

Evaluasi dan Peningkatan Performansi Lini Perakitan Kendaraan Khusus Menggunakan Metode Line Balancing pada PT. Pindad (Persero)

Mohammad Fikar Usman Mustofa ^{1*}, Fais Hamzah ², Renanda Nia Rachmadita ³

Teknik Desain dan Manufaktur, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1*}
Teknik Desain dan Manufaktur, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia²
Manajemen Bisnis Maritim, Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia³
Email: fikarmohammad3@gmail.com^{1*}

Abstract - Assembly lines that have poor efficiency result in various problems in the production process, one of which is the bottleneck problem. PT. Pindad (Persero) as a manufacturing company, has problems in the assembly line for special vehicles, where the efficiency of the assembly line has an unclear and uneven distribution of workloads, this results in poor production efficiency. This study aims to evaluate the efficiency of PT. Pindad (Persero) and produce alternative improvements. An evaluation of the Komodo tactical vehicle product assembly line was conducted using line efficiency, balance delay, and smoothest index. It is known that the existing assembly line has a line efficiency of 13.25%, a balance delay of 86.75%, and a smoothest index of 875.31. Then the line balance is improved using heuristic line balancing methods. The methods used include the largest candidate rule, ranked positional weight, and regional approach. The results of this study are recommendations for special vehicle assembly lines using the line balancing ranked positional weight method with a line efficiency value of 94.1%, balance delay of 5.9%, and smoothest index of 8.86.

Keyword: Heuristic Method, Largest Candidate Rule, Line Balancing, Ranked Positional Weight, Regional Approach.

Nomenclature

Twc	waktu beban kerja
Tek	vektor pembobot
Rp	production speed
Tc	cycle time
Tsi	waktu stasiun
Tr	waktu repositioning
n	jumlah stasiun kerja
Ws	waktu stasiun terbesar
Wi	waktu stasiun ke-i
LE	line efficiency
N	total waktu stasiun
BD	balance delay
SI	smoothness index

1. PENDAHULUAN

Persaingan yang semakin ketat menuntut perusahaan manufaktur untuk terus berinovasi guna meningkatkan efisiensi dalam menghasilkan produk. Salah satu indikator dari proses produksi yang efisien adalah efisiennya keseimbangan lini. Penelitian ini akan meneliti proses produksi kendaraan khusus di PT. Pindad (Persero). PT. Pindad (Persero) sebagai satu-satunya produsen kendaraan khusus militer di Indonesia melakukan proses produksi kendaraan khusus berbagai varian. Permintaan atas kendaraan khusus sendiri sangat beragam dari segi jenis maupun kuantitas. Hingga saat ini ada berbagai varian tipe kendaraan khusus yang diproduksi PT. Pindad (Persero).

Proses produksi kendaraan khusus terbagi menjadi dua lini yaitu lini fabrikasi dan lini perakitan. Lini perakitan terbagi dalam beberapa seksi. Operasi pada lini perakitan didominasi oleh pekerjaan manual. Walaupun terdapat beberapa alat bantu dan mesin yang digunakan, namun masih harus dioperasikan secara penuh oleh operator. Apabila dibanding lini fabrikasi, lini perakitan masih perlu dievaluasi sehingga dapat meningkatkan performansinya dan memaksimalkan output yang dihasilkan.

Berdasarkan hasil observasi ditemukan beberapa masalah seperti pembagian beban kerja yang belum merata, dimana terdapat penumpukan pekerjaan sehingga terjadi *idle time* yang besar, sedangkan operator lain mengalami *bottleneck problem*. Seperti pada operasi pemasangan *engine* ke lambung kendaraan yang memerlukan waktu lebih panjang sehingga mengakibatkan *bottleneck problem*.

Kondisi *existing* belum ada pembagian beban kerja yang jelas untuk tiap operator. PT. Pindad (Persero) hanya menargetkan untuk dilakukan percepatan waktu pada tiap operasi dengan cara menambahkan jumlah operator pada beberapa bagian yang memiliki proses cukup panjang. Sehingga mengakibatkan penambahan biaya tenaga kerja.

Berdasarkan uraian, terdapat permasalahan pada lini perakitan sehingga harus dilakukan penyeimbangan lini. Alternatif yang digunakan

adalah dengan membandingkan metode-metode *heuristic* yang dapat diterapkan pada *Assembly Line Balancing Type-1* (ALB-1). Hackman, et. al., 1989 dalam Kriengkarakot dan Pianthong, 2015, mengatakan bahwa metode *heuristic* dipilih karena proses yang cepat sehingga cocok digunakan untuk pengambilan keputusan yang bersifat operasional seperti pada proses produksi dan bersifat fleksibel sehingga dapat disesuaikan dengan keadaan perusahaan [2].

Tujuan dari penggunaan metode *heuristic* dalam penelitian ini adalah untuk mencari solusi yang mendekati optimum dan bersifat operasional. Hal ini dikarenakan metode *heuristic* mengacu pada pengalaman intuitif atau aturan empiris dan berbasis pada permasalahan yang dihadapi dan dapat menggambarkan permasalahan yang ada di lapangan, sehingga alternatif solusi yang didapatkan mendekati hasil optimum.

Penelitian ini merumuskan masalah untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan memberikan usulan perbaikan untuk proses perakitan kendaraan khusus untuk meningkatkan performansi dan efisiensi lini perakitan kendaraan khusus. Penelitian ini bersifat local optimum untuk kendaraan taktis Komodo dengan asumsi bahwa jumlah order selalu memenuhi kapasitas maksimum dan bahan baku selalu tersedia

2. METODOLOGI .

2.1 Line balancing

Line balancing menurut purnomo merupakan sekelompok orang atau mesin yang melakukan tugas tugas sekuensial dalam merakit suatu produk yang diberikan kepada masing-masing sumber daya secara seimbang dalam setiap lintasan produksi, sehingga dicapai efisiensi kerja yang tinggi di setiap stasiun kerja [2]. Fungsi dari *Line balancing* adalah membuat suatu lintasan yang seimbang yang dinilai dari tingkat efisiensi lintasan sehingga *output* yang dihasilkan dapat merata dan menghindari *idle time* berlebih dan *bottleneck problem*.

Terdapat beberapa Batasan yang digunakan dalam *line balancing* yaitu elemen beban kerja, *precedence constraint*, dan *zoning constraint*. Elemen beban kerja merupakan suatu kumpulan pekerjaan yang memiliki elemen tertentu dan dibatasi oleh suatu hal tertentu. Dalam ini diasumsikan bahwa waktu elemen bersifat konstan, dan waktu yang digunakan untuk menyelesaikan elemen kerja bersifat aditif (penambahan dan akumulasi). *Precedence constraint* merupakan gambaran secara grafis dari urutan operasi kerja, serta ketergantungan pada operasi kerja lainnya yang tujuannya untuk memudahkan pengontrolan dan perencanaan kegiatan yang terkait didalamnya [1]. *Zoning constraint* adalah pengalokasian dari elemen-elemen kerja pada stasiun kerja yang menghalangi

atau mengharuskan pengelompokkan elemen kerja tertentu pada stasiun tertentu.

2.2 Operasi Line Balancing

a. Waktu beban kerja

Jumlah total waktu untuk semua operasi kerja yang harus dijalankan untuk memproduksi satu unit kerja. [4]

$$T_{wc} = \sum_{i=1}^k T_{ek} \sum_{i=1}^k T_{ek}$$

b. Production speed

Kecepatan untuk memproduksi suatu barang memperhatikan permintaan suatu barang berbanding dengan waktu operasi [4].

$$R_p = \frac{\text{demand}}{\text{operation time}} \frac{\text{demand}}{\text{operation time}} \text{ (unit/jam)}$$

c. Cycle time

Waktu yang tersedia pada masing-masing stasiun kerja untuk menyelesaikan satu unit produk [3].

$$T_c = \frac{60 \text{ (Uptime Efficiency)}}{R_p} \frac{60 \text{ (Uptime Efficiency)}}{R_p}$$

(Menit)

d. Waktu stasiun

Merupakan waktu dari produk yang tersedia di setiap stasiun kerja [3].

$$T_{si} = T_c - T_r \text{ (Menit)}$$

e. Idle time

Waktu menganggur selama jam kerja (*berth working time*), adalah selisih antara *cycle time* dengan *station time* [4].

$$\text{Idle time} = n \cdot W_s - \sum_{i=1}^n W_i \sum_{i=1}^n W_i$$

f. Efisiensi stasiun kerja

Rasio yang menunjukkan efektivitas pekerjaan yang dilakukan pada tiap-tiap stasiun [5]

$$\text{Efisiensi stasiun kerja} = \frac{W_i W_i}{W_s W_s} \times 100\%$$

g. Jumlah stasiun kerja minimum

Merupakan tempat pada lini perakitan di mana proses perakitan dilakukan [4].

$$W = \min \text{ interger } \frac{T_{wc} T_{wc}}{T_{si} T_{si}}$$

h. Line efisiensi

Merupakan nilai yang menunjukkan total nilai efisiensi dari satu lintasan yang terdiri dari beberapa stasiun kerja [3].

$$LE = \frac{N}{(n) (T_c)} \frac{N}{(n) (T_c)} \times 100\%$$

i. Balance delay

Jumlah waktu yang hilang karena keseimbangan yang tidak sempurna sebagai rasio terhadap total waktu yang tersedia [4].

$$BD = \frac{(n \times W_s) - T_{wc}}{(n \times W_s)} \frac{(n \times W_s) - T_{wc}}{(n \times W_s)} \times 100\%$$

j. Smoothness index

Index yang menunjukkan kelancaran relatif dari penyeimbangan lini perakitan tertentu [1].

$$SI = \sqrt{\sum (W_s - T_{si})^2} \sqrt{\sum (W_s - T_{si})^2}$$

2.3 Metode line balancing

Pada umumnya terdapat beberapa jenis metode yang digunakan untuk *line balancing* yaitu

metode *heuristic*, matematis dan simulasi. Metode yang berdasarkan pengalaman intuisi atau aturan-aturan empiris untuk memperoleh solusi yang lebih baik daripada solusi yang telah dicapai sebelumnya. Hasil yang didapatkan dari metode *heuristic* ini mendekati optimal sehingga masih dapat diterima untuk pengambilan keputusan. Metode penggambaran dunia nyata melalui simbol-simbol matematis berupa persamaan dan tidak persamaan (*Branch and Bound Method*). Metode ini membatasi permasalahan dengan persamaan dan symbol sehingga *output* yang dihasilkan optimal. Metode komputasi meniru tingkah laku sistem dengan mempelajari interaksi komponen-komponennya. Dalam penelitian ini menggunakan metode heuristik dengan pendekatan *ranked positional weight*, *largest candidate rule*, dan *regional approach*.

a. *Ranked positional weight*

Langkah-langkah penyelesaian dengan menggunakan metode *Ranked Positional Weight* adalah sebagai berikut {5}:

- Hitung *cycle time* yang diinginkan. *Cycle time* aktual adalah *cycle time* yang diinginkan atau waktu operasi terbesar jika waktu operasi terbesar lebih besar dari *cycle time* yang diinginkan.
- Buat *precedence diagram* berdasarkan jaringan kerja.
- Hitung bobot posisi tiap operasi yang dihitung berdasar jumlah waktu operasi tersebut dan operasi-operasi yang mengikutinya.
- Urutkan operasi mulai dari bobot terbesar sampai bobot operasi terkecil.
- Lakukan pembebanan operasi pada stasiun kerja mulai dari operasi dengan bobot operasi terbesar sampai dengan bobot posisi terkecil, dengan kriteria total waktu operasi lebih kecil dari *cycle time*.
- Hitung efisiensi rata-rata stasiun kerja yang terbentuk.
- Gunakan prosedur *trial and error* untuk mencari pembebanan yang akan menghasilkan efisiensi rata-rata lebih besar dari efisiensi rata-rata pada langkah sebelumnya.
- Ulangi langkah tersebut sampai tidak ditemukan lagi stasiun kerja yang memiliki efisiensi rata-rata lebih tinggi.

b. *Largest candidate rule*

Langkah-langkah penyelesaian dengan menggunakan metode *largest candidate rule* ini adalah sebagai berikut {5}:

- Hitung *cycle time* yang diinginkan. *cycle time* aktual adalah *cycle time* yang diinginkan atau waktu operasi terbesar jika waktu operasi terbesar lebih besar dari *cycle time* yang diinginkan.
- Buat matriks pendahulu dan operasi pengikut untuk tiap operasi berdasarkan jaringan kerja.
- Perhatikan baris di matriks kegiatan pendahulu yang semuanya terdiri dari angka 0 dan

bebaskan elemen pekerjaan terbesar yang mungkin terjadi, jika ada lebih dari satu baris yang memiliki seluruh elemen sama dengan nol.

- Perhatikan nomor elemen di baris matriks kegiatan pengikut yang bersesuaian dengan elemen yang telah ditugaskan. Setelah itu perhatikan lagi baris pada matriks pendahulu yang ditunjuk, ganti nomor identifikasi yang dibebankan ke stasiun kerja dengan nol.

- Lanjutkan penugasan elemen-elemen pekerjaan itu pada tiap stasiun kerja dengan ketentuan bahwa waktu total operasi tidak melebihi *cycle time*. Proses ini dikerjakan hingga semua matriks pada baris pendahulu bernilai nol.

- Hitung efisiensi rata-rata stasiun kerja yang terbentuk.

- Gunakan prosedur *trial and error* untuk mencari pembebanan yang akan menghasilkan efisiensi rata-rata lebih besar dari efisiensi rata-rata pada langkah sebelumnya.

- Ulangi langkah tersebut sampai tidak ditemukan lagi stasiun kerja yang memiliki efisiensi rata-rata lebih tinggi.

c. *Regional approach*

Langkah-langkah penyelesaian dengan metode *regional approach* adalah sebagai berikut [5]:

- Hitung *cycle time* yang diinginkan. *cycle time* aktual adalah *cycle time* yang diinginkan atau waktu operasi terbesar jika waktu operasi terbesar lebih besar dari *cycle time* yang diinginkan.

- Bagi jaringan kerja kedalam wilayah-wilayah dari kiri ke kanan. Gambar ulang kerja, tempatkan seluruh pekerjaan di daerah paling ujung sedapat-dapatnya.

- Dalam tiap wilayah, urutkan pekerjaan mulai dari waktu operasi terbesar sampai waktu operasi terkecil.

- Bebaskan pekerjaan dengan urutan sebagai berikut (perhatikan untuk penyesuaian diri terhadap batas wilayah):

1. Daerah paling kiri terlebih dahulu
2. Antar wilayah, bebaskan pekerjaan dengan waktu proses terbesar pertama kali.

- Pada akhir tiap pembebanan stasiun kerja, tentukan apakah utilitas waktu tersebut telah dapat diterima.

1. Jika tidak, periksa seluruh pekerjaan yang memenuhi hubungan keterkaitan dengan operasi yang telah dibebankan. Putuskan apakah pertukaran pekerjaan-pekerjaan tersebut akan meningkatkan utilitas waktu stasiun kerja.

2. Jika ya, lakukan perubahan tersebut. Penugasan pekerjaan selanjutnya akan lebih tetap

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Identifikasi dan evaluasi kondisi existing

Penelitian ini menggunakan data lembar urutan proses perakitan kendaraan taktis Komodo, observasi lapangan dan bersifat *local optimum*

untuk kendaraan taktis Komodo karena hanya mengamati satu varian produk kendaraan khusus. Hasil observasi kegiatan produksi di departemen perakitan didapatkan data waktu produksi tersedia 7,5 jam/hari atau 1950 jam/tahun dan waktu produksi selama 7,25 jam/hari atau 1885 jam/tahun. Berdasarkan data tersebut diketahui efisiensi waktu produksi sebesar 96,67%. Diketahui pula kapasitas produksi 80 unit/tahun, dari data tersebut dapat dihitung laju produksi sebagai berikut:

$$Rp = 80 \text{ unit} / 1950 \text{ jam} = 0,04 \text{ unit/jam}$$

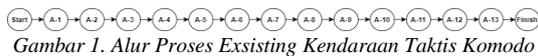
Cycle time dapat dihitung sebagai berikut:

$$Tc = (60 \times 96,67\%) / 0,04 = 24,1675 \text{ jam}$$

Berdasarkan data lembar urutan proses kendaraan taktis Komodo didapatkan proses perakitan dan urutan proses sebagai berikut:

Tabel 1 Proses perakitan kendaraan taktis Komodo

No.	Nama Proses	Kode Proses
1	Pemasangan <i>Power Pack</i>	A-1
2	Pemasangan <i>Drive Train</i> dan Suspensi	A-2
3	Pemasangan <i>Steering System</i>	A-3
4	Pemasangan <i>Brake Assy</i>	A-4
5	Pemasangan <i>AC System</i>	A-5
6	Pemasangan <i>Wheel Assy</i>	A-6
7	Perakitan Komponen <i>Body Hull</i>	A-7
8	Perakitan Komponen Exterior	A-8
9	Perakitan Komponen Interior	A-9
10	Pemasangan <i>Back leading</i> , karpet	A-10
11	Pemasangan Kabel dan Elektrik	A-11
12	Pemasangan <i>Copula Assy</i>	A-12
13	<i>Test Drive</i> dan <i>Running</i>	A-13

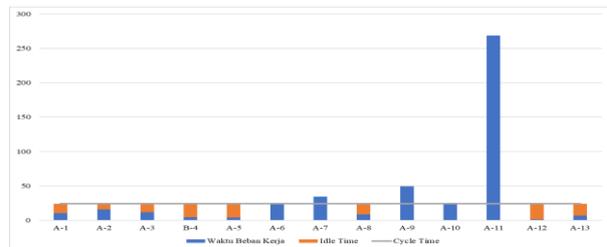


Berdasarkan data lembar urutan proses maka dapat diketahui total waktu beban kerja, *idle time* sebagaimana berikut:

Tabel 2. Waktu beban kerja existing

No.	Kode Proses	Waktu (jam)	Kumulatif	Idle Time (jam)	Bottleneck (jam)
1	A-1	10,1833	10,1833	14,4341	0
2	A-2	15,8667	26,05	8,7508	0
3	A-3	11,7167	37,7667	12,9008	0
4	A-4	4,4667	42,2333	20,1508	0
5	A-5	3,95	46,1833	20,6675	0
6	A-6	22,9333	69,1167	1,6841	0

7	A-7	34,6667	103,7833	0	10,0492
8	A-8	8,4833	112,2667	16,1341	0
9	A-9	49,3333	161,6	0	24,7158
10	A-10	23,85	185,45	0,7675	0
11	A-11	268,4667	453,9167	0	243,849
12	A-12	1,5	455,4167	23,1175	0
13	A-13	6,9333	462,35	17,6841	0



Gambar SEQ Gambar * ARABIC 2. Grafik waktu beban kerja terhadap cycle time

Diketahui bahwa terdapat 13 stasiun kerja dengan waktu terpanjang pada stasiun ke 10 dengan total waktu stasiun 268,467 jam. Selain itu diketahui pula terdapat idle time dengan besaran yang variative dan bottleneck pada stasiun, 7, 9, 13. Selanjutnya dihitung performansi sebagai berikut:

$$LE = (462,35 / (13 \times 268,467)) \times 100\% = 13,25\%$$

$$BD = 86,75\%$$

$$SI = 875,31$$

3.2 Persiapan Line Balancing

Persiapan *line balancing* dilakukan dengan mengidentifikasi elemen kerja, menetapkan *cycle time* dan menentukan jumlah stasiun kerja.

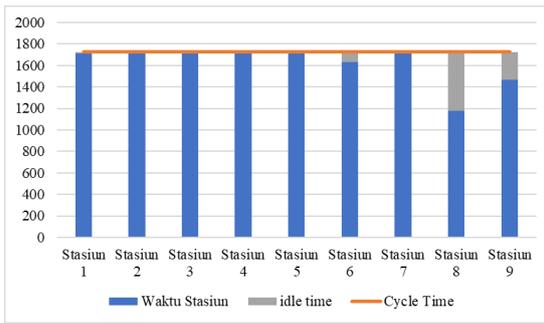
Identifikasi elemen kerja dilakukan untuk memenuhi syarat *precedence constraint* dan *zoning constraint*. Pada proses ini diidentifikasi pula elemen kerja yang dapat diselesaikan pada sub departemen persiapan sehingga dapat mengurangi beban kerja dari *line assembly*.

Cycle time untuk usulan perbaikan ditetapkan berdasarkan waktu terpanjang dari elemen kerja yaitu 1725 jam. Jumlah stasiun kerja minimal ditetapkan sebagai berikut:

$$n = 14609 / 1725 = 8,46 \text{ H } 9 \text{ stasiun kerja}$$

3.3 Usulan perbaikan metode LCR

Metode ini menyusun elemen kerja berdasarkan matriks operasi pendahulu dan pengikut. Hasil waktu stasiun adalah ditunjukkan sebagaimana berikut:



Gambar 3. Grafik Waktu Stasiun, Cycle Time, dan Idle Time

Tabel 3. Efisiensi Stasiun Kerja

No	Nomor Stasiun	Waktu Stasiun	Waktu Kumulatif	Efisiensi stasiun
1	1	1710	1710	99,13
2	2	1725	3435	100
3	3	1725	5160	100
4	4	1725	6885	100
5	5	1725	8610	100
6	6	1632	10242	94,61
7	7	1725	11967	100
8	8	1176	13143	68,17
9	9	1466	14609	84,98
Efisiensi rata-rata				94,10

Selanjutnya dapat dievaluasi performansi dari usulan metode LCR sebagai berikut:

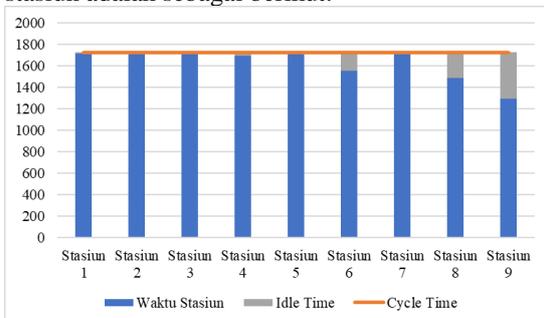
$$LE = 14609 / (9 \times 1725) 100\% = 94,1\%$$

$$BD = 5,9\%$$

$$SI = 10,24$$

3.4 Usulan perbaikan metode RPW

Metode ini menyusun elemen kerja berdasarkan pada pemeringkatan beban kerja. Hasil waktu stasiun adalah sebagai berikut:



Gambar 4. Grafik Waktu Stasiun, Cycle Time, dan Idle Time

Tabel 4. Efisiensi Stasiun Kerja

No	Nomor Stasiun	Waktu Stasiun	Waktu Kumulatif	Efisiensi stasiun
1	1	1701	1701	98,61
2	2	1725	3426	100
3	3	1724	5150	99,94
4	4	1696	6846	98,32
5	5	1710	857	99,13
6	6	1552	10108	89,97
7	7	1725	11833	100
8	8	1485	13318	86,09
9	9	1291	14609	74,84
Efisiensi rata-rata				94,10

Selanjutnya dapat dievaluasi performansi dari usulan metode LCR sebagai berikut:

$$LE = 14609 / (9 \times 1725) 100\%$$

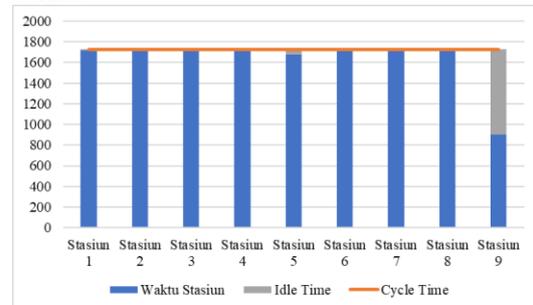
$$= 94,1\%$$

$$BD = 5,9\%$$

$$SI = 8,86$$

3.5 Usulan Perbaikan metode RA

Metode ini Menyusun elemen kerja berdasarkan pengelompokan elemen kerja pada kolom-kolom wilayah. Hasil waktu stasiun adalah sebagai berikut:



Gambar 5. Grafik Waktu Stasiun, Cycle Time, dan Idle Time

Tabel 5. Efisiensi Stasiun Kerja

No	Nomor Stasiun	Waktu Stasiun	Waktu Kumulatif	Efisiensi stasiun
1	1	1713	1713	99,30
2	2	1722	3435	99,83
3	3	1720	5155	99,71
4	4	1725	6880	100
5	5	1675	8555	97,10
6	6	1720	10275	99,71
7	7	1725	12000	100
8	8	1708	13708	99,01
9	9	901	14609	52,23
Efisiensi rata-rata				94,10

Selanjutnya dapat dievaluasi performansi dari usulan metode RPW sebagai berikut:

$$LE = 14609 / (9 \times 1725) 100\% = 94,1\%$$

$$BD = 5,9\%$$

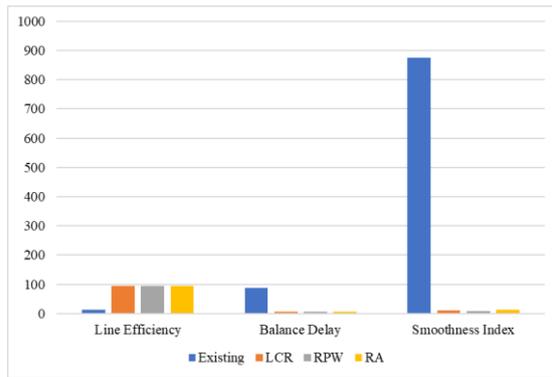
$$SI = 13,78$$

3.6 Perbandingan kondisi existing dengan usulan perbaikan

Selanjutnya dilakukan perbandingan hasil analisa performansi dengan performansi usulan. Adapun perbandingan adalah sebagaimana berikut.

Tabel 6. Perbandingan Performansi

No	Kondisi	Line efficiency	Balance Delay	Smoothness Index
1	Eksisting	13,25%	86,75%	875,31
2	Largest Candidate Rule	94,10%	5,9%	10,24
3	Ranked Positional Weight	94,10%	5,9%	8,86
4	Regional Approach	94,10%	5,9%	13,78



Gambar 6. Grafik Perbandingan Performansi

Dari perbandingan tersebut maka dipilih hasil dari metode RPW untuk perbaikan proses perakitan kendaraan taktis Komodo karena memiliki nilai *smoothness index* lebih rendah.

4. KESIMPULAN

Setelah melakukan analisis data, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa kondisi *existing* perakitan kendaraan taktis Komodo memiliki 13 proses yang mengikuti komponen yang dirakit dengan total waktu beban kerja sebesar 464,7 jam, *line efficiency* 13,25%, *balance delay* 86,75%, dan *smoothness index* 875,31.

Perbaikan dengan metode *heuristic* menghasilkan *line efficiency* sebesar 94,1 % dan *balance delay* sebesar 5,9% untuk seluruh metode. *Smoothness index* sebesar 10,24 untuk metode *largest candidate rule*, 8,86 untuk metode *ranked positional weight*, dan 13,78 untuk metode *regional approach*. Usulan yang digunakan adalah perbaikan dengan metode *ranked positional weight* dikarenakan memiliki nilai *smoothness index* lebih baik.

6. PUSTAKA

- [1] Baroto, T., (2002). Perencanaan dan Pengendalian Produksi. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- [2] Fatmawati, R. & Singgih, M. L., (2019). Evaluasi dan Peningkatan Performansi Lini Perkaitan Speaker dengan Menggunakan Ekonomi Gerakan dan Line Balancing, Surabaya: Departemen Teknik Industri ITS.
- [3] Gaspersz, V., (2004). Production Planning and Inventory Control. Jakarta: Gramedia Pustaka Umum.
- [4] Groover, M. P., (2015). Utomation, Production System, and Computer Integrated Manufacturing. 4th ed. U.S.A: Pearson Higher Education.
- [5] Nasution, A. H., (1999). Perencanaan dan Pengendalian Produksi. Jakarta: Candimas Metropole.