

PENYEIMBANGAN LINTASAN PADA PERAKITAN TRANSFORMATOR DENGAN METODE *MOODIE YOUNG* DAN *COMSOAL* PADA PT. XYZ

Lidia Natalia¹, Sukaria Sinulingga², Ikhsan Siregar²

Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara
Jl. Almamater Kampus USU, Medan 20155
Email: lidia.sitorus@gmail.com

Abstrak. PT. XYZ yang merupakan perusahaan yang bergerak di bidang perakitan transformator, yang memproduksi berdasarkan pesanan (*make-to-order*). Masalah yang terjadi di perusahaan ini masih adanya pembagian beban kerja dan kapasitas mesin/operator yang tidak seimbang pada proses perakitan masing-masing stasiun kerja yang akan berpengaruh terhadap kelancaran produksi. Selain itu proses produksi yang ada di lantai produksi belum terlaksana secara optimal dimana terdapat penumpukan bahan di beberapa stasiun kerja. Untuk menyelesaikan permasalahan ini dibutuhkan penyeimbangan lintasan perakitan. Penyeimbangan lintasan perakitan dilakukan dengan menggunakan metode heuristik *Moodie Young* dan *COMSOAL*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan rancangan keseimbangan lintasan yang baik dan memberikan gambaran adanya perbedaan kondisi dari stasiun kerja sebelum dan sesudah dilakukan penyeimbangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *Moodie Young* dan metode *COMSOAL* memiliki nilai *balance delay* dan efisiensi lintasan produksi yang sama baiknya yaitu masing-masing sebesar 46,89% dan 53,21%. Nilai *smoothness index* untuk metode *Moodie Young* sebesar 367,86 sedangkan untuk metode *COMSOAL* sebesar 368,42. Maka yang menjadi metode usulan adalah metode *Moodie Young*. Dalam penelitian ini, dilakukan penentuan jumlah operator dan mesin. Hasilnya dilakukan penambahan 1 mesin dan 1 operator pada stasiun kerja VI (Penggulungan *Coil*), VII (Koneksi Kumparan), dan IX (Proses Akhir).

Kata kunci: Keseimbangan Lintasan, *Modie Young*, *COMSOAL*

Abstract: PT. XYZ which is a company engaged in the assembly of the transformer, the production based on orders (*make-to-order*). Problems that occur in the company are still the division of workload and capacity of the machine/operator is not balanced on the assembly process of each work station that will affect the smooth production. Besides, production process that is on the floor production not yet done optimally where there is a buildup of materials in several work stations. To resolve this problem required a Assembly of Line Balancing. Assembly of Line Balancing is done using a heuristic method *Moodie Young* and *COMSOAL*. The purpose of this research is to gain a better balance of trajectory design and gives an overview of the different conditions of work stations before and after balanced. The results showed that the *Moodie Young* method and *COMSOAL* method had a value of balance delay and line efficiency that is as good as, it's value is 46.89% and 53.21%. The value of smoothness index for *Moodie Young* method is 367,86 while *COMSOAL* method is 368,42. Smoothness index values for method *Moodie Young* at 367.86 while *COMSOAL* method for 368.42. Then the proposed method is a *Moodie Young*. In this study, determining the number of operators and machines. As a result, the addition of one machine and one operator at the work station VI (*Coil Rolling*), VII (*Coil Connections*) and IX (*Finished*).

Keyword: *Line Balancing*, *Moodie Young*, *COMSOAL*

¹ Mahasiswa, Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara

² Dosen Pembimbing, Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara

1. PENDAHULUAN

Keseimbangan lintasan perakitan berhubungan erat dengan produksi massal. Sejumlah pekerjaan perakitan dikelompokkan ke dalam beberapa pusat-pusat kerja. Waktu yang diijinkan untuk menyelesaikan elemen pekerjaan itu ditentukan oleh kecepatan lintasan perakitan. Semua stasiun kerja sedapat mungkin harus memiliki waktu siklus yang sama. Bila suatu stasiun kerja memiliki waktu di bawah waktu siklus idealnya, maka stasiun tersebut akan memiliki waktu menganggur. Tujuan akhir dari keseimbangan lintasan adalah meminimasi waktu menganggur di tiap stasiun kerja, sehingga dicapai efisiensi kerja yang tinggi pada setiap stasiun kerja.

PT. XYZ adalah sebuah perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang perakitan produk Transformator. Produk yang dihasilkan adalah transformator dengan berbagai ukuran. PT. XYZ menggunakan sistem *make to order* dan permintaan produk sangat bervariasi dari segi jumlah dan spesifikasi sesuai dengan permintaan pelanggan. Produk yang dihasilkan adalah pesanan dari pemerintah dan perusahaan swasta.

Melalui wawancara kepada pihak perusahaan, masalah yang sering terjadi di PT. XYZ adalah adanya pembagian beban kerja yang tidak seimbang pada setiap stasiun kerja. Hal mengakibatkan adanya beberapa operator pada stasiun kerja yang menganggur karena beban kerjanya lebih sedikit dan sebaliknya ada beberapa stasiun kerja yang memiliki beban kerja yang besar. Kondisi ini akan berpengaruh terhadap kelancaran produksi.

Berbedaan beban kerja yang terjadi pada setiap stasiun kerja berkaitan dengan kapasitas mesin/operator dalam setiap stasiun kerja. Adapun kapasitas mesin/operator pada masing-masing stasiun kerja dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kapasitas Mesin Setiap Stasiun Kerja

Stasiun Kerja	Kapasitas Mesin/Operator (unit/hari)
I	24
II	13
III	48
IV	7
V	27
VI	10
VII	2
VIII	2
IX	15
X	3

Berdasarkan Tabel 1 pada stasiun kerja II, VII, dan X sering terjadi penumpukan bahan akibat kekurangan kapasitas mesin, dan pada stasiun kerja III dan V sering terjadi *delay* karena kapasitas mesin jauh lebih besar dibandingkan stasiun kerja

sebelumnya. Pada stasiun kerja IX mesin dapat diproses jika terdapat 15 produk.

Penumpukan bahan ini dapat menyebabkan bertambahnya waktu penyelesaian produk. Akibat dari masalah tersebut perusahaan harus sering menambah jam kerja lembur bagi karyawan untuk mencapai target produksi yang sudah ditetapkan untuk memenuhi permintaan pelanggan dengan tepat waktu. Hal ini tentu saja tidak efisien, dan akan mengurangi tingkat keuntungan yang diperoleh perusahaan. Perusahaan juga tidak jarang menolak permintaan dari konsumen karena takut tidak dapat memenuhi target. Untuk menyelesaikan permasalahan ini dibutuhkan penyeimbangan lintasan perkaitan. Penyeimbangan lintasan perakitan dilakukan dengan menggunakan metode heuristik *Moodie Young* dan *COMSOAL*

Penelitian seperti ini juga pernah dilakukan sebelumnya dengan judul penelitian 'Keseimbangan Lintasan dengan menggunakan Metode *Ranked Positional Weight*, *J-Wagon*, dan *COMSOAL*' (Teguh Adhi Pribadi, 2004). Penelitian ini dilakukan pada perusahaan yang merupakan bagian dari PT. Astra International yang bergerak dibidang perakitan sepeda motor dengan membandingkan 4 metode keseimbangan lintasan yaitu *Largest Candidate Rule*, *Ranked Positional Weight*, *J-Wagon*, dan *COMSOAL*. Hasil penelitian menunjukkan adanya pengelompokan elemen kerja yang lebih merata jika dibandingkan kondisi awal dengan parameter pengukuran efisiensi lini, *balance delay*, dan *smoothness index*. Dari keempat metode yang digunakan, metode *J-Wagon* memberikan hasil yang lebih baik

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di pabrik PT.XYZ yang bergerak dalam bidang produksi transformator. Penelitian ini termasuk dalam jenis penelitian *action research*, yaitu penelitian yang dilakukan untuk mendapatkan temuan-temuan praktis/untuk pengambilan keputusan operasional guna mengembangkan pendekatan baru. Objek yang diteliti adalah proses produksi transformator jenis tiga phase dengan daya 100 kVA.

Variabel-variabel penelitian yang akan diamati terdiri dari 2 unsur utama, yaitu:

1. Variabel Independen
 - a. Alokasi Beban Kerja
 - b. Kapasitas Mesin
 - c. Kapasitas Operator

2. Variabel Dependen

Variabel yang termasuk ke dalam variabel dependen adalah variabel keseimbangan lintasan .

Instrumen yang digunakan dalam penelitian antara lain Jam henti (*stopwatch*) dan Pensil dan *form* pengumpulan data. Data yang dikumpulkan untuk melakukan penelitian ini yaitu berupa data primer dan data sekunder. Data primer terdiri dari data elemen-elemen kerja dalam perakitan transformator, waktu proses operasi setiap elemen kerja dan lintasan kerja awal perusahaan. Data sekunder terdiri dari data jumlah operator, data jumlah mesin, dan data jam kerja efektif.

Waktu operasi masing-masing elemen kerja dihitung dari hasil rata-rata 10 kali pengukuran. Kemudian dihitung normal dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Waktu Normal} = \text{Waktu Siklus} \times \text{Rating Factor} \dots\dots(i)$$

Selanjutnya dihitung waktu baku dari masing-masing elemen kerja dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Waktu Baku} = \text{Waktu Normal} \times \frac{100\%}{100\% - \text{Allowance}} \dots\dots (ii)$$

Waktu baku inilah yang akan dipakai untuk proses perhitungan selanjutnya yaitu menentukan keseimbangan lintasan pada perakitan transformator. Kemudian dihitung nilai *balance delay*, efisiensi lintasan, dan *smoothness index* lintasan aktual perusahaan yang merupakan parameter untuk melihat sejauh mana lintasan tersebut seimbang. Setelah itu dilakukan penyeimbangan lintasan dengan menggunakan metode Moodie Young dan COMSOAL dan kemudian dihitung nilai *balance delay*, efisiensi lintasan, dan *smoothness index* masing-masing metode. Kedua metode dibandingkan, lalu dipilih metode yang memiliki nilai *balance delay* yang lebih rendah, nilai efisiensi lini yang lebih tinggi dan nilai *smoothness index* yang lebih rendah.

Rumus untuk menghitung nilai *balance delay* (D), efisiensi lintasan, dan *smoothness index* (SI) sebagai berikut:

$$D = \frac{n.C - \sum_{i=1}^n S_{ti}}{n.C} \times 100 \% \dots\dots\dots(iii)$$

$$\text{Efisiensi} = \frac{\sum_{i=1}^n S_{ti}}{n.CT} \times 100 \dots\dots\dots(iv)$$

$$SI = \sqrt{\sum_{i=1}^n (S_{ti_{max}} - S_{ti})^2} \dots\dots\dots(v)$$

Keterangan:

C = Waktu yang paling maksimum dalam stasiun kerja

n = Jumlah stasiun kerja

S_{ti} = Waktu masing-masing stasiun kerja (i=1,2,...,n)

Hasil dari penelitian ini adalah rancangan keseimbangan lintasan yang lebih baik dari kondisi awal dan penentuan jumlah mesin dan operator yang efektif dalam memenuhi *duedate* pengerjaan produk.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Elemen kerja dan Waktu Operasi

Data elemen kerja dan waktu operasi pada masing-masing *work center* dapat dilihat pada Tabel 2. Data ini diambil melalui observasi di lantai pabrik.

Tabel 2. Data Elemen Kerja dan Waktu Operasi

Work Center	Elemen Kerja	Waktu Operasi (menit)
WC I Pemotongan	1. Menset pisau mesin pembelah sesuai ukuran	1,036
	2. Pemotongan	9,472
WC II Penggulungan Core	3. Penyusunan Bahan	4,432
	4. Penggulungan inti	15,709
WC III Penimbangan Core	5. Penimbangan	5,428
	6. Memasukkan inti ke dalam mesin annealing	2,969
WC IV Pemanggangan	7. Proses Pemanggangan	205,71
	8. Mengeluarkan inti dari mesin annealing	2,927
WC V Pengujian rugi-rugi inti	9. Meletakkan inti yang diuji	3,357
	10. Melilitkan Kabel	4,268
	11. Memberi tegangan	2
WC VI Pembuatan kertas Isolasi	12. Membuka lilitan kabel	0,738
	13. Pemotongan OD	3,714
	14. Pembuatan OD	8,204
WC VII Penggulungan Coil	15. Pembuatan SS	1,825
	16. Pembuatan PP	12,906
	17. Mengatur meja kerja	5,909
WC VIII Koneksi Kumparan	18. Mengangkut core ke meja kerja	2,4
	19. pengikatan dengan pita	1,467
	20. Pemasangan roda gigi	3,188
	21. Pemasangan Kertas/lilin	0,88
	22. Penggulungan Sekunder	27,741
	23. Penggulungan primer	59,025
WC VIII Koneksi Kumparan	24. Mengangkut coil	3,366
	25. Penyisipan sekunder	4,977
	26. Pemotongan kertas support	7,205
	27. Pemasangan pendukung	4,256
	28. Pengelasan sekunder	57,948
	29. Pemasangan tutup	4,706
	30. Pemasangan LV	2,706

31. Pemasangan HV	4,477
32. Pemasangan topchanger	2,043
33. Pengelasan primer	25,316
34. TTR	2

Tabel 2. Data Elemen Kerja dan Waktu Operasi (Lanjutan)

Work Center	Elemen Kerja	Waktu Operasi (menit)
WC IX Pengeringan Trafo	35. Memasukkan Trafo ke dalam mesin pengering	3,035
	36. Proses Pengeringan	192
	37. Mengeluarkan Trafo ke dalam mesin pengering	3,019
WC X Proses Akhir	38. Pengujian isolasi	19,771
	39. Pemasangan Terminal	10,94
	40. Pemasangan Casing	40,302
	41. Pengisian Minyak	15,86
	42. Pengujian Akhir	16,36
	43. Pemasangan merk	2,052

Pada Tabel 2 menjelaskan bahwa terdapat pengelompokan elemen kerja pada masing-masing *work center*. Di dalam proses perakitan terdapat 10 *work center*, dimana yang terdiri dari 43 elemen kerja. *Work center* III memiliki elemen kerja yang paling sedikit yaitu 1 elemen kerja dan *work center* VII memiliki elemen kerja yang paling banyak yaitu 7 elemen kerja. Untuk jumlah mesin dan jumlah operator pada setiap *work center* yaitu masing-masing 1 mesin dan 1 operator Waktu baku dari masing-masing elemen kerja dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Waktu Baku Elemen Kerja

Elemen Kerja	Waktu Terpilih (menit)	Rating Factor	Allowance (%)	Waktu Normal (menit)	Waktu Baku (menit)
1	1,036	0,12	20	1,16	1,45
2	9,472	0,12	20	10,61	13,26
3	4,432	0,14	17	5,05	6,09
4	15,709	0,14	17	17,91	21,58
5	5,428	0,12	21	6,08	7,70
6	2,969	0,04	15	3,09	3,63
7	205,71	0	0	205,71	205,71
8	2,927	0,04	15	3,04	3,58
9	3,357	0,11	17	3,73	4,49
10	4,268	0,11	17	4,74	5,71
11	2	0,11	17	2,22	2,67
12	0,738	0,11	17	0,82	0,99

13	3,714	0,13	19	4,20	5,18
14	8,204	0,13	19	9,27	11,45
15	1,825	0,13	19	2,06	2,55
16	12,906	0,13	19	14,58	18,00
17	5,909	0,16	24	6,85	9,02

Tabel 3. Rekapitulasi Waktu Baku Elemen Kerja (Lanjutan)

Elemen Kerja	Waktu Terpilih (menit)	Rating Factor	Allowance (%)	Waktu Normal (menit)	Waktu Baku (menit)
18	2,4	0,16	24	2,78	3,66
19	1,467	0,16	24	1,70	2,24
20	3,188	0,16	24	3,70	4,87
21	0,88	0,16	24	1,02	1,34
22	27,741	0,16	24	32,18	42,34
23	59,025	0,16	24	68,47	90,09
24	3,366	0,11	25	3,74	4,98
25	4,977	0,11	25	5,52	7,37
26	7,205	0,11	25	8,00	10,66
27	4,256	0,11	25	4,72	6,30
28	57,948	0,11	25	64,32	85,76
29	4,706	0,11	25	5,22	6,96
30	2,706	0,11	25	3,00	4,00
31	4,477	0,11	25	4,97	6,63
32	2,043	0,11	25	2,27	3,02
33	25,316	0,11	25	28,10	37,47
34	2	0,11	25	2,22	2,96
35	3,035	0,12	17	3,40	4,10
36	192	0	0	192,00	192,00
37	3,019	0,12	17	3,38	4,07
38	19,771	0,06	21	20,96	26,53
39	10,94	0,06	21	11,60	14,68
40	40,302	0,06	21	42,72	54,08
41	15,86	0,06	21	16,81	21,28
42	16,36	0,06	21	17,34	21,95
43	2,052	0,06	21	2,18	2,75

Tabel 3 menjelaskan, untuk masing-masing elemen kerja dihitung waktu bakunya. Waktu terpilih diperoleh dari nilai rata-rata pengukuran sebanyak 10 kali. Selanjutnya dilakukan penentuan waktu siklus dimana metode untuk menghitung waktu siklus ialah dengan mengambil faktorisasi prima dari waktu total elemen kerja perusahaan dan mengkombinasi bilangan tersebut hingga memenuhi syarat :

$$W.\text{elemen kerja terbesar} \leq W.\text{Siklus} \leq W.\text{Total}$$

$$205,71 \leq \text{Waktu Siklus} \leq 985,15$$

Jadi, waktu siklus *work center* yang dipilih yaitu 205,71 menit yang merupakan elemen kerja dengan waktu proses terbesar agar tidak menambah pekerjaan operator pada elemen kerja ini. Hal ini juga dilakukan agar lebih seimbang dalam melakukan pembagian kerja. Waktu baku ini yang akan digunakan untuk perhitungan selanjutnya. Waktu baku yang maksimum terdapat pada elemen kerja 7 yaitu 205,71 menit dan waktu baku yang minimum terdapat pada elemen kerja elemen kerja 12 yaitu 0,99 menit.

3.2. Keseimbangan Lintasan Lintasan Aktual

Perhitungan Nilai *Balance Delay*, *Efisiensi Lini* dan *Smoothness Index* Lintasan Kerja Aktual.

Nilai *Balance Delay* (D) adalah sebagai berikut:

$$D = \frac{10(212,92) - 985,15}{10(212,92)} \times 100 \%$$

$$D = \frac{2129,2 - 985,15}{2129,2} \times 100 \%$$

$$D = 53,73 \%$$

Nilai *Efisiensi Lini* adalah sebagai berikut:

$$Efisiensi = \frac{985,15}{10(205,71)} \times 100 \%$$

$$= 47,89 \%$$

Smoothness Index adalah sebagai berikut:

$$SI = \sqrt{(212,92 - 14,71)^2 + \dots + (212,92 - 141,27)^2}$$

$$= \sqrt{281,46^2 + \dots + 154,90^2}$$

$$= 443,18$$

Maka pada lintasan kerja awal perusahaan nilai *balance delay* sebesar 53,73 %, *efisiensi lini* sebesar 47,89 % dan *smoothness index* sebesar 443,18. Ketiga nilai ini yang dijadikan parameter dalam menilai keseimbangan lintasan.

3.3. Penyeimbangan Lintasan Metode *Moodie Young* dan *COMSOAL*

3.3.1. Metode *Moodie Young*

Fase Pertama:

Fase pertama adalah membuat pengelompokan stasiun kerja. Elemen kerja ditempatkan pada stasiun kerja dengan aturan, bila terdapat dua elemen kerja yang bisa dipilih maka elemen kerja yang mempunyai waktu yang lebih besar ditempatkan yang pertama. Pada fase ini pula, *precedence diagram* dibuat matriks P dan F, yang menggambarkan elemen kerja pendahulu (P) dan elemen kerja yang mengikuti (F) untuk semua elemen kerja yang ada. Hasil Pengelompokan elemen kerja pada fase pertama dapat dilihat pada Tabel 4.

Fase Kedua:

- 1) Identifikasi waktu stasiun kerja terbesar dan waktu stasiun kerja terkecil.
- 2) Tentukan GOAL, dengan rumus:

$$GOAL = \frac{waktu\ siklus\ max - waktu\ siklus\ min}{2}$$

- 3) Identifikasi sebuah elemen kerja yang terdapat dalam stasiun kerja dengan waktu paling maksimum, yang mempunyai waktu yang lebih kecil daripada GOAL, yang elemen kerja tersebut bila dipindah ke stasiun kerja yang paling minimum tidak melanggar *precedence diagram*.
- 4) Pindahkan elemen kerja tersebut.
- 5) Ulangi evaluasi sampai tidak ada lagi elemen kerja yang dapat dipindah

Tabel 4. Pengelompokan Elemen Kerja Fase 1

Work Center	Elemen Kerja	Waktu (Menit)	Waktu Total
I	16	18	37,18
	13	5,18	
	14	11,45	
	15	2,55	
II	1	1,45	14,71
	2	13,26	
III	3	6,09	39
	4	21,58	
	5	7,70	
IV	6	3,63	205,71
	7	205,71	
V	8	3,58	17,44
	9	4,49	
	10	5,71	
	11	2,67	
	12	0,99	
VI	17	9,02	153,56
	18	3,66	
	19	2,24	
	20	4,87	
	21	1,34	
	22	42,34	
	23	90,09	
VII	24	4,98	180,21
	25	7,37	
	26	10,66	
	27	6,30	
	28	85,76	
	29	6,96	
VIII	30	4,00	196,07
	33	37,47	
	34	2,96	
	35	4,10	
	36	192	
IX	37	4,07	141,27
	38	26,53	
	40	54,08	
	39	14,68	
	41	21,28	
	42	21,95	
	43	2,75	

Tabel 4 menjelaskan hasil pengelompokan elemen kerja fase 1, terjadi pengelompokan elemen kerja pada masing-masing *work center* dan terjadi pengurangan *work center* dari 10 menjadi 9 *work center*. Waktu maksimum terdapat pada *work center* IV yaitu 205,71 menit dan waktu minimum terdapat pada *work center* II yaitu 14,71 menit. Hasil Pengelompokan elemen kerja pada fase kedua dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengelompokan Elemen Kerja Fase 2

Work Center	Elemen Kerja	Waktu (Menit)	Waktu Total
I	16	18	37,18
	13	5,18	
	14	11,45	
	15	2,55	
II	1	1,45	14,71
	2	13,26	
III	3	6,09	39
	4	21,58	
	5	7,70	
	6	3,63	
IV	7	205,71	205,71
	8	3,58	
V	9	4,49	17,44
	10	5,71	
	11	2,67	
	12	0,99	
	17	9,02	
VI	18	3,66	153,56
	19	2,24	
	20	4,87	
	21	1,34	
	22	42,34	
	23	90,09	
VII	24	4,98	180,21
	25	7,37	
	26	10,66	
	27	6,30	
	28	85,76	
	29	6,96	
VIII	31	6,63	192
	30	4,00	
	32	3,02	
	33	37,47	
	34	2,96	
	35	4,10	
	36	192	
IX	37	4,07	145,34
	38	26,53	
	40	54,08	
	39	14,68	
	41	21,28	
	42	21,95	
43	2,75		

Tabel 5 menjelaskan hasil pengelompokan elemen kerja fase 2. Dari fase pertama terjadi pemindahan elemen kerja 37 pada *work center* VIII ke *work center* IX. Pemindahan dilakukan agar terjadi pembagian

beban kerja (elemen kerja) yang lebih merata untuk setiap *work center*. Perhitungan nilai *balance delay*, efisiensi dan *smoothness Index* dengan metode *Moodie Young* sebagai berikut:

$$D = \frac{9(205,71) - 981,15}{9(205,71)} \times 100 \%$$

$$D = \frac{1851,39 - 985,15}{1851,39} \times 100 \%$$

$$D = 46,79 \%$$

$$Efisiensi = \frac{985,15}{9(205,71)} \times 100 \%$$

$$= 53,21 \%$$

$$SI = \sqrt{(205,71 - 37,18)^2 + \dots + (205,71 - 141,27)^2}$$

$$= \sqrt{168,53^2 + \dots + 60,37^2}$$

$$= 367,86$$

Maka pada lintasan kerja dengan metode *Moodie Young* memiliki nilai *balance delay* sebesar 46,79 %, efisiensi lini sebesar 53,21 % dan *smoothness index* sebesar 367,86.

3.3.2. Metode COMSOAL

Prosedur dari metode *COMSOAL* ini secara manual adalah sebagai berikut:

1. Mendaftarkan semua komponen pekerjaan serta jumlah proses yang mendahuluinya (yang terdekat).
2. Mendaftarkan semua komponen pekerjaan yang tidak didahului oleh proses manapun
3. Memilih salah satu elemen kerja yang terdaftar pada prosedur no. 2 (pilih secara acak). Elemen kerja yang dipilih dipindahakan dari dasar pada prosedur no 2. Kemudian di daftar pada prosedur no 1, setelah itu prosedur no 2 direvisi. Elemen kerja yang dipilih elemen kerja 1, maka pengelompokkan elemen kerja setelah direvisi. Ulangi lagi prosedur no.3 dengan syarat $ZTc < Tc$ Pengelompokan elemen kerja dengan metode *COMSOAL* dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Pengelompokan Elemen Kerja

Work Center	Elemen Kerja	Waktu (Menit)	Jumlah Waktu
I	1	1,45	14,71
	2	13,26	
	16	18,00	
II	13	5,18	37,18
	14	11,45	
	15	2,55	
	3	6,09	
III	4	21,58	39
	5	7,70	
	6	3,63	

IV	7	205,71	205,71
	8	3,58	
	9	4,49	
V	10	5,71	17,44
	11	2,67	
	12	0,99	
VI	17	9,02	153,56
	18	3,66	
	19	2,24	
	20	4,87	
	21	1,34	
	22	42,34	
	23	90,09	

Tabel 6. Pengelompokan Elemen Kerja (Lanjutan)

Work Center	Elemen Kerja	Waktu (Menit)	Jumlah Waktu
VII	24	4,98	180,21
	25	7,37	
	26	10,66	
	27	6,30	
	28	85,76	
	29	6,96	
	30	4,00	
	31	6,63	
	32	3,02	
	33	37,47	
VIII	34	2,96	196,07
	35	4,10	
IX	36	192	141,27
	37	4,07	
IX	38	26,53	141,27
	39	14,68	
	40	54,08	
	41	21,28	
	42	21,95	
	43	2,75	

Tabel 6 menjelaskan hasil pengelompokan elemen kerja yang terdiri dari 9 work center. Terjadi pengurangan work center jika dibandingkan dengan kondisi aktual. Perhitungan nilai *balance delay*, efisiensi dan *smoothness Index* dengan metode COMSOAL sebagai berikut:

$$D = \frac{9(205,71) - 981,15}{9(205,71)} \times 100 \%$$

$$D = \frac{1851,39 - 985,15}{1851,39} \times 100 \%$$

$$D = 46,79 \%$$

$$Efisiensi = \frac{985,15}{9(205,71)} \times 100 \%$$

$$= 53,21 \%$$

$$SI = \sqrt{(205,71 - 37,18)^2 + \dots + (205,71 - 141,27)^2}$$

$$= \sqrt{168,53^2 + \dots + 60,37^2}$$

$$= 368,42$$

Maka pada lintasan kerja dengan metode COMSOAL memiliki nilai *balance delay* sebesar 46,79 %, efisiensi

lini sebesar 53,21 % dan *smoothness index* sebesar 368,42.

Dari hasil penyeimbangan lintasan dengan kedua metode yang digunakan, kedua metode memiliki nilai *balance delay* dan efisiensi lini yang sama yaitu sebesar 46,79 % dan 53,21 % dan untuk nilai *smoothness index*, metode yang lebih baik yaitu dengan menggunakan metode *Moodie Young* karena memiliki nilai yang lebih rendah yaitu sebesar 367,86. Maka metode usulan yang dipilih yaitu metode *Moodie Young*.

3.4. Penentuan Jumlah Mesin dan Operator

Kapasitas work center (WC) dengan metode usulan dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Kapasitas Work Center Metode Usulan

Work Center	Kapasitas (unit/hari)	Jumlah Mesin	Jumlah Operator
I	10	1	1
II	24	1	1
III	9	2	1
IV	7	1	-
V	21	1	1
VI	2	1	1
VII	2	1	1
VIII	15	1	-
IX	3	1	1
Jumlah		10	7

Kapasitas work center menjelaskan kemampuan dari masing-masing work center untuk menghasilkan produk yang diukur dalam satuan unit/hari.

Pada Bulan Mei jumlah permintaan transformator 100 kVA sebanyak 16 buah dengan *duedate* waktu pengerjaan 12 hari Untuk perhitungan waktu pengerjaan produk yang didasarkan pada kapasitas setiap work center dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Waktu Pengerjaan Produk Berdasarkan Kapasitas Setiap WC

WC Hari ke-	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
	I								
1	10	16	9	7					
2	6		7						
3				7	7	2	1		
4				2	7	2	2		
5					2	2	2		
6						2	2		
7						2	2		
8						2	2		
9						2	2		
10						2	2		
11							1	15	
12									
13									3
14								1	3
15									3
16									3
17									3
18									1

Dari tabel diatas, pengerjaan produk untuk permintaan sebanyak 16 selesai dalam waktu sekitar 18 hari. Jika dibandingkan dengan *duedate* pengerjaan produk yaitu 12 hari maka masih terjadi keterlambatan. Dari data pada tabel diatas terjadi penumpukkan produk *work in process* pada *work center* VII dan IX yang menyebabkan keterlambatan. Maka diperlukan penambahan jumlah mesin dan operator untuk mengantisipasi keterlambatan yang terjadi. Pada WC VI, VII, dan IX masing-masing ditambah 1 mesin dan 1 operator, sehingga kapasitas masing-masing WC VI, VII, dan IX berubah menjadi 4 unit/hari, 4 unit/hari, dan 6 unit/hari. Pengerjaan produk setelah dilakukan penambahan mesin dan operator dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Waktu Pengerjaan Produk Setelah Penambahan Operator

WC Hari ke-	I	II	III	IV	V	VI	VII	VII I	IX
1	10	16	9	7					
2	6		7						
3				7	7	4	2		
4				2	7	4	4		
5					2	4	4		
6						4	4		
7							2		
8								15	
9									
10									6
11								1	6
12									4

Dari table diatas dapat dilihat bahwa setelah dilakukan penambahan mesin dan operator, waktu pengerjaan produk menjadi 12 hari sesuai dengan *duedate* yang diinginkan pelanggan. Dari data pada tabel diatas tidak ada lagi penumpukkan produk *work in process* pada *work center* VII dan IX yang menyebabkan keterlambatan. Semua *work center* sudah memiliki beban pekerjaan yang merata.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis hasil dan pembahasan, terdapat perbedaan susunan kondisi stasiun kerja lintasan kerja aktual (awal) dengan lintasan kerja usulan. Dari kedua metode yaitu *COMSOAL* dan *Moodie Young* yang digunakan untuk memperbaiki lintasan, nilai balance delay dan efisiensi lintasan kedua metode sama besarnya tetapi nilai *smoothness index* metode *Moodie Young* lebih kecil sehingga terpilih metode *Moodie Young* sebagai metode usulan. Jumlah stasiun kerja setelah dilakukan keseimbangan dengan metode usulan berkurang dari 10 stasiun kerja menjadi 9 stasiun kerja.

Dalam memenuhi permintaan pelanggan sesuai dengan *duedate* yang sudah ditetapkan, dilakukan penambahan 1 mesin dan 1 operator pada masing-masing stasiun kerja VI (Penggulungan Coil), VII (Koneksi Kumparan), dan IX (Proses Akhir).

DAFTAR PUSTAKA

- Baroto, Teguh. 2012. *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Ginting, Rosnani. 2007. *Sistem Produksi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Napitupulu, Juni Yanti. 2010. Penyeimbangan Lintasan pada Proses Pembuatan Pintu dengan Metode Helgesin Birnie *Kilbridge Wester*, dan *Moodie Young* pada *Production Training Center*. Medan: Departemen Teknik Industri Universitas Sumatera Utara.
- Nasution, Arman Hakim. 2003. *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*, Edisi Pertama. Surabaya: Guna Widya.
- Ponnambalam, S, G, Aravindan, P and Mogileeswar Naidu, G. 1999. *A Comparative Evaluation of Assembly Line Balancing Heuristic*. Springer-Verlag London Limited
- Pribadi, Teguh Adhi. 2004. Usulan *Design Subline* Tipe BE 0 Studi Kasus pada PT.XYZ. Jakarta: Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Bina Nusantara.
- Purnomo, Hari. 2004. *Pengantar Teknik Industri*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Sinulingga, Sukaria. 2011. *Metode Penelitian*. Medan: USU Press.