupakan ukuran dari ketidakefisienan lintasan yang dihasilkan dari waktu mengganggur sebenarnya yang disebabkan karena pengalokasian yang kurang baik di antara stasiun-stasiun kerja.

$$D = \frac{n.T_C - \sum_{i=1}^{m} S_i}{n.T_C} x100\%$$

Dimana: D = Balance Delay
T_C = waktu siklus
S_i = waktu masing-masing stasiun kerja
m = jumlah elemen
n = jumlah stasiun kerja

e. Line Efficiency (*LE*)

Line Efficiency merupakan rasio dari total waktu stasiun kerja dibagi dengan siklus dikalikan jumlah stasiun kerja.

$$LE = \frac{\sum_{i=1}^{m} S_i}{n.T_C} x100\%$$

Dimana: LE = Line Efficiency
T_C = waktu siklus
S_i = waktu masing-masing stasiun kerja
m = jumlah elemen
n = jumlah stasiun kerja

f. Smoothing Index (*SI*)

Smoothing Index merupakan indeks yang menunjukkan kelancaran relatif dari penyeimbangan lintasan.

$$SI = \sqrt{\sum_{i-1}^{n} (T_C - ST_i)^2}$$

Dimana: SI = Smoothing Index
T_C = waktu siklus
ST_i = waktu stasiun kerja i (i = 1,2, …,n)
n = jumlah stasiun kerja

g. Zoning Constraint.

Terdiri dari Zoning Constraint Positive dan Zoning Constraint Negative. Zoning Constraint Positive berarti bahwa elemen-elemen kerja tertentu harus ditempatkan saling berdekatan dalam satu stasiun kerja yang sama. Zoning Constraint Negative menyatakan bahwa antar elemen kerja yang sifatnya saling mengganggu sebaiknya tidak ditempatkan saling berdekatan.

Penelitian ini dibatasi pada produk ban ukuran besar yang diproses pada bagian produksi PT. PAP. Berdasarkan informasi dari pihak manajemen dan pengamatan dilapangan diketahui adanya ketidakseimbangan beban kerja dari beberapa stasiun kerja. Hal ini dapat diketahui dari variasi waktu menganggur yang sangat signifikan dari masing-masing stasiun kerja.

Berdasarkan data dari PT. PAP dapat diketahui waktu tiap elemen kerja (Tabel 1).

Tabel 1. Waktu TiapElemenKerja

Elemen Kerja	Simbol	Waktu (detik)
1	EK-1	254
2	EK-2	144
3	EK-3	122
4	EK-4	90
5	EK-5	133
6	EK-6	357
7	EK-7	138
8	EK-8	161
9	EK-9	136
10	EK-10	128
11	EK-11	302
12	EK-12	164
13	EK-13	91
14	EK-14	302
15	EK-15	164
16	EK-16	202
17	EK-17	136
18	EK-18	121
19	EK-19	130
20	EK-20	126
21	EK-21	361
22	EK-22	137
23	EK-23	135
24	EK-24	127
25	EK-25	301
26	EK-26	40
27	EK-27	31
Total		**4.533**

Berdasarkan precedence diagram, terdapat beberapa elemen kerja yang mesti berada dalam satu stasiun kerja (zoning constraint positive). Elemen-elemen kerja tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Zoning Constraint

Elemen Kerja yang tidak dapat dipisahkan	Keterangan
3,4,5	Elemen kerja yang menggunakan mesin buffing
7,8,9	Elemen kerja yang menggunakan mesin repairing
15,16,17	Elemen kerja yang menggunakan mesin ekstruder

2.4. PerhitunganKeseimbanganLintasanAwal

Tahap selanjutnya dilakukan perhitungan keseimbangan lintasan awal sebagai bahan acuan untuk melakukan optimalisasi dan perbandingan dalam membuat kesimpulan. Dalamhal ini waktu siklus ditetapkan waktu elemen kerja terbesar (EK-21 = 361 detik) dan jumlah stasiun kerja sebanyak 27 stasiun kerja sesuai dengan jumlah elemen kerja.

Berikut adalah perhitungan keseimbangan lintasan awal:

a. Total waktu operasi seluruh stasiun kerja = 4.533 detik.
b. Balance Delay (D):

$$D = \frac{27x361 - 4533}{27x361} x100\% = 53{,}49\%$$

c. EfisiensiLintasan (LE):

$$LE = \frac{4533}{27x361} x100\% = 46{,}51\%$$

d. Smoothing Index (SI):

$$SI = \sqrt{107^2 + 217^2 + ... + 60^2 + 321^2 + 330^2}$$

$$SI = 1.098{,}49$$

e. Total waktu menganggur = (27)(361) – 4.533
= 5.214 detik
f. Efisiensi stasiun kerja:

Efisiensi stasiun kerja-1 = $\frac{254}{361} x100\% = 70{,}36\%$

Untuk stasiun kerja yang lain efisiensinya dapat dilihat pada Tabel 3.

g. Waktu menganggur stasiun kerja:

Waktu menganggur stasiun kerja-1 = 361 – 254
= 107 detik

Untuk stasiun kerja yang lain waktu menganggurnya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Keseimbangan Lintasan Awal

Stasiun Kerja	Waktu (detik)	Efisien Stasiun Kerja (%)	Waktu Menganggur Stasiun Kerja (detik)
1	254	70,36	107
2	144	39,89	217
3	122	33,79	239
4	90	24,93	271
5	133	36,84	228
6	357	98,89	4
7	138	38,22	223
8	161	44,59	200
9	136	37,67	225
10	128	35,46	233
11	302	83,66	59
12	164	45,43	197
13	91	25,21	270
14	302	83,66	59

15	164	45,43	197
16	202	56,23	159
17	136	37,67	225
18	121	33,52	240
19	130	36,01	231
20	126	34,90	235
21	361	100,00	0
22	137	37,95	224
23	135	37,40	226
24	127	35,18	234
25	301	83,38	60
26	40	11,08	321
27	31	8,59	330

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan diperoleh Balance Delay (D) = 53,49%, Efisiensi Lintasan (LE) = 46,51%, dan Smoothing Index (SI) = 1.089,49. Hal ini menunjukkan belum optimalnya lintasan produksi dan peluang untuk terjadinya kemacetan (bottleneck) pada lintasan produksi cukup tinggi. Tingginya waktu menganggur yaitu sebesar 5.214 detik dan variasi waktu menganggur yang cukup siknifikan pada masing-masing stasiun kerja, seperti yang ditampilkan pada Tabel 3. Hal ini menunjukkan tidak meratanya distribusi beban kerja antar stasiun kerja. Tidak meratanya distribusi beban kerja ini akan menimbulkan terjadinya penumpukan material atau produk setengah jadi.

2.5.Menyeimbangkan Lintasan

Penyeimbangan lintasan dilakukan dengan mengunakan salah satu Metode Heuristik, dalam hal ini adalah metode Largest Candidate Rule (LCR). Tujuan dari penyeimbangan lintasan ini adalah untuk melakukan optimalisasi lintasan produksi. Dengan demikian diharapkan dapat dihasilkan beban kerja antar stasiun kerja yang lebih merata, peningkatan efisiensi lintasan, penurunan balance delay, meminimumkan waktu menganggur dan memperkecil nilai smoothing index.

Berikut adalah perhitungan keseimbangan lintasan menggunakan metode Largest Candidate Rule (LCR):

a. Menentukan waktu siklus stasiun kerja (T_C).
   -Produksi tiap lini per-shift = 50 unit
   -Jam kerja per-shift = 8 jam (1 jam istirahat)
   -Waktu siklus: $T_C = \frac{7x3600}{50} = 504$ detik (waktu pemrosesan tiap 1 unit produkpada stasiun kerja = 504 detik).
b. Menentukan jumlah stasiun kerja teoritis.
   $K_t = \frac{4533}{504} = 8{,}99 \approx 9$ stasiun kerja
c. Mengelompokkan elemen-elemen kerja ke dalam stasiun kerja berdasarkan Metode Largest Candidate Rule dengan mepertimbangkan zoning constraint seperti yang ditampilkan pada Tabel 2. Hasil pengelompokkan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengelompokkan Berdasarkan MetodeLargest Candidate Rule

ElemenKerja	Waktu (detik)	Waktu Stasiun Kerja (detik)	No. Urut Stasiun Kerja
3	122	345	3
4	90		
5	133		
7	138	435	5
8	161		
9	136		
15	164	502	10
16	202		
17	136		

21	361	361	11
6	357	357	4
11	302	302	7
14	302	302	9
25	301	301	12
1	254	418	1
12	164		
2	144	416	2
22	137		
23	135		
19	130	385	6
10	128		
24	127		
20	126	409	8
18	121		
13	91		
26	40		
27	31		

d. Balance Delay (D):

$$D = \frac{12x504 - 4533}{12x504} x100\% = 25{,}05\%$$

e. EfisiensiLintasan (LE):

$$LE = \frac{4533}{12x504} x100\% = 74{,}95\%$$

f. Smoothing Index (SI):

$$SI = \sqrt{86^2 + 88^2 + 159^2 + ... + 2^2 + 143^2 + 203^2}$$

$$SI = 482{,}96$$

g. Total waktu menganggur = (12)(504) – 4.533
= 1.515 detik

h. Efisiensi stasiun kerja:

Efisiensi stasiun kerja-1 = $\frac{418}{504} x100\% = 82{,}94\%$

Untuk stasiun kerja yang lain, efisiensinya dapat dilihat pada Tabel 5.

i. Waktu menganggur stasiun kerja:
Waktu menganggur stasiun kerja-1 = 504 – 418 = 86 detik
Untuk stasiun kerja yang lain, waktu menganggurnya dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Keseimbangan Lintasan Berdasarkan Metode Largest Candidate Rule

StasiunKerja	Waktu (detik)	Efisien Stasiun Kerja (%)	Waktu Menganggur Stasiun Kerja (detik)
1	418	82,94	86
2	416	82,54	88
3	345	68,45	159
4	357	70,83	147
5	435	86,31	69
6	385	76,39	119
7	302	59,92	202
8	409	81,15	95
9	302	59,92	202
10	502	99,60	2
11	361	71,63	143
12	301	59,72	203

Jumlah stasiun kerja hasil optimalisasi (12 stasiun kerja) lebih besar dari jumlah stasiun kerja teoritis (9 stasiun kerja). Hal ini disebabkan karena adanya factor zoning constraint positive seperti yang dijelaskan pada Tabel 2. Adanya zoning constraint ini menyebabkan metode Largest Candidate Rule tidak dapat diterapkan secara menyeluruh.

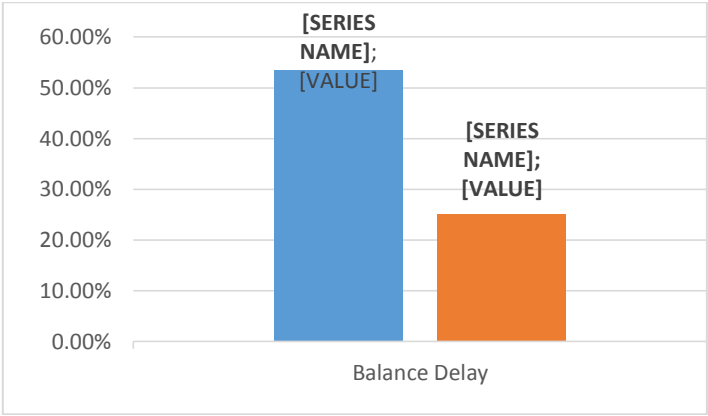
Selanjutnya dapat dilihat perbandingan hasil perhitungan keseimbangan lintasan sebelum optimalisasi (kondisi awal) dengan sesudah optimalisasi, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Sebelum dan SesudahOptimalisasi

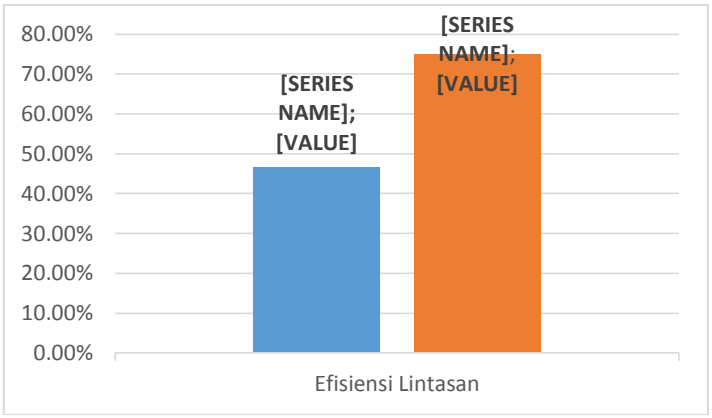
Indikator	Sebelum Optimalisasi (Kondisi Awal)	Sesudah Optimalisasi (Metode LCR)	Besar Nilai Perbaikan
Jumlah Stasiun Kerja	27	12	15 (berkurang)
Balance Delay	53,49%	25,05%	28,44% (berkurang)
Efisiensi Lintasan	46,51%	74,95%	28,44% (naik)
Smoothing Index	1.098,49	482,96	615,53 (berkurang)
Total waktu Menganggur	5.214 detik	1.515 detik	3699 detik (berkurang)

Setelah dilakukan optimalisasi keseimbangan lintasan, maka diperoleh Balance Delay (D) mengalami penurunan sebesar 28,44%, Efisiensi Lintasan (LE) mengalami kenaikan sebesar 28,44%, Smoothing Index (SI) mengalami penurunan sebesar 615,53 dan total waktu menganggur mengalami penurunan yang siknifikan sebesar 3.699 detik.

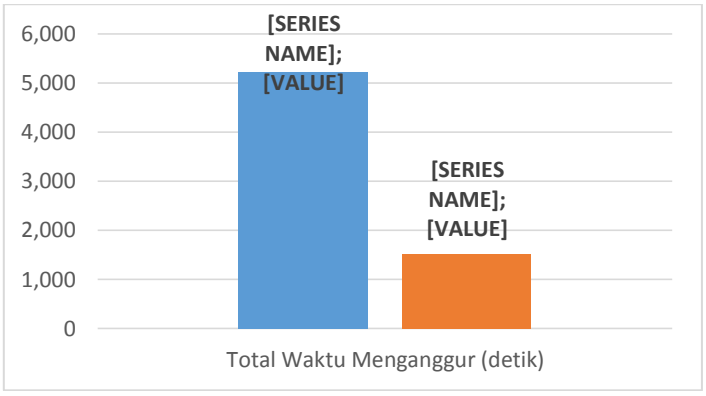
Untuk memvisualisasi perbedaan antara kondisi keseimbangan awal dengan kondisi keseimbangan setelah optimalisasi, maka hasil pada Tabel 6. ditampilkan dalam bentuk grafik. Gambar berikut menunjukkan perbedaan balance delay, efisiensi lintasan dan total waktu menganggur untuk keseimbangan awal dan kesembangan setelah optimalisasi.



Gambar 1. Grafik Perbandingan Balance Delay



Gambar 2. Grafik Perbandingan Efisiensi Lintasan



Gambar 3. Grafik Perbandingan Waktu Menganggur

3. SIMPULAN

Setelah dilakukan optimalisasi terhadap keseimbangan lintasan di PT. PAP, perusahaan yang bergerak dalam bidang industri manufaktur vulkanisir ban makadapat disimpulkan beberapa hal:

a. Kondisi awal lintasan produksi PT. PAP belum seimbang dan dapat menimbulkan kemacetan (bottleneck). Hal ini diketahui dari hasil perhitungan Balance Delay (D) = 53,49%, Efisiensi Lintasan (LE) = 46,51%, dan tingginya waktu menganggur yaitu sebesar 5.214 detik.
b. Penyeimbangan lintasan produksi dilakukan dengan menggunakan metode Largest Candidate Rule (LCR) yang merupakan bagian dari metode heuristik. Hasil yang diperoleh antara lain, Balance Delay (D) = 25,05%, Efisiensi Lintasan (LE) = 74,95%, dan waktu menganggur sebesar 1.515 detik.
c. Pada lintasan produksi yang telah diseimbangkan terjadi penurunan Balance Delay (D) sebesar 28,44%, peningkatan Efisiensi Lintasan (LE) sebesar 28,44%, dan pengurangan total waktu menganggur sebesar 3.699 detik.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Amardeep., R. T. (2013, May). *Line Balancing Of Single Model Assembly Line*. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, 2, Issue 5.
[2] Gaspersz, V. (2002). *Production Planning and Inventory Control*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
[3] Ginting, R. (2007). *Sistem Produksi*. Yogyakarta: GRAHA ILMU.
[4] Hengky K. Salim, K. S. (2016, Januari). *Perancangan Keseimbangan Lintasan Produksi Menggunakan Pendekatan Simulasi dan Metode Ranked Positional Weights*. Jurnal Teknik Industri, Vol. IX No. *1*, 53-60.
[5] Heizer, J. & Barry Render (2010). *Operations Management (Edisi 9)*. Jakarta: Salemba Empat.
[6] Heizer, J., & Munson, B. R. (2017). *Principles of Operations Management*. Harlow Essex, England: Pearson Education Limited.
[7] Immawan, T., & Kurniawan, R. (2016). *Analysis of Line Balance Sound Board Glue Production on Assembly Grand Piano Process*. Springer International Publishing. Switzerland, 349-359.

[8] Indiyanto, R. (2008). *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Surabaya: Yayasan Humaniora.
[9] Kusuma, H. (2004). *Manajemen Produksi*. Yogyakarta: ANDI.
[10] Mateo, J. R. (2015). *Management Science, Operations Research and Project Management.* Farnham Surrey, England: Gower Publishing Limited.
[11] Munyai, T., Mbonyane, B., & Mbohwa, C. (2018). *Productivity Improvement in Manufacturing SMEs.* Boca Raton: CRC Press.
[12] Rachman, T., & Santoso., C. A. (2019). *Penerapan Metode Heuristik Line Balancing Untuk Penentuan Keseimbangan Lintasan Optimal Pada Produksi Sampel Sepatu di PT. PBI.* Jakarta: Universitas Esa Unggul.
[13] Rebentisch, E. S. (2017). *Integrating Program Management and Systems Engineering.* New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
[14] Roy, D. &. (2010). *AssemblyLline Balancing to Minimize Balancing Loss and System Loss*. Journal Industrial Engineering International, 6 (11): 1-5.
[15] Stevenson, W. J. (2018). *Operations Management (Thirteenth Edition)*. New York: McGraw-Hill.
.