

# Evaluasi dan Peningkatan Performansi Lini Perakitan *Speaker* dengan Menggunakan Ekonomi Gerakan dan *Line Balancing*

Renny Fatmawati dan Moses Laksono Singgih  
Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri,  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
*e-mail:*, moseslsinggih@ie.its.ac.id

**Abstrak**—Lini Perakitan 1 pada Perusahaan *Speaker* dioperasikan secara manual. Lini ini dibagi menjadi dua sub lini yaitu Lini 1A dan Lini 1B. Pada lini ini, *speaker* tipe 12in ACR-1230 BLACK merupakan produk terbanyak yang diproduksi selama Tahun 2018 dengan rata-rata permintaan 1.238 unit per hari. Lini ini memiliki permasalahan ketidakseimbangan lini yang ditunjukkan dengan operasi yang menganggur atau *bottleneck*. Hal ini menunjukkan bahwa performansi Lini Perakitan 1 masih rendah. Pada penelitian ini, dilakukan evaluasi terhadap operasi yang *bottleneck* menggunakan perbaikan metode kerja dengan menerapkan prinsip ekonomi gerakan. Kemudian dari perbaikan pertama dilakukan penyeimbangan lini menggunakan *Heuristic Line Balancing*. Metode yang digunakan antara lain *Largest Candidate Rule*, *Killbridge and Wester* dan *Ranked Positional Weight*. Alternatif-alternatif perbaikan ini dipilih menggunakan *value engineering* yang telah dimodifikasi menggunakan parameter efisiensi lini keseimbangan dan biaya tenaga kerja. Hasil dari penelitian ini adalah rekomendasi untuk Lini 1A adalah alternatif perbaikan dengan ekonomi gerakan yang dikombinasikan dengan *Line Balancing Killbridge and Wester* atau *Ranked Positional Weight* dengan *value* sebesar 2,88. Sedangkan rekomendasi untuk Lini 1B adalah alternatif perbaikan dengan ekonomi gerakan yang dikombinasikan dengan *Line Balancing Largest Candidate Rule* atau *Ranked Positional Weight* dengan *value* sebesar 3,69.

**Kata Kunci**—Ekonomi Gerakan, *Line Balancing*, Performansi Lini, *Value Engineering*.

## I. PENDAHULUAN

PERSAINGAN di industri manufaktur yang semakin ketat, menuntut perusahaan untuk meningkatkan performansi proses produksi yang dilakukan. Performansi proses produksi dapat dilihat dari efisiensi yang dihasilkan. Proses produksi yang efisien memberikan keunggulan tersendiri pada perusahaan dibandingkan dengan kompetitorinya.

Objek dalam penelitian ini adalah Perusahaan *Speaker* memiliki yang beberapa lini perakitan yang dibagi berdasarkan jenis *speaker* dan target pasar penjualan. Pada lini yang difungsikan untuk merakit *speaker* dengan pasar ekspor, proses perakitan sudah dilakukan dengan mesin yang terotomasi sehingga proses perakitan memiliki performansi yang tinggi dibandingkan dengan lini perakitan yang masih dikerjakan secara manual. Lini yang masih dikerjakan secara manual adalah Lini Perakitan 1. Lini Perakitan 1 dibagi menjadi dua sub lini yaitu Lini 1A dan Lini 1B yang di antaranya terdapat waktu untuk pengeringan lem selama 5 jam.

Dari 150 tipe *speaker* yang dihasilkan oleh Perusahaan *Speaker*, tipe 12in ACR-1230 BLACK merupakan produk

terbanyak yang diproduksi selama tahun 2018 yaitu 48.708 unit. Rata-rata permintaan harian tipe ini sebesar 1.238 unit yang diproduksi dalam waktu 3 jam per hari. Sebagai produk yang paling banyak diproduksi, tipe 12in ACR-1230 BLACK akan dijadikan sebagai objek amatan dalam penelitian ini.

Berdasarkan hasil observasi, masih ditemukan beberapa permasalahan di performansi Lini Perakitan 1. Hal ini terlihat dari pembagian beban kerja yang kurang merata dan tidak terdapat prosedur pembagian yang jelas. Di mana terdapat satu operasi yang sudah selesai namun operasi selanjutnya belum selesai sehingga terjadi operator yang menganggur sedangkan operator yang lain menjadi operasi *bottleneck*. Selama ini, Perusahaan *Speaker* hanya menargetkan untuk mempercepat waktu tiap operasi. Cara yang dilakukan perusahaan untuk mencapai tujuan tersebut adalah dengan menambahkan jumlah operator pada operasi-operasi tertentu. Akibatnya, perusahaan harus melakukan penambahan biaya produksi dari segi biaya tenaga kerja.

Berdasarkan uraian permasalahan di atas, terdapat indikasi adanya permasalahan di Lini Perakitan 1 sehingga harus dilakukan penyeimbangan lini. Perbaikan yang dilakukan tidak hanya dengan *line balancing* seperti pada umumnya yang hanya menggabungkan operasi ke stasiun kerja. Pada operasi yang menjadi *bottleneck*, perlu dilakukan evaluasi metode kerja yang dilakukan menggunakan ekonomi gerakan sehingga operasi kerja yang dilakukan tidak melebihi waktu siklus yang menjadi batasan kapasitas perusahaan. Alternatif yang digunakan untuk mengevaluasi performansi lini perakitan adalah dengan membandingkan metode-metode heuristik yang dapat diterapkan pada kasus *Assembly Line Balancing Type-1* (ALB-1). Metode *heuristik* dipilih karena proses komputasi yang cepat sehingga cocok digunakan untuk pengambilan keputusan yang bersifat operasional seperti pada lantai produksi dan bersifat fleksibel sehingga dapat disesuaikan dengan keadaan perusahaan [1]. Selanjutnya, setiap alternatif dibandingkan menggunakan *value engineering* dengan parameter yang diperbandingkan adalah performansi dan biaya yang dikeluarkan untuk memilih alternatif terbaik yang dapat diimplementasikan pada setiap sub-lini.

## II. METODE PENELITIAN

### A. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan pengamatan langsung, *brainstorming* dengan *stakeholder* terkait dan pengumpulan data sekunder berupa data historis perusahaan. Data-data yang dikumpulkan antara lain jumlah *speaker* yang diproduksi, proses produksi, waktu produksi dan operasi

kerja, elemen kerja pada stasiun kerja kritis, mesin, *tool* dan jumlah operator pada setiap operasi.

### B. Pengolahan Data Kondisi Eksisting

Data yang telah dikumpulkan pada tahap sebelumnya akan diolah dengan melakukan perhitungan waktu siklus dan performansi lini. Waktu siklus dijadikan sebagai acuan dalam evaluasi kondisi eksisting dan acuan dalam pembuatan *line balancing*. Perhitungan waktu siklus menurut [2] menggunakan rumus pada (1).

$$T_c = \frac{3600xE}{R_p} \quad (1)$$

Dengan:

$T_c$  = Waktu Siklus (detik)

$R_p$  = Laju produksi (unit/jam) = Rata-rata permintaan/Waktu produksi Tersedia [2]

$E$  = Efisiensi Lini Perakitan (%) = Waktu produksi/Waktu Tersedia [3]

Selanjutnya dilakukan perhitungan performansi lini. Pada umumnya, ukuran performansi yang digunakan dalam *line balancing* adalah *Balance Delay* yang menunjukkan persentase waktu *idle* pada lini [4], di mana semakin besar nilai *Balance Delay* menunjukkan lini yang semakin tidak efisien. Namun pada penelitian ini, ukuran yang digunakan untuk mengevaluasi *line balancing* adalah efisiensi lini keseimbangan yang nilainya 100% dikurangi dengan *Balance Delay*. Semakin besar nilai efisiensi lini keseimbangan, performansi lini semakin tinggi karena lini semakin seimbang.

Penelitian ini lebih memilih menggunakan efisiensi lini keseimbangan agar dapat diimplementasikan dalam perhitungan *value engineering* sebagai metode dalam pemilihan alternatif terbaik. Pada *value engineering*, parameter yang digunakan adalah performansi dan biaya. Untuk parameter performansi, nilai yang dimasukkan harus menunjukkan tingkat keberhasilan suatu proses, dalam kasus ini ditunjukkan dengan nilai efisiensi lini keseimbangan. Menurut [2], efisiensi lini keseimbangan dapat dihitung menggunakan rumus pada (2).

$$BE = \left( \frac{\sum_{i=1}^k T_{WC}}{M \times (T_{CA})} \right) \times 100\% \quad (2)$$

$BE$  = Efisiensi Lini Keseimbangan (%)

$T_{WC}$  = Total Waktu Beban Kerja (detik)

$i$  = Indeks penjumlahan

$k$  = Nomor Operasi Kerja (1, 2, 3, ..., k)

$M$  = Jumlah Stasiun Kerja dalam 1 Lini

$T_{CA}$  = Waktu Siklus Aktual (detik)

= Waktu Stasiun Kerja Terbesar (detik)

### C. Pengolahan Data Kondisi Setelah Perbaikan Metode Kerja

Pada tahap dilakukan evaluasi terhadap waktu operasi dengan waktu siklus. Operasi yang memiliki waktu lebih besar daripada waktu siklus disebut sebagai operasi *bottleneck*. Operasi *bottleneck* akan diuraikan menurut elemen kerja penyusunnya dan digambarkan dalam peta kerja setempat baik berupa Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan untuk operasi manual maupun Peta Pekerja Mesin untuk operasi yang menggunakan mesin. Evaluasi pada operasi *bottleneck* dilakukan dengan melakukan perbaikan metode kerja dengan menggunakan prinsip ekonomi gerakan. Menurut [5], ekonomi adalah prinsip yang digunakan untuk menganalisis gerakan-gerakan kerja setempat yang terjadi

dalam sebuah proses kerja atau kegiatan kerja yang berlangsung secara menyeluruh dari satu proses ke proses kerja yang lainnya.

Perbaikan ini dipilih karena dapat mempermudah operator dalam bekerja, tidak perlu mengeluarkan banyak biaya dan dapat mengurangi waktu operasi. Prinsip ekonomi gerakan yang diterapkan dalam penelitian ini adalah menghilangkan elemen kerja yang *non value added*, mendekatkan fasilitas kerja dan mengoptimalkan penggunaan tangan kiri dan tangan kanan. Hal ini yang membedakan penelitian ini dengan *line balancing* pada umumnya, karena operasi yang *bottleneck* tidak dihilangkan terlebih dahulu sehingga waktu siklus aktual yang didapatkan dari waktu stasiun terbesar tidak melebihi waktu siklus yang telah ditargetkan perusahaan. Selanjutnya, dilakukan pengolahan data kondisi setelah perbaikan metode kerja dengan perhitungan sama seperti pada kondisi eksisting. Hasil perbaikan metode kerja dijadikan sebagai Alternatif Perbaikan 1.

### D. Pengolahan Data Line Balancing

Tahap ini dimulai dengan identifikasi batasan pada *line balancing*. Pada umumnya batasan pada *line balancing* hanya berupa waktu siklus dan aturan aktivitas pendahulu. Aktivitas pendahulu digambarkan dalam *precedence diagram* sesuai urutan operasi. Namun, pada penelitian ini terdapat batasan lain berupa operasi-operasi yang menggunakan mesin. Operasi tidak dapat digabungkan dengan operasi lain karena mesin yang digunakan harus dioperasikan secara penuh oleh operator sehingga pergerakan operator terbatas untuk melakukan operasi lain.

Hasil perbaikan pada Alternatif 1 akan dikombinasikan dengan *line balancing*. Penelitian ini membandingkan tiga metode *heuristic line balancing* yaitu *Largest Candidate Rule* (LCR), *Killbridge and Wester Method* (KWM) dan *Ranked Positional Weights* (RPW). Masing-masing metode memiliki prioritas urutan operasi dalam penentuan stasiun kerja yang berbeda. Metode LCR menggunakan prioritas waktu operasi terbesar, KWM membagi operasi kerja ke dalam kolom vertikal berdasarkan *precedence diagram* dan RPW menggunakan urutan bobot RPW yang dihasilkan dari penjumlahan waktu operasi dengan waktu operasi pengikutnya [6]. Sama seperti sebelumnya, data *line balancing* juga diolah untuk menghitung efisiensi lini keseimbangan. Metode LCR akan menjadi Alternatif Perbaikan 2, metode KWM menjadi Alternatif Perbaikan 3 dan metode RPW menjadi Alternatif Perbaikan 4.

### E. Analisis dan Perbaikan

Setelah dilakukan pengolahan data, dilakukan analisis untuk memilih alternatif perbaikan terbaik. Metode yang digunakan untuk memilih alternatif terbaik adalah *value engineering*. Konsep pada *value engineering* sama seperti *cost and benefit ratio* yaitu membandingkan manfaat yang didapatkan dari suatu alternatif dengan biaya yang harus dikeluarkan [7]. Perhitungan *value engineering* pada penelitian ini tidak seperti perhitungan *value engineering* pada umumnya karena perbaikan yang dilakukan menggunakan *line balancing*. Parameter performansi yang digunakan dalam penelitian ini adalah efisiensi lini keseimbangan sedangkan parameter biaya hanya dibatasi pada biaya tenaga kerja, sehingga dilakukan modifikasi rumus dari [8]. Perhitungan manfaat performansi (PBn) hasil modifikasi ditunjukkan dengan rumus pada (3).

$$PB_n = \frac{BE_n}{BE_o} \times CL_o \tag{3}$$

Dengan:

- $PB_n$  = Manfaat Performansi Alternatif ke-n (Rp)
- $BE_n$  = Efisiensi Lini Keseimbangan Alternatif ke-n
- $BE_o$  = Efisiensi Lini Keseimbangan Kondisi Eksisting
- $CL_o$  = Biaya Tenaga Kerja Kondisi Eksisting (Rp)
- $n$  = Jumlah Alternatif (0, 1, 2, 3, 4)

Sedangkan perhitungan *value* hasil modifikasi ditunjukkan dengan rumus pada (4).

$$Vn = \frac{PB_n}{CL_n} \tag{4}$$

Dengan:

- $Vn$  = Value Alternatif ke-n
- $CL_n$  = Biaya Tenaga Kerja Alternatif ke-n

F. Kesimpulan dan Saran

Tahap kesimpulan dan saran merupakan tahap terakhir dalam penelitian ini. Kesimpulan disusun untuk menjawab tujuan penelitian. Sedangkan saran bertujuan untuk memberikan saran perbaikan untuk penelitian yang akan datang.

III. PENGOLAHAN DATA

A. Kondisi Eksisting

Objek yang digunakan dalam penelitian ini adalah *speaker* tipe 12in ACR-1230 BLACK yang merupakan produk yang paling banyak diproduksi selama Tahun 2018. Perakitan *Speaker* tipe 12in ACR-1230 BLACK dilakukan di Lini Perakitan 1 Perusahaan *Speaker*. Penelitian ini bersifat *local optimum* karena hanya mengamati satu tipe *speaker* yang diproduksi di Lini Perakitan 1. Lini Perakitan 1 dibagi menjadi dua lini kecil yaitu Lini 1A dan Lini 1B. Di antara kedua lini ini terdapat proses pengeringan lem yang menghabiskan waktu selama 5 jam. Waktu 5 jam ini tidak dimasukkan dalam perhitungan karena Lini Perakitan 1 digunakan untuk merakit produk lain. Dalam satu hari, waktu produksi yang tersedia untuk satu tipe adalah 3 jam, sedangkan waktu produksi bersih setelah dikurangi waktu untuk *setup*, *changover* dan *housekeeping* adalah 2,75 jam sehingga didapatkan efisiensi lini perakitan 1 sebesar 92% dan laju produksi sebanyak 413 unit/jam.

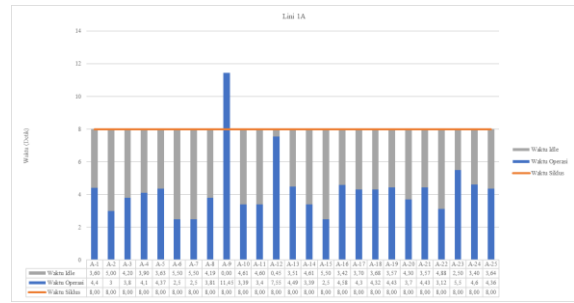
Lini 1A terdiri dari 25 operasi dengan 30 operator. Sedangkan Lini 1B terdiri dari 24 operasi dengan 36 orang operator. Hasil perhitungan efisiensi lini keseimbangan kondisi eksisting ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kondisi eksisting Lini Perakitan 1

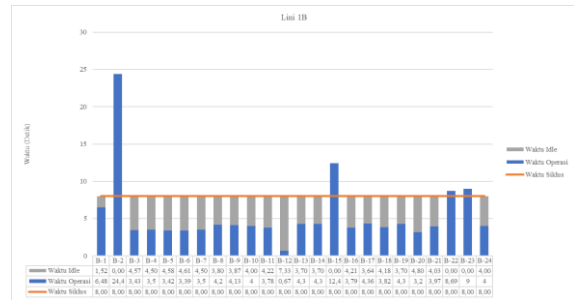
Lini	Efisiensi Lini Keseimbangan	Jumlah Operator
1A	34,1%	30
1B	55,6%	36

B. Perbaikan Metode Kerja

Untuk melakukan perhitungan dengan *line balancing*, waktu operasi menggunakan waktu standar dengan setiap stasiun kerja hanya diisi oleh satu operator. Waktu operasi hasil pengukuran dengan *Stopwatch Time Study* (STS) ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Perbandingan waktu operasi dan waktu siklus Lini 1A



Gambar 2. Perbandingan waktu operasi dan waktu siklus Lini 1B

Berdasarkan Gambar 1 dan Gambar 2, terlihat bahwa sebagian besar proses masih memiliki waktu *idle*. *Idle* sendiri terjadi ketika waktu operasi kurang dari waktu siklus. Sedangkan beberapa proses lain memiliki waktu operasi yang melebihi waktu siklus sehingga menyebabkan *bottleneck* karena melebihi kapasitas lini perakitan. Operasi-operasi yang menjadi *bottleneck* diuraikan berdasarkan elemen kerja penyusunnya sehingga dapat terlihat operasi mana saja yang belum optimal. Operasi-operasi ini selanjutnya digambarkan dalam peta kerja setempat. Operasi A-9, B-2, B-22 dan B-23 digambarkan dalam Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan, sedangkan Operasi B-15 digambarkan dalam Peta Pekerja Mesin karena prosesnya menggunakan mesin *sweeper test*. Perbaikan yang dilakukan adalah menggunakan perbaikan metode kerja dengan prinsip ekonomi gerakan. Dengan ekonomi gerakan, operasi *bottleneck* dapat dihilangkan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi perbaikan metode kerja

Kode	Nama Operasi	Waktu Operasi Awal (Detik)	Waktu Perbaikan (Detik)
A-9	Penggabungan magnet + yoke dan Pemasangan <i>center yoke</i>	11,45	7,97
B-2	Pemasangan <i>tinsel lead</i> dan pelilitan kawat <i>coil</i>	24,4	7,91
B-15	Pengetesan suara dan pemberian stempel	12,4	7,98
B-22	Pembuatan dan pemasangan stiker OB	8,69	7,98
B-23	Pemasukan <i>speaker</i> ke OB	9	7,96

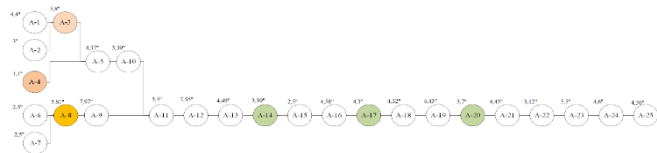
Hasil perhitungan efisiensi lini keseimbangan pada kondisi setelah perbaikan kerja menggunakan ekonomi gerakan ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kondisi setelah perbaikan metode kerja Lini Perakitan 1

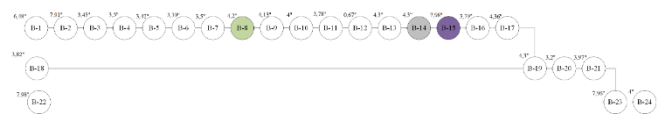
Lini	Efisiensi Lini Keseimbangan	Jumlah Operator
1A	52,5%	30
1B	56,6%	36

C. Line Balancing

Sebelum dilakukan pengolahan data *line balancing*, perlu dilakukan identifikasi batasan dalam *line balancing*. Batasan yang pertama adalah waktu siklus. Waktu siklus didapatkan dari perhitungan dengan (1) sehingga didapatkan besarnya waktu siklus yaitu 8 detik. Waktu ini dijadikan sebagai batas untuk waktu stasiun kerja. Batasan yang kedua adalah presedensi atau batasan aktivitas pendahulu yang digambarkan dengan *precedence diagram* pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Precedence diagram Lini 1A.



Gambar 4. Precedence diagram Lini 1B.

Batasan yang ketiga adalah operasi yang dikerjakan dengan mesin. Hal ini karena mesin yang digunakan harus dioperasikan secara penuh oleh operator dan sulit untuk digabungkan dengan operasi lain karena pergerakan operator yang terhambat. Daftar operasi dengan mesin ditunjukkan dengan Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi operasi dengan mesin

Kode	Operasi	Waktu Operasi (Detik)
A-3	Pengelasan <i>top plate</i> dan <i>chassis</i>	3,8
A-4	Pengelasan terminal	4,1
A-8	Pengeleman magnet dan <i>yoke</i>	3,81

Tabel 5. Rekapitulasi operasi dengan mesin (Lanjutan)

Kode	Operasi	Waktu Operasi (Detik)
A-14	Pengeleman <i>spider</i> bawah dan pecahan keling	3,39
A-17	Pengeleman <i>conepaper</i> dan <i>voice coil</i> bawah	4,3
A-20	Pengeleman <i>voice coil</i> atas dan gasket	3,7
B-8	Pengeleman <i>dustcup</i>	4,2
B-14	Charge magnet	4,3
B-15	Pengetesan suara dan pemberian stempel	7,98

Hasil perhitungan efisiensi lini keseimbangan dengan metode *line balancing* ditunjukkan pada Tabel 5 untuk Lini 1A dan Tabel 6 untuk Lini 1B. Jumlah stasiun kerja menunjukkan jumlah operator karena pembagian beban kerja yang menggunakan *single operator* sehingga satu stasiun dikerjakan oleh satu orang operator.

Tabel 6. Perbandingan metode *line balancing* pada Lini 1A

Metode	Efisiensi Lini Keseimbangan	Jumlah Operator
LCR	62,44%	21
KWM	65,56%	20
RPW	65,56%	20

Tabel 7. Perbandingan metode *line balancing* pada Lini 1B

Metode	Efisiensi Lini Keseimbangan	Jumlah Operator
LCR	75,45%	18
KWM	71,47%	19
RPW	75,45%	18

D. Value Engineering

Pemilihan alternatif dengan *value engineering* dilakukan dengan mempertimbangkan faktor *cost* terhadap *value* yang didapat berdasarkan perbaikan yang dilakukan. Alternatif perbaikan dapat diterima ketika bernilai lebih dari 1. Sedangkan untuk memilih alternatif terbaik, perusahaan dapat melihat *value*. Perhitungan pada penelitian ini menggunakan *value engineering* yang telah dimodifikasi berupa performansi yang didapatkan dari efisiensi lini keseimbangan dan biaya yang didapatkan dari biaya tenaga kerja. Biaya tenaga kerja adalah total gaji operator selama satu tahun. Gaji dalam perhitungan penelitian ini disesuaikan dengan besarnya UMR Kota Surabaya pada Tahun 2018 yaitu Rp 3.583.313/bulan atau Rp 42.999.756/tahun.

Alternatif 0 merupakan kondisi eksisting yang digunakan sebagai acuan, dengan nilai performansinya menjadi nilai BE<sub>0</sub> dan biaya yang dikeluarkan menjadi nilai CL<sub>0</sub>. Rekapitulasi *value engineering* alternatif (Alt) perbaikan terlihat pada Tabel 7 untuk Lini 1A dan Tabel 8 untuk Lini 1B.

Tabel 8. Value engineering alternatif perbaikan Lini 1A

Alt	Efisiensi Lini Keseimbangan	Biaya Tenaga Kerja	Manfaat Performansi	Value
0	34,12%	Rp1.289.992.680	Rp1.289.992.680	1,00
1	52,45%	Rp1.074.993.900	Rp1.983.139.681	1,84
2	62,44%	Rp902.994.876	Rp2.360.880.573	2,61
3	65,56%	Rp859.995.120	Rp2.478.924.601	2,88
4	65,56%	Rp859.995.120	Rp2.478.924.601	2,88

Tabel 9. Value engineering alternatif perbaikan Lini 1B

Alt	Efisiensi Lini Keseimbangan	Biaya Tenaga Kerja	Manfaat Performansi	Value
0	55,55%	Rp1.547.991.216	Rp1.547.991.216	1,00
1	56,58%	Rp1.031.994.144	Rp2.139.383.920	2,07
2	75,45%	Rp773.995.608	Rp2.852.511.893	3,69
3	71,47%	Rp816.995.364	Rp2.702.379.688	3,31
4	75,45%	Rp773.995.608	Rp2.852.511.893	3,69

IV. HASIL DAN DISKUSI

Berdasarkan pengolahan data yang dilakukan, didapatkan hasil yang ditunjukkan dengan Tabel 9 untuk Lini 1A dan Tabel 10 untuk Lini 1B.

Tabel 10. Rekapitulasi alternatif perbaikan Lini 1A

Alternatif	Efisiensi Lini Keseimbangan	Jumlah Operator (Orang)
0	34,12%	30
1	52,45%	25
2	62,44%	21
3	65,56%	20
4	65,56%	20

Tabel 11. Rekapitulasi alternatif perbaikan Lini 1B

Alternatif	Efisiensi Lini Keseimbangan	Jumlah Operator (Orang)
0	55,55%	36
1	56,58%	24
2	75,45%	18
3	71,47%	19
4	75,45%	18

A. Analisis Kondisi Eksisting

Berdasarkan identifikasi proses perakitan *speaker*, dapat diketahui kondisi eksisting yang ada di Lini Perakitan 1. Dalam satu hari, Perusahaan *Speaker* menyediakan waktu produksi untuk satu tipe *speaker* adalah 3 jam. Waktu produksi tersedia ini dikurangi dengan waktu *non process* produksi seperti waktu *setup*, *changeover* dan *housekeeping*

selama atau 0,25 jam, sehingga didapatkan waktu produksi sebesar 2,75 jam.

Perhitungan selanjutnya adalah perhitungan laju produksi pada lini perakitan yang menunjukkan besarnya kapasitas lini perakitan untuk memproduksi berapa banyak unit dalam waktu yang tersedia. Perhitungan laju produksi dilakukan dengan membandingkan rata-rata permintaan harian dengan waktu produksi yang tersedia. Berdasarkan data historis Perusahaan *Speaker* Bulan Januari sampai November 2018, *speaker* tipe 12in ACR-1230 BLACK memiliki rata-rata permintaan harian sebesar 1.238 unit, sedangkan waktu produksi yang tersedia untuk satu tipe produk adalah 3 jam per hari sehingga didapatkan laju produksi sebesar 413 unit/jam.

Dari nilai laju produksi dan efisiensi lini, dapat dilakukan perhitungan waktu siklus. Waktu siklus merupakan waktu yang menunjukkan selang waktu untuk memindahkan satu unit pekerjaan dari awal sampai akhir. Nilai waktu siklus berbanding terbalik dengan laju produksi yang dikalikan dengan efisiensi lini. Waktu siklus yang dihasilkan dari perhitungan adalah 8 detik. Waktu ini akan menjadi waktu acuan untuk membuat keseimbangan lini. Tujuan dari keseimbangan lini adalah menyeimbangkan kecepatan produksi setiap stasiun kerja agar seimbang dengan waktu siklus sebesar 8 detik ini.

Efisiensi lini keseimbangan pada kondisi eksisting untuk Lini 1A adalah 34,12% sedangkan untuk Lini 1B adalah 55,55%. Nilai ini mengindikasikan bahwa lini perakitan kondisi eksisting memiliki performansi yang masih rendah. Efisiensi yang rendah menunjukkan bahwa perakitan masih belum seimbang dan memiliki banyak waktu yang *idle* sehingga perlu dilakukan perbaikan. Pada penelitian ini efisiensi lini keseimbangan dijadikan parameter performansi lini perakitan karena dapat menunjukkan seberapa baik kondisi suatu lini.

### B. Analisis Perbaikan Metode Kerja

Berdasarkan Gambar 1 dan Gambar 2 terlihat bahwa operasi pada Lini Perakitan 1 belum seimbang. Adanya waktu *idle* menjadi indikasi bahwa proses produksi belum seimbang karena masih banyak waktu menganggur untuk operator. Di sisi lain, terdapat beberapa indikasi lain proses produksi yang tidak seimbang yaitu dengan adanya *bottleneck*. Operasi *bottleneck* terlihat dari operasi yang memiliki waktu lebih dari waktu siklus sehingga perlu dilakukan evaluasi agar sebisa mungkin waktu operasi tersebut dapat mendekati atau kurang dari waktu siklus.

Operasi yang *bottleneck* antara lain penggabungan magnet + *yoke* dan pemasangan *center yoke*, pemasangan *tinsel lead* dan pelilitan kawat *coil*, pengetesan suara dan pemberian stempel, pembuatan dan pemasangan stiker OB dan pemasukan *speaker* ke OB. Evaluasi yang dilakukan pada kelima operasi ini adalah perbaikan metode kerja dengan menerapkan prinsip-prinsip ekonomi gerakan pada operasi-operasi yang dikerjakan operator. Perbaikan ini dipilih karena dapat mempermudah operator dalam bekerja, tidak perlu mengeluarkan banyak biaya dan dapat mengurangi waktu operasi. Seperti yang diketahui bahwa operasi di Lini Perakitan 1 didominasi oleh pekerjaan yang dilakukan manusia sangat dipengaruhi oleh performansi operator yang mengerjakan sehingga perbaikan metode kerja merupakan solusi yang tepat.

Langkah yang digunakan dalam mengevaluasi metode kerja proses *bottleneck* terdiri dari identifikasi elemen kerja,

penggambaran elemen kerja pada Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan atau Peta Pekerja Mesin dan perbaikan metode kerja menggunakan konsep pada ekonomi gerakan. Prinsip dari ekonomi gerakan adalah dengan menghindari tindakan yang tidak perlu, mendekatkan fasilitas kerja ke operator, mengoptimalkan penggunaan kedua tangan secara bersamaan dan menggunakan alat bantuan seperti *jig* dan *fixture*.

Berdasarkan perbaikan metode kerja ini, dilakukan pengolahan data untuk menghitung performansi lini perakitan. Waktu beban kerja untuk Lini 1A adalah 104,51 detik sedangkan untuk Lini 1B adalah 108,37 detik. Waktu beban kerja bertambah karena perubahan alokasi operator yaitu 1 operasi dikerjakan oleh 1 operator sehingga waktu beban kerja semakin panjang. Jumlah stasiun kerja diasumsikan sama dengan jumlah operasi karena belum dilakukan pengelompokan operasi kerja menggunakan metode *line balancing*.

Jumlah stasiun kerja pada Lini 1A adalah 25 stasiun dengan waktu stasiun terbesar adalah 7,97 detik sehingga jumlah operator pada Lini 1A adalah 25 orang. Sedangkan jumlah stasiun pada Lini 1B adalah 24 stasiun dengan waktu stasiun terbesar adalah 7,98 detik sehingga jumlah operator pada Lini 1B adalah 24 orang. Performansi yang didapatkan dari perhitungan adalah dari 52,45% yang merupakan performansi dari Lini 1A dan 56,58% yang merupakan performansi dari Lini 1B. Perbaikan ini dijadikan sebagai Alternatif 1.

### C. Analisis Line Balancing

Pada penelitian ini, tipe *line balancing* yang digunakan adalah *Assembly Line Balancing-1 (ALB-1)* yang bertujuan untuk meminimalkan jumlah stasiun kerja dengan laju produksi tertentu [9]. Penggunaan ALB-1 dipilih karena perusahaan belum meminimasi jumlah stasiun kerja sehingga membutuhkan lebih banyak karyawan walaupun sudah memiliki target waktu siklus. Metode *line balancing* yang digunakan dalam penelitian ini adalah LCR, KWM dan RPW. Ketiga metode ini dipilih karena sifatnya yang heuristik sehingga dapat disesuaikan dengan kondisi perusahaan dan proses komputasinya yang cepat sehingga cocok untuk pengambilan keputusan yang bersifat operasional.

Metode LCR merupakan metode *line balancing* yang paling sederhana karena mengurutkan prioritas operasi kerja berdasarkan waktu operasi terpanjang. Pada metode ini didapatkan jumlah stasiun kerja yang dihasilkan adalah 21 stasiun kerja pada Lini 1A dengan waktu stasiun kerja terbesar adalah 7,97 detik dan 18 stasiun kerja pada Lini 1B dengan waktu stasiun kerja terbesar adalah 7,98 detik. Efisiensi lini keseimbangan untuk Lini 1A adalah 62,4% dan Lini 1B adalah 75,4%. Nilai ini menunjukkan adanya peningkatan performansi dari kondisi eksisting.

Metode KWM merupakan metode yang memperbaiki kelemahan Metode LCR yaitu tidak mempertimbangkan posisi presedensi operasi. Metode ini mengurutkan prioritas berdasarkan posisi operasi pada *precedence diagram*. Proses yang dilakukan dimulai dari mengelompokkan operasi ke dalam kolom-kolom secara vertikal yang diberi kode alfabet berdasarkan urutan pada *precedence diagram*. Pada metode didapatkan jumlah stasiun kerja yang dihasilkan adalah 20 stasiun kerja pada Lini 1A dengan waktu stasiun kerja terbesar adalah 7,97 detik dan 19 stasiun kerja pada Lini 1B dengan waktu stasiun kerja terbesar adalah 7,98 detik. Efisiensi lini keseimbangan untuk Lini 1A adalah 65,6% dan

Lini 1B adalah 71,5%. Nilai ini menunjukkan adanya peningkatan performansi dari kondisi eksisting.

Metode RPW merupakan metode yang mengkombinasikan metode LCR dan KWM. Metode ini mengurutkan prioritas berdasarkan posisi operasi pada *precedence diagram* sekaligus waktu operasi. Setiap operasi akan diberi bobot yang dihitung dari waktu operasi total pada operasi itu sendiri dan operasi yang mengikuti pada seluruh rantai *precedence diagram*. Pada metode didapatkan jumlah stasiun kerja yang dihasilkan adalah 20 stasiun kerja pada Lini 1A dengan waktu stasiun kerja terbesar adalah 7,97 detik dan 18 stasiun kerja pada Lini 1B dengan waktu stasiun kerja terbesar adalah 7,98 detik. Efisiensi lini keseimbangan untuk Lini 1A adalah 65,6% dan Lini 1B adalah 75,4%. Nilai ini menunjukkan adanya peningkatan performansi dari kondisi eksisting.

#### D. Analisis Value Engineering

Tabel 7 memperlihatkan bahwa Alternatif 3 dan Alternatif 4 memiliki *value* tertinggi di antara alternatif yang lain yaitu bernilai 2,88. Alternatif 3 merupakan alternatif perbaikan yang mengkombinasikan perbaikan metode kerja dan *line balancing* KWM, sedangkan Alternatif 4 merupakan kombinasi dari perbaikan metode kerja dan *line balancing* RPW. Didapatkan peningkatan performansi sebesar 92,17% yang diikuti oleh penurunan biaya tenaga kerja sebesar 33,33%. Tabel 8 memperlihatkan alternatif terbaik untuk Lini 1B adalah Alternatif 2 dan Alternatif 4 yang memberikan *value* sebesar 3,69. Dari alternatif ini didapatkan peningkatan performansi Lini 1B sebesar 35,81% yang diikuti penurunan biaya tenaga kerja sebanyak 50%.

### V. KESIMPULAN

- Proses produksi *speaker* yang dilakukan pada Lini Perakitan 1 dibagi menjadi dua lini kecil yaitu Lini 1A dan Lini 1B. Lini 1A terdiri dari 25 operasi kerja dengan 30 operator dan Lini 1B terdiri dari 24 operasi kerja dengan 36 operator.
- Pada kondisi eksisting, performansi Lini 1A sebesar 34,12% dan Lini 1B sebesar 55,55%.
- Operasi *bottleneck* diperbaiki menggunakan prinsip ekonomi gerakan. Performansi berdasarkan perbaikan ini

untuk Lini 1A sebesar 52,5% sedangkan Lini 1B sebesar 56,6%.

- Alternatif perbaikan terdiri dari Alternatif 1 dengan perbaikan metode kerja, Alternatif 2 dengan perbaikan metode kerja dan *line balancing Largest Candidate Rule*, Alternatif 3 dengan perbaikan metode kerja dan *line balancing Killbridge and Wester Method* dan Alternatif 4 dengan perbaikan metode kerja dan *line balancing Ranked Positional Weights*.
- Alternatif terbaik dipilih dengan melihat besarnya *value* yang terbesar. Pada Lini 1A, Alternatif 3 dan 4 memiliki *value* tertinggi di antara alternatif yang lain yaitu bernilai 2,88, sedangkan alternatif terbaik untuk Lini 1B adalah Alternatif 2 dan Alternatif 4 yang memberikan *value* sebesar 3,69.
- Penelitian ini dapat dikembangkan untuk penelitian selanjutnya dengan melakukan penelitian *mixed model line balancing* yang mempertimbangkan variasi tipe *speaker* yang dihasilkan pada Lini Perakitan 1.

### DAFTAR PUSTAKA

- N. Kriengkarakot dan N. Pianthong, "The Assembly Line Balancing Problem: Review articles The Assembly Line Balancing Problem," *KKU Engineering Journal*, Vol. 34, No. 2 (2017) 133–140.
- M. P. Groover, *Otomasi, Sistem Produksi dan Computer-Integrated Manufacturing*. Surabaya: Guna Widya (2005).
- S. Wignjosoebroto, *Tata Letak Pabrik dan Pindahkan Barang*. Surabaya: Guna Widya (2009).
- W. Stevenson, *Operations Management*. New York: McGraw-Hill (2011).
- S. Wignjosoebroto, *Ergonomi, Studi Gerakan dan Waktu: Teknik Analisis untuk Peningkatan Produktivitas Kerja*. Surabaya: Guna Widya (2006).
- R. N. Panchal, A. D. Awasure, dan S. J. Mulani, "Methods of Solving Assembly Line Balancing Problem," *International Journal of Engineering Technology, Management and Applied Sciences*, Vol. 5, No. 7 (2017) 644–648.
- R. R. Venkataraman dan J. K. Pinto, *Cost and Value Management in Projects*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. (2008).
- D. H. Dell'Isola, *Quality Control, 2nd Edition*. Prentice-Hall Internasional (1986).
- A. Scholl dan C. Becker, "State-of-the-art Exact and Heuristic Solution Procedures for Simple Assembly Line Balancing," *European Journal of Operational Research*, Vol. 168, No. 3 (2006) 666–693.