

MINIMASI WASTE UNTUK PERBAIKAN PROSES PRODUKSI UNIT HEAT EXCHANGER DENGAN METODE VALUE STREAM MAPPING DI PT. GUNTNER INDONESIA, BEJI – PASURUAN

WASTE MINIMATION FOR REPARATION PROCESS PRODUCTION UNIT HEAT EXCHANGER WITH VALUE STREAM MAPPING METHOD IN PT. GUNTNER INDONESIA, BEJI – PASURUAN

Cindy Larasati¹⁾, Ishardita Pambudi Tama²⁾, Rakhmat Himawan³⁾

Jurusan Teknik Industri, Universitas Brawijaya

Jl. Mayjen Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

E-mail: cciendyku@gmail.com¹⁾, kangdith@ub.ac.id²⁾, himawan@ub.ac.id³⁾

Abstrak

PT. Guntner Indonesia merupakan perusahaan pembuat Heat Exchanger Plug-in Refrigeration Unit (pengubah suhu). Kendala yang dihadapi perusahaan adalah tidak dapat melakukan pencapaian target harian produksi karena adanya waste selama proses produksi. Metode yang digunakan untuk memetakan aliran produk dan aliran informasi guna mengetahui waste yang terjadi selama proses produksi adalah Value stream mapping (VSM) dengan VALSAT tools melalui process activity mapping (PAM) untuk mengevaluasi lebih detail aktivitas yang termasuk dalam value added (VA), non value added (NVA), dan necessary but not value added (NNVA) serta aktivitas yang tergolong dalam operation, transportation, delay, inspection dan storage. Hasil yang didapatkan yaitu adanya waste waiting time, unnecessary motion dan waste transportation dengan total waktu proses 488,21 menit yaitu NVA sebesar 42,34 menit dengan rincian 19,03 menit transportation, 16,57 menit delay dan 6,74 menit operation. Rekomendasi perbaikan yang diberikan adalah penambahan jumlah operator, perbaikan desain layout, perbaikan desain working card, serta pembuatan desain meja proses.

Kata Kunci: Waste, Value Stream Mapping (VSM), Process Activity Mapping (PAM)

1. Pendahuluan

Perkembangan industri manufaktur sangat dipengaruhi oleh pola konsumsi masyarakat yang semakin meningkat terhadap suatu produk tertentu. Oleh karena itu industri berupaya untuk dapat memenuhi keinginan dan kepuasan konsumen dengan cara perbaikan dan peningkatan kinerja pada proses produksi. Salah satu cara yang dapat dilakukan yaitu dengan mengurangi waste yang terjadi selama proses produksi. Dengan meminimasi waste maka proses produksi dapat berjalan secara efektif dan efisien.

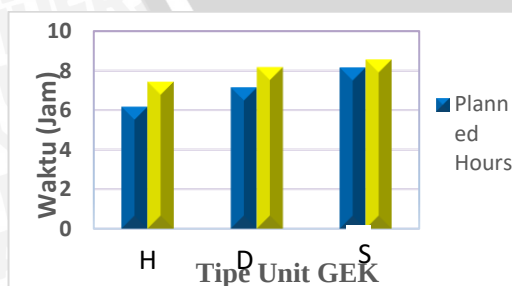
PT. Guntner Indonesia adalah perusahaan yang bergerak dalam bidang manufaktur pembuatan Heat Exchanger (pengubah suhu) Plug-in Refrigeration Unit PT. Guntner Indonesia merupakan perusahaan yang menggunakan metode make to order dalam melakukan proses produksinya dengan varian produk GEK tipe H yang memiliki permintaan paing tinggi. Produk GEK dirakit dari beberapa komponen melalui 7 proses yaitu Tube Preparation GEK, Tube Assembling GEK, Electric Preparation GEK, Electric Assembling GEK, Evacuating and Charging GEK, GEK

Testing dan Finishing and Packing. Pada 7 proses sistem perakitan dilakukan secara manual. PT. Guntner Indonesia menghadapi permasalahan berupa waste. Waste adalah merupakan segala aktivitas-aktivitas kerja yang tidak memberikan nilai tambah dalam proses konversi input menjadi output sepanjang value stream [1]. Waste yang terkait dalam proses produksi diantaranya ada 7 waste production meliputi waiting time, unnecessary motion, overproduction, overprocessing, defect, transportation dan inventory [2]. Dari 7 waste yang ada tersebut maka didapatkan bahwa waste yang muncul dalam proses produksi GEK tipe H yaitu waiting time (waktu menunggu) dan aktivitas lain yang tidak memberikan nilai tambah seperti unnecessary motion.

Banyaknya unit yang menunggu dapat menyebabkan proses produksi tidak dapat diselesaikan tepat waktu. Permasalahan lain yang ditimbulkan yaitu besarnya space ruangan yang dibutuhkan untuk penempatan unit yang menunggu, resiko kerusakan unit juga lebih besar jika tidak segera diproses serta membutuhkan lebih banyak karyawan dan waktu

lembur. Selain *waste* berupa *waiting time* juga terdapat *waste* lain yang tidak memberikan nilai tambah yaitu *unnecessary motion*. Beberapa *unnecessary motion* yang sering dilakukan seperti mondar - mandir untuk memindahkan peralatan *brazing*, membersihkan *plate* yang sudah dibersihkan, mencari komponen yang akan dirakit dan lain sebagainya. Gerakan-gerakan tersebut merupakan gerakan NVA (*Non Value Added*) dan NNVA (*Neccesary but Non Value Added*). *Value added* (VA) adalah Segala aktivitas yang dalam menghasilkan produk atau jasa dan memberikan nilai tambah dimata konsumen, *non value added* (NVA) adalah segala aktivitas yang dalam menghasilkan produk atau jasa yang tidak memberikan nilai tambah dimata konsumen Sedangkan *Necessary but Non-value Added Activity* (NNVA) Segala aktivitas yang dalam menghasilkan produk atau jasa yang tidak memberikan nilai tambah dimata konsumen tetapi diperlukan kecuali apabila sudah ada perubahan pada proses yang ada [3].

Menurut data yang diperoleh dari PT. Guntner Indonesia, perusahaan masih tidak dapat menyelesaikan unit sesuai dengan target harian jumlah unit yang harus dihasilkan. Kondisi tersebut disebabkan karena masih adanya *waste* saat perakitan komponen serta masih terdapat NVA dan NNVA yang berkontribusi menambah lamanya waktu produksi. Selain itu, waktu standar yang ditetapkan oleh perusahaan sudah tidak relevan untuk dijadikan sebagai waktu baku saat ini. Hal tersebut dikarenakan tidak adanya pembaruan waktu baku oleh perusahaan sehingga target dan pencapaian tidak dapat dicapai oleh perusahaan. Berikut ini merupakan perbandingan antara data rata-rata waktu baku dalam proses penyelesaian produk GEK dengan target harian yang ditetapkan oleh perusahaan.



Gambar 1. Perbandingan *Planned Hours* dan *Actual Hours* PT Guntner Indonesia

Adanya pemborosan (*waste*) pada PT. Guntner Indonesia tersebut tentunya akan menyebabkan kerugian pada perusahaan apabila

tidak diminimalisasi setiap *waste* yang terjadi. Oleh karena itu, *Value Stream Mapping* (VSM) digunakan untuk menggambarkan aliran proses produksi beserta material yang dibutuhkan dan waktu prosesnya [3]. Dari penggambaran VSM diharapkan dapat diidentifikasi *waste* lain yang terjadi serta proses mana yang berkontribusi menyebabkan terjadinya *waste*, sehingga *waiting time*, *unnecessary motion* maupun *waste* lainnya dapat diminimasi. Penggambaran aliran VSM akan menggunakan *tool* VALSAT dimana akan lebih detail dalam mengevaluasi aktivitas-aktivitas apa saja yang termasuk dalam *value added* (VA), *non value added* (NVA) dan *necessary but not value added* (NNVA) [3]. *Tools* VALSAT yang digunakan untuk jenis *waiting time* tersebut adalah PAM (*Process Activity Mapping*). *Process Activity Mapping* merupakan salah satu *tool* VALSAT yang digunakan untuk mengetahui segala aktivitas-aktivitas yang berlangsung selama proses produksi, dan bertujuan untuk menghilangkan atau meminimalisasi aktivitas-aktivitas yang telah dikelompokkan dalam NVA dan NNVA yang tidak diperlukan selama proses produksi. Setelah proses analisis dilakukan kemudian mencari akar penyebab masalah dengan *fishbone diagram*. konsep dasar dari diagram *fishbone* adalah permasalahan mendasar diletakkan pada bagian kanan dari diagram atau pada bagian kepala dari kerangka tulang ikannya. Penyebab permasalahan digambarkan pada sirip dan durinya [4]. Hal ini nantinya akan digunakan sebagai acuan dalam solusi perbaikan.

2. Metode Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian deskriptif. Penelitian deskriptif adalah suatu bentuk penelitian yang ditujukan untuk mendeskripsikan fenomena-fenomena yang ada, baik fenomena alamiah maupun fenomena buatan manusia. Fenomena itu bisa berupa bentuk, aktivitas, karakteristik, perubahan, hubungan, kesamaan dan perbedaan antara fenomena yang satu dengan fenomena lainnya [5]. Penelitian ini menggambarkan sejumlah data yang kemudian dianalisis dengan menggunakan metode tertentu lalu diinterpretasikan berdasarkan kenyataan yang sedang berlangsung. Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan analisis pada kejadian yang sedang terjadi yaitu mengenai *waste* apa saja yang menyebabkan bertambahannya *lead time* pada proses produksi GEK tipe H. Selanjutnya data disajikan secara sistematis sehingga lebih

mudah untuk dipahami serta disimpulkan solusi perbaikan untuk mengatasi fenomena yang terjadi.

2.1 Tahap Pendahuluan

Pada tahap pendahuluan dilakukan survei pendahuluan, studi pustaka, identifikasi masalah, perumusan masalah, dan tujuan penelitian.

2.2 Tahap Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer adalah sumber data penelitian yang diperoleh secara langsung dari sumbernya. Data primer yang didapat mencakup data tahapan produksi, aliran informasi dan waktu proses produksi tiap proses. Data sekunder meliputi profil perusahaan, jumlah tenaga kerja dan dokumentasi jumlah produksi harian.

2.3 Tahap Pengolahan Data

Pengolahan data didasarkan pada data primer dan data sekunder yang didapatkan. Dimana tahapannya adalah sebagai berikut:

1. Pengukuran Waktu Baku dengan Menggunakan *Stopwatch Time Study*. Sebelum melakukan perhitungan waktu baku dilakukan *breakdown* aktivitas pada tiap proses. Selanjutnya dilakukan pengujian terhadap waktu proses dengan uji keseragaman data dan uji kecukupan data. Setelah data seragam dan cukup maka dilakukan perhitungan waktu baku menggunakan *stopwatch time study*.
2. Melakukan Penggambaran *Current State Map* (CSM) untuk memberikan pemahaman mengenai sistem produksi secara keseluruhan dengan menggunakan data tahapan produksi dan aliran informasi yang terdapat dalam perusahaan. Pada penggambaran CSM dapat diketahui secara keseluruhan waktu dari tiap proses berdasarkan perhitungan STS.
3. Penggunaan *Tool VALSAT PAM* untuk mengetahui proses produksi secara detail. Aktivitas – aktivitas yang telah di *breakdown* selanjutnya diidentifikasi menggunakan PAM untuk menentukan *value added activity* (VA), *non value added activity* (NVA) dan *necessary but non value added* (NNVA) [3]. Pada PAM aktivitas digolongkan menjadi lima jenis yaitu operasi,

transportasi, inspeksi, *delay* dan penyimpanan.

4. Melakukan identifikasi *waste* agar dapat diketahui *waste* apa saja yang menambah lamanya *lead time* produksi dan terjadi pada bagian apa saja. Tahap ini dapat dilakukan setelah mengetahui aktivitas apa saja yang *value added* dan *non value added activity*. Sehingga pada tahapan ini dapat diketahui aktivitas-aktivitas apa saja yang dapat membuat terjadinya pemborosan.
5. Identifikasi akar permasalahan dengan menggunakan *fishbone diagram* untuk mengetahui akar penyebab utama dari permasalahan yang terjadi sehingga dapat diketahui langkah apa yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut.
6. Penggambaran *Future State Map* (FSM) berdasarkan hasil dari eliminasi terhadap *waste* yang telah dilakukan dengan penempatan *tools* yang dibutuhkan dalam *value stream* produk.

2.4 Tahap Analisis dan Pembahasan

Pada tahap ini dilakukan analisis mengenai pengaruh usulan perbaikan terhadap minimasi *waste waiting time*, *unnecessary motion* maupun *waste* lain yang teridentifikasi selama proses produksi GEK tipe H dengan melakukan perbandingan terhadap *current state map* (CSM) dan *future state map* (FSM).

2.5 Tahap Kesimpulan Dan Saran

Dari hasil pengolahan data, analisa dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan dari penelitian ini. Hal ini mengacu pada tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini akan dilakukan pengumpulan data, pengolahan data, analisis data, rekomendasi perbaikan, serta kesimpulan dan saran.

3.1 Pengumpulan Data

Pada tahap ini berisi data-data yang telah dikumpulkan untuk dilakukan pengolahan data. Data-data didapatkan dari pengamatan langsung di PT. Guntner Indonesia. Data - data tersebut berupa data aliran informasi dan aliran material.

3.1.1 Aliran Informasi

Penggambaran aliran informasi didapatkan dari proses wawancara dan pengamatan langsung pada proses produksi GEK tipe H dengan aliran sebagai berikut:

1. Departemen *marketing* menerima order dari konsumen terutama untuk konsumen wilayah ASIA. Kemudian departemen *marketing* akan memberikan order kepada *material management* dan *business line management* agar order dapat dipenuhi sehingga *material management* dapat mempersiapkan komponen yang dibutuhkan sesuai dengan banyaknya order. Setelah komponen dapat disediakan oleh perusahaan, selanjutnya *business line management* mendistribusikan banyaknya unit yang diproduksi kepada departemen produksi sesuai dengan target waktu yang ditentukan.
2. Departemen produksi memanggil semua *Sub-Departement Head* (SDH) dari masing-masing *line* produksi untuk dibagikan surat perintah kerja sesuai dengan banyaknya order. Selanjutnya SDH akan mendistribusikan kepada *shift leader* tiap *line* berkaitan dengan berapa banyak unit yang harus diproduksi, jenis produk, material yang digunakan serta target penyelesaian pengerjaan.
3. Departemen *business line management* juga membuat laporan kepada bagian *finance & accounting* untuk *report* keseluruhan proses produksi.

3.1.2 Aliran Material

Pengumpulan aliran material dilakukan dengan wawancara dan observasi langsung pada proses produksi perusahaan. Aliran material pada proses produksi departemen GEK adalah sebagai berikut:

1. *Sub departement head* GEK *line* memesan material untuk proses produksi GEK tipe H pada bagian *warehouse*. Material yang dipesan berupa pipa, komponen pembentuk *casing* unit GEK, *evaporator*, *condensor*, *fan* dan karton pembungkus.
2. *Casing* akan dirakit dengan *Coil* yang telah disiapkan oleh *commercial line* sehingga bagian *warehouse* mengambil *Coil* dari *commercial line* untuk dibawa ke GEK *line* dengan *forklift*.
3. Pipa-pipa panjang memasuki proses *tube preparation* untuk dipotong dan dibentuk sesuai dengan permintaan produk. Cara

pembentukan pipa tersebut bisa dengan dibengkokkan, dibor maupun di-*brazing*.

4. Proses selanjutnya adalah *tube assembling*, dimana pipa dari *tube preparation* dirakit dengan *casing* unit GEK dan *Coil*.
5. Setelah bagan unit terbentuk selanjutnya dilakukan persiapan komponen *evaporator* dan *condensor* pada *Electric Preparation*. Pada bagian ini juga dilakukan pemasangan *fan* dengan *casing* bagian atas unit.
6. *Electric asssembling* merupakan perakitan kabel penghubung antara *fan*, *evaporator* dan *condensor*. Proses ini merupakan proses penentu suatu unit dapat berfungsi.
7. Unit GEK yang telah jadi selanjutnya memasuki proses *evacuating and charging*. Pada proses ini unit GEK diberi tekanan udara 18 bar untuk mengetahui apakah ada kebocoran pada unit.
8. Unit yang telah melalui proses *evacuating and charging* selanjutnya menuju proses GEK *testing*. Pada proses ini unit GEK dimasukkan pada ruang *Chamber* dengan temperatur tinggi untuk menguji apakah produk telah berfungsi sesuai dengan yang diharapkan.
9. Proses terakhir yaitu *finishing and packing*. Pada proses ini, unit yang telah lolos *testing* selanjutnya di bersihkan dan di cek oleh tim *quality management* sesuai dengan *standart* yang telah ditetapkan. Unit yang lolos proses *finishing* selanjutnya di *packing* dengan karton untuk selanjutnya di bawa ke gudang *finish good* untuk segera dikirim ke konsumen.

3.1.3 Breakdown Aktivitas Dan Waktu Siklus

Proses produksi pada GEK *Line* dilakukan secara manual oleh operator dan hanya dibantu oleh beberapa alat bantu sederhana. Berikut ini merupakan data *breakdown* elemen kerja dan disederhanakan menjadi beberapa aktivitas proses produksi GEK tipe H beserta waktu siklus yang dapat dilihat pada lampiran 1.

3.2 Pengolahan Data

Data yang akan diolah merupakan data yang diperoleh dari pengumpulan data sebelumnya.

3.2.1 Perhitungan Stopwatch Time Study

Pengambilan data waktu dilakukan menggunakan *stopwatch* dalam satuan menit sebanyak 20 kali replikasi [6]. Tabel 1 adalah contoh hasil perhitungan waktu siklus proses *packing*.

Tabel 1. STS Proses *Packing*

Replikasi	Waktu (menit)	Replikasi	Waktu (menit)
1	15,45	11	15
2	14,52	12	15,68
3	14,98	13	15,57
4	15,40	14	15,42
5	15,13	15	15,88
6	15,25	16	14,08
7	15,05	17	15,95
8	14,40	18	14,33
9	14,30	19	15,48
10	15,23	20	15,42
Total			302,53
Rata-rata			15,13

3.2.2 Uji Keseragaman Data

Uji keseragaman data dilakukan untuk mengetahui apakah data yang diambil telah seragam serta untuk memperkecil varian yang ada dengan membuang data ekstrim. Nilai yang dibandingkan dalam keseragaman data antara lain rata-rata, batas kontrol atas dan batas kontrol bawah.

$$BKA = \bar{X} + k \sigma \quad (\text{pers. 1})$$

$$BKA = \bar{X} - k \sigma \quad (\text{pers. 2})$$

3.2.3 Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data dilakukan setelah seuruh data dinyatakan seragam tidak keluar dari batas kontrol atas (BKA) maupun batas kontrol bawah (BKB). Tujuan dari uji kecukupan data yaitu untuk menguji apakah data sampel yang di uji telah mewakili populasi atau belum. Berikut merupakan rumus perhitungan untuk uji kecukupan data:

$$N' = \left[\frac{\frac{k}{s} \sqrt{N(\sum x^2) - (\sum x)^2}}{\sum x} \right]^2 \quad (\text{pers. 3})$$

Contoh perhitungan untuk proses *packing* adalah sebagai berikut:

$$k = 2 \text{ dan } N = 20$$

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{20(4581,92) - (91526,42)}}{302,53} \right]^2 = 1,96$$

Dari perhitungan di atas diperoleh nilai N' sebesar 1,96 atau 2 kali, sehingga data dinyatakan cukup karena $N' \leq N$. Sehingga dapat disimpulkan bahwa data pada proses *packing* sudah memenuhi uji kecukupan data.

3.2.4 Waktu Normal dan Waktu Baku

Setelah data yang didapatkan seragam dan cukup mewakili populasi maka langkah selanjutnya yaitu mengolah data tersebut sehingga menghasilkan waktu baku. Tabel 2 merupakan rata-rata waktu siklus, waktu norma dan waktu baku tiap proses.

Tabel 2. Rata-Rata Waktu Siklus

Proses	Waktu Siklus (menit)	Waktu Normal (menit)	Waktu Baku (menit)
Tube Preparation	80,81	92,12	103,51
Tube Assembling	122,63	141,75	172,19
Electric Preparation	15,85	3,45	3,93
Electric Assembling	115,31	156,32	217,11
Evacuating & Charging	20,16	23,59	26,50
GEK Testing	95,19	108,52	121,93
Finishing and packing	38,26	42,47	49,38

3.2.5 Current State Map (CSM)

Current State Map merupakan penggambaran proses produksi yang terdiri dari aliran informasi dan aliran material. Penggambaran *Current State Map* didasarkan pada *breakdown* aktivitas dan waktu standar yang telah dibuat pada lampiran 2.

Pada CSM ini dijelaskan bahwa departemen produksi mengeluarkan Surat Perintah Kerja (SPK) kepada bagian produksi secara menyeluruh. Dari SPK yang dibuat selanjutnya *warehouse* akan mengirimkan material yang dibutuhkan kepada bagian *pipe forming process*, *assembly process*, *accessories assembly*, *electric assembly* dan *finishing process* dengan menggunakan *hand palet*. Material yang dikirimkan berupa batangan pipa untuk *pipe forming process*. *Coil*, *casing*, *evaporator*, *condenser* dan *compressor* untuk *assembly process* dan aksesoris pendukung unit untuk *accessories assembly process*. Sedangkan

untuk *finishing process* material yang dikirim berupa karton pembungkus, plastik dan alat pendukung lainnya.

Pada *pipe forming process*, pekerja melakukan tahap *prepare* material yang dibutuhkan dengan waktu rata-rata 4,59 menit untuk proses pembuatan pipa selama 1 *shift*. Pipa yang telah disiapkan selanjutnya dibawa dengan menggunakan *hand pallet* ke meja *pipe forming process* dengan waktu tempuh 3,25 menit. Selanjutnya pipa akan di proses pada *pipe forming process* oleh 1 operator dalam 1 *shift* selama 91,28 menit untuk menghasilkan rakitan pipa. Pada *pipe forming process*, pipa harus menunggu untuk menuju proses selanjutnya dikarenakan menunggu hasil *brazing* dingin terlebih dahulu selama 4,38 menit.

Sebelum menuju *assembly process* dibutuhkan waktu 4,67 menit untuk melakukan *prepare* material yang akan digunakan dalam *assembly* seperti *Coil*, *casing*, *evaporator* dan *condensor*. Pada *assembly process* jumlah operator yang bertugas sebanyak 3 orang yang bekerja 1 *shift*. Proses *assembly* ini memungkinkan pipa yang telah dirakit sebelumnya untuk disambungkan dengan *Coil*, *evaporator* dan *condensor* dan dibungkus dengan *casing* agar menjadi 1 unit. Dalam pengerjaannya membutuhkan waktu 163,66 menit untuk setiap unitnya sehingga pada *assembly process* ini operator dapat mengerjakan rata-rata 6 unit selama 1 *shift* kerja. Selanjutnya, unit yang telah setengah jadi dibawa menuju *Accessories assembly process* dengan *trolley* selama 3,86 menit.

Sebelum proses perakitan, terlebih dahulu dilakukan *prepare fan* dan *casing fan* yang selama 3,93 menit. Setelah *Accessories* yang dibutuhkan siap maka selanjutnya *Accessories assembly process* dilakukan oleh 1 orang operator selama 21,73 menit dalam 1 *shift* kerja. Sama seperti proses-proses sebelumnya, dilakukan *prepare* material terlebih dahulu seperti kabel-kabel dan koneksi yang dibutuhkan. Tahap *prepare* ini membutuhkan waktu 5,02 menit. Langkah selanjutnya yaitu *electric assembly* dengan waktu yang dibutuhkan oleh operator yaitu 161,31 menit untuk merakit tiap unit dalam 1 *shift* kerja. Unit yang telah terhubung dengan kabel selanjutnya harus menunggu untuk *checking* dan *repair* unit agar tidak terjadi kesalahan dalam pemasangan kabel. Waktu yang dibutuhkan untuk menunggu yaitu 20,37 menit. Unit yang lolos dari *checking* dan *repair* selanjutnya ditransportasikan dengan

menggunakan *trolley* menuju *vacuum process* selama 3,49 menit.

Waktu yang dibutuhkan selama *vacuum process* yaitu 11,85 menit. Operator yang bertugas sebanyak 1 orang selama 1 *shift* kerja. Unit yang telah selesai *vacuum process* selanjutnya dipindahkan menuju *charging process* dengan waktu 1,59 menit. Unit dari *charging process* selanjutnya dipindahkan menuju *functional test* dengan *trolley* selama 3,77 menit. *Functional Test* dilakukan oleh 1 operator yang bertugas selama 1 *shift* kerja. Pada proses ini unit dimasukkan kedalam alat yang bernama *chamber*. *Functional Test* sendiri membutuhkan waktu 45,03 menit. Setelah *functional test* maka unit harus menunggu selama 12,91 menit. Unit memasuki *capacity test* yang dilakukan oleh 1 operator selama 60,24 menit selama 1 *shift* kerja.

Proses selanjutnya adalah *finishing and packing*. Unit terlebih dahulu dipindahkan dengan menggunakan *hand pallet* menuju area *finishing and packing* selama 3,75 menit. Setelah *finishing and inspection process* selesai maka unit menuju *process* terakhir yaitu *packing process*. Sebelum *packing process* dimulai, 1 orang operator yang bertugas melakukan *prepare* material seperti karton pembungkus, plastik dan alat bantu lainnya. Waktu yang diperlukan untuk *prepare* material yaitu 9,24 menit. Material yang telah dibutuhkan siap maka selanjutnya *packing process* dilakukan selama 19,53 menit dalam 1 *shift* kerja, setelah *packing process* selesai maka tahap akhir yaitu memindahkan unit ke area penyimpanan (*finish good*) dengan menggunakan *hand pallet*. Waktu yang dibutuhkan untuk memindahkan unit adalah 2,63 menit. Unit yang berada di *finish good* selanjutnya siap untuk didistribusikan ke konsumen. Dapat disimpulkan bahwa total waktu *value added* untuk memproduksi unit GEK tipe H tiap unitnya adalah 600,43 menit, sedangkan waktu *non value added* sebesar 94,12 menit.

3.2.6 Process Activity Mapping (PAM)

Process Activity Mapping digunakan untuk mengetahui segala aktivitas-aktivitas yang berlangsung selama proses produksi yang memberikan nilai tambah (*value added*) maupun tidak memberikan nilai tambah (*non value added*) dan *necessary but non value added* [3]. PAM dilakukan berdasarkan *breakdown* aktivitas dan *current state map* yang dibuat. PAM dari proses produksi GEK tipe H dapat dilihat pada lampiran 2. Ringkasan dapat dilihat

pada tabel 3.

Tabel 3. Waktu Pada *Tube Preparation*

Aktivitas	VA	NVA	NNVA
<i>Inspection</i>	0	0	12,29
<i>Transportation</i>	0	0	41,86
<i>Process</i>	328,99	0	97,98
<i>Delay</i>	0	15,68	0
<i>Storage</i>	0	0	0
Total Waktu (menit)	328,99	15,68	152,11

3.2.7 Identifikasi Waste

Dari *Current State Map* yang telah dibuat, selanjutnya dapat diketahui aliran material serta aliran proses produksi GEK Analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi *waste* adalah analisis yang bersifat secara deskriptif.

1. *Waiting Time*

Pada proses produksi GEK tipe H diketahui adanya waktu menunggu yang sering terjadi. Salah satunya yaitu pada *pipe forming process*, pipa yang telah dirakit menunggu untuk di proses pada proses selanjutnya. Dengan adanya *waiting time* menyebabkan permasalahan tersendiri selama proses produksi.

2. *Unnecessary Motion*

Dalam proses produksi GEK tipe H, *waste unnecessary motion* sering ditemui selama proses produksi yaitu dimana aktivitas yang kurang perlu tetapi dilakukan oleh operator dan aktivitas tersebut tidak memberikan nilai tambah. Contoh *unnecessary motion* yang sering dilakukan yaitu aktivitas operator yang berulang kali mengambil alat bantu seperti gerinda. Pada keadaan nyataanya gerinda diletakkan pada rak komponen yang terletak terpisah dengan meja proses dan jumlah dari gerinda hanya ada 2 unit sehingga setelah menggunakannya operator harus segera mengembalikan.

3. *Transportation*

Dari hasil *breakdown* aktivitas dapat dilihat bahwa *transportation* sering dilakukan hampir disemua proses dan memakan waktu yang tidak sedikit pula. Proses perpindahan yang dilakukan menggunakan *trolley* dan *hand palet* karena jarak perpindahannya relatif dekat dengan jumlah unit yang tidak banyak.

3.2.7 Fishbone Diagram

Analisi penyebab *waste* pada proses produksi GEK tipe H dengan menggunakan

fishbone diagram. Pada diagram tulang ikan tentang *waste waiting* pada proses produksi GEK tipe H. Pada diagram tulang ikan dapat diketahui faktor dominan dari penyebab terjadinya *waiting time* yaitu kurangnya jumlah tenaga kerja pada beberapa proses sehingga beban kerja yang dialami oleh tiap operator tidak merata., faktor lain yang menyebabkan *waiting time* yaitu keterbatasan biaya yang dialamin oleh perusahaan. Biaya tersebut mencakup biaya pengadaan mesin baru maupun biaya.

Pada diagram tulang ikan *waste unnecessary motion* memiliki 5 kelompok penyebab yaitu *man* (operator), *material* (bahan baku), *methods* (cara kerja), *machine* (mesin) dan *environment* (tempat kerja). Faktor penyebab yang sering terjadi yaitu kurangnya jumlah tenaga, keterbatasan biaya dan desain *layout* yang tidak sesuai. Kurangnya jumlah tenaga kerja menyebabkan operator berkerja lebih banyak sehingga intensitas operator melakukan *unnecessary motion* lebih sering. Operator harus mengerjakan pekerjaan wajibnya dan juga melakukan aktivitas lain agar dapat memenuhi pencapaian target harian. Selain itu adanya faktor keterbatasan biaya yang dialami oleh perusahaan menyebabkan pengadaan alat yang lebih canggih sulit dicapai. Salah satu alasan terjadinya hal tersebut karena kurang adanya anggaran yang dibuat dan direncanakan oleh perusahaan

Pada digram tulang ikan penyebab terjadinya *waste transportation* juga disebabkan oleh 5 kelompok penyebab. Faktor penyebab dominan yang terjadi yaitu kurangnya tenaga kerja, desain *layout* yang tidak sesuai, kurangnya biaya pengadaan dan tidak adanya alternatif lain untuk mengatasi masalah *waste transportation*. *Waste transportation* dikategorikan sering terjadi pada proses produksi GEK tipe H, hal ini dikarenakan jarak antar proses yang cukup berjauhan dengan dimensi produk besar sehingga memungkinkan adanya proses perpindahan produk. Saat proses perpindahan produk membutuhkan material handling untuk perpindahannya.

3.2.8 Rekomendasi Perbaikan

Rekomendasi perbaikan digunakan untuk memberikan alternatif lain dalam usaha memperbaiki hal-hal yang diteliti berkaitan dengan *waste* produksi pada proses produksi GEK tipe H. Berdasarkan identifikasi *waste* pada CSM yang telah dilakukan, didapatkan *waste* produksi yang terjadi selama proses pembuatan

GEK tipe H adalah *waiting time*, *waste unnecessary motion* dan *waste transportation*. Beberapa alternatif yang dapat digunakan untuk mengurangi *waste* yang ada adalah sebagai berikut:

1. Dari segi operator perbaikan yang dapat dilakukan untuk meminimalisasi *waste* yaitu dengan menambah jumlah operator yang dibutuhkan sehingga beban kerja yang diterima oleh operator satu dengan lainnya dapat merata. Penambahan jumlah operator dilakukan pada proses *electric assembly* karena pada proses tersebut sering terjadi *waste* terutama *waste waiting time*. Penyebab utamanya yaitu ketidakseimbangan antara lamanya waktu produksi pada *electric assembly* dengan jumlah operator yang hanya dilakukan oleh 2 operator saja. Penentuan banyaknya jumlah operator dalam tiap proses dapat dihitung dengan rumus umum berikut ini:

$$N = \frac{T}{60} \cdot \frac{P}{D.E} \quad (\text{pers.4})$$

Keterangan:

N = jumlah tenaga kerja

P = jumlah produk per tahun

T = waktu *standart* pengerjaan produk

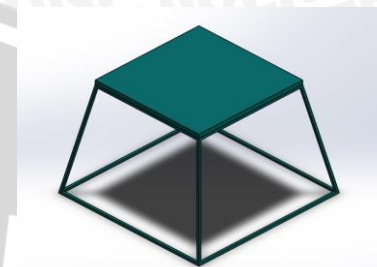
D.E = periode waktu kerja efektif

$$N = \frac{195,39}{60} \cdot \frac{1412}{1840,1} = 2,58 \approx 3 \text{ orang}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas didapatkan hasil bahwa banyaknya operator yang dibutuhkan pada *electric assembly* sebanyak 3 orang sedangkan pada keadaan nyatanya hanya terdapat 2 orang operator yang bekerja.

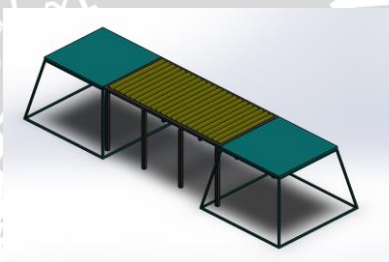
2. Rekomendasi perbaikan dari segi metode yaitu dengan memperbaiki *working card* agar mudah dimengerti oleh operator. *Working card* sebaiknya diberikan penjelasan tentang urutan kerja secara detail sehingga tidak hanya gambar saja yang ditampilkan.
3. Perbaikan dari segi lingkungan kerja atau desain *layout* dapat dilakukan dengan memperbaiki desain *layout* yang ada dimana luas area produksi pada GEK *line* cenderung sempit memanjang sehingga *layout* yang ada saat ini kurang sesuai untuk diterapkan.
4. Solusi perbaikan yang mungkin dapat

dijadikan alternatif lain untuk meminimasi terjadinya *waste* pada proses produksi GEK tipe H yaitu adanya inovasi baru dari desain fasilitasnya seperti pada meja proses produksi. Meja diletakkan pada proses yang mengalami *waiting time*. Gambar 2 menunjukkan desain meja yang lama.



Gambar 2. Desain Awal Meja Proses

Sedangkan pada gambar 3 merupakan desain meja yang baru.



Gambar 3. Desain Meja Baru

Desain meja baru dibuat dengan memanfaatkan meja proses awal dengan *roller* sebagai penghubungnya. Penggunaan meja lama dikarenakan kondisi meja masih layak untuk digunakan serta bertujuan untuk meminimalisasi biaya pembuatan meja desain baru. Pemilihan jenis *roller* karena disesuaikan dengan dimensi dan beban unit yang akan ditransportasikan dimana dimensi unit yang relatif besar.

3.2.9 Future State Mapping (FSM)

Future State Mapping (FSM) merupakan gambaran tentang rantai produksi setelah usulan rekomedasi perbaikan seperti pada lampiran 3.

3.3 Analisa Dan Pembahasan

Analisa dan pembahasan didapatkan dari hasil analisa terhadap *current state map* dan *future state map*. Beberapa perubahan yang terjadi berfungsi untuk meminimasi *waste waiting*, *unnecessary motion* dan *transportation*. Perubahan yang terjadi ditandai dengan

berkurangnya waktu proses produksi GEK tipe H yang mencakup *value added activity*, *necessary but non value added* maupun *non value added activity*. Berikut ini merupakan ringkasan tabel yang berisikan jumlah perhitungan dan waktu dari aktivitas beserta persentase dari VA, NVA, NNVA. Ringkasan tabel tersebut dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan Perhitungan CSM dan FSM

CSM	Elemen kerja	Waktu (Menit)	Prosentase (%)
VA	37	600,43	86,45
NVA	3	15,68	2,26
NNVA	127	78,44	11,29
TOTAL	167	694,55	100
FSM	Elemen kerja	Waktu (Menit)	Prosentase (%)
VA	35	465,55	86,81
NVA	0	0	0
NNVA	108	70,72	12,25
TOTAL	143	536,27	100

Berdasarkan tabel 4 dapat dilihat bahwa total waktu dari tiap jenis elemen kerja, selain itu juga tercantum jumlah persentase dari tiap elemen kerja. Adanya pengurangan jumlah dari elemen kerja yaitu sebesar 24 elemen kerja dengan 2 elemen kerja VA, 3 elemen kerja NVA dan 19 elemen kerja NNVA. Adanya pengurangan elemen kerja dikarenakan beberapa faktor penyebab dari *waste* dapat diminimasi.

4. Penutup

Berdasarkan hasil pengolahan data, minimasi *waste* dapat dilakukan diketahui bahwa *waste* yang terjadi selama proses produksi GEK tipe H adalah *waste waiting time*, *unnecessary motion*, dan *waste transportation* yang merupakan penggambaran dari *value stream mapping*. Aktivitas yang menyebabkan terjadinya *waste* yaitu banyaknya pergerakan yang dilakukan oleh operator dalam mengambil material maupun alat bantu. Selain itu adanya *repair* proses dan *set up* mesin merupakan salah satu aktivitas yang berkontribusi dalam *waiting time*. Faktor penyebab terjadinya *waste* tersebut dikarenakan kurangnya jumlah tenaga kerja, keterbatasan biaya, desain *layout* yang kurang sesuai, dan *working card* yang kurang mudah dipahami. Dengan diketahuinya faktor penyebab *waste* berdasarkan *fishbone* maka solusi

perbaikan yang mungkin dijadikan alternative adalah Penambahan jumlah tenaga kerja pada *electric assembly* proses, Adanya perbaikan desain *layout* dengan mempertimbangkan analisis tata letak fasilitas, perbaikan desain *working card* dan adanya alternative desain meja proses yang baru.

Daftar Pustaka

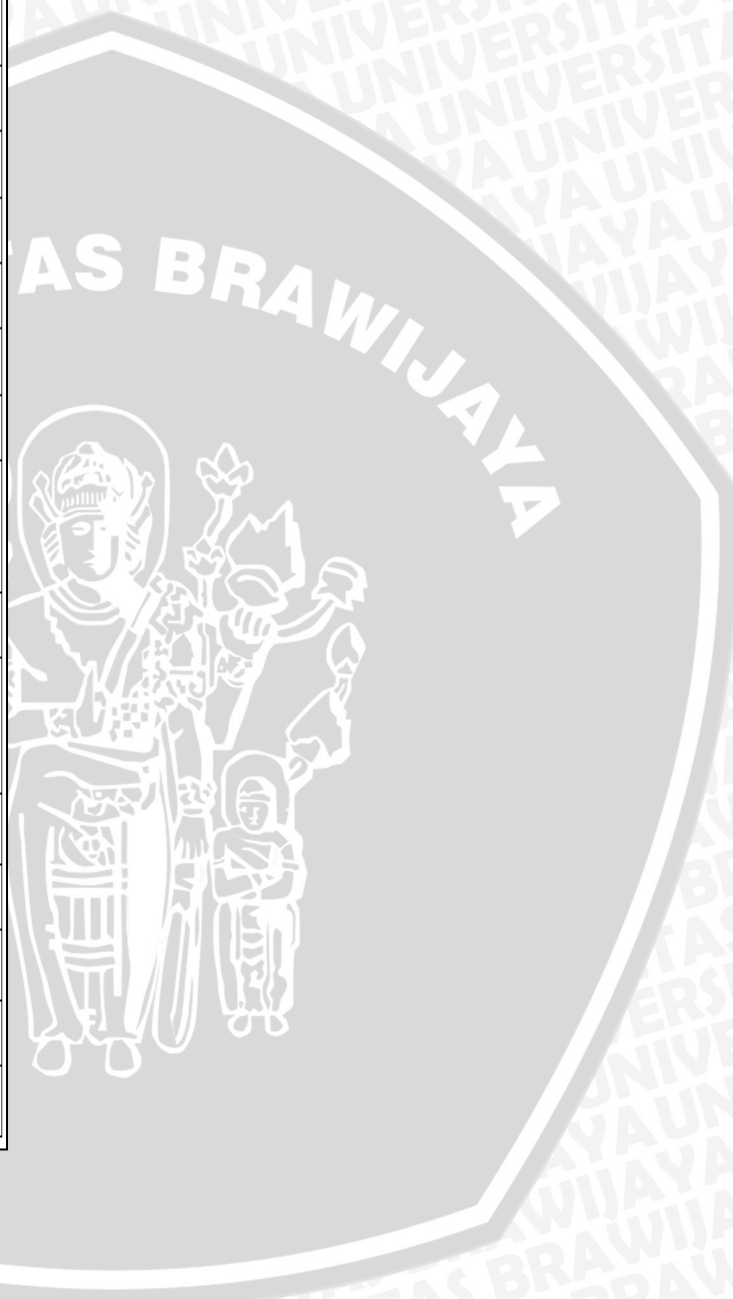
- [1] Gaspersz, Vincent. 2007. *Lean Six Sigma for Manufacturing and Service Industries*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- [2] Hines P. dan Taylor D. 1997. *The Value Stream Mapping Tools*. International Journal Of Operational And Production Management. Vol.17 No.1.
- [3] Rother M dan Shook J, 1999, *Learning To See Value Stream Mapping To Create Value And Eliminate Muda*, USA: The Learn Enterprise Institute, Inc.
- [4] Scarvada, A.J., Tatiana Bouzdine-Chameeva, Susan Meyer Goldstein, Julie M. Hays, Arthur V. Hill, 2004, *A Review of the Causal Mapping Practice and Research Literature*, Second World Conference on POM and 15th Annual POM Conference, Cancun, Mexico, April 30 – May 3, 2004.
- [5] Sukmadinata, Nana Syaodih. 2006. *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- [6] Sitalaksana, Iftikar. 1997. *Teknik Tata Cara Kerja*. ITB: Bandung

Lampiran 1

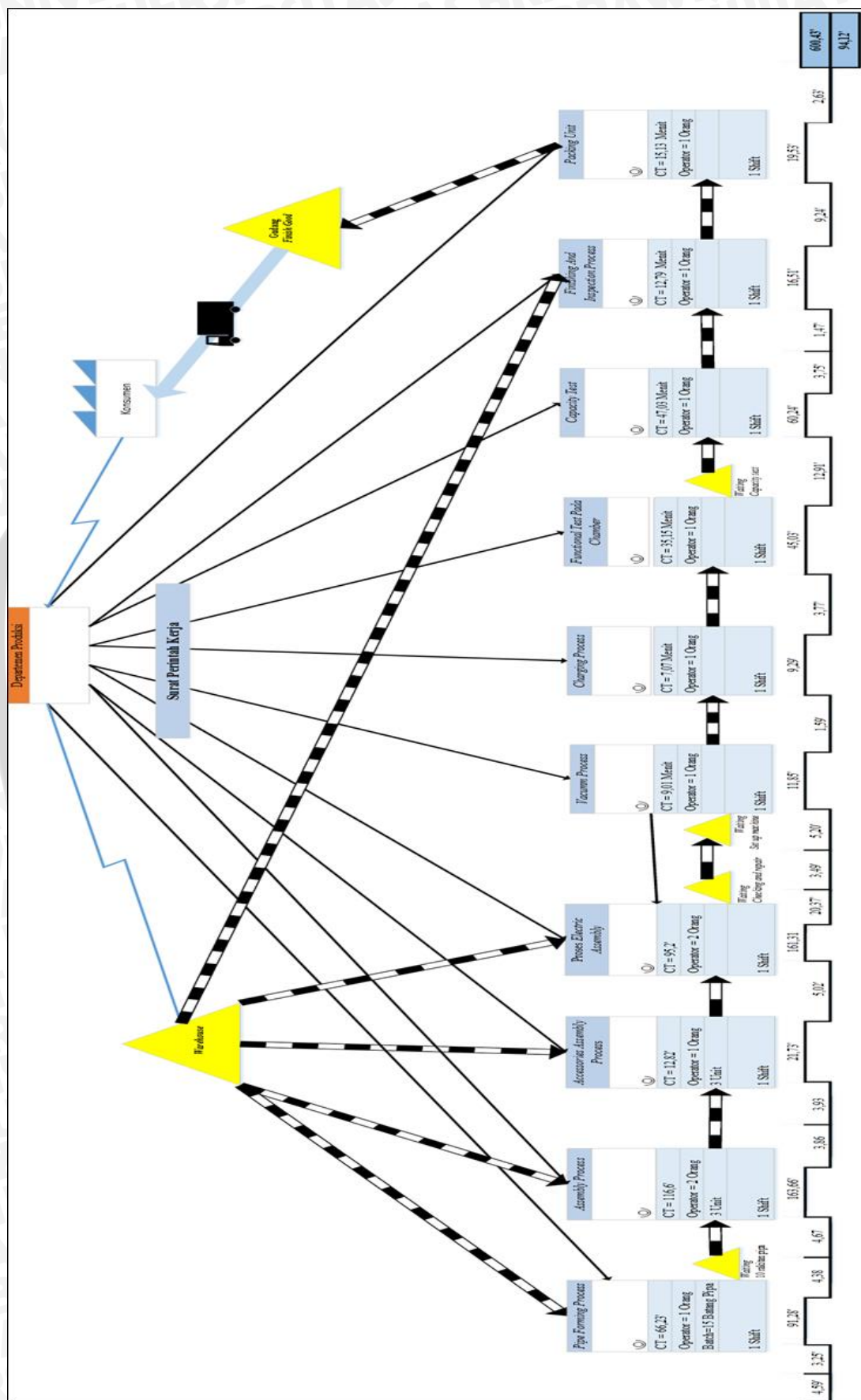
No	Proses	Aktivitas	Waktu Normal (Menit)	Waktu Standar (Menit)
1	Tube Preparation	Prepare Pipa (Cu)	4,08	4,59
2		Memindahkan Pipa Dengan <i>Mini range</i> Dari Rak Penyimpanan	2,90	3,25
3		Pengukuran Pipa (Mal Pipa)	8,25	9,27
4		Mengambil Gerinda Sebagai Alat Potong	2,58	2,89
5		Potong Pipa Sesuai Ukuran	22,91	25,75
6		Mengembalikan Gerinda Ke Rak Komponen	1,39	1,56
7		Bending Pipa	7,54	8,47
8		Mengukur Kesesuaian Hasil Bending	1,39	1,56
9		Mengambil Alat Bor Dari Rak Komponen	1,60	1,79
10		Bor Pipa Sesuai Gambar Lubang Pada Mal	10,56	11,86
11		Mengembalikan Alat Bor	1,96	2,20
12		<i>Reamer</i> Pipa Untuk Menghaluskan Permukaan Hasil Bor	5,81	6,53
13		<i>Brazing</i> Pipa Satu Dengan Pipa Lainnya	11,51	12,94
14		<i>Visual checking</i> Hasil <i>Brazing</i>	5,75	6,46
15		Menunggu Hasil <i>Brazing</i> Dingin	3,90	4,38
16	Tube Assembly	Prepare Coil, Casing, Evaporator Dan Condensor	3,83	4,67
17		<i>Visual checking</i>	2,35	2,87
18		Pasang Pipa Dengan Coil	10,38	12,66
19		Merakit Casing Bagian Samping	12,73	15,52
20		Masukkan Coil Dalam Casing	3,94	4,81
21		Pasang Penutup Bawah Casing	4,56	5,56
22		Mengambil Gerinda Sebagai Alat Potong	2,58	3,14
23		Cutting Header Pada Ujung Evaporator Dengan Gerinda	4,37	5,33
24		Mengembalikan Gerinda	2,29	2,79
25		Expand Ujung Hasil Cutting	3,53	4,30
26		Brazing Evaporator Dengan Coil	6,91	8,43

No	Proses	Aktivitas	Waktu Normal (Menit)	Waktu Standar (Menit)
27	Electric Preparation	Cleaning Hasil <i>Brazing</i>	4,34	5,29
28		Pasang Evaporator Pada Casing	8,98	10,95
29		Mengambil Gerinda Sebagai Alat Potong	1,42	1,73
30		Cutting Header Pada Ujung Condensor Dengan Gerinda	4,50	5,49
31		Mengembalikan Gerinda	2,39	2,91
32		Expand Ujung Hasil Cutting	3,33	4,06
33		Brazing Condensor Dengan Coil	4,37	5,33
34		Cleaning Hasil <i>Brazing</i>	3,48	4,24
35		Pasang Condensor	15,17	18,50
36		Menghubungkan Condensor Dengan Pipa	5,92	7,21
37		Pasang Ventilator	12,61	15,38
38		Pasang Compressor	11,52	14,05
39		Test 18 Bar	3,1	3,1
40		Memindahkan Unit Dengan Trolley Menuju <i>Electric Preparation</i>	3,17	3,86
41		Prepare Fan Dan Casing Fan	3,45	3,93
42	Electric Assembly	<i>Visual checking</i> Kondisi Fan	5,12	7,12
43		Merakit Fan Dengan Casing-Nya	6,03	8,37
44		Pasang Fan Pada Casing Atas Unit	4,49	6,24
45		Prepare Kabel Dan Koneksi Yang Akan Digunakan	3,61	5,02
46		Electric Evaporator	42,80	59,44
47		Electric Condensor	51,45	71,45
48		Menghubungkan Fan	21,90	30,42
49		<i>Visual checking</i> Dan Repair Unit	14,66	20,37
50		Memindahkan Unit Dengan Trolley Menuju Meja Vacuum Process	2,51	3,49
51		Menunggu Vacuum Process Sampai Alat Ready	3,75	5,20

No	Proses	Aktivitas	Waktu Normal (Menit)	Waktu Standar (Menit)
52	Evacuating And Charging	Setting Unit Pada Alat Vacuum Process	4,45	5,00
53		Vacuum Process	6,10	6,85
54		Memindahkan Unit Dari Vacuum Process Menuju Charging Process	1,42	1,59
55		Setting Unit Untuk Charging Process	2,30	2,59
56		Charging Process	5,97	6,70
57		Memindahkan Unit Dengan Trolley Menuju Chamber	3,36	3,77
58	GEK Testing	Memasukkan Unit Pada Chamber	2,30	2,59
59		Setting Mesin Chamber	2,22	2,50
60		Functional Test Pada Chamber	35,55	39,94
61		Menunggu Kondisi Stabil Untuk Capacity Test	11,49	12,91
62		Setting Mesin Pada Chamber Untuk Capacity Test	2,15	2,42
63		Capacity Test	48,11	54,05
64	Finishing And Packing	Mengeluarkan Unit Dari Mesin Chamber	3,35	3,77
65		Memindahkan Unit Dengan Mini range Menuju Area Packing	3,34	3,75
66		Prepare Alat Finishing (Lap, Pembersih, Semprotan Udara Dll.)	1,27	1,47
67		Finishing Unit	14,20	16,51
68		Prepare Komponen Packing (Karton, Plastic Pembungkus, Pengikat, Solatip, Gunting Dll.)	7,95	9,24
69		Packing Process	16,79	19,53
70		Memindahkan Hasil Packing Ke Tempat Penyimpanan Dengan Mini range	2,26	2,63



Lampiran 2



Lampiran 3

