

ANALISIS PROSES PRODUKSI *MODULE CONDENSOR* MENGUNAKAN METODE *LEAN MANUFACTURING* DENGAN PENDEKATAN SIMULASI DI PT. XYZ

Evi Febianti¹⁾, Bobby Kurniawan²⁾, Ian Alviansyah³⁾

^{1),2),3)} Teknik Industri, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jl. Jend. Sudirman KM. 03 Cilegon Banten 42435
Email : evifebianti@yahoo.com

Abstrak. PT. XYZ merupakan perusahaan manufaktur yang memproduksi *Heavy Condensers*. Pada penelitian ini berfokus pada salah satu komponen dari *Heavy Condensor* yaitu *Module Condensor*. Setelah dilakukan observasi terdapat banyak kendala seperti kegiatan yang dilakukan pada *workshop* tidak sesuai, material yang belum siap untuk diproses, aktivitas setup yang cukup lama, mesin yang sudah tua dan perlu dilakukan pergantian. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah melakukan perbandingan nilai *Process Cycle Efficiency* dan memperbaiki atau mereduksi aktivitas yang menyebabkan produksi belum optimal, serta merancang simulasi untuk melihat perbandingan hasil output dari simulasi antara kondisi eksisting dan usulan. Metode yang digunakan yaitu *lean manufacturing* dengan melakukan identifikasi dan eliminasi terhadap *seven waste*, lalu dilakukan pemetaan untuk mengetahui tools yang tepat dengan menggunakan *Value Stream Analysis Tools*. Berdasarkan perhitungan *waste workshop* didapatkan persentase *waste* yang tertinggi yaitu *waiting* sebesar 24%. Total waktu *lead time process* saat produksi sebesar 906.9 jam, untuk mengurangi waktu *lead time* perlu dirancang perbaikan dengan menggunakan tools *Process Activity Mapping*, *Big Picture Mapping*, *Simulation System*, serta melihat perbandingan antara kondisi eksisting dan usulan terbaik dengan *Process Cycle Efficiency*. Setelah itu dirancang model simulasi dari usulan perbaikannya. Berdasarkan *Process Cycle Efficiency* didapatkan peningkatan waktu produksi dari 76.11% menjadi 81.19%. Usulan simulasi model ke-1 menjadi usulan perbaikan yang terpilih untuk mengoptimalkan output dari 44 unit menjadi 47 unit.

Katakunci: *Lean Manufacturing, Waste, Process Cycle Efficiency, Simulation System.*

1. Pendahuluan

PT. XYZ adalah salah satu perusahaan manufaktur yang kini fokus memproduksi *heavy condensor*. Perusahaan ini bergerak dalam bidang manufaktur untuk komponen pembangkit listrik dan pengolahan logam presisi tinggi. Permintaan salah satu komponennya adalah *Module Condensor* terus meningkat, target produksi mencapai 48 produk per tahun tetapi pemenuhan target produksi paling tinggi masih berkisar 44 unit, tentu saat ini perusahaan mengalami kesulitan dalam pemenuhan permintaan akan produk yang dihasilkan. Pengerjaan produk *Module Condensor* pada *Workshop Module Condensor* masih terdapat banyak kendala dan ketidak efisienan sehingga menyebabkan nilai *output* yang kecil dan belum memenuhi target produksi membuat perusahaan memusatkan perhatian pada peningkatan *output* produksi. Identifikasi aktivitas atau kegiatan yang ada pada proses *Module Condensor* tentu sangat perlu dilakukan guna mengurangi pemborosan dan meningkatkan efisiensi proses pada saat memproduksi *Module Condensor*.

Dengan pertimbangan tersebut metode yang tepat untuk melihat identifikasi aktivitas atau kegiatan guna mereduksi dan mengeliminasi *waste* adalah *lean manufacturing*. *Lean Manufacturing* merupakan konsep yang berasal dari *Toyota Production System* yang berfungsi untuk mengurangi bahkan meniadakan *seven waste* [1]. Ada 7 macam *waste* yang didefinisikan menurut Shigeo Shingo [2] yaitu: *overproduction, waiting, transportation, defect, unnecessary inventory, inappropriate processing dan unnecessary motion*. *Lean manufacturing* dilakukan untuk mengidentifikasi *waste* apa saja yang terdapat pada saat produksi berlangsung sehingga

proses tersebut dapat dianalisa serta dievaluasi menurut keilmuan *lean*. Kemudian aktivitas-aktivitas produksi tersebut dapat diklasifikasikan berdasarkan kelasnya untuk diminimasi atau direduksi. Dalam penelitian ini dilakukan pendekatan *lean* guna mengidentifikasi dan menghilangkan pemborosan yang ada pada *workshop Module Condensor*, sehingga *output* produk *Module Condensor* dapat meningkat dan lebih optimal. Untuk meningkatkan *output* produksi diperlukan identifikasi *waste* (pemborosan) guna mengetahui apa sajakah yang termasuk ke dalam *value added*, *non value added* dan *necessary but non value added*. Setelah mengetahui apa saja aktivitas yang termasuk ke dalam tiga kategori tersebut maka dapat diminimasi dengan meminimasi aktivitas yang tidak diperlukan/tidak ada nilai tambah (*non value added*) atau meminimasi waktu dalam *necessary but non value added*. Adapun tujuannya adalah melakukan identifikasi *waste* tertinggi yang terdapat pada *workshop* produksi *Module Condensor*, merancang pemodelan simulasi sistem untuk mengetahui perbandingan hasil *output* rata-rata unit *Module Condensor* dari simulasi antara kondisi eksisting dan usulan yang dipilih dan mengetahui perbandingan nilai PCE (*Process Cycle Efficiency*) setelah dilakukan identifikasi *waste* dan reduksi aktivitas-aktivitas pada proses produksi *Module Condensor*.

2. Pembahasan

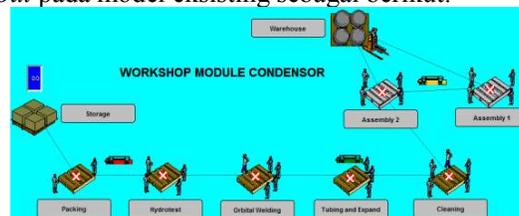
Langkah pertama yang dilakukan yaitu mengidentifikasi *waste* pada data bobot kuesioner proses produksi *Module Condensor*, setelah itu dilakukanlah perhitungan *waste workshop*, dari hasil perhitungan *waste workshop* didapatkan nilai persentasi dari proses produksi *Module Condensor* yaitu *waiting* sebesar 24%, *transportation waste* sebesar 20%, *defect product waste* sebesar 19%, *over processing waste* sebesar 15%, *motion waste* sebesar 11%, *inventory* sebesar 7%, dan *overproduction* yaitu sebesar 4%.

Setelah itu disusunlah *matrix* pemilihan *tools* menggunakan VALSAT. Berdasarkan pembobotan kuisisioner VALSAT yang telah dilakukan, maka *tools* yang akan digunakan yaitu *Process Activity Mapping*. berdasarkan hasil *Value Stream Analysis Tool* (VALSAT) tool yang memiliki skor tertinggi adalah *Process Activity Mapping* dengan bobot nilai sebesar 196 Sedangkan untuk *Supply Chain Respons Matrix* dengan bobot nilai 106.75, *Demand Amplification Mapping* dengan bobot nilai 51.75, *Quality Filter Mapping* dengan bobot nilai 65, *Decision Point Analysis* dengan bobot nilai 42, *Production Variety Funnel* dengan bobot nilai 31.75 dan *Physical Structure* dengan bobot nilai 9.5.

Setelah itu dilakukanlah perhitungan PAM pada kondisi *current state* dapat dilihat pada lampiran tabel 1. Berdasarkan PAM pada kondisi *current state* tersebut dibuatlah persentase kategori aktivitas pada seluruh kegiatan sehingga hasil PCE (*Process Cycle Efficiency*) yaitu sebesar 76.11%. Kemudian setelah itu dibuatlah BPM (*Big Picture Mapping*) - *current state* yang dapat dilihat pada gambar 2.

Selanjutnya dilakukanlah uji kecukupan data yang dilakukan terhadap data-data waktu *sample* dari beberapa aktivitas yang telah diambil. Adapun waktu setiap aktivitas pada uji kecukupan telah mencukupi, dilihat dari $N > N'$. Setelah data waktu tersebut cukup, lalu selanjutnya dilakukanlah perancangan model simulasi yang diantaranya terdapat model konseptual, asumsi model, dan penentuan distribusi data dengan *stat::fit*.

Ada pun rancangan *layout* pada model eksisting sebagai berikut:



Gambar 1. *Layout Model Eksisting*

Selanjutnya adalah uji replikasi model yang digunakan untuk mengetahui berapa kali pengulangan yang sebenarnya dibutuhkan pada simulasi sistem terhadap suatu model yang telah dirancang. Pada penelitian ini menggunakan replikasi awal sebanyak 8 kali. Berdasarkan perhitungan replikasi, penentuan jumlah replikasi yang dibutuhkan adalah 6 replikasi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan jumlah replikasi awal sebanyak 8 replikasi dan sudah mencukupi replikasi minimal yang dibutuhkan.

Selanjutnya adalah uji verifikasi model yang dibuat untuk menyesuaikan antara rancangan model *layout* pada *Workshop Module Condensor* dengan kondisi nyata. Jika simulasi yang sudah dibuat mengalami *error* atau tidak saat di *run simulation* maka simulasi tersebut dapat dikatakan sudah berjalan dengan lancar sesuai dengan yang diinginkan, sehingga model simulasi tersebut sudah memenuhi uji verifikasi model. Kemudian setelah melakukan uji verifikasi yaitu melakukan uji validasi model dari *output* pada sistem nyata dan data yang dihasilkan dari *output* eksisting pada sistem simulasi dengan menggunakan *software* promodel.

Lalu dilakukanlah uji korelasi antara 2 sistem yang dimaksudkan untuk mengetahui perbandingan antara hasil *output* dari sistem nyata dengan *output* pada *total exits* simulasi. Dengan didapat keputusan yaitu: Dari *output* dapat dilihat bahwa $\text{Sig (2 tailed)} = 0.598$. Hal itu berarti probabilitas lebih dari $\alpha = 0.05$ dengan demikian H_0 diterima yang berarti adalah tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai rata-rata *output* sistem nyata (riil) dibanding sistem simulasi. Selain itu, nilai t_{hitung} sebesar 0.552 kurang dari nilai t_{tabel} sebesar 2.365 yang berarti juga H_0 diterima.

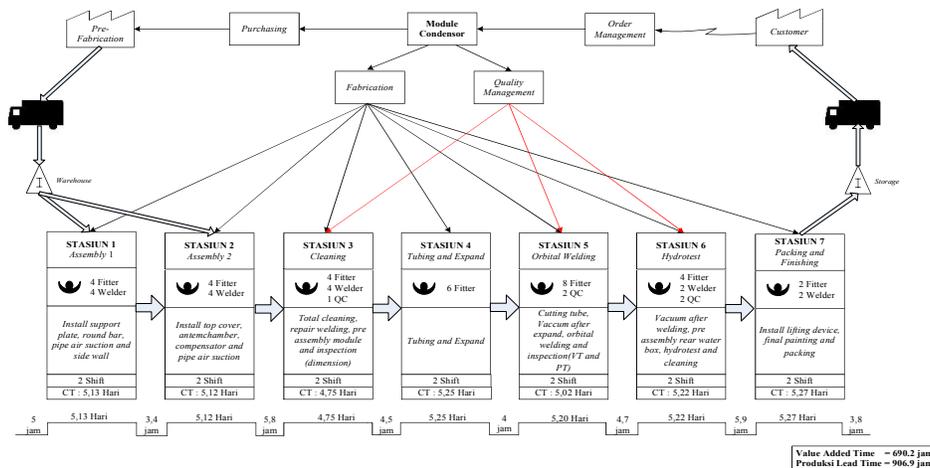
Selanjutnya dirancanglah skenario usulan (*future state*) yang dibuat untuk memberikan usulan perbaikan sistem nyata pada *Workshop Module Condensor* tanpa harus merubah sistemnya secara langsung.

Tabel 1. *Process Activity Mapping – Future State*

| No | Stasiun | Kegiatan | Kategori |
|----|---------------|---|----------|
| 1 | Assembly 1 | Perpindahan <i>material</i> seluruh <i>assy.1</i> dari <i>warehouse</i> | NNVA |
| 2 | | Perakitan <i>Jig and Fixture</i> | NVA |
| 3 | | Mempersiapkan <i>tools</i> dan mesin <i>welding</i> | NNVA |
| 4 | | Pemasangan <i>round bar</i> | VA |
| 5 | | Pemasangan <i>support plate</i> | VA |
| 6 | | Pemasangan <i>round bar, pipe air suction</i> dan <i>shell internal</i> | VA |
| 7 | | <i>Welding pipe air suction</i> ke <i>support plate</i> | VA |
| 8 | | Pemasangan <i>plate air suction</i> pendek | VA |
| 9 | | <i>Welding</i> semua <i>rb, plate and pipe air suction, shell internal</i> | VA |
| 10 | | <i>Cleaning welding plate air suction</i> pendek ke <i>pipe air suction</i> | VA |
| 11 | | <i>Install & welding plate vertical air suction</i> | VA |
| 12 | | Pemasangan <i>side wall</i> | VA |
| 13 | | <i>Welding side wall, termasuk plate vertical air suction</i> | VA |
| 14 | | Perpindahan hasil <i>assembly 1</i> | NNVA |
| 15 | Assembly 2 | Perpindahan <i>material</i> seluruh <i>ass. 2</i> dari <i>warehouse</i> | NNVA |
| 16 | | Perakitan <i>Jig and Fixture</i> | NVA |

| No | Stasiun | Kegiatan | Kategori | |
|----|---|---|--|------|
| 17 | | Mempersiapkan <i>tools</i> , mesin <i>welding</i> dan <i>steger</i> | NNVA | |
| 18 | | Pemasangan <i>jig and fixture</i> pada benda kerja | NNVA | |
| 19 | | <i>Cleaning</i> dinding <i>sidewall</i> | VA | |
| 20 | | Pemasangan <i>air suction</i> dan <i>compensator</i> | VA | |
| 21 | | <i>Welding air suction</i> dan <i>compensator</i> | VA | |
| 22 | | Pemasangan <i>top cover</i> | VA | |
| 23 | | <i>Welding top cover</i> | VA | |
| 24 | | Pemasangan <i>antemchamber</i> | VA | |
| 25 | | <i>Welding antemchamber</i> | VA | |
| 26 | | Pemasangan <i>plate air suction</i> pendek dan panjang sisi luar | VA | |
| 27 | | <i>Welding plate air suction</i> pendek dan panjang sisi luar | VA | |
| 28 | | Perpindahan hasil <i>assembly 2</i> | NNVA | |
| 29 | | Total <i>Cleaning</i> hasil lasan sebelum <i>tubing</i> | VA | |
| 30 | | Cleaning | <i>Repair Welding</i> | NNVA |
| 31 | <i>QC Inspection (Dimension)</i> | | VA | |
| 32 | <i>Pre Assy Module Upper Lower</i> | | NVA | |
| 33 | Perpindahan hasil <i>cleaning</i> | | NNVA | |
| 34 | Tubing and Expand | | Mempersiapkan dan memilih <i>material tube</i> | NNVA |
| 35 | | Pengecekan <i>tube</i> | NVA | |
| 36 | | Perbaiki <i>tube</i> yang cacat | NVA | |
| 37 | | Proses <i>Tubing</i> | VA | |
| 38 | | <i>Cleaning tube sheets</i> dan <i>tube</i> sebelum <i>expand</i> | VA | |
| 39 | | Mempersiapkan <i>tools</i> dan mesin <i>expand</i> | NNVA | |
| 40 | | <i>Warm up</i> mesin <i>expand</i> | NVA | |
| 41 | | Pengecekan <i>handle part</i> mesin <i>expand</i> | NVA | |
| 42 | | Penyetelah mesin <i>expand</i> | NNVA | |
| 43 | | Proses <i>Expand</i> | VA | |
| 44 | Perpindahan hasil <i>tubing</i> dan <i>expand</i> | NNVA | | |
| 45 | Orbital Welding | Pemotongan setelah <i>Expand</i> | VA | |
| 46 | | <i>Vaccum</i> setelah <i>Expand (QC)</i> | VA | |
| 47 | | Mempersiapkan <i>tools</i> dan mesin <i>orbital welding</i> | NNVA | |
| 48 | | <i>Warm up</i> mesin <i>orbital welding</i> | NVA | |
| 49 | | Penyetelan dan pengetesan mesin <i>orbital welding</i> | NNVA | |
| 50 | | Proses <i>orbital welding</i> | VA | |
| 51 | | <i>QC Inspection (Visual dan PT)</i> | VA | |
| 52 | | Perpindahan hasil <i>orbital welding</i> | NNVA | |
| 53 | | Hydrotest | <i>Repair Welding</i> | VA |
| 54 | | | <i>Vaccum</i> sesudah <i>welding (QC)</i> | VA |
| 55 | Perpindahan <i>material water box</i> | | NNVA | |
| 56 | <i>Pre assy water box</i> | | NNVA | |
| 57 | <i>Assembly water box</i> | | NNVA | |
| 58 | Pemeriksaan gasket selang | | NVA | |
| 59 | Pemeriksaan selang dan aliran air | | NVA | |

| No | Stasiun | Kegiatan | Kategori |
|----|---|---|----------|
| 60 | | Pengetesan mesin <i>pressure</i> | NNVA |
| 61 | | Pemasangan mesin <i>pressure</i> terhadap benda kerja | NNVA |
| 62 | | <i>Hydrotest (QC)</i> | VA |
| 63 | | <i>Dismantle water box</i> | NNVA |
| 64 | | <i>Cleaning water box</i> | NVA |
| 65 | | Perpindahan hasil <i>Hydrotest</i> | NNVA |
| 66 | Painting and Packing | Pengambilan <i>cat</i> dan cairan anti korosi | NNVA |
| 67 | | Pengisian <i>cat</i> dan anti korosi | NNVA |
| 68 | | Pengisian angin <i>compressor cat</i> dan anti korosi | NNVA |
| 69 | | <i>Final Painting</i> | VA |
| 70 | | <i>Welding lifting device</i> | VA |
| 71 | | Perpindahan <i>material</i> (kayu dan plastik) | NNVA |
| 72 | | Pemilihan kayu | NVA |
| 73 | | Pemotongan kayu | NVA |
| 74 | | Pembukaan dan pemotongan plastik pembungkus | NVA |
| 75 | | Mempersiapkan <i>steger</i> dan <i>tools</i> untuk <i>packing</i> | NNVA |
| 76 | | <i>Packing</i> | VA |
| 77 | Perpindahan produk jadi ke <i>storage</i> | NNVA | |



Gambar 2. Big Picture Mapping - Current State

Pada penelitian ini diajukan 3 skenario perbaikan, dan yang terpilih adalah skenario 1 dengan rekapitulasi sebagai berikut:

- Merancang *fix jig and fixture* pada *assembly 1*, dikarenakan permintaan produk 2 tahun terakhir dan 1 tahun kedepan yaitu mempunyai ukuran yang sama yaitu *medium Module Condensor* maka perancangan *fix jig and fixture* perlu dilakukan agar pada saat produk masuk tidak perlu merakit kembali *custom jig and fixture*. Perbaikan hal ini berdampak pada pengurangan *setup assembly 1* dengan aktivitas yaitu perakitan *jig and fixture* sebesar 11 jam. Kemudian perancangan *fix jig and fixture* pada stasiun *assembly 1* ini berdampak pula pada hilangnya aktivitas *pre assembly Module*

- sebesar 6 jam, kegiatan ini timbul adanya perakitan *material* pada *custom jig and fixture* yang tidak presisi sehingga harus adanya pencocokan kembali antara *Module* atas dan bawah.
- Sama dengan stasiun 1, merancang *fix jig and fixture* pada *assembly 2* (stasiun 2), dikarenakan permintaan produk 2 tahun terakhir dan 1 tahun kedepan yaitu mempunyai ukuran yang sama yaitu *medium Module Condensor* maka perancangan *fix jig and fixture* perlu dilakukan agar pada saat produk masuk tidak perlu merakit kembali *custom jig and fixture*. Perbaikan hal ini berdampak pada pengurangan *setup assembly 2* dengan aktivitas yaitu perakitan *jig and fixture* sebesar 8.5 jam.
 - Mengganti mesin *expand* (stasiun 4) yang sudah ada dengan mesin *expand* yang sudah ter-otomasi, mesin *expand* yang ada saat ini banyak mendapat masalah pada *part handle* dan sudah lemahnya mesin sehingga adanya *waktu warmup* yang cukup memakan waktu. Dengan mengganti mesin yang terotomasi tentu berdampak adanya pengurangan waktu *setup expand* dengan aktivitas yaitu pengecekan *handle* sebesar 3.5 jam, *warm up* mesin *expand* menjadi 0 jam dan penyetulan. Mesin menjadi 0.5 jam. Setelah pergantian mesin, proses *expand* yang semula 24 jam menjadi 6 jam, data tersebut didasarkan pada mesin *expand* terotomasi yang sudah digunakan pada *workshop Module Condensor* di Mulheim-German.
 - Memindahkan aktivitas *cleaning water box* (stasiun 6). *Cleaning water box* merupakan proses operasi yang seharusnya dikerjakan pada *workshop water box* bukan pada *workshop Module Condensor*, jadi kegiatan tersebut bisa langsung direduksi/dihilangkan dengan waktu sebesar 24 jam.
 - Melakukan aktivitas pemilihan dan pemotongan kayu juga pembukaan dan pemotongan plastik pada divisi pre-fabrikasi bukan pada *workshop Module Condensor*. Permasalahan pada stasiun *packing and painting* (stasiun 7) adalah material yang belum siap untuk dilakukan pengerjaan seperti pemilihan dan pemotongan kayu, juga pembukaan dan pemotongan plastik justru dilakukan oleh operator *packing*, seharusnya dikerjakan oleh divisi pre-fabrikasi dan pada saat sampai di stasiun *packaging* material sudah siap untuk dikerjakan. Dengan pemindahan aktivitas tersebut berdampak hilangnya aktivitas pemilihan kayu sebesar 2 jam, pemotongan kayu sebesar 3 jam dan pembukaan dan pemotongan plastik pembungkus sebesar 1.5 jam.

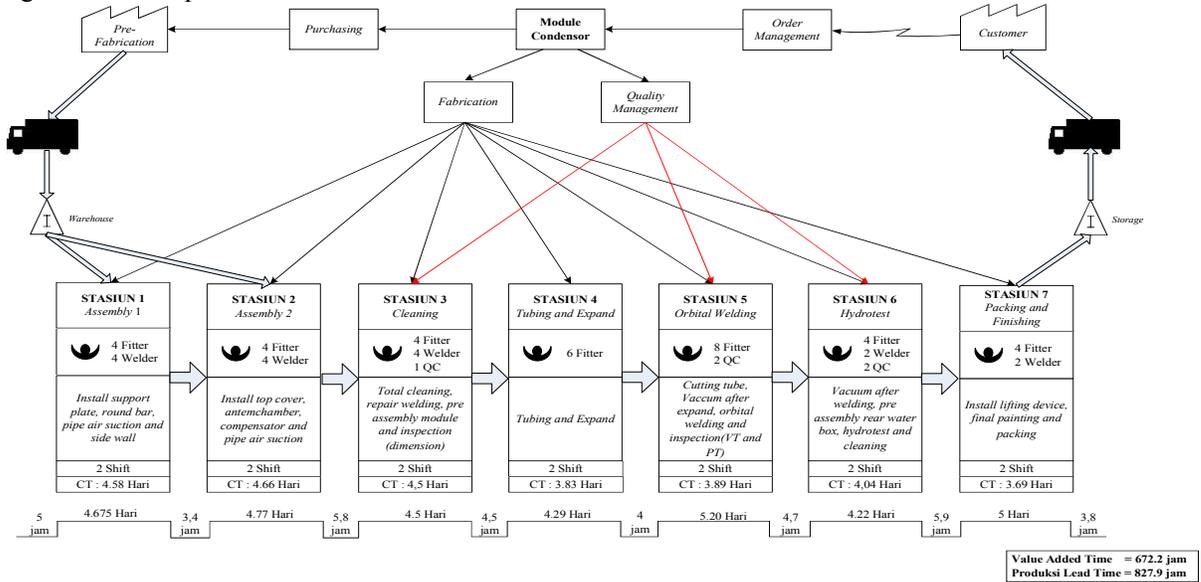
Hasil dari simulasi berdasarkan *output total exits* dengan satuan unit disajikan pada tabel sebagai berikut:

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil *Output* Skenario

| Replikasi | Sistem Eksisting | Skenario 1 | Skenario 2 | Skenario 3 |
|-----------|------------------|------------|------------|------------|
| 1 | 44 | 47 | 45 | 48 |
| 2 | 44 | 47 | 45 | 48 |
| 3 | 44 | 47 | 45 | 47 |
| 4 | 44 | 46 | 45 | 48 |
| 5 | 43 | 46 | 45 | 47 |
| 6 | 45 | 47 | 45 | 48 |
| 7 | 44 | 47 | 44 | 48 |
| 8 | 45 | 47 | 45 | 48 |

Selanjutnya dilakukan uji *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk menguji apakah *output* produk memiliki rata-rata yang sama atau tidak. Keputusan dari hasil uji ANOVA yaitu: $F_{hitung} (92.296) > F_{tabel} (2.36)$ maka H_0 ditolak atau nilai rata-rata *output* produk *Module Condensor* pada simulasi eksisting, skenario 1, 2, dan 3 tidak sama. Kemudian setelah ANOVA adalah melakukan uji analisa LSD yang digunakan untuk mengetahui apa saja yang berbeda dan bagaimana perbedaan yang ada pada setiap model dengan bantuan *software* SPSS. Setelah dilakukan analisa perbandingan LSD maka didapatkan perbandingan antara eksisting, usulan 1, usulan 2 dan usulan 3 sehingga pada hasilnya terdapat perbedaan diantara ketiga usulan model tersebut. Dari test tersebut dihasilkan pilihan pertama adalah usulan 3, usulan 1, usulan 2 dan eksisting. Selanjutnya adalah perhitungan PAM pada kondisi *future state* yang dapat dilihat pada tabel 2 pada lampiran. Dari hasil PAM didapatkan PCE *future state* sebesar 81.19% terdapat peningkatan dari PCE *current state* yang sebelumnya sebesar 76.11%, dari hasil PCE tersebut selisih peningkatan yang didapat sebesar 5.08%. Setelah melakukan perhitungan PAM selanjutnya dilakukan perancangan BPM *future state* yang disajikan pada gambar 4. Kemudian dilakukan rekapitulasi pemilihan skenario usulan yang terpilih yaitu skenario 1.

Pada kondisi eksisting dengan rata-rata output produk 44.125 \approx 44 unit ternyata mengalami peningkatan dari hasil simulasi pada usulan terbaik yakni pada usulan 1 dengan rata-rata output produk 46.75 \approx 47 unit dari 1 tahun proses produksi *Module Condensor*. Maka setelah disimulasikan dengan usulan terbaik yang dipilih setelah mengalami minimasi waste pada aktivitas-aktivitas di *Workshop Module Condensor* ternyata dapat meningkatkan 3 unit produk.



Gambar 3. Big Picture Mapping – Future State

3. Simpulan

Berdasarkan perhitungan *waste workshop* didapatkan persentase *waste* yang tertinggi yaitu *waiting* sebesar 24%. Perbandingan nilai PCE (*Process Cycle Efficiency*) setelah dilakukan identifikasi *waste* dan reduksi aktivitas yang menyebabkan produksi belum optimal pada *Workshop Module Condensor* pada kondisi *current state* adalah sebesar 81.19% dan pada kondisi *future state* adalah sebesar 76.11%. Dengan demikian terdapat peningkatan persentase utilitas sebesar 5.08% dalam proses produksi *Module Condensor*. Perbandingan hasil *output* rata-rata unit dari simulasi pada kondisi eksisting adalah sebesar 44 unit dan *output* rata-rata unit dari simulasi pada kondisi usulan yang dipilih adalah sebesar 47 unit. Hal tersebut menandakan bahwa terdapat peningkatan produksi *Module Condensor* sebesar 3 unit pada 1 tahun produksi.

DaftarPustaka

- [1]. Gaspersz, V., dan Fontana, A. 2011. *Lean Six Sigma for Manufacturing and Service Industries*. Bogor : Vichisto Publication
- [2]. Hines, P & Taylor, D. 2000. *Going Lean: A Guide to Implementation*. Cardiff: Lean Enterprise
- [3]. Gaspersz, V. 2007. *Lean Six Sigma for Manufacturing and Service Industries*. PT Gramedia Pustaka Utama : Jakarta