

Penerapan *Line Balancing* pada PT. XYZ dengan Metode *Largest Candidate Rule* dan *Ranked Positional Weight*

Febryanti Valentina Sitanggang^{*1)} dan Pringgo Widyo Laksono²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami No. 36, Ketingan, Jebres, Surakarta, 57126, Indonesia
Email: febryvalentina11@student.uns.ac.id, pringgo@ft.uns.ac.id

ABSTRAK

Industri garmen dan tekstil merupakan salah satu industri besar di Indonesia bahkan di dunia. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2021, ekspor industri pakaian jadi Indonesia meningkat 19,59% pada periode Januari hingga November 2021. Hal ini menunjukkan bahwa perlunya produktivitas yang tinggi untuk menghasilkan *output* yang baik. Namun, hal tersebut tidak ditemukan pada PT. XYZ khususnya *Assembly Line* 14 Departemen *Sewing* yang memproduksi *shortpants* di mana masih terjadi adanya *bottleneck* sehingga tingkat produktivitas lini produksi menjadi turun. Hal tersebut juga menyebabkan penurunan *line efficiency*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyebab utama rendahnya *line efficiency* yang terjadi dan merancang peningkatan *line efficiency* dengan *line balancing*. Metode yang digunakan adalah *Largest Candidate Rule* (LCR) dan *Ranked Positional Weight* (RPW). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyebab utama rendahnya *line efficiency* adalah waktu baku yang bervariasi serta peningkatan *line efficiency* dilakukan dengan metode terbaik, yaitu adalah *Largest Candidate Rule* (LCR).

Kata kunci: *bottleneck, largest candidate rule line balancing, line efficiency, ranked positional weight*

1. Pendahuluan

Industri garmen dan tekstil merupakan salah satu industri besar di Indonesia bahkan di dunia. Hal tersebut menjadikan industri tekstil di Indonesia memiliki peluang besar untuk dapat berkontribusi dalam perkembangan ekonomi Indonesia. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2021, ekspor industri pakaian jadi Indonesia meningkat 19,59% pada periode Januari hingga November 2021. Hal ini menunjukkan bahwa berkembangnya industri tekstil di Indonesia sehingga memberikan pengaruh terhadap perekonomian Indonesia. Produktivitas ini dipengaruhi oleh adanya sistem produksi yang digunakan sehingga untuk menghasilkan *output* yang baik maka diperlukan adanya sistem produksi yang baik. Produktivitas yang baik tidak terjadi pada PT. XYZ khususnya pada *Assembly Line* 14 Departemen *Sewing* yang memproduksi *shortpants* karena terjadi adanya *bottleneck*. Hal tersebut mampu mengganggu keseimbangan lini produksi dan menyebabkan *line efficiency* *Assembly Line* 14 Departemen *Sewing* rendah. Oleh karena itu, perlu dilakukannya *line balancing* untuk meningkatkan produktivitas produk. *Line balancing* merupakan metode penyeimbangan elemen kerja dari suatu lintasan pada stasiun kerja yang bertujuan untuk memaksimalkan *line efficiency* dengan memperhatikan pengelompokkan stasiun kerja. Metode yang digunakan untuk melakukan *line balancing* pada *Assembly Line* 14 Departemen *Sewing* adalah metode *Largest Candidate Rule* (LCR) dan *Ranked Positional Weight* (RPW).

Metode *Largest Candidate Rule* (LCR) ini melakukan pendekatan penyeimbangan lini produksi berdasarkan waktu operasi terpanjang akan diprioritaskan penempatannya dalam stasiun kerja. Dengan menggunakan metode LCR, elemen kerja diatur secara *descending* (dari nilai paling besar ke paling kecil) berdasarkan nilai waktu operasi. Prinsip dasarnya adalah menggabungkan proses-proses atas dasar pengurutan operasi dari waktu proses terbesar (Yudha et al., 2018). Metode *Ranked Positional Weight* (RPW) atau metode bobot posisi merupakan metode heuristik yang mengutamakan waktu elemen kerja yang terbesar (Dasanti, 2020). Elemen kerja terbesar menjadi prioritas untuk ditempatkan dalam stasiun kerja yang lain yang

mewakili waktu elemen yang lebih rendah. Proses ini dilakukan dengan memberikan bobot (*rank*) dan digambarkan dalam bentuk *precedence matrix*. Pembobotan yang dilakukan memperhatikan urutan elemen kerja pada *precedence diagram*.

Maka dengan permasalahan produktivitas lini produksi yang rendah dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab dari rendahnya *line efficiency* yang terjadi dan melakukan *line balancing* dengan dua metode, yaitu *Largest Candidate Rule* (LCR) dan *Ranked Positional Weight* (RPW) untuk mengetahui metode perbaikan yang terbaik untuk dilakukan pada *Assembly Line 14* Departemen *Sewing*.

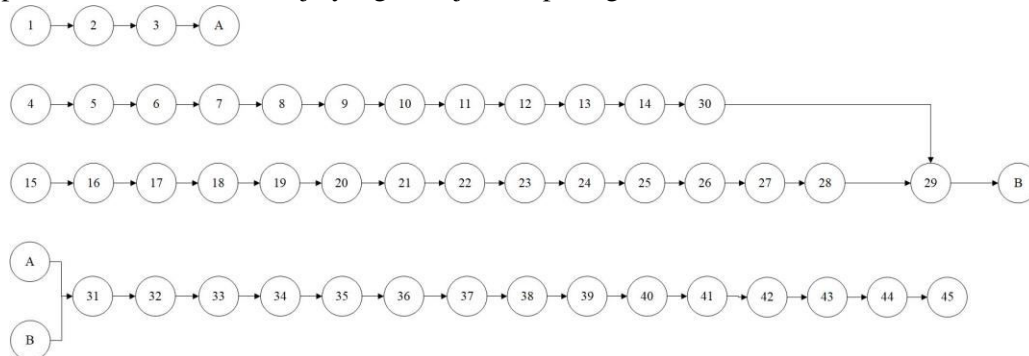
2. Metode

Penelitian ini diawali dengan melakukan studi literatur dengan mencari informasi sebagai landasan teori dalam memecahkan masalah, dan melakukan studi lapangan dengan melakukan wawancara dan observasi di PT. XYZ. Setelah itu, dilanjutkan dengan mengidentifikasi dan merumuskan masalah yang ditemukan pada PT. XYZ yang mana adanya *bottleneck Assembly Line 14* Departemen *Sewing*. Hal itu menyebabkan rendahnya *line efficiency* yang terjadi dalam memproduksi *shortpants*. Dari permasalahan yang ada, maka ditetapkan tujuan penelitian ini, yaitu mengidentifikasi penyebab dari rendahnya *line efficiency* yang terjadi dan melakukan *line balancing* dengan dua metode, yaitu *Largest Candidate Rule* (LCR) dan *Ranked Positional Weight* (RPW) untuk mengetahui metode perbaikan yang terbaik untuk dilakukan pada *Assembly Line 14* Departemen *Sewing*. Penelitian dilanjutkan dengan pengumpulan dan pengolahan data untuk mendapatkan penyebab permasalahan dan metode terbaik. Data yang digunakan adalah target produksi, waktu kerja operator, *takt time*, data elemen kerja dan mesin yang digunakan, dan data waktu proses produksi. Pengolahan data *line balancing* yang digunakan adalah LCR dan RPW. Yudha, *et al* (2018) menyatakan bahwa metode LCR merupakan metode yang dilakukan dengan menggabungkan proses-proses atas dasar pengurutan operasi dari waktu proses terbesar. Elemen kerja pada metode ini diatur secara *descending*. Dasanti (2020) menyatakan bahwa metode RPW merupakan metode bobot posisi yang mengutamakan waktu elemen kerja yang terbesar. Proses pembobotan yang dilakukan digambarkan dalam bentuk *precedence matrix*. Kedua metode ini dibandingkan dan metode dengan hasil terbaik akan digunakan sebagai usulan perbaikan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Precedence Diagram

Penelitian yang dilakukan pada *Assembly Line 14* Departemen *Sewing* yang memproduksi produk *short pants* memiliki 45 elemen kerja atau operasi kerja. Jumlah stasiun kerja dari *line* ini juga setara dengan jumlah elemen kerjanya, yaitu sebanyak 45 stasiun kerja. Satu stasiun kerja melakukan satu operasi kerja atau elemen kerja. *Precedence diagram* menggambarkan urutan proses dari 45 elemen kerja yang ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. *Precedence Diagram*

Urutan proses yang ditunjukkan pada gambar 1 menggambarkan operasi kerja yang dilakukan pada PT. XYZ khususnya *Assembly Line 14* Departemen *Sewing* PT. XYZ. Operasi kerja yang ada disesuaikan dengan elemen kerja yang dilakukan terdahulu beserta mesin yang digunakan.

3.2 Waktu Normal dan Waktu Baku

Waktu normal didapatkan dari perhitungan yang disesuaikan dengan faktor penyesuaian yang telah didapatkan dari masing-masing operator yang bekerja pada setiap stasiun kerja. Waktu normal adalah hasil kali dari waktu elemen atau proses dengan *rating factor*. Perhitungan faktor penyesuaian ini menggunakan metode *westinghouse*. Metode *westinghouse* terdiri dari 4 faktor penyesuaian, yaitu keterampilan, usaha, kondisi kerja, dan konsistensi. Waktu baku didapatkan dari hasil waktu normal dengan *allowance*. *Allowance* yang ditetapkan oleh PT. XYZ adalah sebesar 15%.

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan pada setiap elemen kerja atau stasiun kerja dapat ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Perhitungan Waktu Normal dan Waktu Baku

No	Waktu Proses	Penyesuaian	Waktu Normal	Waktu Baku	No	Waktu Proses	Penyesuaian	Waktu Normal	Waktu Baku
1	42	1,12	47	55	24	45	1,12	50	59
2	45	1,12	50	59	25	67	1,12	75	88
3	59	1,12	66	78	26	121	1,12	136	159
4	112	1,12	125	148	27	89	1,12	100	117
5	121	1,12	136	159	28	108	1,12	121	142
6	122	1,12	137	161	29	99	1,04	103	121
7	110	1,12	123	145	30	84	1,17	98	116
8	102	1,12	114	134	31	82	1,12	92	108
9	132	1,12	148	174	32	95	1,17	111	131
10	96	1,12	108	126	33	67	1,17	78	92
11	104	1,12	116	137	34	114	1,17	133	157
12	68	1,12	76	90	35	92	1,17	108	127
13	101	1,17	118	139	36	178	1,12	199	235
14	85	1,17	99	117	37	38	1,17	44	52
15	102	1,12	114	134	38	110	1,12	123	145
16	66	1,12	74	87	39	98	1,17	115	135
17	82	1,17	96	113	40	150	1,17	176	206
18	60	1,04	62	73	41	66	1,04	69	81
19	102	1,12	114	134	42	72	1,12	81	95
20	75	1,17	88	103	43	107	1,12	120	141
21	82	1,12	92	108	44	61	1,12	68	80
22	88	1,12	99	116	45	88	1,12	99	116
23	98	1,12	110	129	TOTAL	4085	50,76	4611,25	5425

Perhitungan waktu yang ditunjukkan pada tabel 1 akan digunakan sebagai data utama dalam perhitungan *line balancing* yang dilakukan. Waktu proses didapatkan dari hasil menghitung waktu kerja di lapangan. Penyesuaian dari keempat faktor disesuaikan dengan lapangan di mana menunjukkan angka yang sesuai dengan kondisi masing-masing elemen kerja. Lalu didapatkan waktu normal yang selanjutnya untuk mendapatkan waktu baku. Waktu baku ini merupakan data waktu akhir untuk melakukan perhitungan selanjutnya.

3.3 Jumlah Stasiun Kerja Minimum, Idle Time, Line Efficiency, Balance Delay, dan Smoothness Index Sebelum Line Balancing

Sebelum *line balancing* pada *Assembly Line 14* Departemen *Sewing* PT. XYZ dilakukan perhitungan jumlah stasiun kerja minimum, *idle time*, *line efficiency*, *balance delay*, dan *smoothness index* ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan *Idle Time*, *Line Efficiency*, *Balance Delay*, dan *Smoothness Index* Sebelum *Line Balancing*

Stasiun Kerja	Waktu Baku (Wb)	Waktu Siklus (Ws)	Idle time	(Ws - Wb)^2	Stasiun Kerja	Waktu Baku (Wb)	Waktu Siklus (Ws)	Idle time	(Ws - Wb)^2
1	55	235	179	32113	24	59	235	175	30712
2	59	235	175	30712	25	88	235	146	21392
3	78	235	157	24586	26	159	235	75	5641
4	148	235	87	7563	27	117	235	117	13752
5	159	235	75	5641	28	142	235	92	8507
6	161	235	74	5445	29	121	235	113	12862
7	145	235	90	8028	30	116	235	119	14141
8	134	235	100	10028	31	108	235	126	16001
9	174	235	61	3674	32	131	235	104	10770
10	126	235	108	11674	33	92	235	142	20254
11	137	235	98	9507	34	157	235	78	6025
12	90	235	145	21008	35	127	235	108	11644
13	139	235	96	9124	36	235	235	0	0
14	117	235	118	13816	37	52	235	182	33210
15	134	235	100	10028	38	145	235	90	8028
16	87	235	148	21779	39	135	235	100	9930
17	113	235	122	14804	40	206	235	28	788
18	73	235	161	25963	41	81	235	154	23651
19	134	235	100	10028	42	95	235	140	19508
20	103	235	131	17241	43	141	235	94	8752
21	108	235	126	16001	44	80	235	154	23767
22	116	235	119	14063	45	116	235	119	14063
23	129	235	105	11112	TOTAL	5425	10554	5129	647334

Parameter performansi *line* oleh Elsayed dan Boucher (1994) dalam Azwir & Pratomo (2017) yang ditunjukkan pada tabel 2 menggunakan perhitungan berikut.

1. Stasiun Kerja Minimum

$$K = \frac{\sum_{i=1}^k Wb}{Takt\ time} = \frac{\sum_{i=1}^{45} Wb}{161} = 34\ stasiun\ kerja \quad (1)$$

2. *Idle time* Stasiun Kerja 1

$$Idle\ time = Ws - Wb = 235 - 5 = 179\ detik \quad (2)$$

3. *Line Efficiency*

$$LE = \frac{\sum_{i=1}^k Wb}{k \times Ws} = \frac{\sum_{i=1}^{45} Wb}{45 \times 235} \approx 51,40\% \quad (3)$$

4. *Balance Delay*

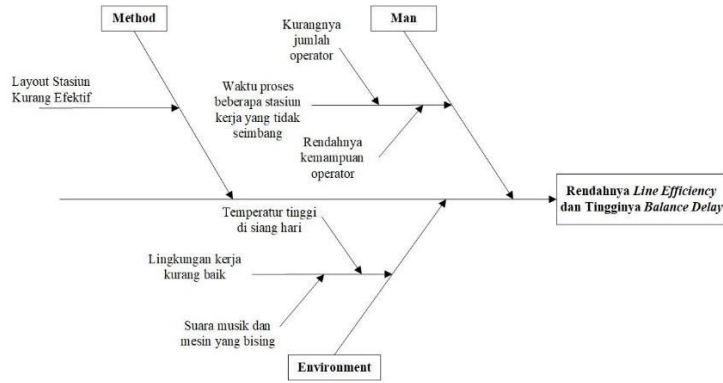
$$BD = 1 - LE = 1 - 51,40\% = 48,60\% \quad (4)$$

5. *Smoothness Index*

$$SI = \sqrt{\sum_{i=1}^k (Ws - Wb)^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^{45} (235 - Wb)^2} = 804,57 \quad (5)$$

3.4 Identifikasi *Root Cause* Rendahnya *Line Efficiency* Sebelum *Line Balancing*

Kondisi awal sebelum *line balancing* adalah rendahnya *line efficiency* dan tingginya *balance delay*. Kondisi ini terjadi disebabkan dari beberapa faktor yang digambarkan dengan *fishbone diagram*. *Fishbone diagram* yang menunjukkan *root cause* rendahnya *efficiency* sebelum *line balancing* pada *Assembly Line 14* Departemen *Sewing* PT. XYZ yang ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Penyebab Kondisi Awal Sebelum *Line Efficiency*

Pada gambar 2 menunjukkan terdapat tiga faktor yang menjadi penyebab rendahnya *line efficiency* dan tingginya *balance delay*, yaitu *method*, *man*, dan *environment*. Ketiga faktor inilah yang nantinya dapat menjadi faktor pertimbangan usulan perbaikan yang dilakukan.

3.5 *Line Balancing* dengan Metode *Largest Candidate Rule (LCR)*

Metode LCR merupakan metode dengan menempatkan elemen kerja pada stasiun kerja berdasarkan waktu baku terbesar dengan tetap memperhatikan *predessor* dan *sucesor* yang dilihat dari *precedence diagram*. Metode ini diawali dengan mengurutkan elemen kerja berdasarkan *decending* waktu baku atau dari waktu baku terbesar hingga terkecil. Pengurutan *decending* yang dilakukan ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Pengurutan Waktu Baku Secara *Descending*

No	<i>Precedence Diagram</i>	Waktu Baku	No	<i>Precedence Diagram</i>	Waktu Baku
4	-	148	25	24	88
5	4	159	26	25	159
6	5	161	27	26	117
7	6	145	28	27	142
8	7	134	29	28, 30	121
9	8	174	1	-	55
10	9	126	2	1	59
11	10	137	3	2	78
12	11	90	31	3, 29	108
13	12	139	32	31	131
14	13	117	33	32	92
30	14	116	34	33	157
15	-	134	35	34	127
16	15	87	36	35	235
17	16	113	37	36	52
18	17	73	38	37	145
19	18	134	39	38	135
20	19	103	40	39	206
21	20	108	41	40	81
22	21	116	42	41	95
23	22	129	43	42	141
24	23	59	44	43	80
			45	44	116

Setelah dilakukan pengurutan elemen kerja maka akan dilanjutkan dengan perhitungan jumlah stasiun kerja minimum dengan memperhatikan *takt time*. Berikut merupakan perhitungan jumlah stasiun kerja minimum pada *line balancing* dengan metode LCR.

$$\text{Stasiun kerja minimum} = \frac{\sum_{i=1}^k Wb}{\text{Takt time}} = \frac{\sum_{i=1}^{45} Wb}{161} = 34 \text{ stasiun kerja} \quad (6)$$

Langkah selanjutnya adalah pengelompokkan stasiun kerja. Pengelompokkan stasiun kerja yang dilakukan ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Pengelompokan Stasiun Kerja dengan *Line Balancing* Metode LCR

Stasiun Kerja	No	Waktu Baku	Waktu Baku Stasiun Kerja	Stasiun Kerja	No	Waktu Baku	Waktu Baku Stasiun Kerja
1	4	148	148	23	26	159	159
2	5	159	159	24	27	117	117
3	6	161	161	25	28	142	142
4	7	145	145	26	29	121	121
5	8	134	134	27	1	55	115
6,7	9	174	87		2	59	
8	10	126	126	28	3	78	78
9	11	137	137	29	31	108	108
10	12	90	90	30	32	131	131
11	13	139	139	31	33	92	145
12	14	117	117		37	52	
13	30	116	116	32	34	157	157
14	15	134	134	33	35	127	127
15	16	87	160	34,35	36	235	117
	18	73		36	38	145	145
16	17	113	113	37	39	135	135
17	19	134	134	38,39	40	206	103
18	20	103	103	40	41	81	161
19	21	108	108		44	80	
20	22	116	116	41	42	95	95
21	23	129	129	42	43	141	141
22	24	59	148	43	45	116	116
	25	88					

Tabel 4 menunjukkan *line balancing* dengan metode LCR yang dilakukan dalam pengelompokan elemen kerja pada stasiun kerja didapatkan jumlah stasiun sebanyak 43 stasiun. Hal ini sesuai dengan syarat jumlah stasiun minimum sebesar 36 stasiun. Maka selanjutnya melakukan perhitungan *idle time*, *line efficiency*, *balance delay*, dan *smoothness index* setelah *line balancing* dengan metode *Largest Candidate Rule (LCR)*. Perhitungan tersebut ditunjukkan pada tabel 5.

Tabel 5 Perhitungan *Idle Time*, *Line Efficiency*, *Balance Delay*, dan *Smoothness Index* Setelah *Line Balancing* dengan Metode LCR

Stasiun Kerja	Waktu Baku (Wb)	Takt time (Tt)	Idle time	(Tt - Wb)^2	Stasiun Kerja	Waktu Baku (Wb)	Takt time (Tt)	Idle time	(Tt - Wb)^2
1	148	161	14	185	23	159	161	2	3
2	159	161	2	3	24	117	161	44	1929
3	161	161	0	0	25	142	161	19	357
4	145	161	16	264	26	121	161	40	1605
5	134	161	27	718	27	115	161	47	2168
6	87	161	74	5510	28	78	161	83	6964
7	87	161	74	5510	29	108	161	53	2825
8	126	161	35	1204	30	131	161	30	926
9	137	161	24	584	31	145	161	17	278
10	90	161	72	5126	32	157	161	4	18
11	139	161	22	492	33	127	161	35	1194
12	117	161	44	1953	34	117	161	44	1929
13	116	161	46	2077	35	117	161	44	1929
14	134	161	27	718	36	145	161	16	264
15	160	161	1	1	37	135	161	26	692
16	113	161	48	2335	38	103	161	58	3359
17	134	161	27	718	39	103	161	58	3359
18	103	161	58	3359	40	161	161	0	0
19	108	161	53	2825	41	95	161	66	4399
20	116	161	45	2047	42	141	161	20	408
21	129	161	32	1028	43	116	161	45	2047
22	148	161	14	185	TOTAL	5425	6931	1506	73495

Parameter performansi *line* oleh Elsayed dan Boucher (1994) dalam Azwir & Pratomo (2017) yang ditunjukkan pada tabel 5 menggunakan perhitungan berikut.

1. *Idle Time*

$$Idle\ time = Tt - Wb = 161 - 14 = 14\ detik \quad (7)$$

2. *Line Efficiency*

$$LE = \frac{\sum_{i=1}^k Wb}{k \times Tt} = \frac{\sum_{i=1}^{43} Wb}{43 \times 161} \approx 78,27\% \quad (8)$$

3. *Balance Delay*

$$BD = 1 - LE = 1 - 78,27\% = 21,73\% \quad (9)$$

4. *Smoothness Index*

$$SI = \sqrt{\sum_{i=1}^k (Tt - Wb)^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^{43} (161 - Wb)^2} = 271,10 \quad (10)$$

3.6 Line Balancing dengan Metode Ranked Positional Weight (RPW)

Metode RPW merupakan metode dengan menempatkan elemen kerja pada stasiun kerja berdasarkan penjumlahan waktu elemen kerja dengan mempertimbangkan seluruh waktu elemen kerja setelahnya. Metode ini memperhatikan urutan proses yang dilihat dari *precedence diagram* dan diawali dengan membuat *precedence matrix* untuk memudahkan penentuan bobot tiap elemen dan ketergantungannya dengan elemen kerja lain. Langkah selanjutnya adalah melakukan urutan prioritas yang berdasarkan pada bobot posisi operasi dengan metode RPW yang ditunjukkan pada tabel 6.

Tabel 6. Urutan Bobot Posisi Elemen Kerja

No	Waktu Baku	Elemen Kerja yang Mendahului	Elemen Kerja yang Mengikuti	Waktu Bobot Operasi	No	Waktu Baku	Elemen Kerja yang Mendahului	Elemen Kerja yang Mengikuti	Waktu Bobot Operasi
4	148	-	5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 30, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45	3668	12	90	11	13, 14, 30, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45	2483
15	134	-	16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45	3587	26	159	25	27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45	2441
5	159	4	6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 30, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45	3520	13	139	12	14, 30, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45	2393
16	87	15	17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45	3452	27	117	26	28, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45	2281
17	113	16	18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45	3365	14	117	13	30, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45	2254
6	161	5	7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 30, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45	3361	28	142	27	29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45	2164
18	73	17	19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45	3253	30	116	14	29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45	2137
7	145	6	8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 30, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45	3200	1	55	-	2, 3, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45	2093
19	134	18	20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45	3179	2	59	1	3, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45	2038
8	134	7	9, 10, 11, 12, 13, 14, 30, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45	3055	29	121	28, 30	31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45	2022
20	103	19	21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45	3045	3	78	2	31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45	1978
21	108	20	22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45	2942	31	108	3, 29	32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45	1901
9	174	8	10, 11, 12, 13, 14, 30, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45	2921	32	131	31	33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45	1793
22	116	21	23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45	2833	33	92	32	34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45	1662
10	126	9	11, 12, 13, 14, 30, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45	2747	34	157	33	35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45	1570
23	129	22	24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45	2718	35	127	34	36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45	1413
11	137	10	12, 13, 14, 30, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45	2620	36	235	35	37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45	1286
24	59	23	25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45	2588	37	52	36	38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45	1052
25	88	24	26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45	2529	38	145	37	39, 40, 41, 42, 43, 44, 45	999
					39	135	38	40, 41, 42, 43, 44, 45	854
					40	206	39	41, 42, 43, 44, 45	719
					41	81	40	42, 43, 44, 45	513
					42	95	41	43, 44, 45	432
					43	141	42	44, 45	337
					44	80	43	45	196
					45	116	44	-	116

Setelah dilakukan pengurutan bobot posisi operasi maka dilanjutkan dengan penentuan jumlah stasiun kerja minimum dengan memperhatikan *takt time* (Arifiana & Suletra, 2017). Berikut merupakan perhitungan jumlah stasiun kerja minimum pada *line balancing* dengan metode RPW.

$$\text{Stasiun kerja minimum} = \frac{\sum_{i=1}^k Wb}{\text{Takt time}} \quad (11)$$

Langkah selanjutnya adalah melakukan pengelompokan stasiun kerja. Pengelompokan stasiun kerja yang dilakukan ditunjukkan pada tabel 7.

Tabel 7. Pengelompokan Stasiun Kerja dengan *Line Balancing* Metode RPW

Stasiun Kerja	No	Waktu Baku	Waktu Baku Stasiun Kerja	Stasiun Kerja	No	Waktu Baku	Waktu Baku Stasiun Kerja
1	4	148	148	23	14	117	117
2	15	134	134	24	28	142	142
3	5	159	159	25	30	116	116
4	16	87	160	26	1	55	115
	18	73			2	59	
5	17	113	113	27	29	121	121
6	6	161	161	28	3	78	78
7	7	145	145	29	31	108	108
8	19	134	134	30	32	131	131
9	8	134	134	31	33	92	92
10	20	103	103	32	34	157	157
11	21	108	108		33	35	127
12, 13	9	174	87	34, 35	36	235	117
14	22	116	116	36	37	52	52
15	10	126	126	37	38	145	145
16	23	129	129	38	39	135	135
17	11	137	137	39,40	40	206	103
18	24	59	148		41	41	81
	25	88		44		80	
19	12	90	90	42	42	95	95
20	26	159	159	43	43	141	141
21	13	139	139	44	45	116	116
22	27	117	117				

Tabel 7 menunjukkan *line balancing* dengan metode RPW yang dilakukan dalam pengelompokan elemen kerja pada stasiun kerja didapatkan jumlah stasiun sebanyak 44 stasiun. Hal ini sesuai dengan syarat jumlah stasiun minimum sebesar 36 stasiun. Maka selanjutnya melakukan perhitungan *idle time*, *line efficiency*, *balance delay*, dan *smoothness index* setelah *line balancing* dengan metode *Ranked Positional Weight* (RPW). Perhitungan tersebut ditunjukkan pada tabel 8.

Tabel 8. Perhitungan *Idle Time*, *Line Efficiency*, *Balance Delay*, dan *Smoothness Index* Setelah *Line Balancing* dengan Metode RPW

Stasiun Kerja	Waktu Baku (Wb)	Takt time (Tt)	Idle time	(Tt - Wb)^2	Stasiun Kerja	Waktu Baku (Wb)	Takt time (Tt)	Idle time	(Tt - Wb)^2
1	148	161	14	185	24	142	161	19	357
2	134	161	27	718	25	116	161	46	2077
3	159	161	2	3	26	115	161	47	2168
4	160	161	1	1	27	121	161	40	1605
5	113	161	48	2335	28	78	161	83	6964
6	161	161	0	0	29	108	161	53	2825
7	145	161	16	264	30	131	161	30	926
8	134	161	27	718	31	92	161	69	4757
9	134	161	27	718	32	157	161	4	18
10	103	161	58	3359	33	127	161	35	1194
11	108	161	53	2825	34	117	161	44	1929
12	87	161	74	5510	35	117	161	44	1929
13	87	161	74	5510	36	52	161	109	11857
14	116	161	45	2047	37	145	161	16	264
15	126	161	35	1204	38	135	161	26	692
16	129	161	32	1028	39	103	161	58	3359
17	137	161	24	584	40	103	161	58	3359
18	148	161	14	185	41	161	161	0	0
19	90	161	72	5126	42	95	161	66	4399
20	159	161	2	3	43	141	161	20	408
21	139	161	22	492	44	116	161	45	2047
22	117	161	44	1929	TOTAL	5425	7093	1668	89831
23	117	161	44	1953					

Parameter performansi *line* oleh Elsayed dan Boucher (1994) dalam Azwir & Pratomo (2017) yang ditunjukkan pada tabel 8 menggunakan perhitungan berikut.

1. *Idle Time*

$$Idle\ time = Tt - Wb = 161 - 148 = 14\ detik \quad (12)$$

2. *Line Efficiency*

$$LE = \frac{\sum_{i=1}^k Wb}{k \times Tt} = \frac{\sum_{i=1}^{44} Wb}{44 \times 161} \approx 74,85\% \quad (13)$$

3. *Balance Delay*

$$BD = 1 - LE = 1 - 74,85\% = 25,15\% \quad (14)$$

4. *Smoothness Index*

$$SI = \sqrt{\sum_{i=1}^k (Tt - Wb)^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^{43} (161 - Wb)^2} = 299,72 \quad (15)$$

3.7 Perbandingan Hasil Sebelum dan Setelah *Line Balancing*

Perbandingan hasil sebelum dan setelah *line balancing* dilakukan dengan membandingkan stasiun kerja, *idle time*, *line efficiency*, *balance delay*, dan *smoothness index* yang ditunjukkan pada tabel 9.

Tabel 9. Perbandingan Sebelum dan Setelah *Line Balancing*

Kategori Perbandingan	Sebelum <i>Line Balancing</i>	Setelah <i>Line Balancing</i>	
		Metode LCR	Metode RPW
Stasiun Kerja	45	43	44
<i>Idle Time</i>	5129	1506	1668
<i>Line Efficiency</i>	51,40%	78,27%	74,85%
<i>Balance Delay</i>	48,60%	21,73%	25,15%
<i>Smoothness Index</i>	804,57	271,10	299,72

Tabel 9 menunjukkan perbandingan sebelum dan setelah *line balancing* yang mana apabila membandingkan *line balancing* dengan metode LCR dan RPW akan didapat metode yang terbaik untuk digunakan adalah metode LCR karena di mana total stasiun kerja adalah 43 dengan *idle time* 1506, *line efficiency* 78,27%, *balance delay* 21,73%, dan *smoothness index* 271,10. Metode LCR ini mampu mengurangi jumlah stasiun kerja sebanyak 2 stasiun dan meningkatkan *line efficiency* sebesar 26,87%. Maka dapat dikatakan metode LCR ini merupakan metode yang tepat untuk membantu perusahaan dalam melakukan *balancing* pada *Assembly Line* 14 Departemen *Sewing* PT XYZ.

Perubahan kondisi *line* akan berdampak pada pengeluaran perusahaan mengenai biaya operator Sebelum dan setelah *line balancing* yang dilakukan pada *Assembly Line* 14 Departemen *Sewing* PT. XYZ mengalami perubahan pada jumlah stasiun kerja yang mana hal itu juga menjadikan adanya perubahan jumlah operator yang bekerja. Perbandingan biaya operator sebelum dan setelah *line balancing* dapat ditunjukkan pada tabel 10.

Tabel 10. Perbandingan *Labour Cost*

Kondisi	Jumlah Operator	Biaya Operator per Bulan
Sekarang	45	Rp 90.463.469
Usulan	43	Rp 86.442.870

Tabel 10 menunjukkan bahwa *improvement* yang dilakukan untuk lini produksi tidak hanya adanya peningkatan *line efficiency*, penurunan *balance delay*, penurunan *smoothness index*, dan penurunan *idle time*, namun juga penurunan jumlah operator atau tenaga kerja dengan menurunkan jumlah stasiun kerja. Metode terbaik dalam melakukan *line balancing* adalah metode *Largest Candidate Rule* (LCR). Metode LCR ini menghasilkan 43 stasiun kerja sehingga terdapat 43 operator maka didapatkan penurunan biaya operator sebesar Rp4.020.599 dari sebelum *line balancing*, yaitu kondisi sekarang dan setelah *line balancing* yang menjadi usulan perbaikan menggunakan metode LCR.

4. Simpulan

Penyebab utama dari rendahnya *line efficiency* yang terjadi pada *Assembly Line* 14 Departemen *Sewing* PT. XYZ adalah waktu proses yang tidak seimbang atau bervariasi sehingga menyebabkan *bottleneck*. Untuk meningkatkan *line efficiency* dari *Assembly Line* 14 Departemen *Sewing* PT. XYZ

maka dapat dilakukan *line balancing* dengan metode terbaik, yaitu *Largest Candidate Rule* (LCR). Dengan metode LCR dapat meningkatkan *line efficiency* sebesar 26,87% dengan mengurangi jumlah stasiun kerja sebanyak 2 stasiun. Stasiun kerja yang berkurang mampu mengurangi jumlah operator sebanyak 2 orang sehingga terjadi penurunan biaya operator sebesar Rp4.020.599.

Daftar Pustaka

- Azwir, H. H. & Pratomo, H. W. (2017). Implementasi *Line Balancing* Untuk Peningkatan Efisiensi di *Line Welding* Studi Kasus : PT X. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 6(1).
- Dasanti, A. F., Jakhdan, F., Dedy, & Santoso, T. (2020). Penerapan Konsep *Line Balancing* Untuk Mencapai Efisiensi Kerja Yang Optimal Pada Setiap Stasiun Kerja di PT Garment Jakarta. *Bulletin of Applied Industrial Engineering Theory*, 1(2).
- Badan Pusat Statistika. 2021. Ekspor Industri Pakaian Jadi Indonesia.
- Arifiana, Ghany Sayyida Nur & Suletra, I Wayan. (2017). Analisis *Line Balancing* dengan RPW pada Departemen *Sewing Assembly Line Style F1625W404* di PT. Pan Brothers, Boyolali. *Seminar dan Konferensi Nasional IDEC 2017*, (PP. 442-450). Surakarta.
- Yudha, S. P., Pratikto, P., & Tama, I. P. (2018). *Alternative Plastic Box 260 Assembly Line Using Heuristic Method And Simulation Method Approach To Increase Assembly Line Efficiency*. *Journal of Engineering and Management in Industrial System*, 5(2), 58–66.