

ANALISA KESEIMBANGAN LINTASAN DAN EVALUASI CONTINUOUS LOOP CONVEYOR UNTUK MENGURANGI DELIVERY TIME DENGAN PENDEKATAN SIMULASI (Studi Kasus : PT Indoprima Gemilang Gresik)

Danil Setiawan

PT. Indoprima Gemilang Gresik
khamamah@gmail.com

ABSTRAK

Keseimbangan lintasan (*line balancing*) produksi merupakan suatu hal yang penting dalam suatu perusahaan. Keseimbangan lintasan tersebut diperlukan agar memiliki pembebanan yang berimbang sehingga aliran produk dapat berjalan dengan lancar. Dengan metode *Rank Positional Weight* perusahaan wiring harness PT Indoprima Gemilang mendapatkan efisiensi sistem 93.89 % dan *balance delay* 6.11 %, melalui penentuan *presedence diagram*, *presedence matrik*, serta proses peta kerja, dan menggunakan evaluasi *continuous loop conveyor* sebagai acuan untuk menentukan *delivery time* dan waktu baku yang dibutuhkan sebagai acuan untuk setting kecepatan optimal konveyor yaitu 333 mm/det sehingga menghasilkan output 1375 set perbulan. Dari model tersebut kemudian dimodelkan kedalam software arena untuk mendapatkan gambaran umum, khususnya untuk melihat output yang ada dari kondisi awal 6 operasi menjadi 5 stasiun operasi

Kata Kunci : keseimbangan lintasan, konveyor, simulasi

ABSTRACT

Line balancing is important problem in the line production. Line balancing necessary in order that line production is smooth. With Rank Positional Weight method pt Indoprima Gemilang company get efficiency system 93.89 % and balance delay 6.11 % through step presedence diagram, presedence matrik, and standard operational production and use continuous loop conveyor evaluation for determined delivery time and time standard for use setting delivery optimum conveyor is 333 mm/det and than provide output 1375 set per month. From this model and than in put to arena software, give general research in the system, specifically for be found output product the first condition with 6 operation to 5 station operation.

Keyword: *line balancing, conveyor, simulation*

PENDAHULUAN

Salah satu tolak ukur keberhasilan suatu proses produksi adalah dilihat dari jumlah output produksinya. Perkembangan yang cukup signifikan terjadi berawal dari pengerjaan manual yang membutuhkan waktu pengerjaan lama, meningkat dari hari kehari dengan semakin banyaknya jumlah meja konveyor sebagai alternatif pengerjaan perakitan. (Setiawan Danil, 2007). Pada proses perakitan yang ada di PT Indoprima Gemilang memiliki beberapa permasalahan diantaranya adalah faktor metode kerja dan penentuan kecepatan konveyor yang optimal dalam pengerjaannya. Khususnya produk *wiring harness* dengan model FE-TD yaitu harness MK 599451M- yang menjadi obyek penelitian. Harness MK 599451M merupakan type harness yang memiliki jumlah permintaan relatif banyak tercatat pada bulan Januari sampai dengan Mei

2007 sebanyak 3240 set. Selain itu dari data yang diperoleh menunjukkan produk tersebut memiliki tingkat kesulitan yang cukup tinggi, yaitu memiliki 30 step pengerjaan, Sehingga mengalami kesulitan dalam pembagian keseimbangan lintasan pada proses konveyor sehingga berpengaruh pada penentuan kecepatan konveyor yang dijadikan *work instruction*. Sebagai acuan terhadap output produksi, semakin cepat konveyor tersebut maka akan mampu menghasilkan output yang banyak.

Seiring dengan semakin kompleks jenis wiring harness dan tingkat keanekaragaman yang cukup tinggi menyebabkan sulitnya menentukan waktu ideal dan metode kerja yang digunakan, hal ini berpengaruh terhadap ketepatan waktu pengiriman barang dikarenakan tidak memenuhi target. Efisiensi menjadi titik awal dari evaluasi yang akan dilakukan khususnya yang terjadi pada proses *assembling*,

dimana penempatan meja konveyor berbentuk looping atau berputar, dengan beberapa aktifitas disetiap satu putaran dimulai dengan loading dan diakhiri dengan unloading menggunakan kecepatan dan flow rate tertentu, dengan pertimbangan *delivery time* yang dihasilkan, sehingga menggunakan analisa *continuous loop conveyor*.

Pengerjaan perakitan di PT. Indoprime Gemilang ditinjau dari peta kerja setempat merupakan jenis peta pekerja dengan konveyor, sehingga penempatan operasi disini sangat menunjang keberhasilan suatu proses. Menurut Shahab (2006) bahwa selain efisiensi atau keseimbangan lintasan yang merupakan kriteria keberhasilan, penempatan kegiatan-kegiatan dalam stasiun-stasiun kerja harus mengikuti urutan pengerjaan benda kerja sesuai dengan rencana proses produksi. Sedangkan menurut Ferdinando (2006) yaitu terkait dengan penggunaan simulasi sebagai upaya untuk mengoptimalkan yaitu Keseimbangan lintasan merupakan masalah yang banyak dihadapi oleh industri perakitan. Oleh karena itu disusunlah metode optimasi untuk mendapatkan solusi optimal dari suatu permasalahan keseimbangan lintasan. Selain itu simulasi juga sebagai alat

untuk mengukur kinerja dari skenario yang direncanakan dibandingkan dengan skenario awal sebelum diadakan analisa.

Simulasi selain sebagai salah satu pendukung keputusan juga dapat digunakan sebagai senjata terakhir dalam pemecahan suatu masalah, oleh karena itu disini digunakan software Arena sebagai alat untuk mengukur kinerja dari skenario pengerjaan assembling. Berikut merupakan beberapa tinjauan pustaka dari penilitain ini :

Continuous loop conveyors merupakan konveyor efisiensi dalam pengerjaannya, disebabkan adanya variasi part, model atau produk sehingga sangat membantu mempercepat jalannya proses produksi

Continuous loop conveyors adalah proses konveyor dimana masuknya elemen (loading) menuju keluarnya part (unloading) membutuhkan putaran (looping) dimana dipengaruhi kecepatan, jarak total dan jarak antara, serta jumlah elemen yang biasanya digunakan pada perusahaan-perusahaan yang membutuhkan waktu

Continuous Loop Conveyors

Material flow rate (R_f)

L_d : length of the delivery loop
 L_c : length of the return loop
 n_c : number of carriers

L : total length of the conveyor
 S_c : carriers at distance apart
 n_p : number of parts of parts in a carrier

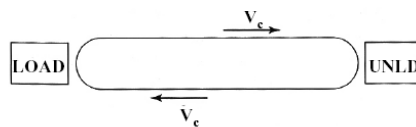
Delivery time : $T_d = \frac{L_d}{V_c}$

Total travel time : $T_c = \frac{L}{V_c}$

Total number of carriers : $n_c = \frac{L}{S_c}$

Total parts in system : $\frac{n_p n_c L_d}{L}$

Material flow rate : $R_f = \frac{n_p V_c}{S_c}$



Gambar 1 Analisa *Loop Conveyors*

Line Balancing

Pada aliran lini produksi banyak sekali terdapat proses produksi dan perakitan yang berbeda dan terpisah. Urutan suatu proses atau langkah-langkah perakitan akan menjadi batasan / menjadi pendahulu dari proses yang lain untuk

beberapa aktivitas produksi, sehingga proses / langkah-langkah ini harus dilakukan secara berurutan sebelum suatu proses lain dilaksanakan. Batasan ini dalam istilah *line balancing* disebut precedence constraint.

Permasalahan dalam line balancing adalah bagaimana mengatur proses dan aktivitas perakitan dalam stasiun-stasiun kerja, sehingga waktu yang dibutuhkan untuk masing-masing stasiun kerja kurang lebih menjadi sama. Jika elemen-elemen kerja (operasi-operasi) yang ada dapat dikelompokkan sehingga waktu untuk masing-masing stasiun kerja yang ada sama maka akan terjadi keseimbangan yang sempurna dari stasiun-stasiun kerja yang ada sehingga proses perakitan atau produksi akan berjalan dengan sangat lancar

Bila waktu antara masing-masing stasiun kerja tidak sama, maka stasiun kerja yang paling lambat (paling lama) akan menentukan tingkat

produksi seluruh lintasan produksi yang ada. Oleh karena itu dalam setiap proses produksi waktu antar stasiun kerja seharusnya dibuat kurang lebih sama dengan yang dimaksud (sesuai dengan *precedence diagram*).

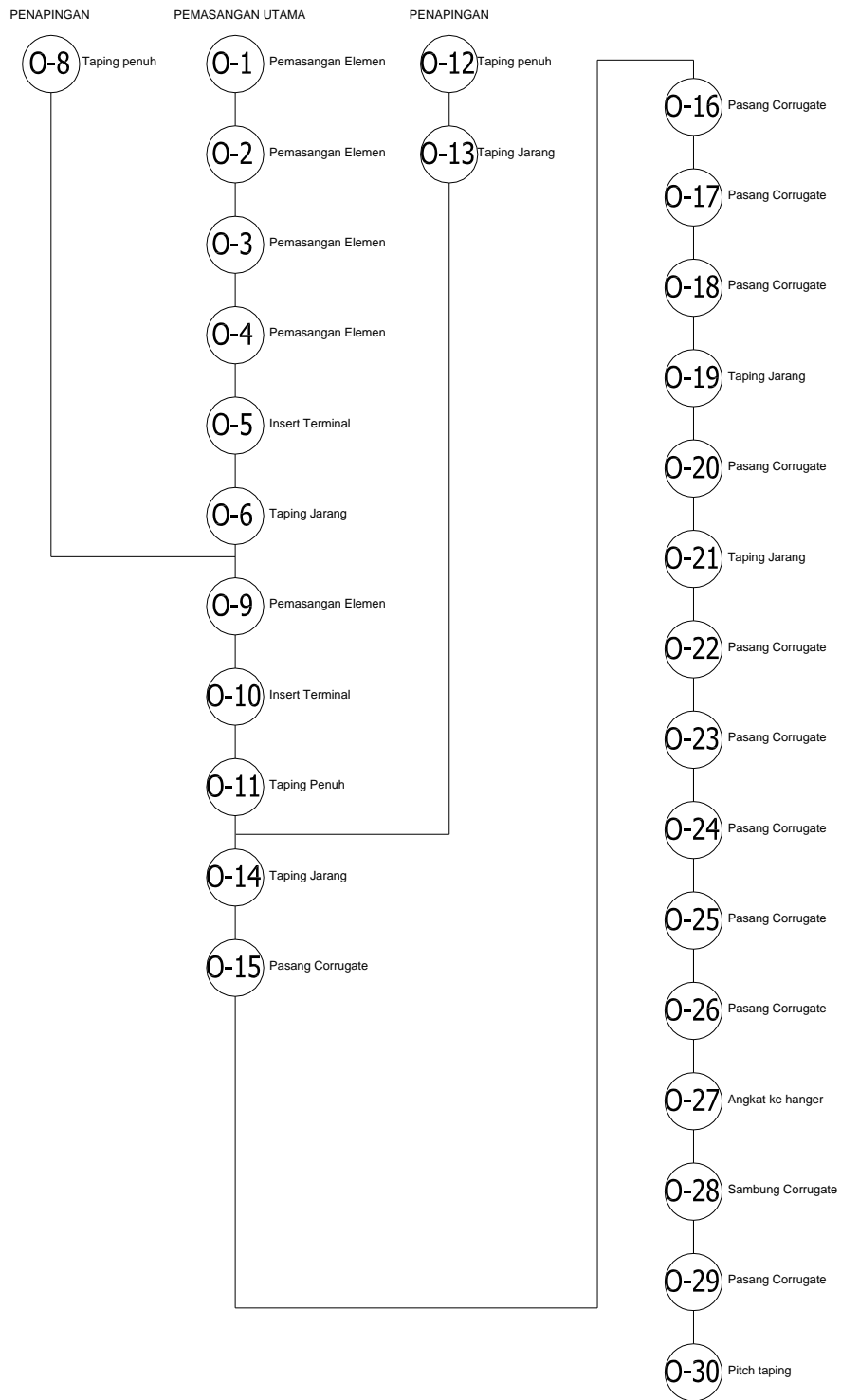
Proses Produksi Wiring Harness

Dalam penelitian ini, yang menjadi obyek dalam pengambilan data adalah data data sebagai berikut, yang diharapkan dapat mendukung dalam pemecahan masalah Di PT. Indoprima Gemilang, objek ini adalah harness MK 599451M yang memiliki elemen kerja sebagai berikut

Tabel 1. Proses Produksi

NO	JENIS OPERASI	AKTIFITAS
1	O-1	Pemasangan Element 5/6 (W0902-02FH-GY)
2	O-2	Pemasangan Element 6/6 (Bonda)
3	O-3	Pemasangan Element 2/6 (SDL-22-F)
4	O-4	Pemasangan Element 3/6 (XO2F-GY)
5	O-5	Insert terminal kedalam konektor
6	O-6	Taping jarang L=920; L=380 L=670, s/d L=150; pasang COT-7 L=150
7	O-7	Taping jarang L=280 & taping penuh L=120 + passng holder M04F-W
8	O-8	Taping penuh ULT 8X9,L=170;ULT 8X9, L=300; taping jarang L=310; pasang holder FWC-6F-B
9	O-9	Pemasangan Element 4/6 (YSWP-6F-GY)
10	O-10	Pemasangan Element 1/6 (Fuse Box)
11	O-11	Insert terminal kedalam konektor
12	O-12	Taping penuh L=120 (312-3F-N);L=130 (SDL-22F-N); taping jarang L=530; taping penuh L=110 s/d taping jarang L=840
13	O-13	Taping jarang L=1040;L=170; L=220; L=380 s/d L=420/460
14	O-14	Taping jarang L=1790 L=760; L=290; pasang COT-10 L=25; pasang VT9X10 L=290 s/d taping jarang L=510;psng ZT20-B L=170
15	O-15	Pasang COT-7 L=1040 pitch hitam 5 pcs, psng HCOT-5 L=310 + tap. panas penuh
16	O-16	Pasang COT-7 L=140, psng COT-7 L=220+pitch hitam,psng COT-7 L=350+pitch hitam,psng HCOT-7 L=420/460+tap. Panas penuh
17	O-17	Pasang COT-7 L=1760+pitch hitam 7 pcs, COT7 L=760+pitch hitam 3 pcs
18	O-18	Pasang COT-22 L=510 + tap. penuh, tap. jarang L=360
19	O-19	Taping jarang L=430; L=1000; pasang COT- 13 L=420+tap. penuh + pitch kuning 2 pcs
20	O-20	Pasang COT-10 L=340+pitch kuning 3 pcs + pitch putih 1 pcs.
21	O-21	Taping jarang L=110; L=570; L=1000
22	O-22	Pasang COT-13 L=90+ taping kuning 1 pcs, pasang COT-15 L=560+taping penuh
23	O-23	Pasang COT-19 L=970+taping penuh + pitch kuning + pitch kuning ZT
24	O-24	Pasang COT-19 L=530+taping penuh, pasang COT-19 L=840+taping.penuh & pitch kuning 2 pcs.
25	O-25	Pasang COT-7 L=900+pitch hitam 3 pcs, pasang COT-10 L=370+pitch hitam+pitch kuning
26	O-26	Pasang COT-7 L=650+ pitch hitam+pitch 2 pcs + pitch kuning 1 pcs, pasang COT-15 L=145, pasang COT-7 L=280
27	O-27	Angkat ke Hanger
28	O-28	Menyambung COT pada 5 PERCABANGAN
29	O-29	Pasang COT-13 L=990, pasang CLIP 2 pcs + pitch hitam 4 pcs + pitch kuning 2 pcs
30	O-30	Pitch kuning 1pcs COT-7 L=280+pitch kuning 1 pcs pada COT-19 L=840

Sumber : PT. Indoprima Gemilang Gresik



Gambar 2
Peta proses Operasi Wiring Harness MK 599451 M

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data dan analisa waktu kerja

Data Waktu pengamatan kerja dilakukan dengan menghitung waktu kerja yaitu Proses diukur saat operator menjalankan proses dalam keadaan riil / nyata, kemudian hasil dari pengamatan tersebut digunakan untuk perhitungan waktu normal.

Tabel 3
Perhitungan waktu normal

Kode Operasi	Waktu Rata-Rata	p	Waktu Normal	Kode Operasi	Waktu Rata-Rata	p	Waktu Normal
O-1	57,82	1,15	66,493	O-16	266,9	1,15	306,935
O-2	57,86	1,15	66,539	O-17	185,65	1,15	213,4975
O-3	74,02	1,15	85,123	O-18	203,04	1,15	233,496
O-4	42,16	1,15	48,484	O-19	277,74	1,15	319,401
O-5	92,08	1,15	105,892	O-20	63,38	1,15	72,887
O-6	116,52	1,15	133,998	O-21	152,08	1,15	174,892
O-7	61	1,15	70,15	O-22	204,52	1,15	235,198
O-8	104,6	1,15	120,29	O-23	185,54	1,15	213,371
O-9	129,96	1,15	149,454	O-24	210,42	1,15	241,983
O-10	135,32	1,15	155,618	O-25	201,64	1,15	231,886
O-11	83,46	1,15	95,979	O-26	157,48	1,15	181,102
O-12	275,62	1,15	316,963	O-27	20,2	1,15	23,23
O-13	127,46	1,15	146,579	O-28	369,56	1,15	424,994
O-14	190,32	1,15	218,868	O-29	163,12	1,15	187,588
O-15	192,44	1,15	221,306	O-30	19,75	1,15	22,7125

Sumber : hasil olahan

Menghitung Waktu Baku

Waktu baku yang ditetapkan haruslah mencakup semua operasi kerja dan ditambah dengan kelonggaran sesuai dengan kondisi kerjanya masing-masing. Manfaat dari penentuan waktu standard adalah mengetahui beberapa hasil yang dapat diperoleh dalam waktu tertentu dari proses yang diharapkan. Dengan melihat kondisi yang ada dilapangan maka disimpulkan bahwa persen allowance untuk tiap pekerjaan adalah sebagai berikut seperti pada tabel 5.

Tabel 4

Perhitungan Waktu Baku

Kode Operasi	Waktu Normal	Allowance Time (%)	Output Standar per detik	Waktu Baku (detik set wiring)
O-1	66,493	20	0,013	79,79
O-2	66,539	18,5	0,013	78,85
O-3	85,123	20	0,010	102,15
O-4	48,484	18,5	0,017	57,45
O-5	105,892	18,5	0,008	125,48
O-6	133,998	18,5	0,006	158,79
O-7	70,15	18,5	0,012	83,13
O-8	120,29	20	0,007	144,35
O-9	149,454	18,5	0,006	177,10
O-10	155,618	20	0,005	186,74
O-11	95,979	18,5	0,009	113,74
O-12	316,963	20	0,003	380,36
O-13	146,579	18,5	0,006	173,70
O-14	218,868	18,5	0,004	259,36
O-15	221,306	18,5	0,004	262,25
O-16	306,935	18,5	0,003	363,72
O-17	213,4975	22	0,004	260,47
O-18	233,496	18,5	0,004	276,69
O-19	319,401	20	0,003	383,28
O-20	72,887	20	0,011	87,46
O-21	174,892	18,5	0,005	207,25
O-22	235,198	18,5	0,004	278,71
O-23	213,371	20	0,004	256,05
O-24	241,983	20	0,003	290,38
O-25	231,886	18,5	0,004	274,78
O-26	181,102	20	0,005	217,32
O-27	23,23	20	0,036	27,88
O-28	424,994	18,5	0,002	503,62
O-29	187,588	18,5	0,004	222,29
O-30	22,7125	20	0,037	27,26

Sumber : hasil olahan

Dari kondisi awal perusahaan diketahui bahwa perusahaan belum menerapkan keseimbangan lintasan dalam proses pembuatan wiring harness type MK 599451m . Hal ini terlihat dalam operasi kerjanya dimana 30 elemen kerjanya yang mempunyai pengerjaan yang berbeda-beda dikerjakan dengan konveyor oleh 6 operator dan secara manual dengan 2 operator

Operasi 1 (pemasangan elemen 5, 6, 2, 3)

Adapun balance Delay awal dari proses assembling wiring harness MK 599451 sebagai berikut :

Balance Delay:

Effisien system awal = 100% - 21.76% = 78.24%

Perencanaan Keseimbangan Lintasan
Precedence Diagram Proses Pembuatan Wiring Harness

Precedence diagram merupakan gambaran secara grafis dari urutan operasi kerja serta

Penentuan Bobot Posisi masing-masing Operasi

Bobot posisi masing-masing operasi dapat dihitung dengan cara mengelompokkan antara :

Operasi 2 (pemasangan elemen 4, 1)

Operasi 3 (Pemasangan Corrugate 7)

Operasi 4 (tapping jarak)

Operasi 5 (Pemasangan corrugate 19)

Operasi 6 (menyambung corrugate)

Dapat menimbulkan aktifitas back tracking dan tidak adanya pemanfaatan kemampuan karyawan yang baik yang dapat dilihat pada tabel 6.

$$D = \frac{(6 \times 1290.99) - 6060.38}{(6 \times 1290.99)} \times 100\% = 21.76$$

ketergantungan antara operasi kerja yang lainnya. Simbol lingkaran berisikan angka-angka yang ber lambangkan kegiatan operasi berdasarkan nomor operasi yang bersangkutan. Simbol anak panah menyatakan ketergantungan dari urutan proses operasi

1. waktu standard operasi itu sendiri
2. total waktu standard operasi yang mengikutinya

Tabel 5

Bobot Posisi

Kode Operasi	Elemen Time (detik)	Positional Weight	Ranking
O-1	79,79	5450,22	1
O-2	78,85	5370,43	2
O-3	102,15	5291,58	3
O-4	57,45	5189,43	4
O-5	125,48	5131,98	5
O-6	158,79	5006,50	6
O-7	83,13	4847,71	7
O-8	144,35	4764,58	9
O-9	177,10	4797,34	8
O-10	186,74	4620,23	10
O-11	113,74	4433,49	11
O-12	380,36	4319,76	13
O-13	173,70	4372,46	12
O-14	259,36	4198,76	14
O-15	262,25	3939,40	15
O-16	363,72	3677,15	16
O-17	260,47	3313,43	17
O-18	276,69	3052,97	18
O-19	383,28	2776,28	19
O-20	87,46	2392,99	20
O-21	207,25	2305,53	21
O-22	278,71	2098,28	22
O-23	256,05	1819,57	23
O-24	290,38	1563,53	24
O-25	274,78	1273,15	25
O-26	217,32	998,36	26
O-27	27,88	781,04	27
O-28	503,62	753,16	28
O-29	222,29	249,55	29
O-30	27,26	27,26	30

Sumber : hasil olahan

Menentukan Ranking Bobot Posisi setelah bobot posisi didapat, langkah selanjutnya mengurutkan bobot posisi dalam urutan menurun. Operasi dengan bobot posisi

terbesar diletakan paling atas dan seterusnya. Kemudian ditabelkan seperti pada tabel 6.

Tabel 6
 Penentuan ranking bobot posisi

Kode Operasi	Elemen Time (detik)	Positional Weight	Ranking
O-1	79,79	5450,22	1
O-2	78,85	5370,43	2
O-3	102,15	5291,58	3
O-4	57,45	5189,43	4
O-5	125,48	5131,98	5
O-6	158,79	5006,50	6
O-7	83,13	4847,71	7
O-9	177,10	4797,34	8
O-8	144,35	4764,58	9
O-10	186,74	4620,23	10
O-11	113,74	4433,49	11
O-13	173,70	4372,46	12
O-12	380,36	4319,76	13
O-14	259,36	4198,76	14
O-15	262,25	3939,40	15
O-16	363,72	3677,15	16
O-17	260,47	3313,43	17
O-18	276,69	3052,97	18
O-19	383,28	2776,28	19
O-20	87,46	2392,99	20
O-21	207,25	2305,53	21
O-22	278,71	2098,28	22
O-23	256,05	1819,57	23
O-24	290,38	1563,53	24
O-25	274,78	1273,15	25
O-26	217,32	998,36	26
O-27	27,88	781,04	27
O-28	503,62	753,16	28
O-29	222,29	249,55	29
O-30	27,26	27,26	30

Sumber : hasil olahan

Pengelompokan Operasi Kedalam Stasiun Kerja
 Pengelompokan lemen kerja kedalam stasiun

kerja dimaksudkan agar setiap stasiun kerja memperoleh beban kerja yang sama atau paling

tidak hampir sam dengan stasiun kerja yang lainnya, sehingga dengan demikian perbedaan pada tiap-tiap stasiun kerja yang berimbang apabila elemen-elemen kerja disusun dengan ukuran yang baik dalam suatu stasiun kerja, maka jumlah kumulatifnya akan sama atau hampir sama besarnya dengan waktu siklus.

Balance delay positif didapatkan apabila waktu siklus stasiun kerja (c) sama dengan atau lebih besar dari waktu stasiun yang terbesar (Si Max)

Keadaan ini untuk menghindari terjadinya bottle neck (kemacetan) yang disebabkan oleh operasi dengan waktu operasi dengan waktu terbesar, disini waktu operasi terbesar adalah (o-28) yaitu sebesar 503.62 detik. Dimana terletak pada stasiun kerja ke 2 dengan waktu baku 1290.99 detik

Waktu siklus harus sama dengan atau lebih kecil dari jam kerja efektif perhari (T) dibagi jumlah output yang ditetapkan perhari (Q) sehingga batasan-batasan waktu siklus operasi dapat dituliskan sebagai

$$\text{berikut } StMax \leq C \leq \frac{T}{Q}$$

Dimana

- St Max = Waktu Operasi terbesar
- C = Waktu siklus stasiun kerja
- T = Jam kerja Efektif perhari = 7 jam / hari
- Q = Jumlah produk perhari = 28 unit (data penjualan)

Dalam hal ini waktu siklus yang diijinkan untuk target

$$1290.99 \leq C \leq \frac{14 \times 60 \times 60 \text{ det } ik}{28}$$

$$D = \frac{(5 \times 1290.99) - 6060.38}{(5 \times 1290.99)} \times 100\% = 6.1\%$$

Effisiensi system awal = 100% - 6.1% = 93.9%

Pengelompokan operasi dalam stasiun kerja dilakukan dengan cara operasi dengan bobot posisi tertinggi ditempatkan pada stasiun kerja yang pertama. Sedangkan untuk mendapatkan kondisi yang optimal maka harus didapatkan balance delay positif yang terendah, karena itu harus diketahui terlebih dahulu waktu siklus dari jumlah stasiun kerja.

$$1290.99 \leq C \leq 1800$$

Jumlah stasiun kerja minimum

$$K \text{ min} = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{i=1}$$

Dimana

- Ai = waktu operasi / element
- K Min = Jumlah stasiun kerja minimum

Untuk waktu siklus 1290.99 detik maka jumlah stasiun kerja minimum adalah :

$$\begin{aligned} K \text{ min} &= 6060.38 / 1290.99 \\ &= 4.69 \\ &= 5 \text{ (dibulatkan keatas)} \end{aligned}$$

Dengan perhitungan diatas diperoleh stasiun kerja minimum 5 stasiun kerja dengan waktu siklus 1290.99. Untuk mengetahui kondisi yang optimal yaitu stasiun kerja yang mempunyai balance delay minimum yang sesuai dengan kapasitas produksi maka dapat dilihat tabel 5.4 dibawah yang juga dapat diketahui jumlah output yang dapat dihasilkan dari setiap waktu siklus. Seperti output untuk waktu siklus 1290.99 detik yaitu

$$\begin{aligned} &= \frac{14 \times 60 \times 60 \text{ det } ik}{1290.99} \times 1 \text{ setwairingharness} \\ &= 39 \text{ set/hari} \end{aligned}$$

$$D = \frac{(5 \times 1300) - 6060.38}{(5 \times 1300)} \times 100\% = 6.77\%$$

Effisiensi = 100% - 6.77% = 93.23%

Tabel 7
 Pengelompokan Operasi Kedalam Stasiun Kerja
 Dengan Metode RPW (Waktu Siklus 1500)

Work Station	Rank	Kode Operasi	Operasi Pendahulu	Element Time	Waktu Kumulatif	Waktu Senggang	Ket
1	1	O-1	-	79.79	79.79	1420.21	dipilih
	2	O-2	O-1	78.85	158.64	1341.36	dipilih
	3	O-3	O-2	102.15	260.79	1239.21	dipilih
	4	O-4	O-3	57.45	318.24	1181.76	dipilih
	5	O-5	O-4	125.48	443.72	1056.28	dipilih
	6	O-6	O-5	158.79	602.51	897.49	dipilih
	7	O-7	O-6	83.13	685.64	814.36	dipilih
	8	O-9	O-7	177.10	862.74	637.26	dipilih
	9	O-8	-	144.35	-	-	tdk dipilih
	10	O-10	O-9	186.74	1049.48	450.52	dipilih
	11	O-11	O-10	113.74	1163.22	336.78	dipilih
	12	O-12	-	173.70	-	-	tdk dipilih
	13	O-13	O-12	380.36	-	-	tdk dipilih
	14	O-14	O-13	259.36	1422.58	77.42	dipilih
2	9	O-8	-	144.35	144.35	1355.65	dipilih
	15	O-15	O-14	262.25	406.60	1093.40	dipilih
	16	O-16	O-15	363.72	770.31	729.68	dipilih
	12	O-12	-	173.70	944.01	555.99	dipilih
	13	O-13	O-12	380.36	1324.37	175.63	dipilih
3	17	O-17	O-16	260.47	260.47	1239.53	dipilih
	18	O-18	O-17	276.69	537.16	962.84	dipilih
	19	O-19	O-18	383.28	920.44	579.56	dipilih
	20	O-20	O-19	87.46	1007.91	492.09	dipilih
	21	O-21	O-20	207.25	1215.15	284.84	dipilih
	22	O-22	O-21	278.71	1493.86	6.13	dipilih
4	23	O-23	O-22	256.05	256.05	1243.95	dipilih
	24	O-24	O-23	290.38	546.42	953.57	dipilih
	25	O-25	O-24	274.78	821.21	678.79	dipilih
	26	O-26	O-25	217.32	1038.53	461.46	dipilih
5	27	O-27	O-26	27.88	27.88	1472.12	dipilih
	28	O-28	O-27	503.62	531.49	968.50	dipilih
	29	O-29	O-28	222.29	753.79	746.21	dipilih
	30	O-30	O-29	27.26	781.04	718.96	dipilih

$$D = \frac{(5 \times 1500) - 6060.38}{(5 \times 1500)} \times 100\% = 19.19\%$$

Effisiensi = 100% - 19.19% = 80.81%

Tabel 8
Pengelompokan Operasi Kedalam Stasiun Kerja
Dengan Metode RPW (Waktu Siklus 1800)

Work Station	Rank	Kode Operasi	Operasi Pendahulu	Element Time	Waktu Kumulatif	Waktu Senggang	Ket
1	1	O-1	-	79.79	79.79	1210.21	dipilih
	2	O-2	O-1	78.85	158.64	1131.36	dipilih
	3	O-3	O-2	102.15	260.79	1029.21	dipilih
	4	O-4	O-3	57.45	318.24	971.76	dipilih
	5	O-5	O-4	125.48	443.72	846.28	dipilih
	6	O-6	O-5	158.79	602.51	687.49	dipilih
	7	O-7	O-6	83.13	685.64	604.36	dipilih
	8	O-9	O-7	177.10	862.74	427.26	dipilih
	9	O-8	-	144.35			tdk dipilih
	10	O-10	O-9	186.74	1049.48	240.52	dipilih
	11	O-11	O-10	113.74	1163.22	1031.92	dipilih
	12	O-12	-	173.70	1336.91	858.22	dipilih
	13	O-13	O-12	380.36	1717.27	477.87	dipilih
2	14	O-14	O-13	259.36	259.36	218.51	dipilih
	15	O-15	O-14	262.25	521.61	1027.75	dipilih
	16	O-16	O-15	363.72	885.32	664.03	dipilih
	17	O-17	O-16	260.47	1145.79	403.57	dipilih
	18	O-18	O-17	276.69	1422.48	126.87	dipilih
3	19	O-19	O-18	383.28	383.28	906.72	dipilih
	20	O-20	O-19	87.46		819.25	tdk dipilih
	21	O-21	O-20	207.25	590.53	612.01	dipilih
	22	O-22	O-21	278.71	869.24	333.30	dipilih
	23	O-23	O-22	256.05	1159.62	77.25	dipilih
	24	O-24	O-23	290.38	1450.00	999.62	dipilih
	25	O-25	O-24	274.78	1724.78	724.84	dipilih
4	20	O-20	O-19	87.46	87.46		dipilih
	26	O-26	O-25	217.32	304.79	507.51	dipilih
	27	O-27	O-26	27.88	332.66	479.64	dipilih
	28	O-28	O-27	503.62	836.28	786.38	dipilih
	29	O-29	O-28	222.29	1058.57	564.09	dipilih
	30	O-30	O-29	27.26	1085.83	536.84	dipilih

$$D = \frac{(4 \times 1800) - 6060.38}{(4 \times 1800)} \times 100\% = 15.82\%$$

$$\text{Effisiensi} = 100\% - 15.82\% = 84.14\%$$

ANALISA KONVEYOR

Continous loop conveyors merupakan konveyor yang biasanya digunakan pada perusahaan-perusahaan yang membutuhkan waktu efisiensi dalam pengerjaannya, disebabkan adanya variasi part, model atau produk sehingga sangat membantu mempercepat jalannya proses produksi

Continous loop conveyors adalah proses konveyor dimana masuknya elemen (loading) menuju keluarnya part (unloading) membutuhkan putaran (looping) dimana dipengaruhi kecepatan, jarak total dan jarak antara, serta jumlah elemen

Tabel 9

TABEL KECEPATAN KONVEYOR
PT. INDOPRIMA GEMILANG Plant -1 (Wiring Harness)

t (min)	V (mm/min)	n2 (rpm)	n1 (rpm)	Fre (hz)
1,0	2500,0	2,061	3152,6	110,23
1,5	1666,7	1,374	2101,7	73,49
2,0	1250,0	1,030	1576,3	55,11
2,5	1000,0	0,824	1261,0	44,09
3,0	833,3	0,687	1050,9	36,74
3,5	714,3	0,589	900,7	31,49
4,0	625,0	0,515	788,1	27,56
4,5	555,6	0,458	700,6	24,50
5,0	500,0	0,412	630,5	22,05
5,5	454,5	0,375	573,2	20,04
6,0	416,7	0,343	525,4	18,37
6,5	384,6	0,317	485,0	16,96
7,0	357,1	0,294	450,4	15,75
7,5	333,3	0,275	420,3	14,70
8,0	312,5	0,258	394,1	13,78
8,5	294,1	0,242	370,9	12,97
9,0	277,8	0,229	350,3	12,25
9,5	263,2	0,217	331,8	11,60
10,0	250,0	0,206	315,3	11,02

sumber : manual book conveyor

Dari tabel diatas dapat diambil kesimpulan untuk melakukan analisa konveyor, dimana

analisa *Continous loop conveyors* yang penulis ambil dalam manual book conveyor

Keterangan

$$n2 = V / (3.14 \times 386.4)$$

Panjang papan + jarak = 2400 + 100 = 2500 mm

$$n1 = n2(30/24) \times (30 \times 25) \times 60 \times 17$$

$$F = (n1 \times 50) / 1430$$

t = Waktu Kerja

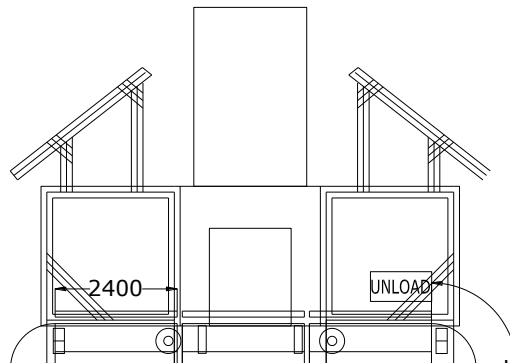
n2 = putaran sprocket konveyor

n1 = putaran motor

F = frekuensi motor

Perhitungan analisa konveyor

Dari beberapa data diatas dapat diolah sebagai berikut dimana pada gambar dibawah dijelaskan detail atau sket dari konveyor yang ada dilapangan



Gambar 3 Detail kerangka konveyor MK 599451M



$$\begin{aligned} L_d &= \text{Length of delivery loop} \\ &= (L \text{ MEJA} \times 6) + (100 \times 4) \\ &= 14400 + 400 = 14800 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_e &= \text{Length of the return loop} \\ &= (1/2 \times 3.14 \times d) \\ &= 2755.35 = 2755 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L &= L_d + L_e \\ &= 14800 + 2755 = 17555 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_d &= \text{length of delivery loop} \\ &= (L \text{ meja} \times 6) + (100 \times 8) + 2755.35 \\ &= 30000 + 800 + 2755.35 = 33555 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_e &= \text{length of the return loop} \\ &= (1/2 \times 3.14 \times d) \\ &= 2755.35 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L &= L_d + L_e \\ &= 33555 + 2755 = 36331 \end{aligned}$$

Perbandingan Antara Keseimbangan Lintasan Dengan Kecepatan Konveyor

Dari perhitungan analisa keseimbangan didapatkan beberapa waktu siklus yang sudah diketahui balance delaynya ataupun efisiensi sistemnya, dimana waktu siklus 1290.99 dengan

stasiun kerja 5 memiliki balance delay yang terkecil yaitu 6.11 % dengan efisiensi sebesar 93.91 % hal ini dapat diaplikasikan dengan melihat tabel 5-10 tentang kecepatan konveyor dimana lebih detailnya dapat dilihat seperti tabel 5-11 dan 5-12 dibawah ini

Tabel 10

Tabel kecepatan konveyor,delivery time,dan output produksi

No	V (mm/min)	Td(sec)	Tc(sec)	output produksi (2 shift)	Keterangan
1	2500	805.33	871.46	412	
2	1667	1207.99	1307.19	275	
3	1250	1610.66	1742.91	206	
4	1000	2013.32	2178.64	165	
5	833	2415.99	2614.37	137	
6	714	2818.65	3050.10	118	
7	625	3221.31	3485.83	103	
8	556	3623.98	3921.56	92	
9	500	4026.64	4357.28	82	
10	455	4429.31	4793.01	75	
11	417	4831.97	5228.74	69	
12	385	5234.63	5664.47	63	
13	357	5637.30	6100.20	59	
14	333	6039.96	6535.93	55	digunakan Td =1290.99
15	313	6442.63	6971.65	51	digunakan Td=1300
16	294	6845.29	7407.38	48	digunakan Td=1500
17	278	7247.96	7843.11	46	digunakan Td=1800
18	263	7650.62	8278.84	43	
19	250	8053.28	8714.57	41	

Tabel 11

Perbandingan waktu siklus dengan Output Produksi

Waktu Siklus (detik)	Waktu yang dibutuhkan	Jumlah stasiun kerja	Balance Delay	Effisiensi	Delivery time	kecepatan konveyor	Out Put Produksi (Wiring Harness)	Keterangan
1290,99	6060,399	6	21,76	78,23	7745,94	263	43	
1290,99	6060,399	5	6,11	93,89	6039.96	333	55	Dipakai
1300	6060,399	5	6,37	93,23	6442,63	313	51	
1500	6060,399	5	19,19	80,81	6845,29	294	48	
1800	6060,399	4	15,82	84,14	7247,96	278	46	

Sumber : hasil olahan

Dari hasil trial dan error berdasarkan pada batasan waktu siklus yang ada yaitu $1290.99 \leq C \leq 1800$ maka diperoleh Balance delay yang terkecil dan kapasitas produksi yang sesuai dengan output

pada konveyor adalah waktu siklus 1290.99 yang dapat menghasilkan 55 set per hari

Peningkatan Output Produksi dan peningkatan Produktifitas

Dari data perusahaan didapat output nyata / hari = 28 wiring harness dari 6 orang pekerja. sehingga dapat dihitung produktifitas untuk tenaga kerja adalah

$$\text{produktifitas awal} = \frac{28 \text{ set / hari}}{6 \text{ orang}} = 4.67 \text{ set/hari/orang}$$

setelah pembagian stasiun kerja, maka diperoleh pembagian kerja yang optimal sebagai berikut :

- jumlah stasiun kerja : 5 stasiun
- jumlah operator : 5 orang
- Jumlah siklus : 1290.99 detik

Dari data perhitungan tersebut dapat diketahui output setelah pembagian stasiun kerja yaitu berdasarkan tabel 5-11

$$\begin{aligned} &= \frac{14 \times 60 \times 60 \text{ detik}}{1290.99} \times 1 \text{ set wiring harness} \\ &= 39 \text{ set/hari} \\ &= 39 / 6 = 6.5 \text{ set/orang} \end{aligned}$$

Sedangkan menggunakan konveyor didapatkan pengoptimalan delivery time sebesar 5637.3 detik dengan stasiun kerja sebanyak 5, dapat menggunakan konveyor dengan kecepatan 333 mm/det sehingga menghasilkan wiring harness sebanyak 55 set per hari

Berarti dapat dihitung produktifitasnya dengan menggunakan konveyor sebesar

$$\frac{55 \text{ set / hari}}{5 \text{ orang}} = 11 \text{ set / orang}$$

Peningkatan Produktifitas :

$$\frac{11 - 6.5}{6.5} \times 100\% = 69.23\%$$

Pendekatan simulasi dengan Software Arena

Untuk melakukan simulasi sebagai pendekatan dari hasil analisa keseimbangan lintasan pada produk wiring harness ada beberapa data yang diperlukan untuk melengkapi software arena, diantaranya adalah data waktu kedatangan dan ekspresi data sebagai berikut

Ekspresi Data

Tabel 12

Ekspresi data 6 stasiun kerja

NO	OPERASI	Distribusi	Exspresi data
1	OPERASI 1	Lognormal	9.42 + LOGN(0.691, 0.409)
2	OPERASI 2	Weibull	14.8 + WEIB(1.06, 2.92)
3	OPERASI 3	Normal	NORM(14.1, 0.369)
4	OPERASI 4	Beta	13.3 + 2.14 * BETA(3.94, 2.17)
5	OPERASI 5	Triangular	TRIA(9, 9.82, 10.6)
6	OPERASI 6	Beta	8.72 + 0.95 * BETA(2.84, 2.74)

Tabel 13

Exspresi data 5 stasiun kerja

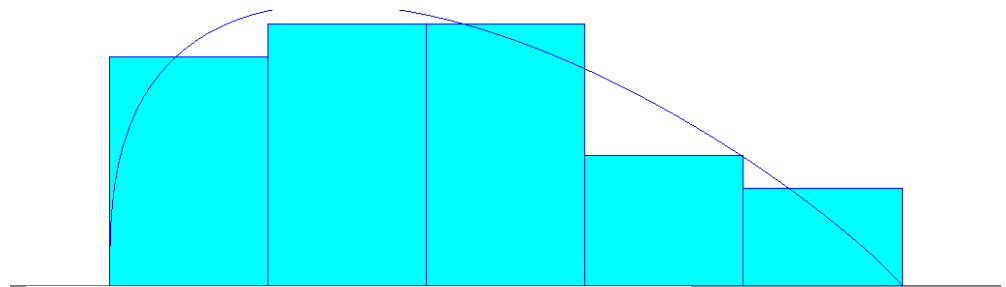
NO	OPERASI	Distribusi	Exspresi data
1	OPERASI 1	Beta	$14.3 + 1.67 * \text{BETA}(2.33, 2.61)$
2	OPERASI 2	Beta	$13.2 + 1.54 * \text{BETA}(2.5, 2.77)$
3	OPERASI 3	Normal	$\text{NORM}(15.5, 0.42)$
4	OPERASI 4	Beta	$12.7 + 1.55 * \text{BETA}(2.83, 1.94)$
5	OPERASI 5	Gamma	$14.5 + \text{GAMM}(0.185, 5.48)$

Dari ekspresi data tersebut dapat diaplikasikan kedalam simulasi sebagai data proses yang mewakili stasiun kerja yang ada, dimana setiap stasiun kerja dapat diketahui dengan ekspresi yang ditunjukkan, yaitu ada 6 operasi pada kondisi awal dan 5 operasi pada kondisi sesudah analisa keseimbangan.

Waktu Kedatangan

Dalam setiap simulasi arena yang pertama-tama dibutuhkan adalah waktu kedatangan sebagai proses awal untuk bisa berjalannya suatu program dimana waktu kedatangan tersebut adalah sebagai berikut

No	Waktu Kedatangan
1	9.1
2	8.2
3	7.6
4	9.5
5	10.2
6	11.2
7	9.4
8	7.4
9	8.4
10	6.2
11	9.9
12	10.1
13	11.2
14	9.7
15	8.9
16	7.9
17	8.9
18	9.5
19	9.6
20	11.3
21	12.5
22	13
23	11
24	14
25	8
26	9.1
27	7.2
28	7.5
29	6.8
30	6.5



Gambar 4 Grafik Distribusi waktu antar kedatangan

Distribution Summary

Distribution: Beta
 Expression: $6 + 8 * \text{BETA}(1.35, 1.9)$
 Square Error: 0.003477

Chi Square Test

Number of intervals = 4
 Degrees of freedom = 1
 Test Statistic = 0.449
 Corresponding p-value = 0.504

Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.0926
 Corresponding p-value > 0.15

Data Summary

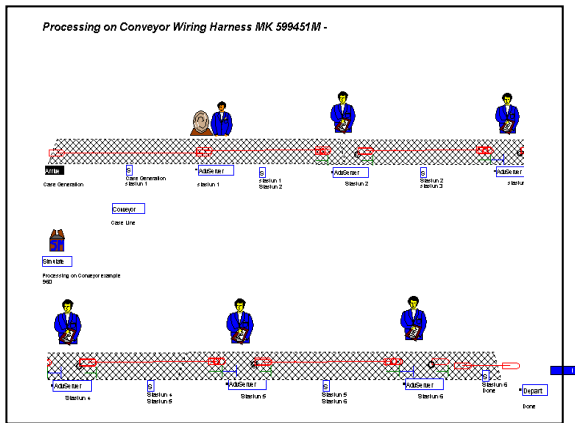
Number of Data Points = 30
 Min Data Value = 6.2
 Max Data Value = 14
 Sample Mean = 9.33
 Sample Std Dev = 1.91

Histogram Summary

Histogram Range = 6 to 14
 Number of Intervals = 5

Simulasi konveyor kondisi awal

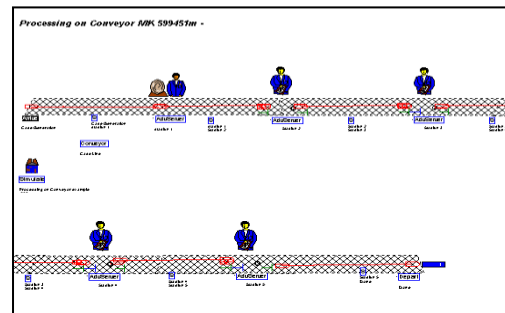
Dalam simulasi ini sesuai dengan kondisi awal yaitu ada 6 stasiun kerja dan menghasilkan wiring harness sebanyak 28 set, detailnya dapat dilihat seperti di bawah ini. Dimana pada setiap stasiun memiliki ekspresi yang berbeda-beda



Gambar 5 Conveyor wiring process existing

Simulasi konveyor kondisi usulan

Dalam simulasi ini sesuai dengan analisa keseimbangan lintasan yaitu ada 5 stasiun kerja dan menghasilkan wiring harness sebanyak 55 set, detailnya dapat dilihat seperti di bawah ini. Dimana pada setiap stasiun memiliki ekspresi yang berbeda-beda.



Gambar 6 Conveyor wiring process Usulan

KESIMPULAN

Dari Keseimbangan lintasan yang dilakukan dengan metode Rank Positional Weight dapat diambil kesimpulan sebagai berikut

1. Hasil akhir yang didapatkan dari pemecahan masalah dengan menggunakan metode Rank Positional Weight adalah :

- Waktu siklus = 1290.99 detik
- Jumlah stasiun kerja = 6 stasiun kerja
- Balance delay = 6.11 %
- Effisiensi sistem = 93.89 %
- Output Produksi = 39 wiring harness/hari
- Pengelompokan operasi untuk sistem kerja berdasarkan waktu siklus 1290.99 deti

Tabel 14

Penugasan Operasi Untuk Stasiun Kerja Berdasarkan Waktu siklus 1290.99 deti

Stasiun Kerja	Kode operasi	Waktu Kumulatif (detik)	Waktu Senggang (detik0)
I	O-1; O-2; O-3; O-4; O-5; O-6; O-7; O-9; O-12	1243,09	46,9
II	O-8; O-10; O-11; O-13; O-14; O-15	1140,13	150,86
III	O-16; O-17; O-18; O-19	1284,16	6,83
IV	O-20; O-21; O-22; O-23; O-24	1119,85	171,14
V	O-25; O-26; O-27; O-28; O-29; O-30	1273,15	17,84

2. Hasil aplikasi dari keseimbangan lintasan metode Rank Positional Weight kedalam konveyor adalah

Waktu siklus	= 1290.99 detik
Delivery time	= 6454.9 detik
Delivery time konveyor	= 6039.96
Kecepatan konveyor	= 333 mm/det
Output produksi	= 55 wiring harness/hari

Dari data perhitungan setelah dilakukan keseimbangan lintasan didapat output nyata untuk metode Rank Positional Weight sebesar 975 set/bulan (25 hari kerja) dimana mempunyai Effisiensi sistem 93.89 % dan menggunakan konveyor sebesar 1375 set/bulan, sehingga ada peningkatan produktifitas sebesar 69.23 %

DAFTAR PUSTAKA

Mikell P. Groover, 2001, "Automation Production System and Computer integrated manufacturing"; Prentice Hall International, Inc, United States of America
Peters, 1984. "Max. Elementary chemical engineering, Second Edition" Mc. Graw-Hill, Book Company, USA
Setiawan. Danil, 2007 "Analisa Dan Evaluasi Proses Assembling Menggunakan Konveyor

Di Pt. Indoprima Gemilang" Jurusan Teknik Industri Universitas Muhammadiyah Gresik
Fauzi siregar, 2004, "Alat Transportasi benda padat" USU, Sumatra Utara
Sutalaksana, Aggawisata, tjakraatmadja, 1979, "teknik tata cara kerja"; Jurusan teknik Industri ITB, Bandung
Ferdinando Hany, 2006 "Aplikasi Genetical Algorithm untuk Mengoptimasi Keseimbangan Lintasan" Jurnal Petra.ac.id, Surabaya
Shahab Abdullah, 2006 "Aplikasi Binary Integer Programming pada Penyelesaian masalah Line Balancing" Jurnal Teknobisnis, vol 2 No. 1 Juli, 2006
Ozgurler Mesut, 2003 "A simulation Approach to line Balancing in Discrete Mass Production Flow System and an Application" technical paper, www. Sme.org
Said Salim Dahda, 1997 "Analisa Keseimbangan Lintasan Studi kasus di Pabrik sepatu" Jurusan Teknik Industri, ITN Malang