

Rancangan Lintasan Perakitan Produk Lemari Es Model *Top Freezer* dan *Bottom Freezer* Menggunakan Algoritma *Variable Neighborhood Descent* Di PT. X*

WINDA NUR ANDITA SARI, ALEX SALEH, EMSOSFI ZAINI

Jurusan Teknik Industri
Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung

Email: windaandita@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini membahas rancangan keseimbangan lintasan perakitan mixed model, produk lemari es dua pintu model top freezer dan bottom freezer pada sebuah lintasan perakitan (Line B) di PT. X. Perancangan menggunakan algoritma Variable Neighborhood Descent (VND) dengan kriteria meminimisasi jumlah stasiun kerja agar meningkatkan efektivitas. VND merupakan salah satu pendekatan meta-heuristik dalam memecahkan masalah keseimbangan lintasan dengan tahap pembentukan inisial solusi melalui pendekatan heuristik dan tahap local search yang meliputi proses exchange dan insert. Exchange merupakan proses penukaran elemen kerja dengan elemen kerja di stasiun kerja lain tanpa melanggar precedence diagram dan kriteria lainnya. Insert merupakan proses penyisipan elemen kerja pada stasiun kerja lain tanpa melanggar precedence diagram dan kriteria lainnya

Kata kunci: Perancangan Lintasan Perakitan, Mix Model, Variable Neighborhood Descent, Minimisasi Stasiun Kerja

ABSTRACT

This study discusses the design of the assembly line balance of mixed model, two-door refrigerator product models and top freezer bottom freezer on assembly line (Line B) in the PT. X. Design of Variable Neighborhood Descent algorithm (VND) with criteria to minimize the number of work stations in order to improve effectiveness. VND is one of the meta-heuristic approach in solving line balance with the initial establishment phase and solution phase heuristic approach to local search that includes the exchange and the insert. Exchange is an exchange process with the working elements of work elements on the other work stations with out violating precedence diagram and other criteria. Insert an element insertion process working on another work station without violating the precedence diagram and other.

Keywords: Design Line Balancing, Mix Model, Variable Neighborhood Descent, Minimize Work Station

* Makalah ini merupakan ringkasan dari Tugas Akhir yang disusun oleh penulis pertama dengan pembimbingan penulis kedua dan ketiga. Makalah ini merupakan draft awal dan akan disempurnakan oleh para penulis untuk disajikan pada seminar nasional dan/atau jurnal nasional.

1. PENDAHULUAN

Salah satu masalah dalam perusahaan manufaktur yaitu pencapaian target produksi yang disebabkan pembagian elemen kerja yang tidak seimbang antara satu stasiun kerja satu dengan yang lain dalam sebuah lintasan perakitan. PT. X merupakan salah satu perusahaan manufaktur yang memproduksi barang-barang elektronik. Barang yang diproduksi di PT. X melalui proses perakitan dalam sebuah lintasan perakitan. Produk yang diproduksi PT. X adalah lemari es, *air conditioner*, pompa air, radio, kipas angin, dan *laundry system*. Pada divisi lemari es terdapat dua klasifikasi besar pada produk yaitu produk satu pintu dan dua pintu. Kedua jenis produk tersebut diproduksi pada lintasan perakitan yang berbeda. Pada lemari es satu pintu terdiri dari beberapa tipe yang dibedakan berdasarkan spesifikasi produk yang diproduksi di *Line A*. Pada lemari es dua pintudibagi menjadi 2 tipe yaitu *Top Freezer* (TF) merupakan lemari es produksi untuk konsumen lokal dan *Bottom Freezer* (BF) merupakan lemari es produksi untuk ekspor, seluruh tipe lemari es dua pintu di produksi di *Line B*. Perbedaan jumlah permintaan ini membutuhkan pengurutan pekerjaan, pada lintasan perakitan lemari es dua pintu *input* produk yang akan diproses merupakan *output* dari divisi produksi sebelumnya yaitu divisi pengisian cairan *urethane*. Jumlah stasiun kerja di lintasan perakitan lemari es dua pintu PT. X saat ini berjumlah 31 stasiun kerja.

Permasalahan pada *Line B* dapat digolongkan sebagai lintasan perakitan campuran (*Mixed-Model Assembly Line Balancing*, MALB). *Line B* merupakan lintasan lurus, dilihat dari *precedence diagram* dan elemen kerja yang dikerjakan dapat diperbaharui jenis lintasan menjadi campuran lintasanduasisi dan lintasan lurus. Sehingga dari hal tersebut dapat digolongkan sebagai masalah lintasan perakitan dua sisi (*Two-Sided Assembly Line Balancing*, TALB). Penentuan jumlah stasiun kerja optimal menggunakan algoritma *Variable Neighborhood Descent* (VND) dengan tujuan meminimisasi jumlah stasiun kerja dan acuan waktu siklus. Dalam mengatasi masalah lintasan perakitan di PT. X dilakukan penelitian bertujuan merancang lintasan perakitan pada produk *Top Freezer* (TF) dan *Bottom Freezer* (BF) di PT. X dengan kriteria meminimisasi stasiun kerja dengan menggunakan algoritma *Variable Neighborhood Descent* (VND).

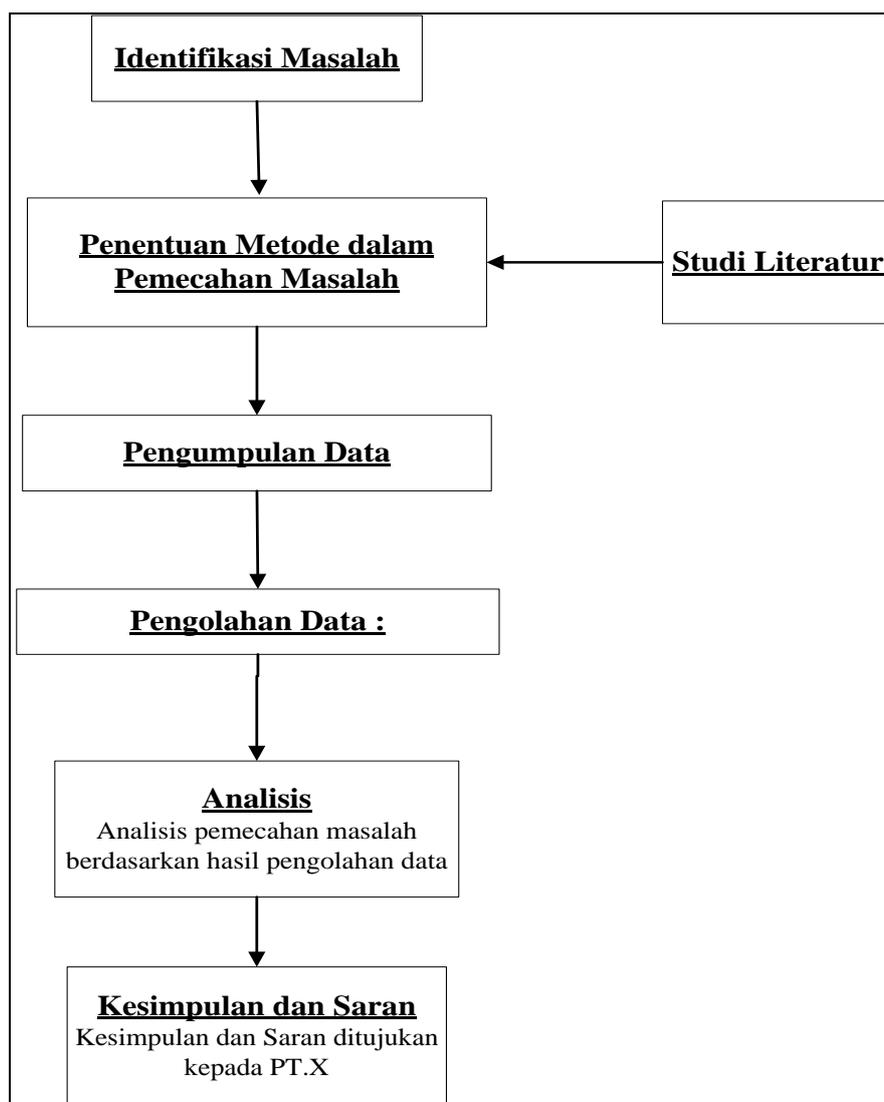
2. METODOLOGI PENELITIAN

Lintasan perakitan divisi lemari es dua pintu (*Line B*) yang terdapat pada PT.X. Pada *Line B* dengan keadaan memproduksi *Top Freezer* (TF) dan *Bottom Freezer* (BF) dalam satu lintasan dapat digolongkan *Mixed Model Assembly Line Balancing* (MALB). Saat ini lintasan perakitan di PT. X merupakan lintasan lurus, dapat diperbaharui menjadi lintasan dua sisi dilihat dari *precedence diagram* dan proses yang dilakukan. Perakitan produk pada beberapa proses perakitan terdiri dari dua baris lintasan tunggal yang disusun secara paralel, yaitu sisi bagian kiri (L) dan sisi bagian kanan (R) lintasan adapun proses perakitan dapat dilakukan di kanan maupun dikiri. Kondisi tersebut digolongkan *two-sided assembly line balancing*. (TALB). Pemecahan masalah tersebut menggunakan metode *variable neighborhood descent* (VND) dengan tujuan meminimisasi jumlah stasiun kerja dan maksimisasi efisiensi.

Metode VND merupakan metode metaheuristik, proses pengerjaan VND dalam memecahkan masalah dengan memanfaatkan perubahan struktur yang terjadi dalam *neighborhood*. Proses perubahan struktur yang terjadi dalam *neighborhood* dilakukan dalam dua cara yaitu *exchange* dan *insert*. Proses *exchange* merupakan proses penukaran elemen kerja dalam satu stasiun kerja dengan stasiun kerja lain tanpa melanggar *precedence diagram* dan *zoning constrain*. Proses *insert* merupakan proses menyisipkan elemen kerja dari suatu stasiun kerja ke stasiun kerja lain tanpa melanggar *precedence diagram* dan *zoning*

constrain. Kedua tahapan tersebut dilakukan pada seluruh elemen kerja hingga selesai dan mendapatkan hasil *layout* dan efisiensi kerja

Metode yang digunakan adalah *variable neighborhood descent* (VND). Model dasar mengenai *variable neighborhood descent* (VND) untuk *Mixed Model Assembly Line Balancing* (MALB) yang dikembangkan oleh Yohana (2011). Metode VND untuk menyelesaikan permasalahan keseimbangan lintasan perakitan *mixed-model* dengan kriteria minimisasi jumlah stasiun kerja yang dikembangkan Yohana (2011) yang telah dimodifikasi disesuaikan dengan kebutuhan permasalahan, dapat diterapkan pada permasalahan yang terjadi di lintasan perakitan lemari es dua pintu *Top Freezer* (TF) dan *Bottom Freezer* (BF) di PT.X. Pemilihan metode ini berdasarkan keadaan di perusahaan yang dapat diterapkan metode yang telah dikembangkan. Gambar diagram alir metodologi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Metodologi Penelitian

3. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

3.1 Pengumpulan Data

Data elemen kerja dan waktu proses yang didapat di PT.X dan digunakan untuk pengolahan data terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Elemen Kerja, Waktu Proses, dan Posisi

EK	PROSES KERJA	Waktu Proses (detik)			Posisi
		TF (t_1)	BF (t_2)	$t_{rata-rata}$	
1	Susun kabinet	33	30	33	E
2	Pasang door switch	12	0	11	R
3	Pasang LED	20	0	18	R
4	Finishing sisa urethane pada pinggir inner	21	36	24	R
5	Pasang dan ratakan silicon	35	205	60	R
...					
118	Scan Barcode	4	4	4	E
119	Memberikan stempel	2	2	2	E
120	Handling	7	4	7	E
121	Packing	11	9	11	E

Catatan : (R : *Right*, L : *Left*, E : *Either*)

3.2 PENGOLAHAN DATA

Data-data perusahaan yang telah dikumpulkan dilakukan pengolahan data sesuai dengan metode yang telah ditentukan. Pada tahap awal dilakukan perhitungan solusi inisial menggunakan metode J-wagoon dan *local search* menggunakan metode VND dengan tujuan meminimasi jumlah stasiun kerja. Metode VND untuk menyelesaikan permasalahan keseimbangan lintasan perakitan *mixed-model* dengan kriteria meminimasi jumlah stasiun kerja yang dikembangkan Yohana (2011) yang telah dimodifikasi disesuaikan dengan kebutuhan permasalahan. Modifikasi yang dilakukan berupa penambahan batasan pada local search berupa penambahan batasan posisi (R, L dan E) untuk memenuhi notasi masalah TALB. Perbandingan antara proses *exchange* dan *insert* dilihat pada nilai efisiensi dan *smoothness index* terbaik dibandingkan dengan iterasi sebelumnya. Pada algoritma *local search* penambahan langkah pertimbangan proses *exchange* dan *insert* ditambah dengan *zoning constraint*. Penambahan variabel untuk pertimbangan waktu mulai dan selesai per elemen kerja saat melakukan proses *exchange* dan *insert*. Penambahan variabel himpunan himpunan stasiun kerja posisi lintasan kanan, kiri, pasangan elemen kerja yang sudah mengalami proses *exchange* dan *insert* untuk mempermudah pengolahan data pada algoritma. Penambahan variabel iterasi pada proses *exchange* dan *insert*.

Dalam pengembangan algoritma pada penelitian ini, notasi-notasi yang digunakan adalah sebagai berikut:

- i indeks untuk stasiun kerja (SK); ($i = 1, 2, \dots, m$)
- j indeks untuk elemen kerja; ($j = 1, 2, \dots, n$)
- z indeks untuk variasi; ($z = 1, 2, \dots, z$)
- e indeks iterasi untuk proses *exchange* keseluruhan ($e = 1, 2, \dots, e_{maks}$)
- p indeks iterasi untuk proses *exchange* ($p = 1, 2, \dots, p_{maks}$)
- q indeks iterasi untuk proses *insert* ($q = 1, 2, \dots, q_{maks}$)
- t_j waktu proses pada elemen kerja ke- j
- C_{Rj} saat selesai elemen kerja j pada SK posisi R
- C_{Lj} saat selesai elemen kerja j pada SK posisi L
- R_{Rj} saat mulai elemen kerja j pada SK posisi R
- R_{Lj} saat mulai elemen kerja j pada SK posisi L
- CT waktu siklus
- ST_i akumulasi waktu elemen kerja pada stasiun kerja ke- i

ST_{iz}	akumulasi waktu elemen kerja pada stasiun kerja ke- i di variasi z
EL	efisiensi lintasan
EL_{maks}	efisiensi lintasan dengan nilai terbesar
SI	<i>smoothness index</i>
SI_{min}	efisiensi lintasan dengan nilai terkecil
IT_i	<i>idle time</i> pada stasiun kerja ke- i
IT_{maks}	<i>idle time</i> dengan nilai terbesar
NI_i	<i>neighborhood structure</i> yang terjadi proses <i>insert</i> pada stasiun kerja ke- i
NX_i	<i>neighborhood structure</i> yang ditukar pada stasiun kerja ke- i
NY_i	<i>neighborhood structure</i> penukar pada stasiun kerja ke- i
VX_j	elemen kerja yang ditukar
VY_j	elemen kerja penukar
V_R	himpunan stasiun kerja posisi lintasan kanan
V_L	himpunan stasiun kerja posisi lintasan kiri
V_x	himpunan pasangan elemen kerja yang sudah mengalami proses <i>exchange</i>
V_y	himpunan elemen kerja yang telah mengalami proses <i>insert</i>

3.2.1 Pembentukan Solusi Inisial

Data elemen kerja, waktu dan posisi dibentuk solusi inisial dengan metode *J-Wagoon* modifikasi. Pada dasarnya metoda *J-Wagoon* ini mengurutkan elemen kerja berdasarkan jumlah *successor* yang terbanyak, langkah modifikasi tambahan berupa pertimbangan posisi elemen kerja (R, L atau E). Berikut langkah-langkah pembentukan solusi inisial menggunakan Metode *J-Wagoon* yang telah dimodifikasi:

Langkah 0

Input data $j, t_j, CT_{gabr}, CT_{precedence\ diagram}$ dan *zoning constrain*.

Langkah 1

Hitung bobot tiap elemen kerja berdasarkan jumlah *successor* pada operasi tersebut.

Langkah 2

Urutkan bobot elemen kerja dengan mengutamakan jumlah *successor* yang terbanyak, dimana elemen kerja tersebut diprioritaskan terlebih dahulu untuk ditempatkan dalam stasiun kerja dan diikuti oleh elemen kerja lain yang memiliki jumlah elemen kerja yang lebih sedikit. Apabila terdapat dua elemen yang memiliki bobot nilai yang sama, maka diprioritaskan pada elemen kerja yang memiliki waktu pengerjaan lebih besar.

Langkah 3

Tempatkan elemen kerja yang memiliki bobot tertinggi hingga terendah ke setiap stasiun kerja, untuk setiap elemen kerja yang akan ditempatkan:

1. Periksa posisi elemen kerja $j = R$
Jika ya, tempatkan elemen kerja (j) pada SK ke- i pada posisi R.
Jika tidak, lanjutkan ke langkah 3.2
2. Periksa posisi elemen kerja $j = L$
Jika ya, tempatkan elemen kerja (j) pada SK ke- i pada posisi L.
Jika tidak, lanjutkan ke langkah 3.3
3. Periksa posisi elemen kerja $j = E$
Jika ya, tempatkan elemen kerja pada SK ke- i pada salah satu posisi L/R. Penempatan posisi elemen kerja E diutamakan pada ST_i terkecil. Penempatan SK diutamakan pada jumlah posisi elemen kerja yang sama dengan elemen kerja yang ditempatkan sebelumnya.

Langkah 4

Periksa apakah penempatan elemen kerja (j) melanggar *zoning constrain*

Jika ya, tempatkan elemen kerja (j) pada SK berikutnya

Jika tidak, lanjutkan ke langkah 6

Langkah 5

Periksa $ST_i > CT$

Jika ya, tempatkan elemen kerja (j) pada SK berikutnya

Jika tidak, lanjutkan ke langkah 6

Langkah 6

Periksa $ST_{iz} > CT_z$

Jika ya, tempatkan elemen kerja (j) pada SK berikutnya

Jika tidak, lanjutkan ke langkah 7

Langkah 7

7.1 Ulangi langkah 3 dan 6 sampai seluruh elemen kerja sudah ditempatkan ke dalam stasiun kerja.

7.2 Periksa posisi seluruh posisi stasiun kerja

Jika SK ke- i pada posisi R masukan kedalam V_R

Jika SK ke- i pada posisi L masukan kedalam V_L

Langkah 8

Buat *layout* dari hasil perhitungan Metode *J-Wagoon* kemudian hitung efisiensi lintasan (EL) dan *smoothness index* (SI)

$$EL = \frac{\sum_{i=1}^m ST_i}{(m)(CT)} \times 100\% \quad (1)$$

$$SI = \sqrt{\sum_{i=1}^m (ST_{max} - ST_i)^2} \quad (2)$$

3.2.2 Algoritma *Local Search*

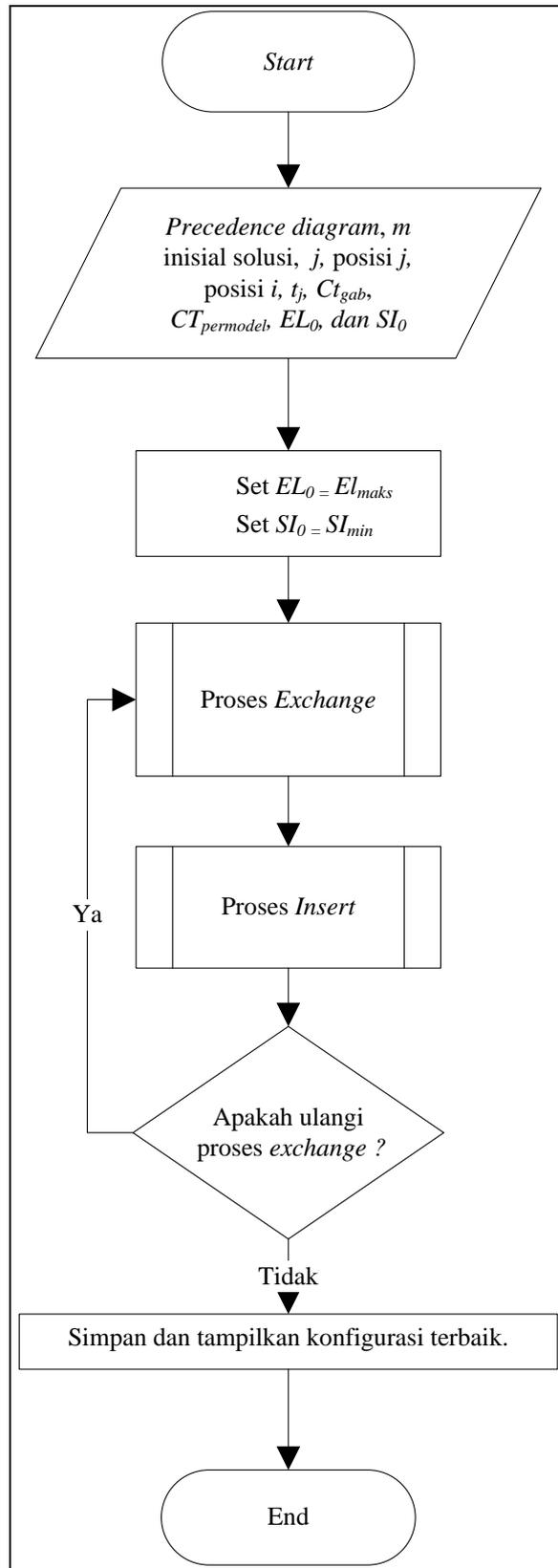
Diagram alir umum algoritma usulan perbaikan lintasan perakitan lemari es dua pintu pada PT.X menggunakan algoritma VND dengan kriteria minimisasi jumlah stasiun kerja dan maksimisasi efisiensi dapat dilihat pada Gambar 2.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan *local search* dapat dilihat pada Tabel 2.

Pada lintasan perakitan *Line B* saat ini berjalan dengan 31 stasiun kerja (SK) untuk memenuhi *demand* lemari es dua pintu tipe *top freezer* dan *bottom freezer*. Sehingga dapat dikreterikan dalam masalah *mixed-model assembly line balancing*. Lintasan perakitan *Line B* saat ini merupakan lintasan lurus. Pekerjaan yang dilakukan di setiap stasiun kerja berbeda-beda. Kurang seimbangannya penempatan elemen kerja dan beban kerja pada lintasan perakitan di *Line B* menyebabkan terdapatnya operator yang mengganggu dan operator lain yang sibuk bekerja dengan perbedaan yang mencolok, serta penumpukan barang setengah

jadi pada stasiun kerja. Tingkat keterampilan operator juga merupakan salah satu faktor yang menyebabkan ketidakseimbangan lintasan perakitan



Gambar 2. Diagram Alir *Local Search*

Tabel 2. Hasil Perhitungan *Local Search*

<i>i</i>	<i>j</i>	<i>t_j</i>	Posisi	<i>R_j</i>	<i>C_j</i>	<i>CT</i>	<i>t_z</i>		<i>R_{jz}</i>		<i>ST_z</i>	
							<i>t₁</i>	<i>t₂</i>	<i>R_{j1}</i>	<i>R_{j2}</i>	<i>ST₁</i>	<i>ST₂</i>
1 (1R)	1	33	E	0	33	102	33	30	0	0	33	30
	2	11	R	33	44		12	0	33	30	45	30
	3	18	R	44	62		20	0	45	30	65	30
	4	24	R	62	86		21	36	65	30	86	66
2 (2R)	5	60	R	0	60	102	35	205	0	0	35	205
	6	34	R	60	94		37	13	35	205	72	218
5 (3R)	10	3	R	0	3	102	0	18	0	0	0	18
	11	6	R	3	9		0	36	0	18	0	54
	7	1	R	9	10		0	6	0	54	0	60
	8	3	R	10	13		0	17	0	60	0	77
	12	3	R	13	16		0	21	0	77	0	98
	9	55	R	16	71		51	77	0	98	51	175
	13	12	R	71	83		11	15	51	175	62	190
	14	4	R	83	87		4	0	62	190	66	190
15	8	R	87	95	9	0	66	190	75	190		
7 (4R)	16	14	R	0	14	102	16	0	0	0	16	0
	58	20	R	14	34		15	47	16	0	31	47
	59	4	R	34	38		4	0	31	47	35	47
	60	19	R	38	57		22	0	35	47	57	47
	61	13	R	57	70		9	35	57	47	66	82
	62	10	R	70	80		11	0	66	82	77	82
	63	18	R	80	98		21	0	77	82	98	82
8 (5R)	64	20	R	0	20	102	23	0	0	0	23	0
	65	5	R	20	25		5	0	23	0	28	0
	56	18	R	25	43		0	123	28	0	28	123
	66	4	R	43	47		4	4	28	123	32	127
	68	4	R	47	51		0	27	32	127	32	154
	52	3	R	51	54		0	15	32	154	32	169
	50	9	R	54	63		0	62	32	169	32	231
	55	7	R	63	70		8	0	32	231	40	231
	57	6	R	70	76		0	40	40	231	40	271
	51	4	R	76	80		0	27	40	271	40	298
	54	2	R	80	82		0	13	40	298	40	311
	67	2	R	82	84		0	13	40	311	40	324
	53	1	R	84	85		0	6	40	324	40	330
10 (6R)	69	9	R	0	9	102	0	57	0	0	0	57
	70	9	R	9	18		8	15	0	57	8	72
	71	23	R	18	41		23	18	8	72	31	90
	72	8	R	41	49		8	8	31	90	39	98
	73	7	R	49	56		7	6	39	98	46	104
	74	14	R	56	70		12	24	46	104	58	128
	75	6	R	70	76		6	6	58	128	64	134
	76	4	R	76	80		4	3	64	134	68	137

Tabel 2. Hasil Perhitungan *Local Search* (lanjutan)

<i>i</i>	<i>j</i>	<i>t_j</i>	Posisi	<i>R_j</i>	<i>C_j</i>	<i>CT</i>	<i>t_z</i>		<i>R_{jz}</i>		<i>ST_z</i>	
							<i>t₁</i>	<i>t₂</i>	<i>R_{j1}</i>	<i>R_{j2}</i>	<i>ST₁</i>	<i>ST₂</i>
3 (1L)	17	1	L	62	63	102	0	4	45	30	45	34
	19	27	L	63	90		28	15	45	34	73	49
4 (2L)	20	31	L	0	31	102	25	63	0	0	25	63
	21	5	L	31	36		5	5	25	63	30	68
	22	1	L	36	37		0	6	30	68	30	74
	23	11	L	37	48		10	17	30	74	40	91
	24	2	L	48	50		0	11	40	91	40	102
	25	6	L	50	56		6	4	40	102	46	106
	26	7	L	56	63		7	5	46	106	53	111
27	28	L	63	91	25	41	53	111	78	152		
6 (3L)	28	1	L	0	1	102	0	4	0	0	0	4
	29	53	L	1	54		57	24	0	4	57	28
	30	1	L	54	55		0	4	57	28	57	32
	31	1	L	55	56		0	5	57	32	57	37
	32	1	L	56	57		0	4	57	37	57	41
	33	1	L	57	58		0	5	57	41	57	46
	34	1	L	58	59		0	3	57	46	57	49
	18	15	L	59	74		17	3	57	49	74	52
	35	1	L	74	75		0	3	74	52	74	55
36	11	L	75	86	11	7	74	55	85	62		
9 (4L)	38	41	L	0	41	102	33	87	0	0	33	87
	40	15	L	41	56		12	31	33	87	45	118
	42	5	L	56	61		5	4	45	118	50	122
	43	20	L	61	81		23	0	50	122	73	122
37	3	L	81	84	3	2	73	122	76	124		
11 (5L)	39	61	L	0	61	102	60	62	0	0	60	62
	44	12	L	61	73		14	0	60	62	74	62
	41	7	L	73	80		8	0	74	62	82	62
	45	6	L	80	86		7	0	82	62	89	62
46	5	L	86	91	4	5	89	62	93	67		
12 (6L)	47	22	L	0	22	102	22	22	0	0	22	22
	48	6	L	22	28		0	37	22	22	22	59
	49	1	L	28	29		0	6	22	59	22	65
	77	4	E	80	84		4	3	64	134	68	137
13	78	76	E	0	76	102	77	66	0	0	77	66
14	79	9	E	0	9	102	7	18	0	0	7	18
	80	28	E	9	37		27	29	7	18	34	47
	81	16	E	37	53		16	10	34	47	50	57
	82	12	E	53	65		12	9	50	57	62	66
15	83	6	E	0	6	102	6	4	0	0	6	4
	84	41	E	6	47		33	87	6	4	39	91
	85	6	E	47	53		6	0	39	91	45	91
	86	9	E	53	62		8	13	45	91	53	104

Tabel 2. Hasil Perhitungan *Local Search* (lanjutan)

<i>i</i>	<i>j</i>	<i>t_j</i>	Posisi	<i>R_j</i>	<i>C_j</i>	<i>CT</i>	<i>t_z</i>		<i>R_{jz}</i>		<i>ST_z</i>	
							<i>t₁</i>	<i>t₂</i>	<i>R_{j1}</i>	<i>R_{j2}</i>	<i>ST₁</i>	<i>ST₂</i>
16	87	90	E	0	90	102	90	90	0	0	90	90
17	88	82	E	0	82	102	66	176	0	0	66	176
18	89	62	E	0	62	102	40	188	0	0	40	188
19	91	60	E	0	60	102	59	60	0	0	59	60
20	90	52	E	0	52	102	52	52	0	0	52	52
21	93	91	E	0	91	102	100	36	0	0	100	36
22	92	81	E	0	81	102	92	14	0	0	92	14
	94	12	E	81	93		13	0	92	14	105	14
	95	3	E	93	96		3	0	105	14	108	14
23	96	97	E	0	97	102	105	49	0	0	105	49
24	97	86	E	0	86	102	77	139	0	0	77	139
25	98	86	E	0	86	102	75	148	0	0	75	148
26	99	67	E	0	67	102	51	159	0	0	51	159
	100	12	E	67	79		13	0	51	159	64	159
27	101	30	E	0	30	102	29	36	0	0	29	36
	102	1	E	30	31		0	7	29	36	29	43
	105	10	E	31	41		10	7	29	43	39	50
	106	2	E	41	43		0	14	39	50	39	64
	107	17	E	43	60		14	29	39	64	53	93
	108	15	E	60	75		17	0	53	93	70	93
	103	1	E	75	76		0	4	70	93	70	97
	111	8	E	76	84		9	0	70	97	79	97
	104	7	E	84	91		0	44	79	97	79	141
109	5	E	91	96	5	5	79	141	84	146		
28	110	15	E	0	15	102	14	19	0	0	14	19
	112	11	E	15	26		12	0	14	19	26	19
	113	22	E	26	48		21	27	26	19	47	46
	114	16	E	48	64		16	13	47	46	63	59
	115	2	E	64	66		0	11	63	59	63	70
	116	11	E	66	77		11	7	63	70	74	77
	117	22	E	77	99		24	5	74	77	98	82
29	118	4	E	0	4	102	4	4	0	0	4	4
	119	2	E	4	6		2	2	4	4	6	6
	120	7	E	6	13		7	4	6	6	13	10
	121	11	E	13	24		11	9	13	10	24	19

Pada penelitian ini dilakukan usulan perbaikan terhadap lintasan perakitan *Line B* menjadi *two-sided assembly line balancing* dan *mixed-model assembly line ballancing* serta menggunakan algoritma *variable neighborhood descent* (VND). Kondisi PT. X sebelumnya melakukan produksi dengan 31 stasiun kerja, dari hasil penelitian melalui tahapan inisial solusi dan *local serach* didapat penurunan jumlah stasiun kerja menjadi 29 stasiun kerja, efisiensi 78,30% dan *smoothness index* 158,940. Penurunan ini berdampak pada penempatan elemen kerja pada stasiun kerja yang lebih seimbang, waktu mengaggur (*idle time*) akan lebih kecil dan dapat mengurangi penumpukan barang setengah jadi. Dengan naiknya efisiensi maka akan meminimisasi masalah dalam produksi. Kondisi ini juga harus

didukung oleh keterampilan operator yang semakin baik sehingga lintasan perakitan di *Line B* dapat optimal. Pada Tabel 3 akan diperlihatkan perbandingan hasil *local search* dengan inisial solusi.

Tabel 3. Perbandingan Hasil *Local Search* dengan Inisial Solusi

	Jumlah Stasiun Kerja	Efisiensi Lintasan	<i>Smoothness Index</i>
Inisial Solusi	29	78,30%	158,94%
<i>Local Search</i>	29	80,02%	140,09%

Dari hasil tahap *local search* memberikan nilai perbaikan yang tidak terlalu signifikan dibandingkan hasil pembentukan solusi inisial. Hal ini disebabkan pembatas *precedence* yang ketat, sehingga membatasi proses *exchange* dan *insert*.

5. KESIMPULAN

Berikut ini merupakan kesimpulan dari penelitian yang merupakan jawaban dari tujuan dan analisis:

1. Penelitian rancangan lintasan perakitan pada *Line B* menggunakan algoritma *Variable Neighborhood Descent* (VND) di PT.X memberikan performansi lintasan yang semakin baik.
2. Tahapan *local search* menghasilkan perbaikan pada nilai efisiensi lintasan dan *smoothness index*. Sehingga pembebanan kerja merata, waktu menganggur berkurang dan dapat meminimisasi penumpukan barang setengah jadi.
3. Kondisi *Line B* di PT.X saat ini berproduksi dengan 31 stasiun kerja. Setelah dilakukan perancangan lintasan dengan algoritma *Variable Neighborhood Descent* menghasilkan 29 stasiun kerjadengan efisiensi 80,02% dan *smoothness index* 140,09. Berkurangnya jumlah stasiun kerja akan meningkatkan efisiensi lintasan dan mengurangi waktu menganggur (*idle time*) dan penumpukan barang setengah jadi.

REFERENSI

Apnena, Riri Damayanti. (2011). *Model Keseimbangan Lintasan Perakitan Two-Sided Menggunakan Algoritma Variable Neighborhood Descent Dengan Kriteria Minimisasi Jumlah Stasiun Kerja*. Tugas Sarjana – Program Studi Teknik Industri, Institut Teknologi Nasional, Bandung.

Scholl, A. (1999). *Balancing and Sequencing of Assembly Lines*, Second Edition, Physica-Verlag Heidelberg. New York.

Yohana, Laora. (2011). *Model Keseimbangan Lintasan Perakitan Mixed-Model Menggunakan Algoritma Variable Neighborhood Descent Dengan Kriteria Minimisasi Jumlah Stasiun Kerja*. Tugas Sarjana – Program Studi Teknik Industri, Institut Teknologi Nasional, Bandung.