PENYEIMBANGAN LINI *SEWING* GUNA MENINGKATKAN EFISIENSI LINTASAN MENGGUNAKAN METODE HEURISTIK (Studi Kasus di PT. Sandang Asia Maju Abadi)

Rasyada Ariqah[1], Ary Arvianto[2]

Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

Abstrak

PT. Sandang Asia Maju Abadi merupakan salah satu perusahaan garmen di Indonesia dengan skala ekspor yang memproduksi pakaian berbahan denim dan kasual. Pada lini 16 produk WS 4968 ditemukan permasalahan tidak maksimalnya output produksi harian sehingga demand customer sulit tercapai dan perusahaan harus melakukan overtime terus-menerus, walaupun kapasitas tersedia secara teoritis terlihat dapat mencapai target demand. Hal itu disebabkan oleh ketidakseimbangan pembagian beban kerja di setiap stasiun kerja yang ditandai dengan terdapat stasiun kerja yang sibuk (berpotensi terjadi bottleneck) dan perbedaan waktu menganggur yang mencolok antar stasiun kerja, sehingga berdampak pada efisiensi lini sewing yang rendah (49,99%). Line balancing merupakan penyeimbangan penugasan elemen-elemen tugas yang ada pada lintasan produksi ke sebuah stasiun kerja untuk meminimalkan jumlah stasiun kerja dan waktu menganggur di seluruh stasiun, sehingga efisiensi lini dapat meningkat. Penelitian ini menggunakan metode heuristik antara lain Largest Candidate Rule, Ranked Positional Weight, dan J-Wagon. Hasil rancangan line balancing yang digunakan sebagai usulan adalah hasil rancangan metode J-Wagon dengan performa yang lebih baik dari kondisi aktual, yaitu terjadi penurunan waktu menganggur dari 1525,28 detik menjadi 648,62 detik dan peningkatan line efficiency dari 49,99% menjadi 69,59%.

Kata kunci: *line balancing, metode heuristik, line efficiency, waktu menganggur, garmen, lini sewing, RPW, LCR, J-Wagon*

Abstract

PT. Sandang Asia Maju Abadi is one of the garment companies in Indonesia with an export scale that produces denim and casual clothing. On the sewing line 16 (product WS 4968), a problem was found in the daily production output not being maximized so that customer demand was difficult to achieve and the company had to do continuous overtime. This was caused by an imbalance in the division of workload at each work station which was marked by busy work stations (bottlenecks) and significant differences in idle time between work stations, which had an impact on low sewing line efficiency (49.99%). Line balancing is a balancing of the assignment of task elements on the production line to a work station to minimize the number of work stations and idle time at all stations, so that line efficiency can be increased. This study uses heuristic methods including LCR, RPW, and J-Wagon. The line balancing design of J-Wagon method was chosen as a suggestion, it has better performance than the current sewing line design, including a decrease in idle time from 1525.28 seconds to 648.62 seconds and an increase in line efficiency from 49.99% to 69.59%.

***Keywords*:** *line balancing*, *heuristic method, line efficiency, idle time, garment*, *sewing line,* RPW, LCR, J-Wagon

1. Pendahuluan

Dalam pertumbuhan industri garmen, permintaan akan produk pakaian terus meningkat diimbangi dengan terus berkembangnya tren pakaian yang ada. Hal tersebut membuat industri garmen harus bisa menyesuaikan diri untuk memenuhi kebutuhan pasar yang terus berubah dan bervariasi (Sime *et al*., 2019). Upaya yang dapat dilakukan perusahaan agar tetap dapat bertahan pada kondisi tersebut atau upaya agar dapat bertahan terhadap persaingan yang ada adalah dengan meningkatkan efisiensi lini produksi di perusahaan. Hal tersebut karena efisiensi merupakan aspek utama untuk menentukan keuntungan yang

*Penulis Korespondensi.
E-mail: rasyadaariqah@students.undip.ac.id

diperoleh atau keberhasilan bisnis perusahaan. Oleh karena itu, desain dari *assembly line* dan *continuous improvement* dalam industri manufaktur untuk mencapai keunggulan dibutuhkan agar dapat unggul dalam persaingan (Bongomin *et al*., 2020).

PT. Sandang Asia Maju Abadi merupakan salah satu perusahaan garmen terbesar di Indonesia dengan skala ekspor. *Product specialization* perusahaan ini antara lain atasan dan bawahan berbahan *denim* dan kasual untuk semua *gender*, seperti celana panjang *jeans,* celana *cargo, overall, casual jacket,* celana pendek *jeans*, dan lain sebagainya. Dalam kegiatan produksinya, perusahaan ini menggunakan sistem produksi *Make to Order* (MTO) yaitu memproduksi berdasarkan permintaan atau *purchase order* dari *customer.* Dalam kegiatan produksi perusahaan ini terdiri dari beberapa proses utama, antara lain membuat *pattern, fabric spreading and cutting, sewing, laundry, ironing, finishing* dan *packing.* Dalam industri garmen, diketahui bahwa proses *sewing* merupakan proses utama dan paling krusial dalam pembuatan pakaian. Proses *sewing* juga membutuhkan paling banyak sumber daya seperti: operator, mesin, dan perlengkapan sehingga memerlukan pengendalian yang maksimal (Sime *et al*., 2019).

Pada lini *sewing* PT. Sandang Asia Maju Abadi ditemukan sering terjadi kesenjangan yang signifikan antara target dan hasil produksi aktualnya. Produk WS 4968 di *sewing line* 16 memiliki presentase selisih antara *output* dan target produksi yang paling besar (8,14%) pada periode Januari–Juni 2024 dibandingkan produk lain di lini tersebut. Pada lini 16 produk WS 4968 tersebut ditemukan permasalahan tidak maksimalnya *output* produksi harian sehingga menyebabkan *demand customer* sulit tercapai dan perusahaan harus melakukan *overtime* terus-menerus, walaupun kapasitas tersedia secara teoritis terlihat dapat mencapai target *demand.* Dari data hasil pengukuran waktu kerja dapat dilihat bahwa waktu kerja operator di tiap elemen kerja tidak selalu sama, sehingga menyebabkan *output* yang dihasilkan tidak stabil. Selain itu, dapat dilihat pula waktu kerja di setiap stasiun kerja cenderung berbeda-beda yang mengindikasikan adanya ketidakseimbangan di lini *sewing* yang berpengaruh pada tidak tercapainya target produksi.

Dari hasil perhitungan performa kondisi aktual lini *sewing*, didapatkan *cycle time* sebesar 80,26 detik yang mana jauh lebih tinggi dari *takt time* (44,44 detik). Hal tersebut menandakan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu unit produk lebih lama daripada waktu yang ditetapkan untuk memenuhi *demand customer.* Hal tersebut juga menyebabkan tidak tercapainya target produksi yang ditetapkan perusahaan dan menandakan adanya potensi terjadi *bottleneck* di beberapa stasiun kerja yang memperlambat aliran kerja di lini *sewing.* Hal-hal tersebut mengakibatkan efisiensi lini *sewing* menjadi rendah (49,99%).

Mengutip dari Alexandra dan Gozali (2020), yang meninjau buku "*Production Planning and Inventory"* karya Gaspersz (2004), menyatakan *line balancing* adalah penyeimbangan penugasan elemen-elemen tugas yang ada pada lini perakitan ke sebuah stasiun kerja untuk meminimalkan jumlah stasiun kerja dan waktu menganggur di seluruh stasiun (Alexandra & Gozali, 2020). Maka dari itu, perlu dilakukan *line balancing* pada lini *sewing* produk WS 4968 untuk meminimalkan selisih waktu antar stasiun kerja, meminimalisir waktu menganggur, serta meningkatkan efisiensi lini *sewing.*

Terdapat beberapa metode *line balancing* yang sering digunakan pada industri pakaian antara lain metode heuristik, metode analitis, dan teknik simulasi (Kayar & Akyalçin, 2014). Pendekatan heuristik digunakan karena metode tersebut didasarkan pada logika (aturan prioritas sederhana) dan pemahaman umum daripada perhitungan matematis dan mampu menghasilkan satu atau beberapa *feasible solution* dalam waktu wajar dibandingkan teknik *line balancing* lainnya (Bongomin *et al*., 2020). Dalam penelitian ini digunakan tiga pendekatan heuristik, antara lain *Largest Candidate Rule* (LCR), *Ranked Positional Weight* (RPW), dan J-Wagon. Ketiga pendekatan tersebut merupakan metode heuristik yang memilih tugas yang akan ditetapkan atau dialokasikan ke setiap stasiun kerja berdasarkan waktu pemrosesan dan urutan hubungannya dalam *precedence diagram* (Dung, 2019).

Dapat disimpulkan bahwa lini *sewing* 16 produk WS 4968 memiliki permasalahan yaitu rendahnya *line efficiency* yang diakibatkan oleh ketidakseimbangan lini, di mana dapat dilihat dari terdapat stasiun kerja yang sibuk (berpotensi mengalami *bottleneck*) dan terdapat perbedaan waktu menganggur yang mencolok pada tiap stasiun kerja. Ketidakseimbangan ini berdampak pada efisiensi lini *sewing* karena waktu yang seharusnya digunakan untuk produksi menjadi terbuang sia-sia dan kapasitas produksi aktual tidak sesuai dengan kapasitas yang direncanakan. Maka dari itu dilakukan *line balancing* dengan metode heuristik untuk mengoptimalkan aliran kerja dengan menyeimbangkan beban kerja di setiap stasiun kerja, sehingga dapat meminimalisir waktu menganggur dan meningkatkan efisiensi keseluruhan lini *sewing.*

2. Tinjauan Pustaka

2.1 *Line Balancing*

Line balancing adalah proses penugasan tugas ke stasiun-stasiun kerja sehingga stasiun-stasiun kerja tersebut memiliki kebutuhan waktu yang hampir sama, sehingga meminimalkan waktu menganggur di sepanjang lini dan meningkatkan utilisasi tenaga kerja dan peralatan (Stevenson, 2018). Berikut merupakan tujuan *line balancing* secara garis besar (Hartini, 2010):

1. Meminimalkan waktu menganggur di tiap stasiun kerja

2. Meminimalisir jumlah stasiun kerja
3. Menyeimbangkan tiap lintasan dengan mengalokasikan tugas yang memiliki nilai yang sama berdasarkan waktu ke tiap stasiun kerja.

2.1.1 Ukuran Performansi Keseimbangan Lintasan

Berikut merupakan kriteria-kriteria yang digunakan untuk melihat performansi dalam keseimbangan lintasan produksi (Hartini, 2010):

1. *Line Efficiency*: rasio total waktu di seluruh stasiun kerja dibagi *cycle time* dikalikan total atau banyak *workstation.* Berikut merupakan rumus LE:

$$\mathrm{LE} = \frac{\sum \mathrm{STk}}{\mathrm{K} \times \mathrm{CT}} \times 100\% \quad (1)$$

Atau

$$\mathrm{LE} = 1 - \mathrm{BD} \quad (2)$$

Keterangan:
LE = Efisiensi lini (%)
STk = Waktu stasiun kerja (s)
K = Total stasiun kerja
CT = *Cycle Time* (s)

2. *Smoothness Index*: suatu ukuran untuk menilai keseimbangan beban kerja di tiap stasiun kerja dalam sebuah lintasan produksi. Semakin rendah nilai SI, semakin merata pembagian beban kerja di antara stasiun-stasiun tersebut. Berikut merupakan rumus SI:

$$\mathrm{SI} = \sqrt{\sum_{k=1}^{k} (\mathrm{STmax} - \mathrm{STk})^2} \quad (3)$$

Keterangan:
SI = *Smoothness Index* (s)
ST*max* = Waktu stasiun kerja terbesar (s)

3. *Balance Delay*: rasio dari jumlah *idle time* terhadap jumlah waktu tersedia di lini perakitan. Semakin besar nilai BD, semakin besar ketidakseimbangan. Berikut merupakan rumus BD:

$$BD = \frac{\mathrm{k.CT} - \sum \mathrm{STk}}{\mathrm{k} \times \mathrm{CT}} \times 100\% \quad (4)$$

$$\mathrm{BDk} = \mathrm{CT} - \mathrm{STk} \quad (5)$$

Keterangan:
BD = Total *balance delay* (%)
BDk = Waktu menganggur stasiun (s)

4. *Idle Time*: keadaan ketika operator menganggur atau tidak melakukan kegiatan *value added* pada proses produksi. Berikut merupakan rumus IT:

$$Idle\ Time = (\mathrm{k} \times \mathrm{CT}) - \sum_{k=1}^{k} \mathrm{STk} \quad (6)$$

5. *Cycle Time:* waktu yang dibutuhkan oleh suatu pekerjaan untuk tetap berada di sebuah stasiun kerja. Berikut rumus CT:

$$Cycle\ Time\ (\mathrm{s}) = \frac{\sum Waktu}{\sum demand} \quad (7)$$

6. Jumlah Stasiun Kerja Minimum (Teoritis): Berikut merupakan rumus jumlah/banyak stasiun kerja minimum teoritis yang memenuhi konstrain *cycle time* stasiun kerja:

$$\mathrm{Kmin} = \frac{\sum \mathrm{ti}}{\mathrm{CT}} \quad (8)$$

Keterangan:
Kmin = Jumlah stasiun kerja minimum
$\sum$ ti = Total waktu semua elemen kerja

2.2 Metode Heuristik

Metode heuristik sebagai metode pemecah persoalan keseimbangan lintasan secara praktis dikembangkan karena dilihat bahwa masalah keseimbangan lintasan produksi merupakan persoalan kombinasi yang belum dapat diatasi atau dipecahkan secara praktis. Metode ini berlandaskan pada penyederhanaan persoalan kombinasi yang kompleks sehingga dapat dipecahkan dengan cara sederhana dan menggunakan metode yang mudah dipahami. Model ini tidak menjamin menghasilkan suatu solusi yang optimal, namun dirancang untuk memberikan solusi yang relatif lebih baik dengan mempertimbangkan dan memperhatikan konstrain-konstrain tertentu (Hartini, 2010).

2.2.1 Metode *Largest Candidate Rule* (LCR)

Metode *Largest Candidate Rules* (LCR) merupakan metode penentuan elemen kerja pada stasiun kerja dengan mengurutkan waktu elemen kerja terbesar hingga terkecil. Pengalokasian tiap elemen kerja pada stasiun kerja dimulai dari elemen kerja dengan waktu paling besar, tetapi tetap dengan memperhatikan *precedence diagram*. Berikut merupakan langkah-langkan penerapan metode LCR (Hartini, 2010):

1. Mengurutkan atau memberi *ranking* setiap elemen kerja mulai dari elemen kerja dengan waktu terlama/terbesar hingga yang terkecil.
2. dengan *ranking/*urutan paling awal ke stasiun kerja yang lebih awal dengan tetap memperhatikan *precedence diagram.* Elemen kerja dipindah ke stasiun kerja berikutnya, jika jumlah waktu stasiun kerja telah melebihi CT.
3. Melakukan langkah (2), sampai seluruh elemen kerja teralokasikan pada stasiun kerja.

2.2.2 Metode *Ranked Positional Weight* (RPW)

Metode *Ranked Positional Weight* merupakan metode untuk menyelesaikan masalah *line balancing* dengan menentukan bobot posisi tiap elemen kerja yang diperoleh dengan menjumlahkan semua waktu elemen kerja berikutnya dan elemen kerja itu sendiri. Kemudian, elemen kerja dengan bobot posisi tinggi dipilih pada proses alokasi pertama. Berikut merupakan langkah-langkah penggunaan metode RPW (Baroto, 2002)::

1. Membuat *precedence diagram*
2. Menghitung bobot posisi tiap elemen kerja,. Bobot posisi suatu elemen kerja merupakan penjumlahan dari waktu elemen kerja tersebut dan waktu elemen-elemen kerja yang mengikuti elemen kerja yang dihitung bobotnya.
3. Elemen-elemen kerja diurutkan atau diberi *ranking* berdasarkan bobot posisi dari yang terbesar ke terkecil.

4. Elemen kerja yang memiliki bobot posisi tertinggi dipilih dan dialokasikan ke stasiun kerja yang lebih awal dengan memerhatikan *precedence diagram*.
5. Mengalokasikan semua elemen kerja ke seluruh stasiun kerja yang ada, dengan aturan total waktu tidak boleh melebihi waktu siklus yang telah ditentukan.

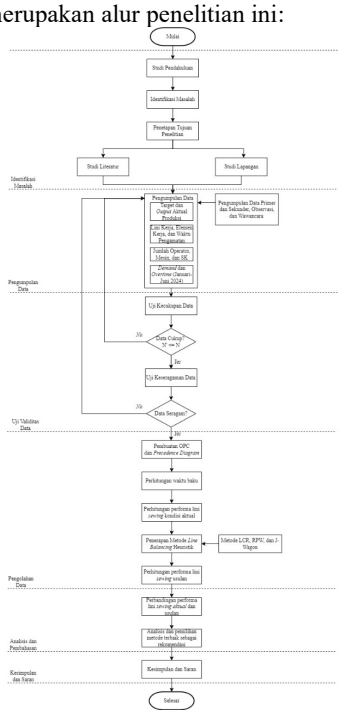
2.2.3 Metode J-Wagon

Metode J-Wagon merupakan metode untuk menyelesaikan masalah *line balancing* dengan memprioritaskan jumlah elemen kerja terbanyak, di mana elemen-elemen kerja tersebut diberi prioritas dalam penempatan di stasiun kerja, diikuti oleh elemen-elemen kerja yang jumlah elemen yang mengikutinya lebih sedikit. Langkah-langkah metode J-Wagon adalah sebagai berikut (Pulansari & Nugraha, 2023):

1. Menentukan bobot elemen kerja dan ketergantungannya. Bobot (*number of wagon*) merupakan jumlah elemen kerja yang bergantung pada elemen kerja tersebut.
2. Menentukan bobot dan penetapan prioritas. Prioritas akan diberikan ke elemen kerja dengan waktu yang lebih besar, jika terdapat dua elemen kerja dengan nilai bobot yang sama.
3. Merancang penentuan stasiun kerja, langkah selanjutnya sama dengan metode RPW.

3. Metodologi Penelitian

Penelitian dilakukan di lini *sewing* 16 produk WS 4968 PT. Sandang Asia Maju Abadi. Penelitian dimulai pada Bulan Oktober 2023 hingga Juni 2024. Berikut merupakan alur penelitian ini:



Gambar 1. *Flowchart* Metodologi Penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

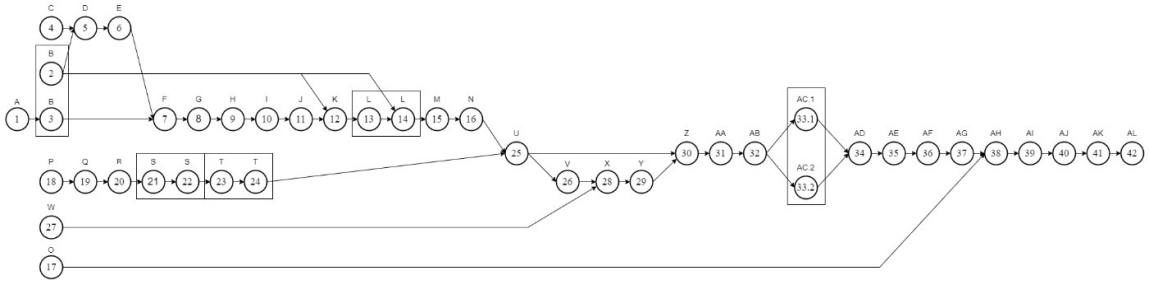
4.1 *Precedence Diagram*

Berikut merupakan tabel elemen kerja beserta *predecessor* dan waktu bakunya:

Tabel 1. Elemen Kerja beserta *Predecessor* dan Waktu Baku (s)

SK	No	Elemen kerja	*Predecessor*	Waktu Baku (s)
1	1	Menggambar bagian depan	-	11,81
2	2	Mengobras lapisan (*fly*+kantong depan)	-	18,51
	3	Mengobras *body*	1	6,69
3	4	Menjahit bibir kantong koin	-	5,94
4	5	Memasang kantong koin dengan kantong depan	2, 4	28,81
5	6	*Setting*	5	28,36
6	7	Dasar kantong samping	3, 6	35,19
7	8	Tindes kantong samping	7	40,68
8	9	Memasang kantong depan	8	50,64
9	10	Mengobras kantong putih	9	27,07
10	11	Segel kantong putih	10	34,65
11	12	Memasang *fly facing*	2, 11	43,73
12	13	Memasang *Zipper*	12	11,75
	14	Memasang *fly piece*	2, 13	38,01
13	15	Menggabungkan *zipper*	14	53,08
14	16	Menjahit bagian *crotch*	15	43,69
15	17	Menggambar *waistband*	-	11,52
16	18	Menjahit kerutan *body*	-	13,35
17	19	Memasang jahitan *reinforcement*	19	33,99
18	20	Menjahit kerutan *body yoke*	18, 19	7,41
19	21	Mengobras *yoke*	20	20,67
	22	Mengobras *kill*	21	19,04
20	23	Tindes *yoke*	22	37,08
	24	Tindes *kill*	23	17,75
21	25	Mengobras *body* perlembar depan belakang	16, 24	57,92
22	26	Menggambar kantong belakang	25	54,48
23	27	Menjahit bibir kantong belakang	-	14,53
24	28	Memasang kantong belakang luar	26, 27	80,26
25	29	Memasang kantong belakang dalam	28	45,61
26	30	Menggabungkan *body*	26, 29	15,16
27	31	Mengobras *inseam*	30	55,33
28	32	Tindes *inseam*	31	41,48
29	33.1	Dasar samping 1	32	133,32
	33.1	Dasar samping 2	32	133,32
30	34	Tindes samping	33	55,02
31	35	Memotong serat	34	42,58
32	36	*Hemming*	35	56,28
33	37	Memasang tali + *label*	36	51,12
34	38	Memasang *waistband*	17, 37	48,58
35	39	Memotong sisa *waistband*	38	59,87
36	40	Memasang *label* kulit	39	46,96
37	41	*Bartack* tali	40	49,64
38	42	*Bartack* bobok	41	43,69

Berikut merupakan *precedence diagram* proses *sewing* produk WS 4968:



Gambar 2. *Precedence Diagram* (Kondisi Aktual)

4.2 Performa Lintasan Aktual

Pada lini *sewing* 16 produk WS 4968 terdapat 42 elemen kerja dengan 38 stasiun kerja. Setiap stasiun kerja dikerjakan oleh satu operator, kecuali stasiun kerja dengan elemen kerja 33 (dasar samping) terdiri dari 2 mesin dan 2 operator. Berikut merupakan perhitungan performa kondisi aktual lini *sewing* sebelum *line balancing*:

Tabel 2. Perhitungan Performa Kondisi Aktual

SK	Elemen Kerja	Waktu Stasiun Kerja (s)	Waktu Menganggur/ SK (s)	Efisiensi/ SK (%)
1	1	11,81	68,45	14,71
2	2 3	25,20	55,06	31,40
3	4	5,94	74,32	7,40
4	5	28,81	51,45	35,89
5	6	28,36	51,90	35,34
6	7	35,19	45,07	43,85
7	8	40,68	39,58	50,68
8	9	50,64	29,62	63,10
9	10	27,07	53,19	33,73
10	11	34,65	45,61	43,17
11	12	43,73	36,53	54,49
12	13 14	49,76	30,50	62,00
13	15	53,08	27,18	66,14
14	16	43,69	36,57	54,43
15	17	11,52	68,74	14,36
16	18	13,35	66,91	16,63
17	19	33,99	46,27	42,35
18	20	7,41	72,85	9,23
19	21 22	39,71	40,55	49,48
20	23 24	54,84	25,42	68,32
21	25	57,92	22,34	72,17
22	26	54,48	25,78	67,88
23	27	14,53	65,73	18,11
24	28	80,26	0,00	100,00
25	29	45,61	34,65	56,83
26	30	15,16	65,10	18,89
27	31	55,33	24,93	68,93
28	32	41,48	38,78	51,69
29	33.1 33.1	66,66	13,60	83,05
30	34	55,02	25,24	68,55
31	35	42,58	37,68	53,05
32	36	56,28	23,98	70,12
33	37	51,12	29,14	63,69
34	38	48,58	31,68	60,53
35	39	59,87	20,39	74,59
36	40	46,96	33,30	58,51
37	41	49,64	30,62	61,85
38	42	43,69	36,57	54,43

Berikut merupakan perhitungan perfoma kondisi aktual lini *sewing*:

- Waktu siklus terpilih (CT)
  1) Waktu siklus berdasarkan target produksi harian yang telah ditetapkan perusahaan untuk produk WS 4968 di *line* 16:

$$\text{CT} = \frac{\text{Waktu kerja efektif per hari (s)}}{\text{Target produksi per hari (pcs)}}$$

$$\text{CT} = \frac{8 \times 3600}{648}$$

$$\text{CT} = 44{,}44 \text{ s}$$

  2) Waktu siklus berdasarkan *demand* dan jam kerja historis (Januari-Juni 2024) produk WS 4968 di *line* 16:

$$\text{CT} = \frac{\text{Total waktu (detik)}}{\text{Total produksi (pcs)}}$$

$$\text{CT} = \frac{(280 + 66) \times 3600}{18627}$$

$$\text{CT} = 66{,}87 \text{ s}$$

  3) Waktu siklus berdasarkan waktu stasiun kerja terbesar di lini *sewing* 16 produk WS 4968:

$$\text{CT} = \text{STmax}$$

$$\text{CT} = 80{,}26 \text{ s}$$

  Salah satu hal yang menjadi batasan dalam pengelompokkan elemen kerja adalah adalah $\text{CT} \geq \text{STmax}$ (Baroto, 2002). Dikarenakan hanya nilai waktu siklus berdasarkan waktu stasiun kerja terbesar yang sesuai dengan batasan tersebut dan sesuai kondisi aktual. Maka waktu siklus terpilih untuk menghitung performa lini *sewing* kondisi aktual adalah 80,26 s.

- Jumlah Stasiun Kerja Minimum (Teoritis)

$$\text{Kmin} = \frac{\sum \text{ti}}{\text{CT}} = \frac{1524{,}59}{80{,}26}$$

$$\text{Kmin} = 19{,}00 \text{ stasiun kerja}$$

- *Balance Delay* (BD)

$$\text{BD} = \frac{\text{k.CT} - \sum \text{STk}}{\text{k} \times \text{CT}} \times 100\%$$

$$\text{BD} = \frac{38(80{,}26) - 1524{,}59}{38 \times 80{,}26} \times 100\%$$

$$\text{BD} = 50{,}01\%$$

- *Line Efficiency* (LE)

$$\text{LE} = \frac{\sum \text{STk}}{\text{K} \times \text{CT}} \times 100\%$$

$$\text{LE} = \frac{1524{,}59}{38 \times 80{,}26} \times 100\% = 49{,}99\%$$

- Efisiensi SK
  Contoh perhitungan efisiensi SK 1 kondisi aktual lini *sewing*:

$$\text{Efisiensi SK 1} = \frac{\text{ST1}}{\text{CT}} \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi SK 1} = \frac{11{,}81}{80{,}26} \times 100\% = 14{,}71\%$$

- Total waktu menganggur

$$\text{Total waktu menganggur} = (\text{k} \times \text{CT}) - \sum_{k=1}^{k} \text{STk}$$

$$\text{Total waktu menganggur} = (38 \times 80{,}26) - 1524{,}59$$

$$\text{Total waktu menganggur} = 1525{,}28 \text{ s}$$

- Waktu menganggur SK
  Contoh perhitungan waktu menganggur stasiun kerja 1 kondisi aktual lini *sewing:*

$$\text{Waktu menganggur SK 1} = \text{CT} - \text{ST1}$$

$$\text{Waktu menganggur SK 1} = 80{,}26 - 11{,}81$$

$$\text{Waktu menganggur SK 1} = 68{,}45 \text{ s}$$

- *Smoothness Index* (SI)

$$\text{SI} = \sqrt{\sum_{k=1}^{k} (\text{STmax} - \text{STk})^2}$$

$$\text{SI} = \sqrt{(80{,}26 - 11{,}81)^2 + \cdots + (80{,}26 - 43{,}69)^2}$$

$$\text{SI} = 269{,}75 \text{ s}$$

4.3 Pembuatan Rancangan Keseimbangan Lintasan dengan Metode Heuristik

4.3.1 Metode *Largest Candidate Rule* (LCR)

Tahap pertama *line balancing* dengan metode LCR yaitu memberi *ranking* pada tiap elemen kerja mulai dari elemen kerja dengan waktu terbesar hingga terkecil. Setelah itu mengalokasikan elemen kerja dengan *ranking* paling awal ke stasiun kerja yang lebih awal. Berikut merupakan tabel rekapitulasi pengelompokkan elemen kerja pada tiap stasiun kerja berdasarkan metode LCR dengan memperhatikan *task precedence relation, cycle time, precedence constraint,* dan jenis *part*:

Tabel 3. Pengelompokkan Stasiun Kerja (Metode LCR)

SK	*Rank*	Elemen kerja	Waktu Stasiun Kerja (s)	Waktu Menganggur (s)	Efisiensi (%)
1	37	1	23,33	43,33	35,00
	39	17			
2	32	2	25,20	41,46	37,80
	41	3			
3	42	4	63,11	3,55	94,68
	27	5			
	28	6			
4	24	7	35,19	31,47	52,79
5	21	8	40,68	25,98	61,02
6	11	9	50,64	16,02	75,97
7	29	10	61,72	4,94	92,59
	25	11			
8	16	12	43,73	22,93	65,61
9	38	13	49,76	16,90	74,65
	22	14			
10	9	15	53,08	13,58	79,63

Tabel 3. Pengelompokkan Stasiun Kerja (Metode LCR) (Lanjutan)

SK	*Rank*	Elemen kerja	Waktu Stasiun Kerja (s)	Waktu Menganggur (s)	Efisiensi (%)
11	17	16	43,69	22,97	65,54
12	36	18	54,75	11,91	82,14
	26	19			
	40	20			
13	30	21	39,71	26,95	59,57
	31	22			
14	23	23	54,84	11,82	82,27
	33	24			
15	4	25	57,92	8,74	86,89
16	8	26	54,48	12,18	81,73
17	35	27	14,53	52,12	21,80
18	2	28.1	40,13	26,53	60,20
	2	28.2			
19	15	29	45,61	21,05	68,42
20	34	30	15,16	51,50	22,74
21	6	31	55,33	11,33	83,00
22	20	32	41,48	25,18	62,23
23	1	33.1	66,66	0,00	100,00
	1	33.2			
24	7	34	55,02	11,64	82,53
25	19	35	42,58	24,08	63,88
26	5	36	56,28	10,38	84,43
27	10	37	51,12	15,54	76,69
28	13	38	48,58	18,08	72,88
29	3	39	59,87	6,79	89,81
30	14	40	46,96	19,69	70,45
31	12	41	49,64	17,02	74,47
32	18	42	43,69	22,97	65,54
		Total	1484,46	648,62	

Berikut merupakan perhitungan performa lini *sewing* metode LCR:

- Waktu siklus terpilih (CT)

$$\text{CT} = \text{STmax} = 66{,}66 \text{ s}$$

- Jumlah Stasiun Kerja Minimum (Teoritis)

$$\text{Kmin} = \frac{\sum \text{ti}}{\text{CT}}$$

$$\text{Kmin} = \frac{1484{,}46}{66{,}66}$$

$$\text{Kmin} = 22{,}27 \approx 23 \text{ stasiun kerja}$$

- *Balance Delay* (BD)

$$\text{BD} = \frac{\text{k.CT} - \sum \text{STk}}{\text{k} \times \text{CT}} \times 100\%$$

$$\text{BD} = \frac{32(66{,}66) - 1484{,}46}{32 \times 66{,}66} \times 100\%$$

$$\text{BD} = 30{,}41\%$$

- *Line Efficiency* (LE)

$$\text{LE} = \frac{\sum \text{STk}}{\text{K} \times \text{CT}} \times 100\%$$

$$\text{LE} = \frac{1484{,}46}{32 \times 66{,}66} \times 100\% = 69{,}59\%$$

- Efisiensi SK
  Contoh perhitungan efisiensi SK 1:

$$\text{Efisiensi SK 1} = \frac{\text{ST1}}{\text{CT}} \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi SK 1} = \frac{23{,}33}{66{,}66} \times 100\% = 35{,}00\%$$

- Total waktu menganggur

$$\text{Total waktu menganggur} = (\text{k} \times \text{CT}) - \sum_{k=1}^{k} \text{STk}$$

$$\text{Total waktu menganggur} = (32 \times 66{,}66) - 1484{,}46$$

$$\text{Total waktu menganggur} = 648{,}62 \text{ s}$$

- Waktu menganggur SK

  Contoh perhitungan waktu menganggur stasiun kerja 1*:*

$$\text{Waktu menganggur SK } 1 = \text{CT} - \text{ST1}$$

$$\text{Waktu menganggur SK } 1 = 66{,}66 - 23{,}33$$

$$\text{Waktu menganggur SK } 1 = 43{,}33 \text{ s}$$

- *Smoothness Index* (SI)

$$\text{SI} = \sqrt{\sum_{k=1}^{k} (\text{STmax} - \text{STk})^2}$$

$$\text{SI} = \sqrt{(66{,}66 - 23{,}33)^2 + \cdots + (66{,}66 - 43{,}69)^2}$$

$$\text{SI} = 135{,}03 \text{ s}$$

4.3.2 Metode *Ranked Positional Weight* (RPW)

Tahap pertama *line balancing* dengan metode RPW yaitu menghitung bobot posisi tiap elemen kerja (berdasarkan penjumlahan waktu elemen kerja tersebut dan waktu elemen kerja setelahnya) kemudian diberi *ranking* mulai dari bobot posisi terbesar hingga terkecil. Setelah itu mengalokasikan elemen kerja dengan *ranking* paling awal (bobot posisi terbesar) ke stasiun kerja yang lebih awal. Berikut merupakan tabel rekapitulasi pengelompokkan elemen kerja pada tiap stasiun kerja berdasarkan metode RPW dengan memperhatikan *task precedence relation, cycle time, precedence constraint, dan jenis part*:

Tabel 4. Pengelompokkan Stasiun Kerja (Metode RPW)

SK	*Rank*	EK	Bobot (s)	Waktu SK (s)	Waktu Mengang-gur (s)	Efisi-ensi (%)
1	5	1	1153,92	23,33	43,33	35,00
	37	17	260,26			
2	1	2	1211,11	25,20	41,46	37,80
	6	3	1142,12			
3	2	4	1198,54	63,11	3,55	94,68
	3	5	1192,60			
	4	6	1163,79			
4	7	7	1135,43	35,19	31,47	52,79
5	8	8	1100,24	40,68	25,98	61,02
6	11	9	1059,56	50,64	16,02	75,97
7	15	10	1008,92	61,72	4,94	92,59
	17	11	981,85			
8	19	12	947,20	43,73	22,93	65,61
9	21	13	903,47	49,76	16,90	74,65
	22	14	891,72			
10	24	15	853,71	53,08	13,58	79,63
11	27	16	800,63	43,69	22,97	65,54
12	9	18	1086,58	54,75	11,91	82,14
	10	19	1073,23			
	12	20	1039,24			
13	13	21	1031,83	39,71	26,95	59,57
	14	22	1011,17			
14	16	23	992,12	54,84	11,82	82,27
	18	24	955,04			
15	20	25	937,29	57,92	8,74	86,89
16	23	26	879,36	54,48	12,18	81,73
17	25	27	839,42	14,53	52,12	21,80
18	26	28.1 / 28.2	824,89	40,13	26,53	60,20
19	28	29	744,63	45,61	21,05	68,42
20	29	30	699,02	15,16	51,50	22,74
21	30	31	683,86	55,33	11,33	83,00
22	31	32	628,53	41,48	25,18	62,23
23	32	33.1 / 33.2	587,05	66,66	0,00	100,00
24	33	34	453,73	55,02	11,64	82,53
25	34	35	398,72	42,58	24,08	63,88
26	35	36	356,14	56,28	10,38	84,43
27	36	37	299,86	51,12	15,54	76,69
28	38	38	248,74	48,58	18,08	72,88
29	39	39	200,16	59,87	6,79	89,81
30	40	40	140,29	46,96	19,69	70,45
31	41	41	93,33	49,64	17,02	74,47
32	42	42	43,69	43,69	22,97	65,54
Total				1484,46	648,62	

Berikut merupakan perhitungan performa lini *sewing* metode RPW:

- Waktu siklus terpilih (CT)

$$\text{CT} = \text{STmax} = 66{,}66 \text{ s}$$

- Jumlah Stasiun Kerja Minimum (Teoritis)

$$\text{Kmin} = \frac{\sum \text{ti}}{\text{CT}}$$

$$\text{Kmin} = \frac{1484{,}46}{66{,}66}$$

$$\text{Kmin} = 22{,}27 \approx 23 \text{ stasiun kerja}$$

- *Balance Delay* (BD)

$$\text{BD} = \frac{\text{k.CT} - \sum \text{STk}}{\text{k} \times \text{CT}} \times 100\%$$

$$\text{BD} = \frac{32(66{,}66) - 1484{,}46}{32 \times 66{,}66} \times 100\%$$

$$\text{BD} = 30{,}41\%$$

- *Line Efficiency* (LE)

$$\text{LE} = \frac{\sum \text{STk}}{\text{K} \times \text{CT}} \times 100\%$$

$$\text{LE} = \frac{1484{,}46}{32 \times 66{,}66} \times 100\% = 69{,}59\%$$

- Efisiensi SK

  Contoh perhitungan efisiensi SK 1:

$$\text{Efisiensi SK } 1 = \frac{\text{ST1}}{\text{CT}} \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi SK } 1 = \frac{23{,}33}{66{,}66} \times 100\% = 35{,}00\%$$

- Total waktu menganggur

$$\text{Total waktu menganggur} = (\text{k} \times \text{CT}) - \sum_{k=1}^{k} \text{STk}$$

$$\text{Total waktu menganggur} = (32 \times 66{,}66) - 1484{,}46$$

$$\text{Total waktu menganggur} = 648{,}62 \text{ s}$$

- Waktu menganggur SK

  Contoh perhitungan waktu menganggur stasiun kerja 1*:*

$$\text{Waktu menganggur SK } 1 = \text{CT} - \text{ST1}$$

$$\text{Waktu menganggur SK } 1 = 66{,}66 - 23{,}33$$

$$\text{Waktu menganggur SK } 1 = 43{,}33 \text{ s}$$

- *Smoothness Index* (SI)

$$SI = \sqrt{\sum_{k=1}^{k} (STmax - STk)^2}$$

$$SI = \sqrt{(66{,}66 - 23{,}33)^2 + \cdots + (66{,}66 - 43{,}69)^2}$$

$$SI = 135{,}03 \text{ s}$$

4.3.3 Metode J-Wagon

Tahap pertama *line balancing* dengan metode J-Wagon yaitu menghitung bobot tiap elemen kerja (berdasarkan jumlah elemen kerja yang mengikuti) kemudian diberi *ranking* mulai dari bobot terbesar hingga terkecil. Setelah itu mengalokasikan elemen kerja dengan *ranking* paling awal (bobot terbesar) ke stasiun kerja yang lebih awal. Berikut merupakan tabel rekapitulasi pengelompokkan elemen kerja pada tiap stasiun kerja berdasarkan metode J-Wagon dengan memperhatikan *task precedence relation, cycle time, precedence constraint, dan jenis part*:

Tabel 5. Pengelompokkan Stasiun Kerja (Metode J-Wagon)

SK	*Rank*	EK	Bobot	Waktu SK (s)	Waktu Mengang-gur (s)	Efisiensi (%)
1	4	1	25	23,33	43,33	35,00
	37	17	5			
2	1	2	26	25,20	41,46	37,80
	6	3	24			
3	2	4	26	63,11	3,55	94,68
	3	5	25			
	5	6	24			
4	7	7	23	35,19	31,47	52,79
5	9	8	22	40,68	25,98	61,02
6	11	9	21	50,64	16,02	75,97
7	13	10	20	61,72	4,94	92,59
	15	11	19			
8	17	12	18	43,73	22,93	65,61
9	20	13	17	49,76	16,90	74,65
	22	14	16			
10	24	15	15	53,08	13,58	79,63
11	27	16	14	43,69	22,97	65,54
12	8	18	23	54,75	11,91	82,14
	10	19	22			
	12	20	21			
13	14	21	20	39,71	26,95	59,57
	16	22	19			
14	18	23	18	54,84	11,82	82,27
	19	24	17			
15	21	25	16	57,92	8,74	86,89
16	23	26	15	54,48	12,18	81,73
17	25	27	15	14,53	52,12	21,80
18	26	28.1	14	40,13	26,53	60,20
		28.2				
19	28	29	13	45,61	21,05	68,42
20	29	30	12	15,16	51,50	22,74
21	30	31	11	55,33	11,33	83,00
22	31	32	10	41,48	25,18	62,23
23	32	33.1	9	66,66	0,00	100,00
		33.2				
24	33	34	8	55,02	11,64	82,53
25	34	35	7	42,58	24,08	63,88
26	35	36	6	56,28	10,38	84,43
27	36	37	5	51,12	15,54	76,69
28	38	38	4	48,58	18,08	72,88
29	39	39	3	59,87	6,79	89,81
30	40	40	2	46,96	19,69	70,45

Tabel 5. Pengelompokkan Stasiun Kerja (Metode J-Wagon) (Lanjutan)

SK	*Rank*	EK	Bobot	Waktu SK (s)	Waktu Mengang-gur (s)	Efisiensi (%)
31	41	41	1	49,64	17,02	74,47
32	42	42	0	43,69	22,97	65,54
Total				1484,46	648,62	

Berikut merupakan perhitungan performa lini *sewing* metode J-Wagon:

- Waktu siklus terpilih (CT)

$$CT = STmax = 66{,}66 \text{ s}$$

- Jumlah Stasiun Kerja Minimum (Teoritis)

$$Kmin = \frac{\sum ti}{CT}$$

$$Kmin = \frac{1484{,}46}{66{,}66}$$

$$Kmin = 22{,}27 \approx 23 \text{ stasiun kerja}$$

- *Balance Delay* (BD)

$$BD = \frac{k.CT - \sum STk}{k \times CT} \times 100\%$$

$$BD = \frac{32(66{,}66) - 1484{,}46}{32 \times 66{,}66} \times 100\%$$

$$BD = 30{,}41\%$$

- *Line Efficiency* (LE)

$$LE = \frac{\sum STk}{K \times CT} \times 100\%$$

$$LE = \frac{1484{,}46}{32 \times 66{,}66} \times 100\% = 69{,}59\%$$

- Efisiensi SK

  Contoh perhitungan efisiensi SK 1:

$$\text{Efisiensi SK 1} = \frac{ST1}{CT} \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi SK 1} = \frac{23{,}33}{66{,}66} \times 100\% = 35{,}00\%$$

- Total waktu menganggur

$$\text{Total waktu menganggur} = (k \times CT) - \sum_{k=1}^{k} STk$$

$$\text{Total waktu menganggur} = (32 \times 66{,}66) - 1484{,}46$$

$$\text{Total waktu menganggur} = 648{,}62 \text{ s}$$

- Waktu menganggur SK

  Contoh perhitungan waktu menganggur stasiun kerja 1*:*

$$\text{Waktu menganggur SK 1} = CT - ST1$$

$$\text{Waktu menganggur SK 1} = 66{,}66 - 23{,}33$$

$$\text{Waktu menganggur SK 1} = 43{,}33 \text{ s}$$

- *Smoothness Index* (SI)

$$SI = \sqrt{\sum_{k=1}^{k} (STmax - STk)^2}$$

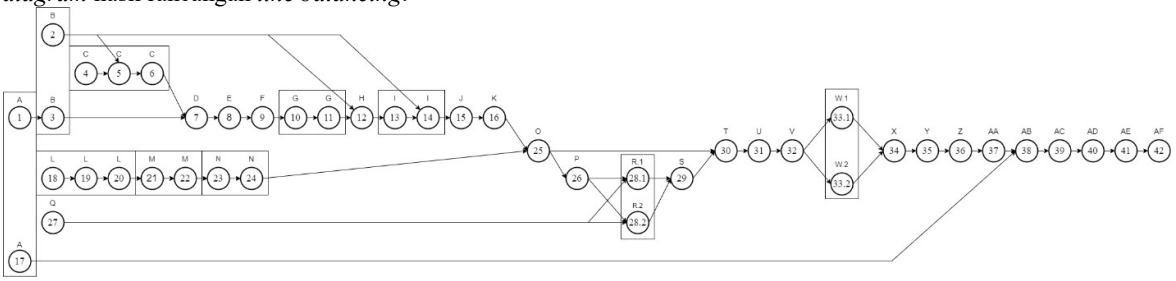
$$SI = \sqrt{(66{,}66 - 23{,}33)^2 + \cdots + (66{,}66 - 43{,}69)^2}$$

$$SI = 135{,}03 \text{ s}$$

4.4 *Precedence Diagram* (Hasil Rancangan *Line Balancing*)

Setelah dilakukan *line balancing* dengan ketiga metode heuristik, ketiga metode menghasilkan hasil

rancangan yang sama. Berikut merupakan *precedence diagram* hasil rancangan *line balancing*:



Gambar 2. *Precedence Diagram* (Usulan)

4.5 Analisis Perbandingan Kondisi Aktual dengan Hasil Rancangan *Line Balancing* (Usulan)

Berikut perbandingan performa *sewing line* aktual dengan hasil rancangan ketiga metode (LCR, RPW, dan J-Wagon):

Tabel 11. Performa Lini *Sewing* Aktual vs Usulan

Indikator Performa	Kondisi Awal	LCR	RPW	J-Wagon
Line Efficiency (%)	49,99	69,59	69,59	69,59
Idle Time (s)	1525,28	648,62	648,62	648,62
Balance Delay (%)	50,01	30,41	30,41	30,41
Smoothness Index (s)	269,75	135,03	135,03	135,03
Jumlah Stasiun Kerja	38	32	32	32
Jumlah TKL (Operator+*Helper*)	39	34	34	34
Jumlah Mesin	39	36	36	36

Dalam merancang keseimbangan lintasan dengan ketiga metode (LCR, RPW, dan J-Wagon), pengelompokkan elemen kerja ke stasiun kerja mempertimbangkan banyak *constraint,* seperti *cycle time, task precedence relation, resource constraint,* dan jenis *part. Resource constraint* di sini yaitu pembatasan jumlah jenis mesin yang digunakan di setiap stasiun kerja, di mana satu stasiun kerja maksimal terdiri dari 2 jenis mesin yang berbeda. Hal tersebut dilakukan agar menghindari munculnya *non-value-added activity,* seperti operator harus berjalan keluar meja kerja untuk berpindah dari mesin satu ke mesin lainnya. Selain itu, dalam pengelompokkan elemen kerja ke stasiun kerja dipertimbangkan pula jenis *part* yang dikerjakan. Elemen-elemen kerja yang digabungkan dalam satu stasiun kerja yang sama harus berkaitan dan sama-sama mengerjakan bagian atau *part* yang sama. Hal itu dilakukan untuk menjaga alur kerja lebih fokus dan terstruktur, serta mencegah *non-value-added activity* seperti operator harus mencari material untuk mengerjakan *part* yang berbeda.

Dari tabel 11. dapat dilihat bahwa hasil performa dan rancangan ketiga metode adalah sama. Hal tersebut dikarenakan dalam menyusun rancangan *line balancing* dengan ketiga metode tersebut didasari oleh urutan elemen kerja yang sama yang dapat dilihat pada *precedence diagram*. Berbeda dengan lini perakitan produk lain (misalnya, produk elektronik atau kendaraan) yang mungkin urutan kerjanya lebih fleksibel atau dengan kata lain elemen kerjanya dapat disusun dalam berbagai urutan tanpa mempengaruhi hasil akhir. Pada proses pembuatan pakaian, terutama *sewing* memiliki keterbatasan urutan kerja yang sangat ketat, dengan kata lain urutan pengerjaannya harus mengikuti alur yang tidak bisa diubah-ubah, karena setiap tahapan memiliki ketergantungan yang tidak dapat diabaikan.

Oleh karena itu, *task precedence relation* dalam pembuatan celana *jeans* ini bersifat tetap. Karena batasan tersebut, maka dalam pengelompokkan elemen kerja ke stasiun kerja tidak dapat fleksibel. Akibatnya, tidak banyak opsi atau variasi yang dapat dipilih dalam menyusun elemen kerja di setiap stasiun kerja. Sehingga ketiga metode *line balancing* yang digunakan (LCR, RPW, dan J-Wagon) walaupun dalam mengalokasikan elemen kerja ke stasiun kerja menggunakan pendekatan yang berbeda, akhirnya menghasilkan performa dan rancangan yang sama karena hal tersebut.

Hasil rancangan *line balancing* dengan metode heuristik terdapat perubahan dari kondisi aktual. Perubahan-perubahan tersebut antara lain: stasiun kerja A terdiri dari penggabungan elemen kerja 1 dan 17; stasiun kerja C terdiri dari penggabungan elemen kerja 4, 5, dan 6; stasiun kerja G terdiri dari penggabungan elemen kerja 10 dan 11; dan stasiun kerja L terdiri dari penggabungan elemen kerja 18, 19, dan 20. Selain itu, terdapat 1 stasiun kerja yang dilakukan penambahan 1 operator dan 1 mesin yaitu stasiun kerja R (elemen kerja 28). Penambahan sumber daya pada stasiun kerja tersebut dilakukan berdasarkan pertimbangan karena waktu kerjanya melebihi *cycle time* berdasarkan *demand* dan waktu kerja historis (66,87 detik) yang mana waktu baku elemen kerja 28 (memasang kantong belakang luar) adalah 80,26 detik. Hal tersebut dilakukan untuk meminimalisir *cycle time* dan *bottleneck,* sehingga aliran produksi lebih lancar dan efisiensi lini meningkat.

Dari analisis hasil rancangan ketiga metode (LCR, RPW, dan J-Wagon) yang paling sesuai dengan kriteria dan kebutuhan lini *sewing* 16 produk WS 4968 di PT. Sandang Asia Maju Abadi adalah hasil rancangan metode J-Wagon, karena metode J-Wagon memiliki kemampuan adaptasi terhadap perubahan (seperti *volume* produksi, *demand,* jenis produk yang diproduksi, dan pergantian tenaga kerja) lebih cepat

dibandingkan metode LCR dan RPW. Dan didapatkan performa hasil rancangan dengan metode heuristik (J-Wagon) lebih baik dibanding kondisi aktual (Tabel 11.), antara lain terjadi penurunan jumlah stasiun kerja dari 38 menjadi 32, penurunan jumlah mesin dari 39 menjadi 36 dan tenaga kerja langsung dari 39 menjadi 34, penurunan waktu menganggur dari 1525,28 detik menjadi 648,62 detik, penurunan *smoothness index* dari 269,75 detik menjadi 135,03 detik, penurunan *balance delay* dari 50,01% menjadi 30,41%, dan peningkatan *line efficiency* dari 49,99% menjadi 69,59%.

5. Kesimpulan

Berikut merupakan kesimpulan dari penelitian ini:

1. Pada kondisi aktual lini *sewing* 16 produk WS 4968 di PT. Sandang Asia Maju Abadi memiliki performa yang cenderung rendah, antara lain efisiensi lini yang cenderung rendah sebesar 49,99% dan *idle time* sebesar 1525,28 detik. Hal tersebut diakibatkan oleh belum seimbangnya pembagian beban kerja di setiap stasiun kerja di lini *sewing* aktual, yang ditandai dengan terdapat stasiun kerja yang sibuk (mengalami *bottleneck*) dan terdapat stasiun kerja yang menganggur dengan perbedaan waktu menganggur yang mencolok.
2. Dalam merancang keseimbangan lini *sewing* digunakan tiga metode heuristik, antara lain metode *Largest Candidate Rule* (LCR), metode *Ranked Positional Weight* (RPW), dan metode J-Wagon, dengan hasil rancangan dan performa yang sama antara lain efisiensi lini meningkat menjadi 69,59% dan *idle time* menurun menjadi 648,62 detik dengan jumlah stasiun kerja sebanyak 32, jumlah tenaga kerja langsung sebanyak 34 (30 operator dan 4 *helper*), dan jumlah mesin sebanyak 36 mesin. Hal tersebut dikarenakan dalam menyusun rancangan *line balancing* dengan ketiga metode tersebut didasari oleh urutan elemen kerja yang sama, karena pada proses pembuatan pakaian, terutama *sewing* memiliki keterbatasan urutan kerja yang sangat ketat, dengan kata lain urutan pengerjaannya harus mengikuti alur yang tidak bisa diubah-ubah, karena setiap tahapan memiliki ketergantungan yang tidak dapat diabaikan.
3. Dari hasil penyeimbangan lini sewing dengan tiga metode heuristik (LCR, RPW, dan J-Wagon), hasil rancangan keseimbangan lintasan yang digunakan sebagai usulan untuk PT. Sandang Asia Maju Abadi adalah hasil rancangan metode J-Wagon karena sesuai dengan kondisi dan kebutuhan lini sewing, dengan beberapa perubahan pengelompokkan elemen kerja sebagai berikut: stasiun kerja A terdiri dari penggabungan elemen kerja 1 dan 17; stasiun kerja C terdiri dari penggabungan elemen kerja 4, 5, dan 6; stasiun kerja G terdiri dari penggabungan elemen kerja 10 dan 11; dan stasiun kerja L terdiri dari penggabungan elemen kerja 18, 19, dan 20. Selain itu, terdapat 1 stasiun kerja yang dilakukan penambahan 1 operator dan 1 mesin yaitu stasiun kerja R (elemen kerja 28).

Daftar Pustaka

Anisya, & Wandyra, Y. (2016). Rekayasa Perangkat Lunak Pengendalian Inventori Menggunakan Metode SMA (Single Moving Average) Berbasis AJAX (Asynchronous Javascript And XML) (Studi Kasus: PTP NUSANTARA VI (Persero) UNIT USAHA KAYU ARO). *jurnal TEKNOIF*, 14.

Hartini, S. (2011). *Teknik Mencapai Produksi Optimal.* Kota Bandung: CV Lubuk Agung.

Heizer. (2009). *Manajemen Operasi, Edisi Sembilan, Buku Satu.* Jakarta: Salemba Empat.

Heizer. (2015). *Manajemen Operasi: Manajemen Keberlangsungan dan Rantai Pasokan, Edisi 11.* Jakarta: Salemba Empat.

Nasution. (2008). *Perencanaan dan Pengendalian Produksi.* Yogyakarta: Graha Ilmu.

Purnomo. (2016). *Analisis Statistik Ekonomi dan Bisnis dengan SPSS.* Yogyakarta: Fadilatama.

Purwanto, A. (2017). Teknik Peramalan dengan Double Exponential Smoothing pada Distributor Gula. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komputer*, 362-366.

Safitri, & Sianturi. (2021). Analisa Metode Trend Moment Untuk Pramalan Penjualan Stok Barang Pada Toko Sun Oleh-Oleh. *JIKOMSI*.

Wichern, H. a. (2005). *Business Forecasting.* New Jersey: Prentice Hall.

Yanto. (2018). *Penerapan Metode Trend Moment Dalam Forecasting Penjualan Kasur Busa di Mebel Anugerah Cukir Jombang.* Kediri: Simki-Techsain.

Yusuf. (2020). Penerapan Metode Double Moving Average Untuk Meramalkan Hasil Produksi Tanaman Padi di Provinsi Gorontalo. *d'Cartesian: Jurnal Matematika dan Aplikasi*.