

SIMULASI LINTASAN PERAKITAN *SPEAKER* UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI LINI PRODUKSI

Ruth Novita Sasongko, Martinus Edy Sianto*, Ivan Gunawan

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, Jalan Kalijudan
37 Surabaya

Email : martinus.sianto@gmail.com

ABSTRAK

Semakin ketatnya persaingan di dunia usaha membuat industri manufaktur terus berusaha untuk dapat meningkatkan efisiensi. Konsep yang banyak diterapkan dalam dunia usaha adalah lean manufacturing. Lean manufacturing dapat mengidentifikasi faktor penyebab terjadinya waste sehingga waktu produksi menjadi lebih efisien. Penelitian dilakukan di PT. X yang bergerak dibidang pembuatan speaker. Line assembly di PT.X sering terjadi idle maupun bottleneck sehingga membuat waktu produksi menjadi lebih lama dan kurang efisien. Hal ini juga membuat operator harus lembur dan perusahaan harus mengeluarkan biaya tambahan. Penelitian ini melakukan pendekatan discrete event simulation untuk menyelesaikan permasalahan yang ada. Lead time produksi kondisi awal line assembly sebesar 3199,32 detik dengan nilai average number waiting terbesar 132,84 speaker yaitu pada proses pemberian lem pada baut speaker 4inc. Setelah dilakukan perbaikan, didapatkan hasil nilai lead time produksi sebesar 2743,8 detik dengan nilai average number waiting pada proses pemberian lem pada baut speaker 4inc sebesar 38,8466 speaker untuk operator 1 dan 41,2827 speaker untuk operator 2.

Kata kunci : *Lean Manufacturing, Discrete Event Simulation, Efisiensi.*

I. Pendahuluan

Persaingan dalam dunia usaha yang semakin ketat menuntut industri manufaktur untuk terus meningkatkan efisiensi guna memenangkan persaingan. *Lean manufacturing* merupakan salah satu konsep yang banyak diadopsi oleh industri manufaktur untuk dapat meningkatkan daya saing. *Lean manufacturing* merupakan suatu upaya strategi perbaikan secara kontinu dalam proses produksi untuk mengidentifikasi jenis-jenis dan faktor penyebab terjadinya *waste* agar aliran nilai (*value stream*) dapat berjalan lancar sehingga waktu produksi lebih efisien (Gaspersz, 2006).

Penelitian dilakukan di PT.X yang bergerak di bidang pembuatan *speaker*. Permasalahan mengenai kurang efisiensinya lintasan produksi terjadi pada proses *assembly*. Seringkali terjadi *idle* maupun *bottleneck* pada *line assembly* membuat waktu produksi menjadi lebih lama dan tidak sesuai dengan target. Hal itu membuat operator harus lembur dan perusahaan harus mengeluarkan biaya tambahan untuk operator yang lembur. Oleh sebab itu, dari penelitian ini diharapkan akan diperoleh usulan perbaikan yang efektif untuk menurunkan pemborosan waktu dan meningkatkan efisiensi pada *line assembly*.

Pendekatan simulasi dilakukan dalam penelitian ini guna menyelesaikan permasalahan yang ada dan dapat meningkatkan efisiensi pada *line assembly*. Alasan penggunaan simulasi dalam penelitian ini adalah sistem yang diteliti merupakan sistem yang cukup kompleks sehingga tidak bisa hanya menggunakan model matematis sederhana.

Penggunaan simulasi juga dapat menirukan kerandoman kejadian sehingga dengan penggunaan simulasi maka akan benar-benar merepresentasikan kondisi aktual yang terjadi. Selain itu, simulasi dapat dilakukan untuk mengetahui kemampuan produksi pada masing-masing stasiun kerja setelah dilakukan perbaikan. Permasalahan yang hendak diselesaikan pada penelitian ini bersifat diskrit dimana perubahan status pada model simulasi terjadi pada titik-titik diskrit tertentu pada suatu waktu yang dipicu oleh kejadian tertentu. Misalnya ketika suatu unit entitas (*speaker*) keluar dari sistem karena telah selesai diproses, maka variabel jumlah total *output* akan berubah saat itu juga. Selain itu, status *resource* yang sebelumnya memproses entitas tersebut juga mengalami perubahan. Untuk dapat mengurangi *waste* pada proses *assembly* di PT. X, dilakukan pembangunan beberapa skenario berdasarkan prinsip *lean manufacturing*.

II. Tinjauan Pustaka

II.1. Lean Manufacturing

Lean manufacturing merupakan konsep dari *Toyota Production System* dengan tujuan untuk meningkatkan nilai tambah kerja dengan menghilangkan *waste* dan mengurangi pekerjaan yang tidak perlu, biaya yang lebih rendah, kualitas yang lebih tinggi dan *lead time* yang lebih pendek (Gaspersz, 2012). Salah satu permasalahan yang sering dihadapi oleh industri manufaktur adalah terjadinya *waste* atau pemborosan. *Idle* dan juga *bottleneck* juga merupakan suatu pemborosan. Oleh

sebab itu, perusahaan berupaya untuk dapat meminimalkan *waste* sehingga dapat meningkatkan produktivitas pada perusahaan.

II.2. Pengukuran dengan Jam Henti (Stopwatch)

Pengukuran waktu adalah pekerjaan mengamati dan mencatat waktu-waktu kerjanya baik setiap elemen ataupun siklus dengan menggunakan alat-alat yang telah disiapkan (Rachman, 2013). Dalam melakukan pengukuran dengan *stopwatch*, pekerja yang diamati harus dalam kondisi bekerja dengan waktu standar. Definisi dari waktu standar adalah waktu yang diperlukan untuk menghasilkan produk pada stasiun kerja dengan tiga kondisi yaitu operator yang berkualitas dan sudah terlatih dengan baik, bekerja dengan kecepatan yang normal, melakukan pekerjaan tertentu (Meyers & Stewart, 2002). Terdapat tiga metode yang digunakan untuk melakukan pengukuran dengan jam-henti (*stopwatch*) yaitu pengukuran waktu secara terus menerus (*continuous timing*), pengukuran waktu secara berulang-ulang (*repetitive timing*), dan pengukuran waktu secara penjumlahan (*accumulative timing*).

II.3. Simulasi

Simulasi merupakan suatu teknik meniru operasi-operasi atau proses-proses yang terjadi dalam suatu sistem dengan bantuan perangkat komputer dan dilandasi oleh beberapa asumsi tertentu sehingga sistem tersebut bisa dipelajari secara ilmiah (Law and Kelton, 1991). Dengan menggunakan simulasi maka proses pengambilan keputusan untuk suatu permasalahan yang cukup rumit akan menjadi lebih singkat dan tidak memakan biaya yang besar.

Discrete-Event Simulation (simulasi kejadian khusus) adalah simulasi yang membahas model suatu sistem yang selalu berkembang karena adanya suatu representasi dari perubahan variabel-variabel pada pada kondisi tertentu disaat tertentu juga. Kondisi tertentu ini merupakan kejadian dimana suatu peristiwa terjadi dan *event* (kejadian) didefinisikan sebagai kejadian atau peristiwa pada saat yang sama (saat tertentu) dapat mengubah kondisi suatu sistem (Djati and Shahab, 2005). Replikasi diperlukan dalam simulasi. Tanpa adanya replikasi maka *output* suatu model simulasi tidak akan dapat membentuk suatu rentang estimasi. Untuk mendapatkan estimasi pada interval yang dapat diterima maka jumlah replikasi perlu ditentukan sedemikian rupa. Apabila hanya melakukan simulasi sebanyak satu kali, maka hasil simulasi belum cukup untuk merepresentasikan sistem nyata.

II.4. Value Stream Mapping

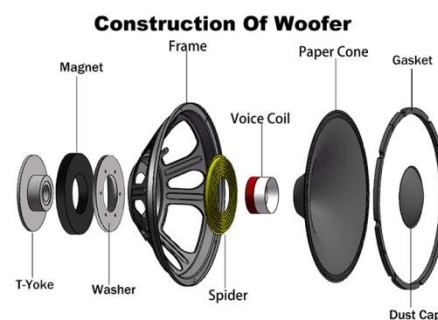
Salah satu alat yang dapat digunakan dalam penerapan *lean* adalah *Value Stream Mapping* (VSM). *Value stream mapping* adalah

sebuah metode visual untuk memetakan jalur produksi dari sebuah produk yang di dalamnya termasuk material dan informasi dari masing-masing stasiun kerja (George, 2002). Tujuan dari VSM adalah mengidentifikasi proses produksi agar material dan informasi dapat berjalan tanpa adanya gangguan, meningkatkan produktivitas dan daya saing, serta membantu dalam mengimplementasikan sistem (Womack dkk, 1991). Oleh sebab itu, *value stream mapping* dapat membantu menemukan *waste* dalam proses produksi.

II.5. Proses Pembuatan Speaker pada Line Assembly I

Secara umum, proses pembuatan *speaker* pada *line assembly* I dimulai dengan meletakkan *chassis*, *yoke*, *top plate*, dan magnet ke atas *conveyor*. Untuk *yoke* dan magnet dilakukan penggabungan dengan pemberian lem di atas magnet. Sedangkan untuk *chassis* dilakukan pemasangan terminal dengan menggunakan mesin keling. *Chassis* yang sudah terpasang terminal akan digabung dengan *top plate* dengan menggunakan mesin *press*. Seluruh *part* yang sudah siap akan digabungkan sehingga membentuk *speaker*. *Speaker* selanjutnya *di-vacuum* dengan menggunakan mesin *absorber*. Proses *vacuum*-an dilakukan untuk membersihkan sisa-sisa logam, debu serta kotoran lainnya. Selanjutnya dilakukan pemasangan *spider*, *cone paper*, dan juga gasket. *Speaker* yang sudah selesai diproses akan dilakukan pemindahan ke *pallet* untuk selanjutnya dimasukkan ke gudang.

II.6. Bagian-bagian Speaker



Gambar 1 Komponen-komponen Speaker

1. *Chassis* atau *Frame*
Chassis atau *frame* berfungsi untuk menempelkan *parts* penting pada *speaker* seperti magnet, *yoke*, dan *top plate*. Umumnya *speaker* terbuat dari plat besi atau baja.
2. Magnet
Fungsi utama dari magnet adalah untuk membangkitkan medan magnet permanen. Medan magnet akan dikirimkan ke *voice coil* sehingga *voice coil* dan *cone paper* akan mengeluarkan suara.

3. *Yoke*
Yoke adalah bagian yang ditempel pada bagian bawah magnet. Pada bagian tengah *yoke* terdapat silinder tegak yang berdiameter setengah dari diameter lempengan. Fungsi dari *yoke* adalah untuk menyalurkan salah satu kutub medan magnet permanen.
4. *Cone Paper*
Cone paper memiliki bentuk seperti kerucut tanpa tudung lancip. Fungsi dari *cone paper* adalah untuk merubah energi mekanik menjadi energi suara.
5. Gasket
Fungsi dari gasket adalah untuk menekan pinggiran dari *cone paper* dan sebagai pelindung pada bagian depan *speaker*. Selain itu, dengan adanya gasket maka penampilan *speaker* menjadi lebih menarik. Gasket terbuat dari bahan yang lunak seperti gabus, *sponge*, dan lain-lain.
6. *Voice Coil*
Voice coil memiliki fungsi yaitu untuk membangkitkan medan magnet yang tidak permanen. Alur sistem dari *voice coil* adalah menerima medan magnet dari kutub magnet dan menghasilkan getaran sesuai dengan besar kecilnya medan magnet yang tersedia lalu mengirimkan getaran tersebut ke *cone paper*.
7. *Top Plate/ Washer*
Top Plate terletak pada bagian atas magnet. Fungsi dari *top plate* adalah untuk menyatukan salah satu kutub medan magnet permanen. Oleh sebab itu, *top plate* biasanya terbuat dari logam agar dapat menghantarkan aliran atau medan magnet dari magnet ke *chassis*.

III. Metode Penelitian

III.1. Pengembangan Model

Tahap pengembangan model terdiri dari mengidentifikasi elemen dan variabel sistem, membangun model simulasi, verifikasi dan validasi model, dan replikasi. Identifikasi elemen dilakukan pada *line assembly* I dan menentukan distribusi pada masing-masing elemen. Berikut adalah variabel-variabel pada proses *assembly* I di PT.X:

1. Variabel Keputusan : Jumlah operator pada setiap stasiun kerja
2. Variabel Respon : *Rate* produksi, lama *idle* disetiap stasiun kerja, waktu *assembly*
3. Variabel Status : Status operator dan produk

Pembangunan model simulasi dibuat dengan menggunakan *software* ARENA. Model simulasi yang dibangun berdasarkan data yang telah terkumpul sehingga menggambarkan keadaan riil. Verifikasi bertujuan untuk menguji apakah model yang dibuat sudah sesuai dengan model operasionalnya atau tidak. Jika tidak, maka akan dilakukan pembangunan model kembali. Sedangkan validasi dilakukan untuk menguji apakah model yang dibangun sudah bisa

merepresentasikan keadaan yang sesungguhnya atau tidak. Pada tahap validasi, dilakukan uji hipotesa antara *output* produksi hasil simulasi dengan *output* produksi yang dimiliki perusahaan. Replikasi diperlukan dalam menjalankan simulasi karena apabila hanya menjalankan simulasi sebanyak satu kali maka hasil simulasi belum cukup merepresentasikan sistem nyata.

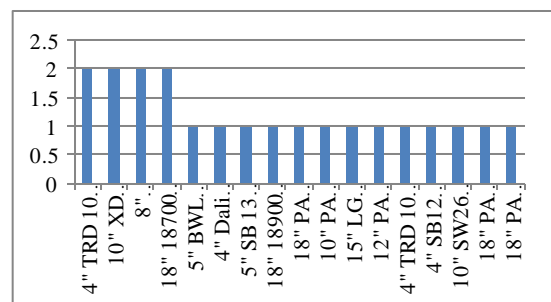
III.2. Pencarian Solusi

Pencarian solusi terdiri dari mengembangkan skenario, melakukan simulasi, dan menganalisis keluaran simulasi. Tahap pengembangan skenario dilakukan dengan mencari skenario-skenario yang memungkinkan untuk dilakukan simulasi dengan mengubah jumlah pekerja pada suatu stasiun kerja tertentu dan memisahkan atau menggabungkan stasiun kerja tertentu. Setelah dilakukan pengembangan skenario, selanjutnya dilakukan simulasi. Simulasi dilakukan untuk mengetahui apakah skenario yang telah direncanakan dapat membuat sistem menjadi lebih efisien. Dari hasil simulasi yang telah dilakukan, tahap selanjutnya adalah melakukan analisa. Analisa dilakukan dengan membandingkan skenario mana yang terbaik.

IV. Hasil Penelitian dan Pembahasan

IV.1. Pengumpulan Data

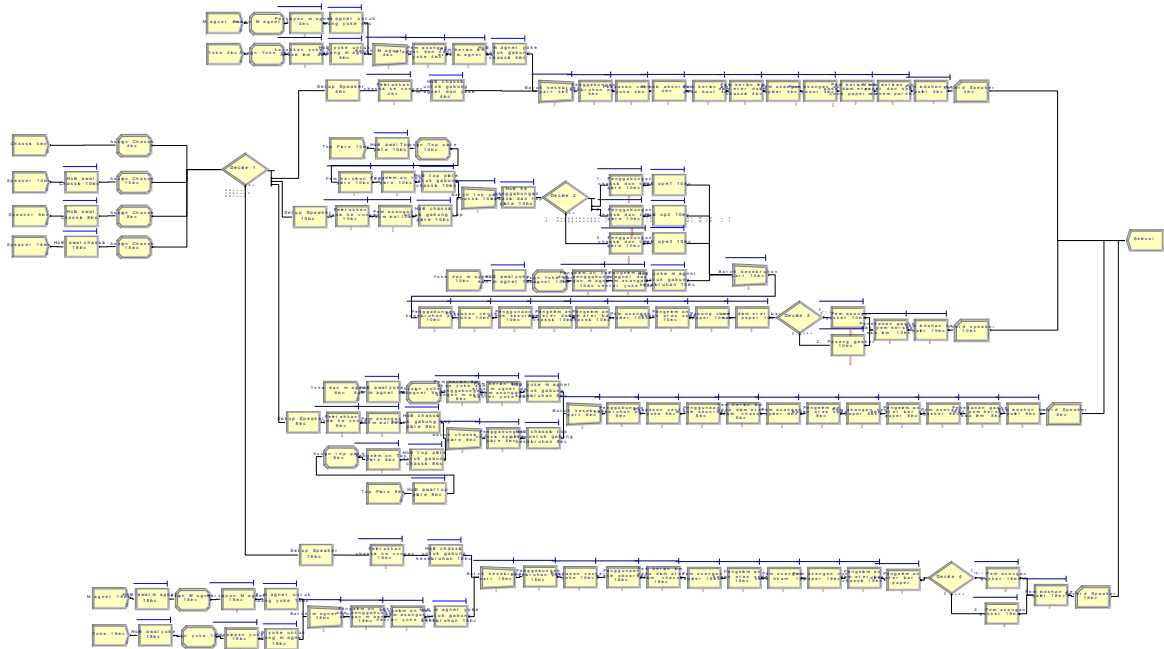
Pengumpulan data dilakukan selama satu bulan dimana pengamatan dilakukan pada *line assembly* I. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan *stopwatch* untuk setiap stasiun kerja. Berikut ini merupakan diagram batang untuk menentukan produk-produk yang akan digunakan.



Gambar 2 Produk-produk pada *Line Assembly* I

Diagram batang di atas menggambarkan kemunculan produk-produk pada *line assembly* I. Terdapat 4 tipe *speaker* yang dominan muncul dalam 1 bulan pengamatan. Tipe *speaker* tersebut adalah 18" 18700 MK I Deluxe, 8" array 2050 M.Fab, 10" XD 000033-00, dan 4" TRD 10 PFC 25-08. Keempat tipe *speaker* inilah yang akan digunakan dalam penelitian ini

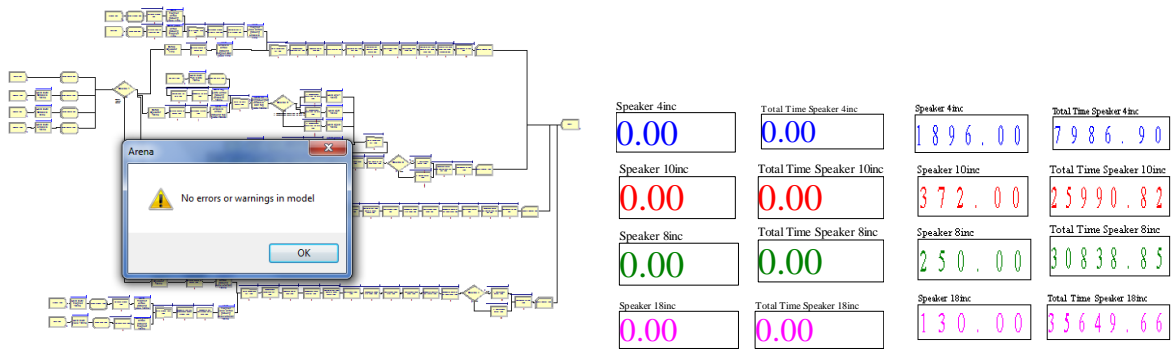
IV.2. Hasil Simulasi ARENA



Gambar 3 Model Simulasi pada Line Assembly I

IV.3. Verifikasi

Proses verifikasi dilakukan untuk menguji adanya *semantic error* dan *syntax error* dalam model.



Gambar 4 Verifikasi Model Arena

Gambar 4 menyatakan bahwa tidak ada *error* yang ditemukan di dalam model. Artinya tidak terdapat *syntax error* yang menyebabkan model tidak dapat berjalan dengan baik. Verifikasi ada tidaknya *semantic error* pada model cenderung lebih sulit dilakukan dibandingkan dengan *syntax error*. Pada dasarnya *semantic error* merupakan pengujian apakah model sudah sesuai dengan logika sistem yang seharusnya atau belum. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk mengetahui adanya *semantic error* adalah dengan memperhatikan detail jalannya sistem melalui tampilan visual atau animasi serta memeriksa hasil *report* simulasi untuk melihat kewajaran hasil.

Dengan menjalankan simulasi menggunakan animasi maka akan dapat mengetahui terjadinya perubahan produk pada periode waktu tertentu.

IV.4. Validasi

Proses validasi pada penelitian ini dilakukan dengan uji hipotesis rataan dua populasi. Model akan dianggap valid apabila *output* hasil simulasi tidak memiliki perbedaan yang signifikan terhadap sistem riil. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan waktu proses masing-masing *speaker* pada *line assembly I* dalam satuan detik

Tabel 1 Hasil Uji Validasi *Speaker* Tipe 4” TRD 10 PFC 25-08

	Hasil simulasi	Sistem riil
Mean	7988,804 detik	7930 detik
Variance	3778,43628	0
Observations	5	5
Pooled Variance	1889,21814	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	8	
t Stat	2,139123308	
P(T<=t) one-tail	0,032432452	
t Critical one-tail	1,859548033	
P(T<=t) two-tail	0,064864903	
t Critical two-tail	2,306004133	

Tabel 2 Hasil Uji Validasi *Speaker* Tipe 10” XD 000033-00

	Hasil simulasi	Sistem riil
Mean	17921,924 detik	17870 detik
Variance	4377,65288	0
Observations	5	5
Pooled Variance	2188,82644	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	8	
t Stat	1,754819624	
P(T<=t) one-tail	0,058684413	
t Critical one-tail	1,859548033	
P(T<=t) two-tail	0,117368827	
t Critical two-tail	2,306004133	

Tabel 3 Hasil Uji Validasi *Speaker* Tipe 8” array 2050 M.F.

	Hasil simulasi	Sistem riil
Mean	4917,028 detik	4870 detik
Variance	3895,73537	0
Observations	5	5
Pooled Variance	1947,867685	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	8	
t Stat	1,684793924	
P(T<=t) one-tail	0,065260011	
t Critical one-tail	1,859548033	
P(T<=t) two-tail	0,130520023	
t Critical two-tail	2,306004133	

Tabel 4 Hasil Uji Validasi *Speaker* Tipe 18” 18700 MK I De luxe

	Hasil simulasi	Sistem riil
Mean	6038,28 detik	5900 detik
Variance	32646,4506	0
Observations	5	5
Pooled Variance	16323,2253	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	8	
t Stat	1,711300935	
P(T<=t) one-tail	0,062694202	
t Critical one-tail	1,859548033	
P(T<=t) two-tail	0,125388403	
t Critical two-tail	2,306004133	

Hipotesis yang akan digunakan untuk uji-t 2-sample dalam penelitian ini adalah:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 \qquad H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

Nilai *error* (α) yang akan digunakan adalah 0,05 Berdasarkan hasil validasi 4 tipe *speaker*, terlihat bahwa nilai “t Stat” berada diantara nilai “t Critical two-tail”. Artinya “t Stat” berada di daerah penerimaan H_0 sehingga model validasi dinyatakan valid.

IV.5. Penentuan Jumlah Replikasi

Pada penelitian ini, dilakukan sebanyak lima kali replikasi. Berikut ini akan dipaparkan hasil perhitungan jumlah minimum replikasi yang dibutuhkan untuk masing-masing tipe *speaker*.

Tabel 5 Hasil Perhitungan Jumlah Replikasi *Speaker* tipe 4" TRD 10 PFC

Replikasi ke-	Hasil simulasi (detik)	Sistem riil (detik)
1	7986,9	7930
2	7970,88	
3	8089,14	
4	7921,34	
5	7975,76	
\bar{x}	7988,804	7930
s	61,46898633	0
<i>Half Width</i>	76,31	
n'	2,492650206	

Tabel 6 Hasil Perhitungan Jumlah Replikasi *Speaker* tipe 10" XD 000033-00

Replikasi ke-	Hasil simulasi (detik)	Sistem riil (detik)
1	18003,92	17870
2	17863,49	
3	17872,77	
4	17886,61	
5	17982,83	
\bar{x}	17921,924	17870
s	59,17873186	0
<i>Half Width</i>	103,34	
n'	1,25981431	

Tabel 7 Hasil Perhitungan Jumlah Replikasi *Speaker* tipe 8" array 2050

Replikasi ke-	Hasil simulasi (detik)	Sistem riil (detik)
1	4848,03	4870
2	4996,2	
3	4933,14	
4	4948,32	
5	4859,45	
\bar{x}	4917,028	4870
s	62,41582628	0
<i>Half Width</i>	61,65	
n'	3,937634752	

Tabel 8 Hasil Perhitungan Jumlah Replikasi *Speaker* tipe 18" 18700 MK I Deluxe

Replikasi ke-	Hasil simulasi (detik)	Sistem riil (detik)
1	5970,63	5900
2	6141,47	
3	6194,91	
4	5751,98	
5	6132,41	
\bar{x}	6038,28	5900
s	180,6832881	0
<i>Half Width</i>	277,4	
n'	1,629803327	

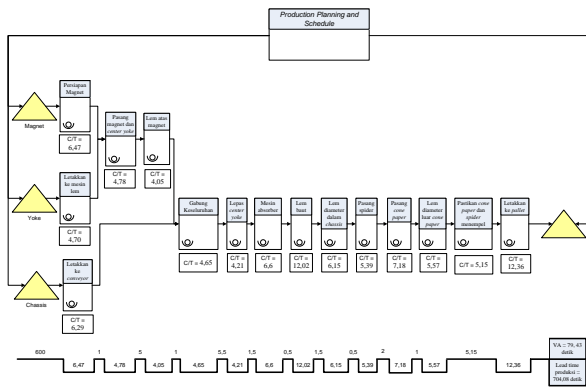
Berikut ini merupakan contoh perhitungan nilai *halfwidth* dengan menggunakan rumus:

$$Half\ Width = t_{\alpha/2, n-1} \times \frac{Standart\ deviasi}{\sqrt{n}} = t_{0,025, 4} \times \frac{61,4689}{\sqrt{5}} = 76,31$$

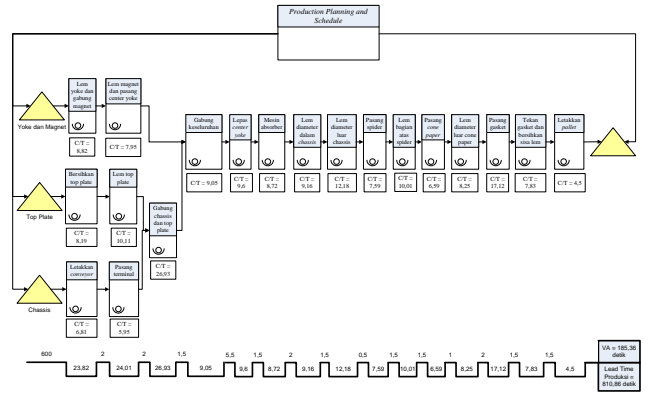
Dari hasil perhitungan jumlah replikasi 4 tipe *speaker*, terlihat bahwa jumlah replikasi minimum untuk *speaker* tipe 4" TRD 10 PFC 25-08 adalah 2,49 atau 3 replikasi. Untuk *speaker* tipe 10" XD 000033-00, jumlah replikasi minimumnya sebesar 1,25 atau 2 replikasi. *Speaker* tipe 8" array 2050 M.F. memiliki jumlah replikasi minimum sebesar 3,94 atau 4 replikasi. Dan untuk *speaker* tipe 18" 18700 MK I Deluxe, jumlah replikasi minimumnya adalah 1,63 atau 2 replikasi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa menggunakan 5 replikasi untuk masing-masing tipe *speaker* sudah mencukupi.

IV.6. Value Stream Mapping

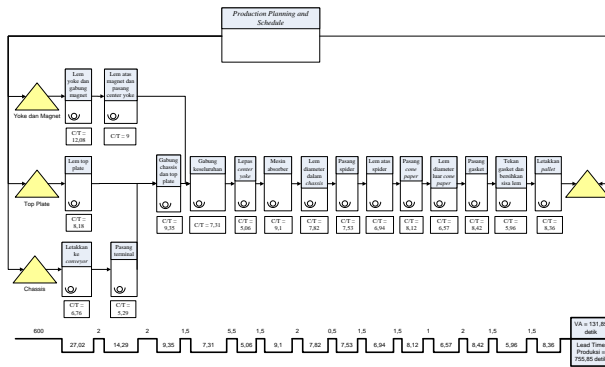
Berikut ini akan dipaparkan visualisasi proses *assembly* baik secara keseluruhan maupun untuk masing-masing produk pada keadaan sekarang.



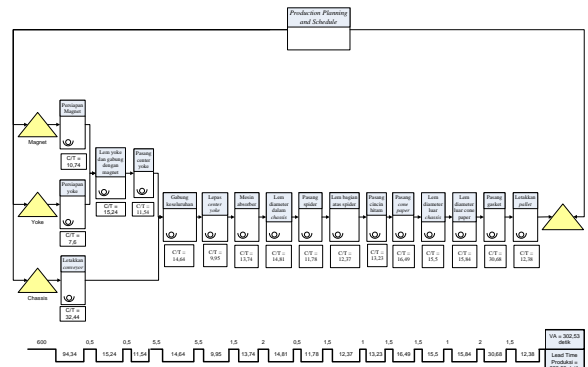
Gambar 5 Value Stream Mapping
Speaker Tipe 4'' TRD 10 PFC 25-08



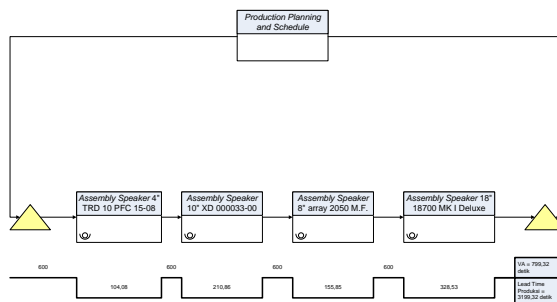
Gambar 6 Value Stream Mapping
Speaker Tipe 10'' XD 000033-00



Gambar 7 Value Stream Mapping
Speaker Tipe 8'' array 2050 M.F.



Gambar 8 Value Stream Mapping
Speaker Tipe 18'' 18700 MK I Deluxe



Gambar 9 Value Stream Mapping Assembly Line 1

Gambar 5 merupakan visualisasi dari proses *assembly speaker* tipe 4" TRD 10 PFC 25-08. *Lead time* produksi proses *assembly speaker* 4inc sebesar 704,08 detik dengan *value added time* sebesar 79,43 detik. Gambar 6 merupakan visualisasi dari proses *assembly speaker* tipe 10" XD 000033-00 dimana memiliki nilai *lead time* produksi sebesar 810,86 detik dengan *value added time* sebesar 185,36 detik.

Gambar 7 merupakan visualisasi dari proses *assembly speaker* tipe 8" array 2050 M.F. dimana proses *assembly* untuk *speaker* 8inc memiliki nilai *lead time* produksi sebesar 755,85 detik dengan *value added time* sebesar 131,85 detik. Gambar 8 merupakan visualisasi dari proses *assembly speaker* tipe 18700 MK I Deluxe dimana proses *assembly* untuk *speaker* 18inc memiliki nilai *lead time* produksi sebesar 928,53 detik dengan *value added time* sebesar 302,53 detik. Gambar 9 merupakan gambaran proses *assembly* pada *line assembly* I untuk keempat jenis *speaker* yang diteliti. *Line assembly* I memiliki nilai *lead time* produksi sebesar 3199,32 detik dengan *value added time* sebesar 799,32 detik.

IV.7. Kondisi Awal Line Assembly I

Dari hasil simulasi yang telah dilakukan, didapatkan hasil *total time* untuk setiap produk sebagai berikut:

Tabel 9 Total Time Kondisi Awal

Total Time	Average (detik)	Half Width
Speaker 4inc	7988,806	76,31
Speaker 10inc	25910,729	103,34
Speaker 8inc	30827,755	61,65
Speaker 18inc	36866,037	277,40

Speaker 4inc memiliki *average total time* sebesar 7988,81 detik dengan nilai *half width* sebesar 76,31. *Speaker* 10inc memiliki *average total time* sebesar 25910,729 detik dengan nilai *half width* sebesar 103,34. *Speaker* 8inc memiliki *average total time* sebesar 30827,755 detik dengan nilai *half width* sebesar 61,65. Dan *speaker* 18inc memiliki *average total time* sebesar 36866,037 detik dengan nilai *halfwidth* sebesar 277,40.

Pada kondisi awal *line assembly* I, *setup* untuk *speaker* 10inc baru akan dilakukan ketika *speaker* 4inc telah selesai diproduksi. Sama halnya dengan *setup* untuk *speaker* 8inc dan juga 18inc. *Speaker* 8inc baru akan mulai melakukan *setup* ketika *speaker* 10inc telah selesai diproduksi. Sedangkan *speaker* 18inc baru akan memulai *setup* ketika *speaker* 8inc telah selesai diproduksi.

Penggunaan simulasi tidak hanya menampilkan *total time* untuk masing-masing produk namun juga dapat menampilkan *number waiting* pada setiap proses. Berikut ini merupakan hasil *output* simulasi untuk mengetahui jumlah antrian pada masing-masing proses.

Tabel 10 Number Waiting Line Assembly I

Proses	Average (Speaker)
Penggabungan <i>chassis</i> dan <i>top plate</i> 10inc (Ope 1)	0,065
Penggabungan <i>chassis</i> dan <i>top plate</i> 10inc (Ope 2)	0,64
Penggabungan <i>chassis</i> dan <i>top plate</i> 10inc (Ope 3)	0,24
Pemasangan gasket 10inc (Ope 1)	0,0
Pemasangan gasket 10inc (Ope 2)	0,0059
Pemasangan gasket 18inc (Ope 1)	0,0
Pemasangan gasket 18inc (Ope 2)	0,0035
Pemberian lem di atas <i>yoke</i> dan penggabungan dengan magnet 8inc	9,31
Pemberian lem pada baut 4inc	132,84
Pembersihan <i>top plate</i> 10inc	13,56
Pemindahan ke <i>pallet</i> 4inc	18,809
Pengeleman diameter luar <i>chassis</i> 10inc	2,998
Pengeleman <i>top plate</i> 10inc	2,69
Pengeleman <i>top plate</i> 8inc	6,36
Pengeleman <i>yoke</i> dan penggabungan dengan magnet 10inc	14,638
Pengeleman <i>yoke</i> dan penggabungan dengan magnet 18inc	2,73
Penggabungan <i>chassis</i> dan <i>top plate</i> 8inc	1,25

Pada tabel 10 terlihat bahwa proses pemberian baut untuk *speaker* 4inc memiliki rata-rata *number waiting* terbesar yaitu 132,84. Sedangkan pada proses pemasangan gasket untuk *speaker* 10inc dan 18inc (operator 1) memiliki nilai rata-rata *number waiting* sebesar 0,0 artinya tidak terdapat antrian pada proses tersebut.

IV.8. Usulan Perbaikan Skenario

Skenario 1: Pada kondisi awal proses *assembly*, *setup* baru akan dilakukan ketika produk yang sebelumnya telah selesai dilakukan. Oleh sebab itu, pada skenario I, dilakukan usulan perbaikan sebagai berikut:

1. Mulai melakukan *setup* untuk *speaker* 10inc ketika produk terakhir *speaker* 4inc sudah melewati proses pemberian lem diameter dalam *chassis*.
2. Mulai melakukan *setup* untuk *speaker* 8inc ketika produk terakhir *speaker* 10inc sudah melewati proses pengeleman diameter luar *chassis*.
3. Mulai melakukan *setup* untuk *speaker* 18inc ketika produk terakhir *speaker* 8inc sudah melewati proses penggabungan keseluruhan part.

Skenario 2: Pada perbaikan skenario 2, dilakukan penambahan operator pada proses pemberian lem pada baut untuk *speaker* 4inc karena pada kondisi awal *line assembly* I, proses

pemberian lem pada baut untuk *speaker* 4inc memiliki nilai *average number waiting* terbesar.

Skenario 3: Perbaikan skenario 3 dilakukan dengan mengurangi operator pada proses pemasangan gasket untuk *speaker* 10inc dan 18inc

Skenario 4: Skenario 4 merupakan kombinasi dari skenario 1 dan skenario 2.

Skenario 5: Skenario 5 merupakan kombinasi dari skenario 1 dan juga 3.

Skenario 6: Skenario 6 merupakan kombinasi dari skenario 2 dan 3.

IV.9. Perbandingan Skenario

Berdasarkan usulan perbaikan skenario yang telah dilakukan, maka akan dilakukan perbandingan terhadap skenario yang telah dibangun.

Tabel 11 Perbandingan Peningkatan Efisiensi (*Average Total Time*)

Keterangan		Peningkatan Efisiensi			
		<i>Speaker</i> 4inc	<i>Speaker</i> 10inc	<i>Speaker</i> 8inc	<i>Speaker</i> 18inc
<i>Single Scenario</i>	Skenario 1	0,00044%	3,11%	2,71%	2,49%
	Skenario 2	0,16%	0%	0%	0%
	Skenario 3	0%	0%	0%	0%
<i>Combination Scenario</i>	Skenario 4 (1 dan 2)	0,19%	8,47%	15,48%	22,91%
	Skenario 5 (1 dan 3)	0,00034%	0,32%	2,72%	2,23%
	Skenario 6 (2 dan 3)	0,16%	0%	0%	0%

Dari hasil perbandingan skenario yang telah dibangun, skenario 4 yang merupakan kombinasi dari skenario 1 dan 2 mengalami peningkatan efisiensi terbesar jika dibandingkan dengan skenario lainnya. Skenario 4 mengalami peningkatan efisiensi sebesar 22,91% dari kondisi awal. Selain melihat dari sisi *average total time*,

perlu melihat apakah terjadi perubahan jumlah antrian pada proses yang telah diberi tambahan operator. Oleh sebab itu, dibawah ini akan dipaparkan perbandingan *average number waiting* skenario 4 dengan kondisi awal pada *line assembly* I.

Tabel 12 Perbandingan *Average Number Waiting* Kondisi Awal dengan Skenario 4

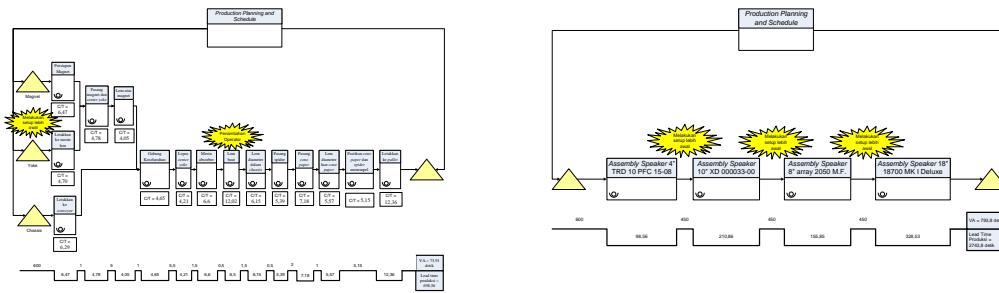
Keterangan	Kondisi awal	Skenario 4	
		Ope 1	Ope 2
Pemberian lem pada baut 4inc	132,84	38,8466	41,2827

Pada tabel 12 terlihat bahwa terjadi perubahan jumlah antrian setelah dilakukan penambahan operator pada proses pemberian lem pada baut *speaker* 4inc dimana pada kondisi awal rata-rata jumlah antrian sebesar 132,84. Namun setelah diberi penambahan operator, jumlah antrian berkurang menjadi 38,8466 untuk operator 1 dan 41,2827 untuk operator 2.

Dari skenario perbaikan yang telah diberikan, maka dapat direkomendasikan bahwa skenario 4 merupakan skenario yang terbaik karena memiliki nilai *average total time* yang paling kecil. Selain itu, adanya penambahan operator pada salah satu proses juga memberikan dampak pada berkurangnya jumlah antrian dalam proses tersebut.

IV.10. Value Stream Mapping (*Future State*)

Berikut ini merupakan visualisasi proses *assembly* setelah dilakukan perbaikan (*future state*).



Gambar 10 Value Stream Mapping (Future State)

Gambar 10 merupakan visualisasi proses *assembly* setelah dilakukan perbaikan. Gambar sebelah kiri merupakan perbaikan pada proses *assembly speaker* 4inc, terjadi perubahan nilai *value added time* karena adanya penambahan operator pada proses pengeleman baut sehingga nilai *value added* yang awalnya 79,43 detik menjadi 73,91 detik dengan nilai *lead time* produksi menjadi 704,08 detik. Sedangkan gambar sebelah kanan merupakan proses pada *line assembly* I, terjadi perubahan nilai *lead time* produksi karena *setup* untuk masing-masing produk dilakukan lebih awal dan tidak menunggu produk sebelumnya selesai diproduksi. *Lead time* produksi pada *line assembly* I setelah dilakukan perbaikan sebesar 2743,8 detik.

V. Kesimpulan

Skenario terbaik untuk dapat menghilangkan *waste* pada *line assembly* I adalah dengan melakukan *setup* lebih awal tanpa menunggu produk sebelumnya selesai diproduksi dan menambahkan 1 orang operator pada proses pemberian lem pada baut *speaker* 4inc. Setelah dilakukan perbaikan, didapatkan hasil bahwa proses *assembly* pada PT. X mengalami peningkatan sebesar 0,2% untuk *speaker* 4inc, 8,5% untuk *speaker* 10inc, 15,48% untuk *speaker* 8inc dan 22,91% untuk *speaker* 18inc. Dengan adanya penambahan operator pada proses pemberian lem pada baut *speaker* 4inc, terjadi pengurangan *average number waiting*. Jumlah antrian yang awalnya sebanyak 132,84 menjadi 38,8466 untuk operator 1 dan 41,2827 untuk operator 2.

Daftar Pustaka

- Gaspersz, Vincent., 2006, “*Continous Cost Reduction Through Lean Sigma Approach*”. Jakarta, PT. Gramedia Pustaka Utama.
- S. Batubara & F. Kudsiah., 2011, “Penerapan Konsep Lean Manufacturing untuk Meningkatkan Kapasitas Produksi (Studi Kasus : Lantai Produksi PT.Tata Bros Sejahtera)”, *Jurnal Teknik Industri*, ISSN:1411-6340
- Adrianto, W., & Kholil, M., 2015, “Analisis Penerapan *Lean Production Process* Untuk Mengurangi *Lead Time Process* Perawatan *Engine* (Studi Kasus PT.Gmf Aeroasia)”, *Jurnal*, 299–309.
- Antandito, D. J., Choiri, M., & Riawati, L., 2013, “Pendekatan *Lean Manufacturing* Pada Proses Produksi *Furniture* Dengan Metode *Cost Integrated Value Stream Mapping*”, Malang, PT . Gatra Mapan.
- Groover, Mikell P., 2008, “*Automation, Production Systems, and Computer-integrated Manufacturing*”, New Jersey, Prentice Hall
- V. Gaspersz, 2012, “*All In One Management Tool Book*”. Bogor, Tri-AI Bros Publishing.
- T. Ohno, 1988, “*Toyota Production System*”, Productivity Press. hlm. 8. ISBN 0-915299-14-3.
- B. Khoshnevis, 1994, “*Discrete Systems Simulation*”, New York, McGraww Hill.
- Rachman, T., 2013, “Penggunaan Metode *Work Sampling* Untuk Menghitung Waktu Baku Dan Kapasitas Produksi Karungan *Soap Chip* Di PT. Sa”, *Jurnal Inovisi*, 9(1), 48–60.
- Meyers, Fred E., & James R. Stewart, 2002, “*Motion and Time Study for Lean Manufacturing*”, Pearson Education, Inc
- Law,Averill.M dan Kelton,David.W., 1991, “*Simulation Modeling and Analysis*”, Second edition, McGraw Hill Higher Education, Singapore.
- W. Kelton, R. Sadowski, and N. Swets, 2009. *Simulation with Arena, 5th Edition*, McGraw-Hill Education.
- Bonett Satya Lelono Djati, Abdullah Shahab. 2005, “Program Simulasi Penugasan Armada Kapal Ferry Tujuan Meningkatkan Keuntungan”, 1–12. Kasus, S., Pt, D. I., & Madura, J.
- M.L. George. 2002, “*Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed*”, McGraw-Hill Companies Inc. US
- Womack, J.; Jones, D.; Roos, D., 1991, “*The Machine That Change the World: The Story of Lean Production*”, New York, Harper Perennial.
- Fontana, Avanti , Gaspers, V., 2011, “*Lean Six Sigma For Manufacturing and Service Industries*”, Bogor, Vinchristo Publication.