

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian hasil dan pembahasan ini diuraikan mengenai identifikasi *waste* yang terjadi, pembobotan *waste*, identifikasi proses dengan bobot *waste* tertinggi, analisis penyebab *waste* yang terjadi, dan pemberian usulan perbaikan bagi perusahaan.

### 4.1 GAMBARAN UMUM PERUSAHAAN

Pada gambaran umum perusahaan akan dijelaskan mengenai profil perusahaan, produk, dan struktur organisasi.

#### 4.1.1 Profil PT Selatan Jadi Jaya

PT Selatan Jadi Jaya (PT SJJ) adalah salah satu perusahaan produsen *battery* (aki) otomotif terkemuka di Indonesia yang terletak di kota Sidoarjo, Jawa Timur. Perusahaan ini didirikan pada tahun 1997 dan sejak saat itu perusahaan melalui investasi yang besar telah tumbuh menjadi salah satu pemain yang besar di antara produsen *automotive battery* di dunia. PT SJJ mempelopori pembuatan *Maintenance Free (MF) battery* di Indonesia dengan kualitas tinggi tidak hanya untuk mobil tapi untuk semua jenis kendaraan otomotif.

PT SJJ memproduksi *battery VRLA (Valve Regulated Lead Acid) battery*, dan *battery asam timbal* untuk otomotif dengan standar JIS (*Japan Industrial Standards*) dan DIN (*Deutsches Institut für Normung*) yang dijual di hampir seluruh dunia. PT SJJ menerapkan sistem *Assembly to Order (ATO)*, yaitu produksi dilakukan sesuai dengan spesifikasi dan jumlah dari konsumen. Semua komponen sampai dengan kemasan diproduksi sendiri oleh PT SJJ.

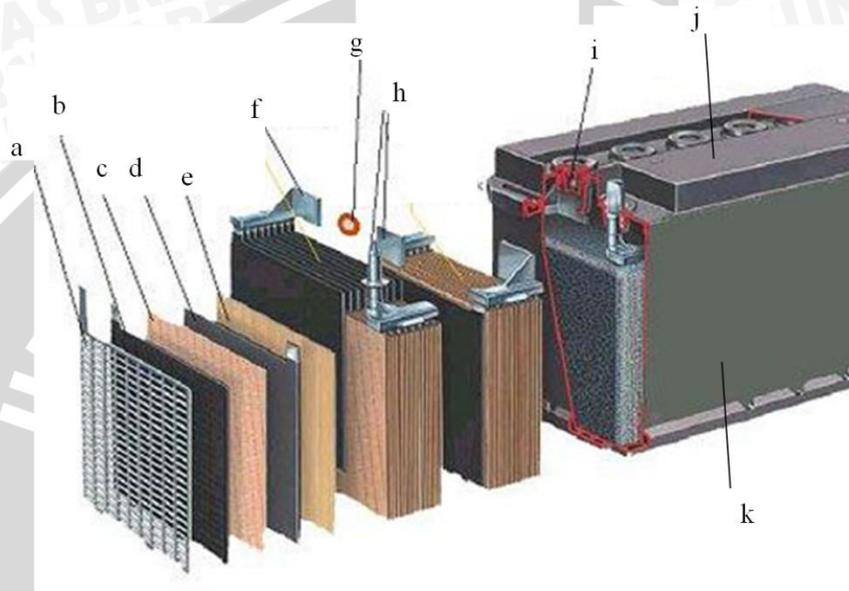
#### 4.1.2 Produk PT Selatan Jadi Jaya

Hasil produk dari PT SJJ dikelompokkan dalam empat kategori, yaitu:

- a. *Car Battery* : Aki khusus untuk mobil.
- b. *Motorcycle Battery* : Aki khusus untuk motor.
- c. *Uninterruptible Power Supply (UPS)*: Aki untuk menyimpan energi cadangan.
- d. *Emergency Lamp* : Aki untuk mengisi energi lampu emergensi.

Kategori *Car* dan *Motorcycle* dibagi menjadi dua subgrup, yaitu *conventional* dan *Maintenance Free (MF)*. *Conventional battery* (aki basah) adalah aki yang didukung cairan elektrolit, pelat positif dan negatif yang terbungkus *separator* terpisah.

Sedangkan *Maintenance Free Battery* (aki kering) prinsipnya sama dengan *conventional*, namun MF battery menggunakan tipe *Valve Regulated Lead Acid* (VRLA) di mana berat jenis cairan elektrolit lebih tinggi daripada aki basah sehingga cairan menyerap ke separator. Dalam penelitian ini produk yang digunakan adalah *Conventional Car Battery* tipe N-50 segala merk. Gambar 4.1 merupakan detail dari komponen penyusun *conventional battery*.



**Gambar 4.1** Komponen Penyusun *Battery*  
**Sumber:** [www.solarsuryaindonesia.com/info](http://www.solarsuryaindonesia.com/info)

Keterangan gambar:

a= Grid

b= Plate (+)

c & e= Separator

d= Plate (-)

f= Set plate (+)

g= Electrolyte tight sealing

h= Negative pole

i= Valve adapter

j= Cover

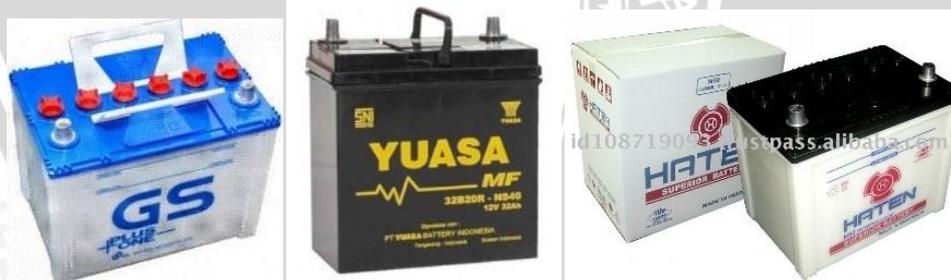
k= Case

PT SJJ tidak memiliki merek dagang sendiri, karena merek dagang tergantung dari pesanan konsumen saat konsumen melakukan *order*. Tabel 4.1 adalah merek *battery* yang diproduksi oleh PT SJJ untuk konsumen lokal maupun internasional. Gambar 4.2 merupakan produk *Battery* tipe N-50 dengan berbagai merek yang diproduksi oleh PT SJJ yang diambil dari web *Trust Pass* Alibaba yang merupakan media promosi dari PT SJJ.

**Tabel 4.1** Merk Battery Yang Diproduksi PT Selatan Jadi Jaya

1	Osaka	26	GS Hybrid	51	RESA
2	GS Premium	27	MPX	52	CONNECT
3	GS Ultimate	28	MTR	53	POLESTAR
4	MS	29	TOKYO	54	ACCELERA
5	Haten	30	SINAKAWA	55	BEKON
6	Kayaba	31	POWERMAX	56	OSAKA RED
7	Vios	32	7 STAR	57	FORCEUM
8	Tysonic	33	ENERGY	58	HATTORI
9	NK	34	STANDARD	59	PAUXIS
10	Marquis	35	USA UNITED	60	ABEST
11	Yama New	36	POWER KING	61	OCEAN
12	MEGATRON	37	BEKON	62	JAPAN STAR
13	Power Plus	38	GBI PREMIUM	63	LEXUCO
14	Golden Spark	39	SCG	64	PAUXIS
15	EAST	40	ROCKET	65	ACCELERA
16	HD Battery	41	SUPER POWER	66	SCG
17	Kagawa	42	AUTOBAHN	67	ZEC
18	GT-JET	43	OE – POWER	68	FORCE
19	CHEMCO	44	VOLTA	69	3K
20	YKM	45	PAUXIS	70	GSF
21	GS Malaysia	46	TEKNICA	71	SUPER B
22	NDAY	47	EUROPARTS	72	ZEC
23	ALVERO	48	YAMA	73	KING
24	Marquis	49	EXIDE	74	TEKNICA
25	IKO	50	DABOLL CHARGE	75	YUASA

Sumber : PT Selatan Jadi Jaya

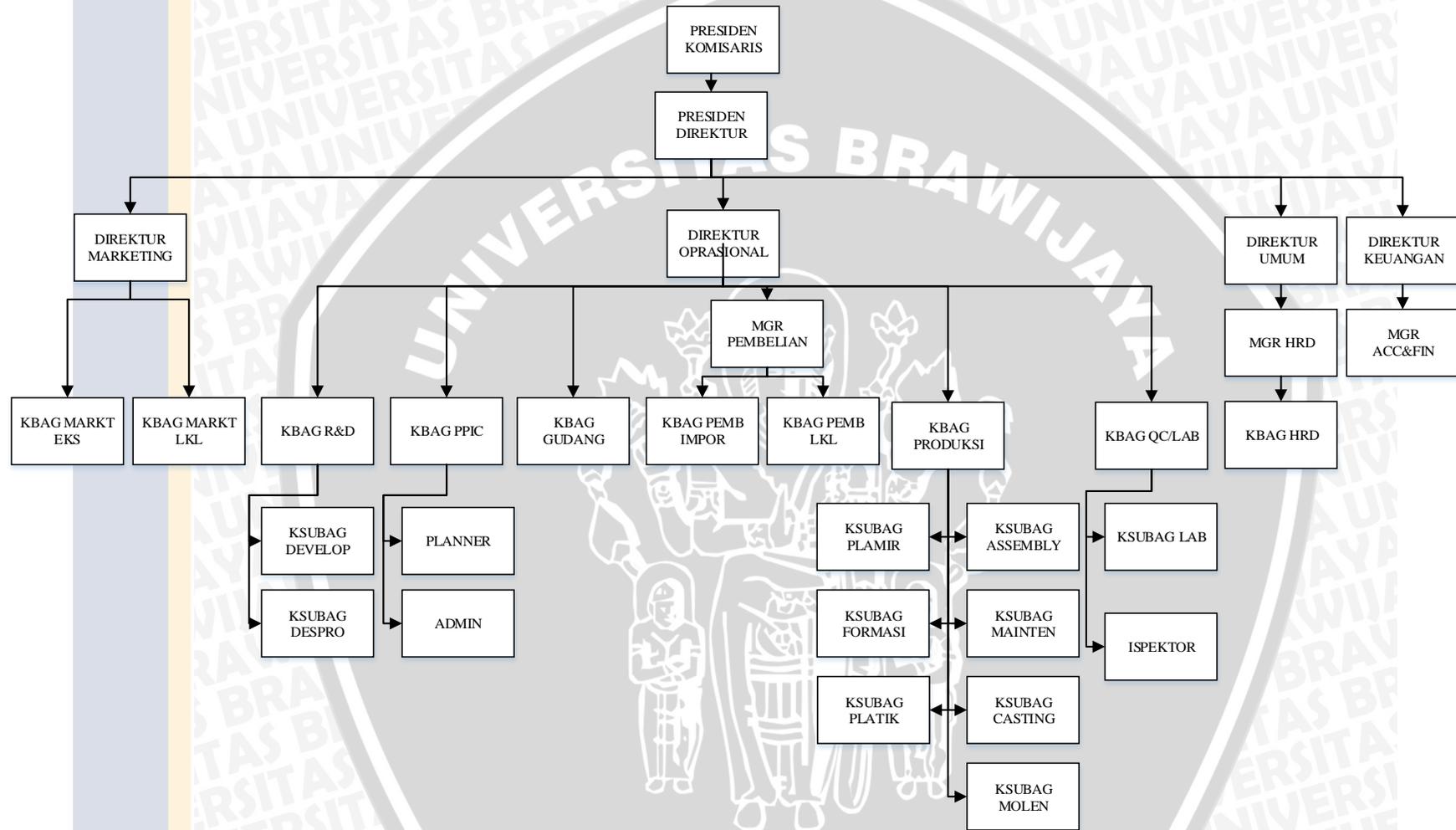


Gambar 4.2 Car Battery Tipe N-50

Sumber: [www.trustpass.alibaba.com](http://www.trustpass.alibaba.com)

#### 4.1.3 Struktur Organisasi PT Selatan Jadi Jaya

Struktur organisasi pada PT SJJ dikepalai oleh presiden direktur, dibagi menjadi empat bagian yang dikepalai oleh direktur. Empat bagian tersebut kemudian terdiri dari bagian-bagian yang dikepalai oleh kepala bagian (Kbag), dan dibagi lagi dalam subbagian yang dikepalai oleh kepala subbagian (Ksubag). Gambar 4.3 merupakan bagan struktur organisasi pada PT Selatan Jadi Jaya.



**Gambar 4.3** Struktur Organisasi PT Selatan Jadi Jaya  
**Sumber:** PT Selatan Jadi Jaya

## 4.2 PROSES PRODUKSI

Bahan baku utama pembuatan *Car Conventional Battery* N-50 berupa timah murni yang terlebih dahulu dilelehkan hingga menjadi timah batangan. Timah batangan tersebut kemudian dikirim ke beberapa subbagian untuk menjadi bahan baku komponen. Komponen-komponen yang sudah jadi kemudian dirakit hingga menjadi produk jadi. Berikut detail aktivitas pada proses pembuatan *Car Conventional Battery* N-50.

### 1. Proses pada subbagian *melting*

Bahan baku utama yaitu timah dilelehkan kemudian dicetak menjadi timah batangan. Timah batangan tersebut dikirim kepada tiga subbagian, yaitu subbagian *pole* untuk dicetak menjadi part dan pakan las, subbagian *casting* untuk dicetak menjadi *grid*, dan subbagian *molen* untuk memproduksi *oxide* (tepung timah). Pengiriman ke setiap subbagian menggunakan *forklift*, namun sebelum itu timah batangan dikumpulkan dalam gudang *WIP (work in process)*. Adapun detail aktivitasnya adalah:

- a. Pemanasan tungku pelebur
- b. Memasukkan timah dalam tungku
- c. Proses pencetakan
- d. Mengumpulkan timah batangan dalam palet
- e. Mengirimkan timah batangan ke gudang *WIP* dengan *forklift*

### 2. Proses pada subbagian *casting*

*Casting* merupakan proses untuk memproduksi *grid*. *Grid* adalah kerangka yang terbuat dari timah yang nantinya akan diisi oleh *oxide* hingga menjadi *plate* penyusun *battery*. Dalam proses *casting* aktivitas produksi dilakukan oleh mesin *casting*, mulai dari peleburan timah batangan sampai pencetakan *grid*. Mesin *casting* dioperasikan oleh satu operator, di mana operator memproduksi 4500 *grid* dalam satu *shift*. Mesin *casting* berjumlah 30 unit dengan *setup* mesin yang berbeda untuk tipe *grid* yang berbeda. *Grid* yang sudah jadi dan terkumpul sejumlah 4500 buah kemudian dikirim pada gudang *WIP (work in process)* dengan menggunakan *forklift*. Adapun detail aktivitasnya adalah:

- a. Mengirimkan timah batangan pada subbagian *casting*
- b. *Setup* mesin berdasarkan spesifikasi
- c. Memasukkan timah batangan dalam mesin untuk dilebur
- d. Proses pencetakan
- e. Mengumpulkan *grid* dalam palet sampai berjumlah 4500 buah
- f. Mengirimkan ke gudang *WIP* dengan *forklift*

### 3. Proses pada subbagian *pole*

Subbagian *pole* memproduksi komponen *battery* dan kawat las dari timah batangan. Mesin pada subbagian *pole* berjumlah sembilan unit dengan masing-masing operator dalam satu mesin berjumlah tiga orang. Komponen yang dihasilkan dari subbagian *pole* dikumpulkan sampai tiga *shift* kemudian dikirim pada gudang WIP menggunakan *forklift*. Adapun detail aktivitasnya adalah:

- a. Mengirimkan timah batangan pada subbagian *pole*
- b. Melelehkan timah batangan
- c. Mencetak timah cair
- d. Menunggu kering
- e. Mengumpulkan dalam palet
- f. Mengirimkan pada gudang WIP

### 4. Proses pada subbagian *molen*

Subbagian *molen* memproduksi *oxide*, yang nantinya diisikan pada *grid* untuk menjadi *plate*. *Oxide* dari subbagian *molen* kemudian langsung ditransfer pada subbagian *casting* dengan *crane*. Adapun detail aktivitasnya adalah:

- a. Menggiling timah dengan mesin *ballmill*
- b. Melebur timah dengan mesin *melting*
- c. *Lead lump making*
- d. Mencampur timah dengan mesin *mixing*

### 5. Proses pada subbagian *pasting*

Aktivitas dari subbagian *pasting* adalah memproduksi *plate uncharged*, yaitu pelapisan *grid* yang masih berupa kerangka dengan *oxide*. Mesin dalam subbagian *pasting* berjumlah empat unit, dengan lima operator di setiap mesin. *Plate uncharged* dikumpulkan dalam palet hingga berjumlah 250 buah untuk kemudian mengalami proses pengeringan. Adapun detail aktivitasnya adalah:

- a. *Setup* mesin sesuai spesifikasi *grid*
- b. Proses pelapisan *grid* dengan *oxide*
- c. Menimbang berat *plate*
- d. Mengumpulkan dalam palet hingga berjumlah 250 buah
- e. Mengirimkan pada ruang pengeringan

### 6. Proses pada subbagian *formation*

*Plate uncharged* yang dihasilkan pada subbagian *pasting* kemudian menuju subbagian *formation* untuk dijadikan *plate charge*. Proses *formation* memakan waktu

yang lama yaitu 20 jam, dengan jumlah bak pengisian 13 *line* dan jumlah operator 14 orang. Dalam satu kali pengisian *plate* semua bak pengisian dapat menampung 30.000 *plate*. Adapun detail aktivitasnya adalah:

- a. Proses pengeringan *plate*
- b. Mengirim pada ruang *formation*
- c. *Loading plate* ke dalam bak pengisian
- d. Proses *charging*
- e. *Unloading plate* dari bak pengisian
- f. Proses pencucian *plate*
- g. Pengiriman pada subbagian *oven plate*

#### 7. Proses pada subbagian *oven plate*

Subbagian *oven plate* menghasilkan *plate drycharge*. Mesin *oven* untuk jenis *positive plate* dan *negative plate* berbeda. Untuk jenis *negative* pada mesin *Inert Gas Oven* dan untuk jenis *positive* pada mesin *Tunnel Drying Oven*. Adapun detail aktivitasnya adalah:

- a. Memasukkan *plate* dalam mesin
- b. Proses pengeringan
- c. Mengeluarkan *plate* dari *oven*
- d. Mengirimkan ke gudang

#### 8. Proses pada subbagian *cutting*

Pada subbagian *cutting*, *plate* masih berupa dua *plate* yang tergabung, pada subbagian *cutting* ini *plate* tersebut dipotong menjadi dua bagian. Mesin *cutting* berjumlah tiga unit dengan jumlah operator tujuh orang. *Plate* yang sudah dipotong selanjutnya langsung diproses oleh subbagian *enveloping*. Berikut adalah detail aktivitasnya.

- a. *Setup* mesin
- b. Proses pemotongan
- c. Transfer *plate* pada subbagian *enveloping*

#### 9. Proses pada subbagian *enveloping*

*Plate* yang sudah dipotong kemudian dimasukkan dalam *envelope* hingga menjadi *enveloped plate*. Proses *enveloping* dilakukan oleh mesin *envelope* yang berjumlah 3 unit dengan tujuh operator di masing-masing mesin. *Enveloped plate* kemudian diangkut menuju subbagian *assembly* menggunakan *handtruck*.

#### 10. Proses pada subbagian *assembly*

Segala komponen yang sudah dihasilkan dari proses sebelumnya dan sudah melalui proses inspeksi oleh bagian *Quality Control* (QC) dirakit dalam subbagian *assembly*. Terdapat lima *line assembly* dengan operator berjumlah 80 orang per *shift*. Setiap *line* dilengkapi dengan *conveyor* sehingga proses *assembly* berjalan secara kontinyu. Dalam penelitian ini pengamatan hanya dilakukan pada *line* 1, karena *line* 1 merupakan *line* yang paling banyak menghasilkan *battery* tipe N-50. Adapun detail aktivitasnya adalah:

##### a. *Stacking*

Proses penyusunan *plate* positif dan *plate* negatif dengan *separator* diantara keduanya menjadi satu elemen. Proses ini dilakukan manual oleh tiga operator di setiap *line* dengan hasil satu palet berisi dua set *plate* yang sudah disusun.

##### b. *Strap welding burning*

Proses penggabungan dengan cara *welding* pada *plate* positif dan *plate* negatif agar menjadi satu elemen. Proses *welding* dilakukan manual oleh tiga operator di setiap *line*.

##### c. *Inserting*

Penyusunan elemen ke dalam *case* (kotak aki) dengan susunan seri. Proses *inserting* dilakukan manual oleh tiga operator di setiap *line*.

##### d. *Short Test I*

*Test* yang dilakukan otomatis oleh mesin, tujuannya menguji konsleting pada produk sebelum disatukan.

##### e. *Press welding*

Proses penyambungan elemen yang satu dengan elemen yang lain dalam *battery*. Dilakukan otomatis oleh mesin dengan satu operator.

##### f. *Short test II*

Tujuannya adalah menguji produk yang sudah tersambung, dilakukan otomatis oleh mesin dengan satu operator.

##### g. *Test welding* (IRT)

Dilakukan otomatis oleh mesin, dengan tujuan memeriksa hasil *welding*.

##### h. *Heat sealing*

Merekatkan *cover* (tutup) dan *case* (kotak aki) dengan proses pemanasan, dilakukan otomatis oleh mesin dengan dua orang operator.

- i. *Pole burning*  
Penyatuan pole dengan *bushing* menjadi terminal, dilakukan otomatis oleh mesin.
  - j. *Air leak test*  
Tes yang dilakukan untuk mengetahui apakah ada kebocoran udara dalam *battery*, dilakukan otomatis dengan mesin.
  - k. *Date code*  
Memberi kode tanggal pada produk agar diketahui *life cycle product*, dilakukan otomatis oleh mesin tanpa operator.
  - l. *Dry sealing*  
Merekatkan *aluminium sealing* pada lubang *vent plug* di *battery*, dengan tujuan agar tidak terkontaminasi oleh udara. Dilakukan otomatis oleh mesin dengan satu operator.
11. Proses pada subbagian *packaging*
- Battery* kemudian diberi label dan dikemas pada subbagian *packaging*. *Packed battery* dikumpulkan dalam palet hingga 100 buah kemudian menunggu hingga jumlah sesuai dengan *order* untuk kemudian dikirim kepada gudang jadi lokal atau gudang jadi ekspor. Adapun detail aktivitasnya adalah:
- a. *Sticker labeling*
  - b. *Packing*
  - c. *Tag labeling*

### 4.3 CURRENT STATE MAP

*Current State Map* adalah gambaran dari proses produksi yang berlangsung meliputi aliran material dan aliran informasi dalam perusahaan saat itu. *Current State Map* terdiri atas beberapa langkah dimulai dari penentuan *value stream manager* hingga penggambaran peta aliran keseluruhan pabrik.

#### 4.3.1 Penentuan *Value Stream Manager*

*Value stream manager* adalah seseorang yang memahami keseluruhan proses produksi yang terjadi secara detail dan memiliki peranan penting dalam proses produksi. *Value stream manager* dapat memberikan informasi secara lengkap dan dapat membantu dalam memberikan saran bagi perbaikan proses produksi. Dalam penelitian ini, *value stream manager* adalah Bapak Anton selaku kepala subbagian *assembly*.

### 4.3.2 Identifikasi Waktu Kerja

Subbagian *assembly* pada PT Selatan Jadi Jaya menggunakan sistem semi otomatis, yaitu proses menggunakan mesin namun masih dibantu tenaga operator secara manual di setiap bagiannya. Tabel 4.2 merupakan *breakdown* aktivitas pada subbagian *assembly* beserta cara perhitungan waktunya.

**Tabel 4.2** *Breakdown* Aktivitas Subbagian *Assembly*

No.	Step	Cara Perhitungan Waktu
1	Mengambil <i>plate</i> (+)	STS
2	Mengambil <i>plate</i> (-)	STS
3	Mengambil <i>separator</i>	STS
4	<i>Stacking</i>	STS
5	Penyusunan dalam palet	STS
6	Menuju <i>strap welding burning</i>	STS
7	Pemasangan <i>cover</i> atas	STS
8	Pemasangan baut	STS
9	<i>Strap welding burning</i>	STS
10	Melepas <i>cover</i> atas	STS
11	Menuju <i>inserting</i>	STS
12	Proses <i>inserting</i>	STS
13	Menuju <i>short test</i> I	STS
14	<i>Short Test</i> I	kecepatan <i>conveyor</i>
15	Menuju <i>press welding</i>	kecepatan <i>conveyor</i>
16	<i>Press welding</i>	<i>setup</i> mesin
17	Menuju <i>short test</i> II	kecepatan <i>conveyor</i>
18	<i>Short test</i> II	<i>setup</i> mesin
19	Menuju IRT	Kecepatan <i>conveyor</i>
20	IRT	<i>setup</i> mesin
21	Menuju <i>heat sealing</i>	kecepatan <i>conveyor</i>
22	<i>Heat sealing</i>	<i>setup</i> mesin
23	Menuju <i>pole burning</i>	kecepatan <i>conveyor</i>
24	<i>Pole burning</i>	<i>setup</i> mesin
25	Menuju <i>air leak test</i>	kecepatan <i>conveyor</i>
26	<i>Air leak test</i>	<i>setup</i> mesin
27	Menuju <i>date code</i>	kecepatan <i>conveyor</i>
28	<i>Date code</i>	<i>setup</i> mesin
29	Menuju <i>dry sealing</i>	kecepatan <i>conveyor</i>
30	<i>Dry sealing</i>	<i>setup</i> mesin

Dari Tabel 4.2 beberapa proses diketahui menggunakan cara perhitungan waktu *setup* mesin dan kecepatan *conveyor*, cara tersebut menggunakan data sekunder yaitu data kecepatan mesin dan *conveyor* sebagai waktu siklusnya. Hal tersebut dikarenakan

perbedaan waktu proses mesin dan waktu transportasi *conveyor* jika diukur menggunakan *stopwatch* tidak terdapat perbedaan yang berarti, sehingga dapat diabaikan. Aktivitas dengan cara perhitungan waktu *Stopwatch Time Study* (STS) dilakukan pengambilan data primer, yaitu melakukan penghitungan waktu siklus menggunakan *stopwatch* kemudian menghitung waktu standarnya.

#### 4.3.2.1 Perhitungan *Stopwatch Time Study*

Tabel 4.3 adalah hasil dari perhitungan waktu siklus proses pengambilan *plate* (+). Pengambilan data waktu dilakukan menggunakan *stopwatch* dalam satuan detik yang dibagi menjadi lima subgroup berdasar hari pengamatan dengan 5 kali replikasi.

Tabel 4.3 Data Waktu Pengambilan *Plate* (+) Dalam Detik

Replikasi	Subgrup				
	1	2	3	4	5
1	11,35	10,39	11,35	10,38	13,23
2	10,25	10,4	13,23	12,21	10,24
3	11,23	12,26	10,34	12,36	13,25
4	12,35	10,36	10,39	13,3	10,34
5	11,25	14,21	13,38	10,32	10,36
<b>Jumlah</b>	56,43	57,62	58,69	58,57	57,42
<b>Rata-rata</b>	11,28	11,52	11,73	11,71	11,48

Sumber: Data Primer

#### 1. Uji Keseragaman

Uji keseragaman data dilakukan dengan menggunakan peta kontrol. Berikut langkah-langkah yang digunakan dalam uji keseragaman:

- Data disusun secara berkelompok
- Menentukan nilai rata-rata subgroup:

$$x = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{k} = \frac{11,28 + 11,52 + 11,37 + 11,48}{5} = 11,54$$

#### c. Hitung standar deviasi data ( $\sigma$ )

$$\begin{aligned} \sigma &= \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^k x_{ij} - x^2}{N - 1}} \\ &= \sqrt{\frac{11,28 - 11,54^2 + 11,52 - 11,54^2 + \dots + 11,48 - 11,54^2}{25 - 1}} \end{aligned}$$

$$= \frac{40,591}{25 - 1} = 1,69$$

d. Menghitung standar deviasi rata-rata subgroup.

$$\sigma_x = \frac{\sigma}{n}$$

$$\sigma_x = \frac{1,96}{5} = 0,756$$

e. Menentukan batas kontrol atas (BKA) dan batas kontrol bawah (BKB)

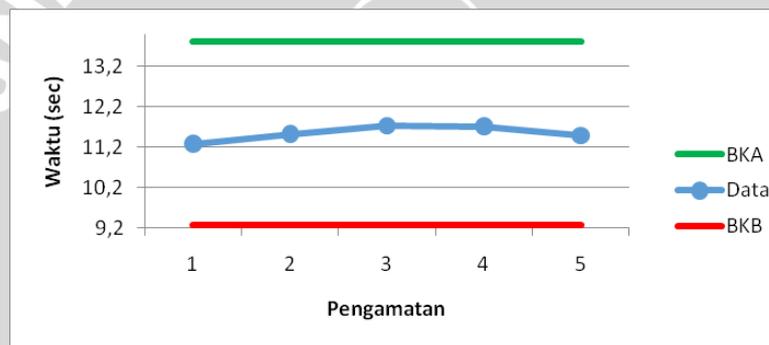
$$\text{BKA} = x + 3\sigma$$

$$= 11,54 + 3(0,756) = 13,818$$

$$\text{BKB} = x - 3\sigma$$

$$= 11,54 - 3(0,756) = 9,280$$

f. Hasil uji keseragaman



Gambar 4.4 Peta Kendali Keseragaman Data Proses Mengambil Plate (+)

Berdasarkan Gambar 4.4 dapat diketahui bahwa tidak ada data rata-rata yang berada diluar batas-batas kendali sehingga dapat disimpulkan data pengamatan proses pengambilan *plate* (+) adalah seragam. Pengambilan data waktu untuk seluruh proses yang menggunakan *stopwatch* dapat dilihat pada lampiran 1. Sedangkan hasil peta kontrol uji keseragaman data dapat dilihat pada lampiran 2.

## 2. Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data dapat dilakukan dengan menggunakan rumus berikut:

Tingkat kepercayaan 95% ( $k$ ) = 1,96

Derajat Ketelitian ( $s$ ) = 0,05

$$N' = \frac{k}{s} \frac{\sum (x_i^2) - (\sum x_i)^2}{x_i}^2$$

$$N' = \frac{1,96}{0,05} \frac{\sqrt{25 \times 3375,19 - (83365,01)^2}}{288,73}$$

$$= 18,70 \approx 19 \text{ pengamatan}$$

Karena  $N' < 25$ , maka data tersebut telah cukup. Untuk data uji kecukupan data pada aktivitas yang lain dapat dilihat pada Lampiran 3.

### 3. Penentuan *Performance Rating*

Operator diasumsikan bekerja secara wajar dalam kondisi yang normal, sehingga *performance rating* dari operator diasumsikan bernilai 1.

### 4. Penentuan *Allowance*

Langkah selanjutnya akan ditentukan faktor *allowance* (kelonggaran) untuk operasi kerja pada proses pemasangan cetakan bagian atas pada proses *stacking*. Penentuan nilai *allowance* berdasarkan pada kriteria pada Lampiran 4.

**Tabel 4.4** Faktor *Allowance* Pada Proses Mengambil *Plate (+)*

Faktor	Keterangan	Kelonggaran
Tenaga yang dikeluarkan	Sangat Ringan	6%
Sikap kerja	Berdiri dia atas dua kaki	1%
Gerakan kerja	Normal	0%
Kelelahan mata	Pandangan yang terputus-putus	1%
Keadaan temperatur tempat kerja	Tinggi	10%
Kedaan atmosfer	Kurang baik	7%
Keadaan lingkungan	Sangat bising	3%
Total		28%

Dari hasil penentuan *allowance* pada proses mengambil *plate (+)* dengan berdasarkan pada kondisi yang ada ditentukan *allowance* sebesar 28%. Penentuan *allowance* pada proses yang lain dapat diketahui pada Lampiran 5. Setelah didapatkan nilai *performance rating* dan *allowance* kemudian dilakukan perhitungan waktu normal dan waktu standar. Berikut ini adalah contoh perhitungan waktu normal dan waktu standar dari proses mengambil *plate (+)*.

#### 1. Waktu normal ( $W_n$ )

$$W_n = \text{Waktu rata-rata} \times \text{Performance Rating}$$

$$= 11,54 \times 1$$

$$= 11,54 \text{ detik}$$

#### 2. Waktu standar ( $W_s$ )

$$W_s = \text{waktu normal} \times \frac{100\%}{100\% - \%allowance}$$

$$= 11,54 \times \frac{100\%}{100\% - 28\%} = 16,04 \text{ detik}$$

Pada Tabel 4.5 menunjukkan hasil perhitungan waktu standar untuk subbagian *assembly* dalam satuan detik.

**Tabel 4.5** Data Waktu Standar Subbagian *Assembly* Dalam Detik

No.	Proses	Waktu Rata-rata (dtk)	Allowance	Waktu Standar (dtk)
1	Mengambil <i>plate</i> (+)	11,55	28%	16,04
2	Mengambil <i>plate</i> (-)	12,06	28%	16,75
3	Mengambil <i>separator</i>	6,72	28%	9,34
4	<i>Stacking</i>	44,68	32%	65,22
5	Penyusunan dalam palet	6,27	28%	8,71
6	Pemasangan <i>cover</i> atas	24,09	29%	33,93
7	Pemasangan baut	29,19	30%	41,70
8	Strap welding burning	38,77	37%	61,53
9	Melepas <i>cover</i> Atas	22,22	35%	34,19
10	<i>Inserting</i>	12,74	29%	34,19

#### 4.3.2.2 Perhitungan Waktu *Changeover* Mesin

Pada subbagian *assembly* proses *changeover* mesin dilakukan setiap awal pergantian tipe produk. Hal tersebut dikarenakan ukuran dari setiap tipe berbeda, sehingga mesin harus disesuaikan dengan ukuran produk yang akan diproses. Tabel 4.7 merupakan data waktu proses *changeover* mesin untuk *battery* tipe N-50 yang dilakukan setiap awal pergantian tipe produk. Diambil lima sampel data waktu sesuai dengan jumlah subgroup, proses *changeover* untuk suatu tipe hanya terjadi satu kali dalam satu hari.

**Tabel 4.7** Data Waktu *Changeover* Mesin Pada Subbagian *Assembly*

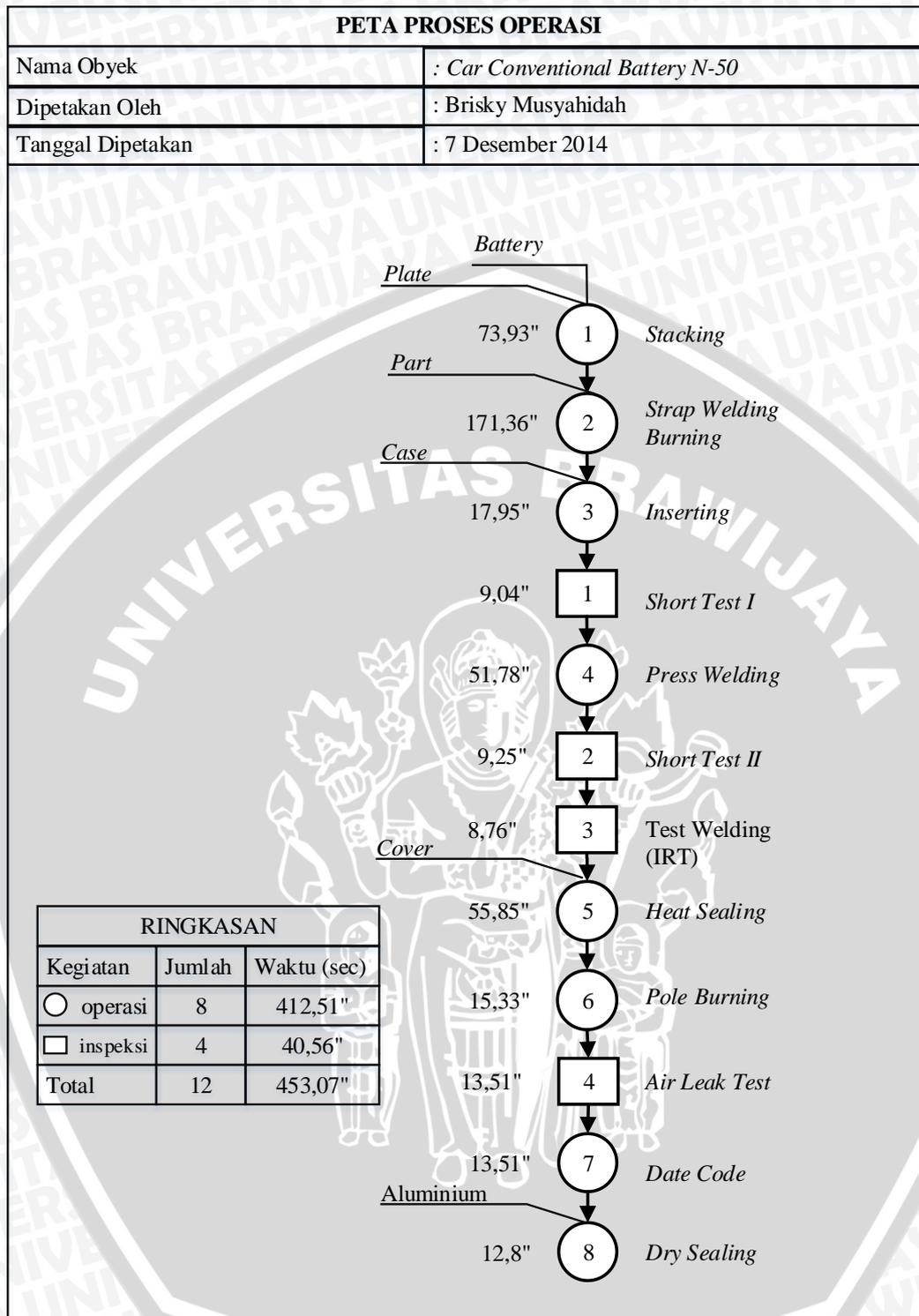
Aktivitas	Waktu (dtk)					Rata-rata
	1	2	3	4	5	
<i>Changeover</i> mesin <i>short test</i> I	907,87	915,04	939,45	970,6	911,3	928,852
<i>Changeover</i> mesin <i>press welding</i>	570,87	543,89	523,89	703,76	507,08	569,898
<i>Changeover</i> mesin <i>Shrot test</i> II	970,87	1168,09	970,4	925,55	909,67	988,916
<i>Changeover</i> mesin IRT	367,08	320,78	450,45	355,09	376,02	373,884
<i>Changeover</i> mesin <i>heat seal</i>	2806,56	2678,93	2790,44	2741,12	2967,04	2796,818
<i>Changeover</i> mesin <i>pole burning</i>	378,09	356,89	387,15	394,17	380,78	379,416
<i>Changeover</i> mesin <i>air leak test</i>	901,54	970,45	920,67	956,89	945,01	938,912

Tabel 4.8 merupakan rekap data waktu pada subbagian *assembly* dengan menggunakan *Stopwatch Time Study*, maupun melihat dari data sekunder *setup* mesin dan kecepatan *conveyor*.

Tabel 4.8 Rekap Data Waktu Subbagian *Assembly*

No.	Step	Cara Perhitungan	Waktu (dtk)
1	Mengambil <i>plate (+)</i>	STS	16,04
2	Mengambil <i>plate (-)</i>	STS	16,75
3	Mengambil <i>separator</i>	STS	9,34
4	<i>Stacking</i>	STS	65,22
5	Penyusunan dalam palet	STS	8,71
6	Menuju <i>strap welding burning</i>	STS	6,88
7	Pemasangan <i>cover</i> atas	STS	33,93
8	Pemasangan baut	STS	41,70
9	<i>Strap welding burning</i>	STS	61,53
10	Melepas <i>cover</i> atas	STS	34,19
11	Menuju <i>inserting</i>	STS	1,77
12	Proses <i>inserting</i>	STS	17,95
13	Menuju <i>short test I</i>	STS	16,69
14	<i>Short Test I</i>	kecepatan <i>conveyor</i>	9,04
15	Menuju <i>press welding</i>	kecepatan <i>conveyor</i>	6,88
16	<i>Press welding</i>	<i>setup mesin</i>	51,78
17	Menuju <i>short test II</i>	kecepatan <i>conveyor</i>	5,36
18	<i>Short test II</i>	<i>setup mesin</i>	9,25
19	Menuju IRT	Kecepatan <i>conveyor</i>	14,53
20	IRT	<i>setup mesin</i>	8,76
21	Menuju <i>heat sealing</i>	kecepatan <i>conveyor</i>	16,64
22	<i>Heat sealing</i>	<i>setup mesin</i>	55,85
23	Menuju <i>pole burning</i>	kecepatan <i>conveyor</i>	10,26
24	<i>Pole burning</i>	<i>setup mesin</i>	15,33
25	Menuju <i>air leak test</i>	kecepatan <i>conveyor</i>	18,68
26	<i>Air leak test</i>	<i>setup mesin</i>	13,51
27	Menuju <i>date code</i>	kecepatan <i>conveyor</i>	2,51
28	<i>Date code</i>	<i>setup mesin</i>	13,51
29	Menuju <i>dry sealing</i>	kecepatan <i>conveyor</i>	2,84
30	<i>Dry sealing</i>	<i>setup mesin</i>	12,80

Untuk mengetahui langkah-langkah proses *assembly*, Gambar 4.5 merupakan peta proses operasi subbagian *assembly* produk *car conventional battery* tipe N-50 dengan satuan waktu detik.



**Gambar 4.5** Peta Proses Operasi Subbagian Assembly

### 4.3.3 Aliran Informasi

Penggambaran aliran informasi diperoleh melalui proses wawancara pada subbagian yang berhubungan langsung dengan subbagian *assembly* pada PT SJJ. Alur dari aliran informasi pada subbagian *assembly* PT SJJ adalah sebagai berikut:

1. Bagian *marketing* menerima *order* dari *costumer* lokal maupun ekspor. Bagian *marketing* mengkonfirmasi pada bagian *Production Planning Control* (PPC) untuk menentukan *lead time* pemesanan. Dalam penentuan *lead time* pemesanan, bagian PPC melakukan *checking* terhadap gudang barang jadi dan gudang WIP (*work in process*) untuk mengetahui jumlah stok yang masih tersedia. Jika *order* sudah *fix* meliputi jumlah *order*, spesifikasi, dan *lead time* pemesanan, bagian *marketing* mengirimkan *order* kepada bagian PPC.
2. Bagian PPC membuat Surat Perintah Kerja (SPK) kepada setiap subbagian pada rantai produksi termasuk pada subbagian *assembly*, meliputi macam material yang dibutuhkan, jumlah material yang dibutuhkan, jumlah komponen yang harus diproduksi, dan *deadline* penyelesaian pekerjaan. SPK pada subbagian *assembly* dikirim kepada semua unit proses dari subbagian. Pada subbagian *assembly* yang mempunyai banyak proses, SPK disampaikan pada kepala subbagian *assembly* untuk kemudian disampaikan pada masing-masing ketua regu unit proses.
3. Selain membuat SPK kepada setiap subbagian pada rantai produksi, bagian PPC juga membuat Bon Permintaan Bahan (BPB) yang meliputi jumlah dan jenis material yang dibutuhkan kepada subbagian gudang WIP. Berdasarkan BPB, kemudian subbagian gudang WIP mengirimkan komponen yang diperlukan oleh subbagian *assembly*, yaitu *case* (kotak aki), *plat (+)*, *plat (-)*, *pole*, kawat las, *cover* (tutup aki), dan *packing*.
4. Bagian PPC kemudian melaporkan *order* yang akan diproses kepada Bagian Administrasi. Bagian Administrasi kemudian membuat laporan tentang jumlah *production cost* yang dibutuhkan.

#### 4.3.4 Aliran Fisik

Berdasarkan hasil pengamatan langsung dan wawancara terhadap pihak perusahaan pada proses produksi, maka didapat aliran material pada subbagian *assembly* adalah sebagai berikut:

1. Aliran material dimulai dari seluruh subbagian sebelum subbagian *assembly*. Subbagian *pole* mengirim *pole* dan kawat las pada gudang WIP, untuk selanjutnya dikirim ke subbagian *assembly*. Subbagian produksi kemasan meliputi *case* dan *cover* mengirim kemasan ke gudang WIP untuk selanjutnya dikirim ke subbagian *assembly*. Subbagian *envelope plate* langsung mengirim *plate* ke subbagian *assembly*.

2. Material yang diterima dan diletakkan di gudang WIP kemudian diinspeksi oleh *Quality Control* apakah material sesuai dan memeriksa apakah ada kecacatan sebelum dikirim ke subbagian *assembly*.
3. Dalam subbagian *assembly* semua komponen yang diterima sudah melalui inspeksi yang dilakukan oleh bagian *Quality Control* (QC). Komponen yang dibutuhkan oleh subbagian *assembly* adalah *pole*, kawat las, *enveloped plate* (+) dan (-), *case*, dan *cover*. Semua komponen disusun di atas *conveyor* melewati proses-proses sebagai berikut:
  - a. *Stacking*

Proses *stacking* merupakan proses penyusunan yang membutuhkan *enveloped plate* (+) dan (-) dari proses *enveloping plat* serta *separator* dari gudang *Work in Process* (WIP)
  - b. *Strap welding burning*

*Plate* yang telah disusun dari proses *stacking* kemudian dilas agar tergabung menjadi satu komponen, unit proses ini membutuhkan kawat las dari gudang WIP.
  - c. *Inserting*

*Plate* yang telah tergabung dimasukkan dalam *case* (kotak aki), *case* dikirim dari gudang WIP.
  - d. *Short Test I*

*Case* yang telah terisi masuk dalam mesin *short test I* untuk diperiksa apakah terjadi konslet. *Case* konslet tidak bisa masuk ke dalam proses berikutnya karena harus melalui proses *rework*.
  - e. *Press welding*

Setelah *case* diketahui tidak konslet, proses selanjutnya adalah masuk dalam mesin *press welding*.
  - f. *Short test II*

*Case* yang telah melalui mesin *press welding* kemudian masuk dalam mesin *short test* kedua.
  - g. *Test welding* (IRT)

*Case* memasuki mesin *test welding* setelah keluar dari mesin *short test*.
  - h. *Heat sealing*

*Case* telah melalui tiga tes sebelumnya, sehingga dinyatakan bahwa isi dari *case* tidak mengalami masalah. *Case* kemudian ditutup dengan *cover*, lalu masuk

dalam mesin *heat sealing*. *Case* yang sudah ditutup kemudian disebut *battery*. *Cover* yang dikirim ke unit proses ini berasal dari gudang WIP.

i. *Pole burning*

Proses berikutnya adalah mengelas *pole* dari *battery*, proses ini membutuhkan kawat las.

j. *Air leak test*

Proses las pada *case* dari *pole burning* kemudian di tes melalui mesin *air leak test*.

k. *Date code*

*Battery* yang sudah tertutup semua bagiannya kemudian diberi label tanggal dengan mesin *date code*.

l. *Dry sealing*

Agar tidak terkontaminasi udara luar, *battery* diberi penutup berupa *aluminium foil* menggunakan mesin *dry sealing*. *Aluminium foil* dikirim dari gudang *work in process*.

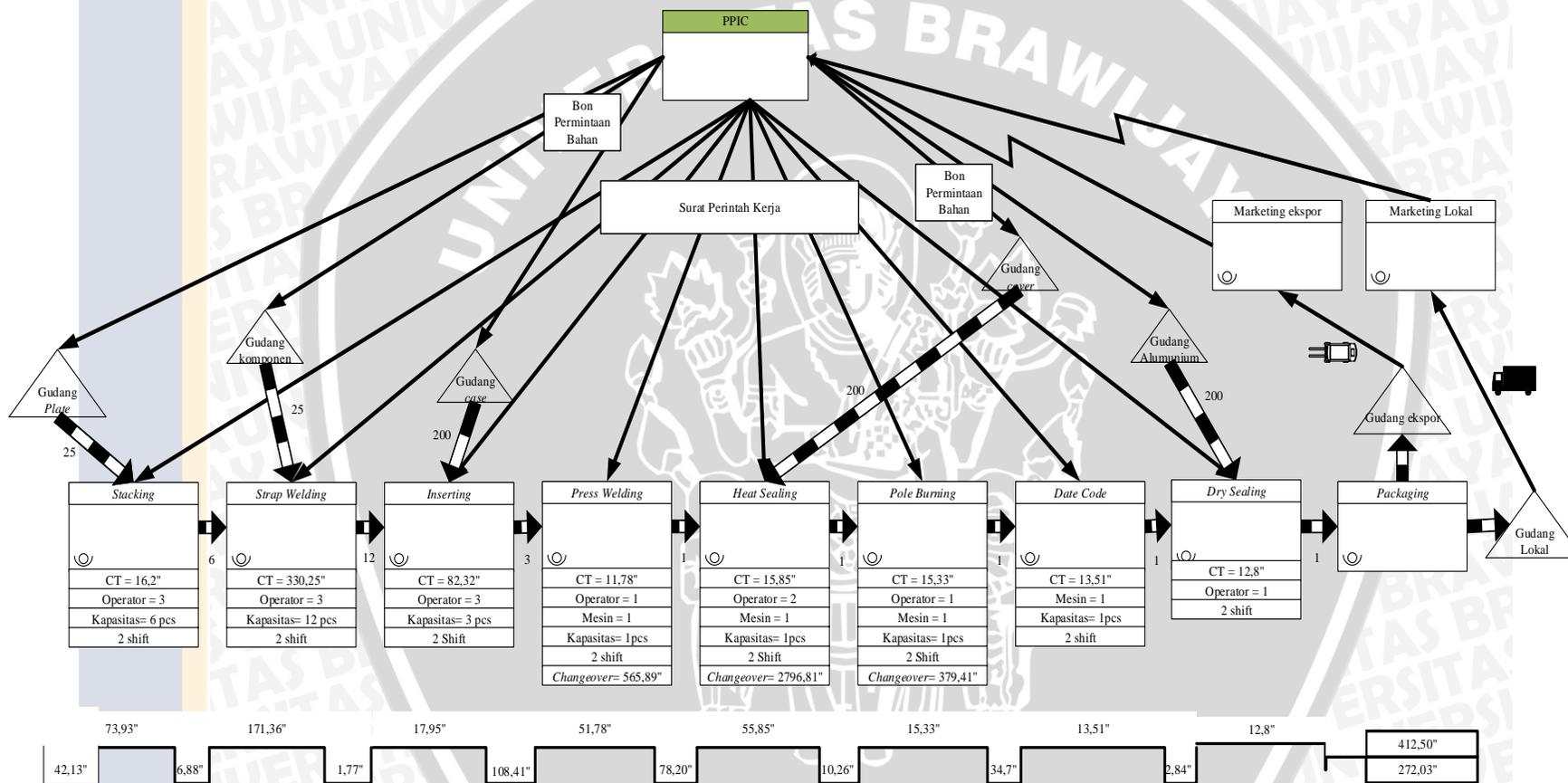
4. *Packaging*

*Battery* langsung menuju pada meja *packaging*. Diawali dengan *sticker labeling*, dan pemasangan karton. Label dan karton diproduksi sendiri oleh PT. SJJ. *Battery* yang sudah dalam kemasan kemudian dikumpulkan hingga mencapai jumlah yang sesuai dengan SPK yang dikeluarkan bagian PPC. Jika jumlah sudah sesuai dengan SPK maka *battery* siap dikirim ke gudang barang jadi lokal maupun ekspor.

5. Terdapat dua lokasi gudang barang jadi, gudang barang jadi ekspor terletak di bagian depan PT SJJ, untuk *battery order* ekspor dapat langsung dikrim dengan *forklift* menuju gudang barang jadi ekspor. Untuk *battery order* lokal, gudang barang jadi lokal terletak di bangunan yang berbeda sehingga membutuhkan alat transportasi yaitu truk untuk mengangkutnya.

Berdasarkan perhitungan waktu proses, aliran informasi, dan aliran material yang telah dibuat maka dirancahlah *Current State Map* dari subbagian *assembly* produk *car conventional battery* tipe N-50. *Current State Map* dapat dilihat pada Gambar 4.6.

### 4.3.5 Current State Map



Gambar 4.6 Current State Map Subagian Assembly Produk Conventional Car Battery N-50

#### 4.4 PROCESS ACTIVITY MAPPING (PAM)

*Process Activity Mapping* (PAM) digunakan untuk mengetahui secara detail dari kegiatan yang termasuk ke dalam aktivitas *Value Added* (VA), *Non Value Added* (NVA), dan *Necessary but Non Value Added* (NNVA). PAM dari subbagian *assembly* produk *car conventional battery* N-50 dapat dilihat pada Tabel 4.9.

**Tabel 4.9** *Process Activity Mapping* Subbagian *Assembly Car Conventional Battery* N-50

No	Step	Machine	Distance (m)	Time (dtk)	People	Activity					Comment
						O	T	I	S	D	
1	Mengambil <i>plate</i> (+)			16,04	3		√				NNVA
2	Mengambil <i>plate</i> (-)			16,75	3		√				NNVA
3	Mengambil <i>separator</i>			9,34	3		√				NNVA
4	<i>Stacking</i>			65,22	3	√					VA
5	Penyusunan dalam palet			8,71		√					VA
6	Menuju <i>strap welding burning</i>	Conveyor	1,5	6,88			√				NNVA
7	Pemasangan <i>cover</i> atas			33,93		√					VA
8	Pemasangan baut			41,70		√					VA
9	<i>Strap welding burning</i>	Welder		61,53	3	√					VA
10	Melepas <i>cover</i> atas			34,19		√					VA
11	Menuju <i>inserting</i>	Conveyor	1,5	1,77			√				NNVA
12	Proses <i>inserting</i>			17,95	3	√					VA
13	Menuju <i>short test</i> I	Conveyor	3	16,69			√				NNVA
14	<i>Short Test</i> I	Short Test		9,04	1			√			NNVA
15	Menuju <i>press welding</i>		2	6,88			√				NNVA
16	<i>Press welding</i>	Welder		51,78	2	√					VA
17	Menuju <i>short test</i> II	Conveyor	2	5,36			√				NNVA
18	<i>Short test</i> II	Test machine		9,25	1			√			NNVA
19	Menuju IRT	Conveyor		14,53			√				NNVA
20	IRT	Test machine	3	8,76	1			√			NNVA
21	Menuju <i>heat sealing</i>	Conveyor	4	16,64			√				NNVA
22	<i>Heat sealing</i>	Heat sealing		55,85	2	√					VA
23	Menuju <i>pole burning</i>	Conveyor	2,5	10,26			√				NNVA
24	<i>Pole burning</i>	Welder		15,33	1	√					VA
25	Menuju <i>air leak test</i>	Conveyor	2,5	18,68			√				NNVA
26	<i>Air leak test</i>	ALT		13,51	1			√			NNVA
27	Menuju <i>date code</i>	Conveyor	1	2,51			√				NNVA
28	<i>Date code</i>	Press		13,51		√					VA
29	Menuju <i>dry sealing</i>	Conveyor	1	2,84			√				NNVA
30	<i>Dry sealing</i>	Press		12,8	1	√					VA

Dapat dilihat dari Tabel 4.9 bahwa *step* mengambil *plate* (+) tidak menggunakan mesin dalam aktivitasnya, tidak mempunyai jarak, dan proses memakan waktu selama 16,04 detik. Proses dilakukan oleh tiga operator, dan termasuk ke dalam aktivitas

*transportation* sehingga digolongkan ke dalam *Necessary but Non Value Added* (NNVA). Berdasarkan Tabel 4.9 maka dibuatlah tabulasi ringkas yang berisikan perhitungan jumlah aktivitas dan waktunya serta prosentase dari VA, NVA, NNVA. Tabulasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.10.

**Tabel 4.10** Rekap Data Waktu *Process Activity Mapping*

Aktivitas	Jumlah	Waktu (detik)	%
<i>Operation</i>	12	412,51	
<i>Transportation</i>	14	145,17	
<i>Inspection</i>	4	40,56	
<i>Storage</i>	0	0	
<i>Delay</i>	3	86,30	
<b>Total</b>	<b>33</b>	<b>684,54</b>	
VA	12	412,51	60,26
NVA	3	86,30	12,61
NNVA	18	185,73	27,13
<b>Total</b>	<b>33</b>	<b>684,54</b>	<b>100</b>

Berdasarkan Tabel 4.10 dapat dilihat jumlah dan total waktu dari setiap jenis aktivitas, selain itu juga tercantum jumlah prosentase dari aktivitas. Prosentase tersebut merupakan prosentase masing-masing klasifikasi aktivitas terhadap waktu keseluruhan. Prosentase VA sebesar 57,2% sedangkan prosentase NVA sebesar 12,88%. Jumlah aktivitas *non value added* yaitu 29,91 detik setiap satu komponen yang diproses.

#### 4.5 IDENTIFIKASI WASTE

Dari *Current State Map* yang telah dibuat, diketahui aliran material dan aliran informasi yang terjadi di subbagian *assembly*. Diketahui juga waktu untuk *value added activity* dan *nonvalue added activity*. Pada tahapan ini merupakan tahapan yang digunakan untuk menentukan aktivitas-aktivitas apa saja yang dapat menyebabkan terjadinya pemborosan. Analisis yang dilakukan untuk mengidentifikasi pemborosan-pemborosan yang terjadi adalah analisis secara deskriptif didukung dengan hasil *brainstorming* dengan *value stream manager*.

##### 1. *Overproduction*

PT SJJ menggunakan sistem *assembly to order*, maka subbagian *assembly* hanya melakukan proses sesuai dengan pesanan yang ada. Namun seringkali terjadi *waste overproduction* karena ketua regu *assembly* salah membaca SPK dan *counter* mesin yang salah menghitung akibat dari *product trial*. Akibatnya informasi jumlah produk sering tidak sinkron yang mengakibatkan adanya kelebihan produksi pada awal

proses (proses *stacking*). Kesalahan dalam membaca SPK disebabkan oleh SPK hanya diturunkan kepada ketua regu, kemudian ketua regu memberi informasi kepada operator yang lain. SPK yang diturunkan oleh bagian PPC sulit untuk dipahami oleh operator dan bersifat keseluruhan untuk subbagian *assembly*.

## 2. Defect

Pemborosan ini terjadi karena adanya produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Penyebab terjadinya *defect*:

- 1) Adanya barang WIP yang dikirim ke bagian *assembly* tidak sesuai spesifikasi.
- 2) Kesalahan operator pada proses manual, misalnya saat proses *welding* operator kurang teliti sehingga masih terdapat lubang yang mengakibatkan kebocoran. Kesalahan ini terjadi pada proses *strap welding burning* dan *inserting*.
- 3) Umur mesin yang sudah tua, terkadang membuat kesalahan proses, terjadi pada proses *pole burning*.
- 4) Kesalahan dalam *material handling* yang mengakibatkan benturan yang menimbulkan *defect* pada komponen, terjadi pada proses *heat sealing*.
- 5) Kesalahan pada proses *changeover* mesin, mengakibatkan ketidaksesuaian antara setting mesin dengan material, terjadi pada proses *heat sealing*, *short test II*, dan IRT.

## 3. Unnecessary Inventory

*Waste jenis inventory* terjadi karena adanya *inventory* produk jadi yang belum terjual, penyebab terjadinya adalah kesalahan komunikasi antara subbagian *assembly* dan gudang produk jadi. Mengakibatkan produk jadi yang tidak sesuai batal dikirim dan diletakkan pada gudang barang jadi. *Inventory* komponen tidak terjadi pada subbagian *assembly* karena semua komponen yang dikirim sudah sesuai dengan Surat Perintah Kerja (SPK).

## 4. Unnecessary Motion

Pemborosan *unnecessary motion* terjadi pada:

- a. Proses *stacking*, di mana operator harus mengambil komponen yang diletakkan di atas rak yang berjarak 1 meter dari meja kerja.
- b. Proses *strap welding* dan *dry sealing*, di mana operator harus mengambil *welder* yang digantung tidak tepat di atas meja kerja.

#### 5. *Transportation*

Sering terjadi proses pemanasan mesin di tengah proses yang menyebabkan terdapat jarak yang panjang antara mesin IRT dengan mesin *heat sealing*. Hal ini disebabkan oleh dibutuhkannya waktu untuk *changeover* mesin yang dilakukan di tengah proses, sehingga mesin yang sudah siap yang digunakan terlebih dahulu walaupun letaknya berbeda *line*. Hal tersebut disebabkan karena permasalahan *jadwal assembly* yang sering berganti, sehingga proses pemanasan mesin yang sudah dilakukan diawal dilakukan kembali di tengah proses akibat dari *changeover* mesin.

#### 6. *Innapropriate processing*

Pemborosan terjadi ini disebabkan oleh operator yang harus melakukan proses trap pada barang WIP yang akan masuk ke proses selanjutnya. Proses trap adalah proses yang dilakukan secara manual oleh operator dengan tujuan untuk menyesuaikan komponen satu dengan lainnya yang diakibatkan oleh desain yang tidak sesuai dari awal. Hal tersebut dilakukan dengan memukul menggunakan kayu, memutar komponen dengan obeng, atau melakukan manual dengan tangan tanpa menggunakan alat bantu agar letak komponen pas. Hal ini terjadi pada proses *short test I*, *press welding*, dan *dry sealing*.

#### 7. *Waiting*

Pemborosan *waiting* terjadi pada:

- a. Adanya *waste waiting* untuk komponen menunggu masuk proses selanjutnya yang terjadi pada, *heat sealing*, *strap welding burning*, dan *short test I*. Hal tersebut dikarenakan kedatangan komponen lebih cepat dari pada proses yang akan dimasuki selanjutnya.
- b. Adanya *waste waiting* untuk menunggu operator mengambil dan mempersiapkan alat dan komponen yang akan disusun, hal ini terjadi pada proses *stacking*.

### 4.6 WASTE ASSESSMENT MODEL

Pengumpulan data dilakukan dengan cara diskusi dan menyebarkan kuesioner pembobotan. Diskusi dilakukan untuk menyatukan persepsi tentang pemahaman terhadap *waste* dan keterkaitan antar *waste*. Penyebaran kuesioner dilakukan untuk mendapatkan bobot dari *waste*. Proses diskusi dan pengisian kuesioner melibatkan pihak-pihak terkait (responden). Responden terdiri dari 3 orang karyawan yang dipilih bukan berdasarkan pada perhitungan statistik, tetapi lebih kepada kapabilitas dan

pengetahuan yang dimiliki. Hal tersebut dilakukan karena kuisioner ini bersifat *assessment* yang terdiri dari pertanyaan yang tidak semua karyawan bisa memahaminya. Berdasarkan hal tersebut responden yang dipilih adalah tiga orang setara *supervisor* yang berkompeten dan benar-benar memahami subbagian *assembly car conventinal battery N-50*, yaitu 1 manajer produksi, 1 orang kepala bagian *Assembly*, dan 1 orang *planner assembly*.

#### 4.6.1 Seven Waste Relationship

Untuk menghitung kekuatan dari *waste relationship* dikembangkan suatu pengukuran dengan kuisioner yang memiliki 31 hubungan jenis *waste i* mempengaruhi jenis *waste j* ( $i_j$ ). Untuk masing-masing hubungan, kemudian ditanyakan enam pertanyaan dengan panduan skoring pada Tabel 2.5. Penjelasan keterkaitan antar *waste*, dapat dilihat pada Lampiran 6.

1. Hasil pembobotan (*score*) dihitung dalam tabulasi dengan contoh pada Tabel 4.12.

**Tabel 4.12** Contoh Tabulasi Perhitungan Keterkaitan antar *Waste*

Question Relationship	Jawaban Pertanyaan						Score	Score (pembulatan)
	1	2	3	4	5	6		
O_I	2,67	1,3	1,3	0,67	2	1,33	9,33	9
O_D	2,67	0,67	2	1	2	2	10,33	10

Rekap hasil kuesioner dan *score* dapat dilihat pada Lampiran 7. *Score* pada Lampiran 7 kemudian dikonversi ke dalam simbol pembobotan dengan mengacu pada Tabel 2.5, didapat hasil konversi pembobotan seperti pada Tabel 4.13 yang selanjutnya akan digunakan untuk pembuatan *Waste Relationship Matrix*. Pembobotan ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antar *waste*. Melalui pembobotan ini, dapat diketahui tipe hubungan *waste* yang satu dengan *waste* yang lainnya mulai dari *absolutely necessary* hingga *unimportant*.

**Tabel 4.13** Tabulasi Keterkaitan Antar Waste

No.	Question Relationship	Score	Keterkaitan
1	O_I	9	I
2	O_D	10	I
3	O_M	4	U
4	O_T	5	O
5	O_W	13	E
6	I_O	10	I
7	I_D	6	O
8	I_M	17	U
9	I_T	4	U
10	D_O	12	I
11	D_I	4	U
12	D_M	6	O
13	D_T	2	U
14	D_W	15	E
15	M_I	4	U
16	M_D	4	U
17	M_W	4	U
18	M_P	17	A
19	T_O	3	U
20	T_I	4	U
21	T_D	3	U
22	TM	2	U
23	T_W	17	A
24	P_O	9	I
25	P_I	17	A
26	P_D	17	A
27	P_M	17	A
28	P_W	18	A
29	W_O	8	O
30	W_I	19	A
31	W_D	15	E

Keterangan question relationship:

O = Overproduction

D = Defect

I = Inventory

M = Motion

T = Transportation

P = Process

W = Waiting

Keterangan keterkaitan:

A : Absolutely Necessary

E : Especially Important

I : Important

O : Ordinary Closeness

U : Unimportant

X : No Relation

#### 4.6.2 Waste Relationship Matrix (WRM)

Berdasarkan hasil keterkaitan *waste* pada Tabel 4.13, maka tahap selanjutnya dapat dibuat *Waste Relationship Matrix* seperti pada Tabel 4.14.

**Tabel 4.14** *Waste Relationship Matrix*

F/T	O	I	D	M	T	P	W
O	A	I	I	U	O	X	E
I	O	A	O	A	U	X	X
D	I	U	A	O	U	X	E
M	X	U	U	A	X	A	A
T	U	U	U	U	A	X	A
P	O	A	A	A	X	A	A
W	I	A	E	X	X	X	A

Untuk penyederhanaan matrix akan dikonversikan ke dalam bentuk persentase. *Waste relationship matrix* dikonversikan ke dalam angka dengan acuan A=10, E=8, I=6, O=4, U=2, dan X=0. *Waste matrix value* dapat dilihat pada Tabel 4.15.

**Tabel 4.15** *Waste Matrix Value*

F/T	O	I	D	M	T	P	W	Score	%
O	10	6	6	2	4	0	8	36	14,17%
I	4	10	4	10	2	0	0	30	11,81%
D	6	2	10	4	2	0	8	32	12,60%
M	0	2	2	10	0	10	10	34	13,39%
T	2	2	2	2	10	0	10	28	11,02%
P	10	10	10	10	0	10	10	60	23,62%
W	6	10	8	0	0	0	10	34	13,39%
Score	38	42	42	38	18	20	56	254	100%
%	14,96%	16,54%	16,54%	14,96%	7,09%	7,87%	22,05%	100%	

Pada Tabel 4.14 dapat diketahui bahwa nilai dari *from waiting* memiliki prosentase yang paling besar yaitu 22,05 % yang berarti bahwa *waste waiting* apabila terjadi maka memiliki pengaruh yang cukup besar untuk menyebabkan *waste* lain. Dapat diketahui pula nilai *to process* memiliki prosentase yang paling besar yaitu 23,62% hal ini mengindikasikan bahwa *waste process* merupakan *waste* yang paling banyak diakibatkan oleh *waste* yang lain.

#### 4.6.3 Waste Assessment Quisioner (WAQ)

Nilai *waste* yang didapat dari WRM selanjutnya digunakan untuk penilaian awal WAQ berdasarkan jenis pertanyaan. Kuesioner *assessment* ini terdiri dari 68 pertanyaan yang berbeda. Ranking akhir *waste* tergantung pada kombinasi jawaban, karena dari hasil kuesioner nanti akan diproses dengan suatu algoritma yang terdiri dari beberapa langkah yang telah dikembangkan untuk menilai dan meranking *waste* yang ada. Pengukuran peringkat *waste* mengikuti 8 langkah sebagai berikut.

1. Mengelompokkan dan menghitung jumlah pertanyaan kuesioner berdasarkan jenis pertanyaan. Tabel 4.16 merupakan hasil pengelompokan dan perhitungan jenis pertanyaan. Daftar pertanyaan kuesioner dapat dilihat pada Lampiran 8.

**Tabel 4.16** Pengelompokan Jenis Pertanyaan

No.	Jenis Pertanyaan (i)	Total (Ni)
1	From <i>Overproduction</i>	3
2	From <i>Inventory</i>	6
3	From <i>Defects</i>	8
4	From <i>Motion</i>	11
5	From <i>Transportation</i>	4
6	From <i>Process</i>	7
7	From <i>Waiting</i>	8
8	To <i>Defects</i>	4
9	To <i>Motion</i>	9
10	To <i>Transportation</i>	3
11	To <i>Waiting</i>	5
Jumlah Pertanyaan		68

2. Memberikan bobot untuk tiap pertanyaan kuesioner berdasarkan *waste relationship matrix*. Bobot awal pertanyaan kuesioner berdasarkan WRM dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Sebagai contoh: Untuk jenis pertanyaan *To Motion* dapat diisi dengan nilai pada kolom M yang *vertical* di Tabel 4.15. Sedangkan untuk jenis pertanyaan *From Motion*, dapat diisi dengan nilai kolom M yang *horizontal* pada Tabel 4.15.

Tabel 4.17 Bobot Awal Pertanyaan Kuesioner Berdasarkan WRM

Jenis Pertanyaan	Bobot Awal Untuk Setiap Jenis Waste						
	O	I	D	M	T	P	W
<b>Man</b>							
To Motion	2	10	4	10	2	10	0
From Motion	0	2	2	10	0	10	10
From Defects	6	2	10	4	2	0	8
From Motion	0	2	2	10	0	10	10
From Motion	0	2	2	10	0	10	10
From Defects	6	2	10	4	2	0	8
From Process	10	10	10	10	0	10	10
<b>Material</b>							
To Waiting	8	0	8	10	10	10	10
From Waiting	6	10	8	0	0	0	10
From Transportation	2	2	2	2	10	0	10
From Inventory	4	10	4	10	2	0	0
From Inventory	4	10	4	10	2	0	0
From Defects	6	2	10	4	2	0	8
From Inventory	4	10	4	10	2	0	0
From Waiting	6	10	8	0	0	0	10
To Defects	6	4	10	2	2	10	8
From Defects	6	2	10	4	2	0	8
From Transportation	2	2	2	2	10	0	10
To Motion	2	10	4	10	2	10	0
From Waiting	6	10	8	0	0	0	10
From Motion	0	2	2	10	0	10	10
From Transportation	2	2	2	2	10	0	10
From Defects	6	2	10	4	2	0	8
From Motion	0	2	2	10	0	10	10
From Inventory	4	10	4	10	2	0	0
From Inventory	4	10	4	10	2	0	0
To Waiting	8	0	8	10	10	10	10
From Defects	6	8	10	4	2	0	8
From Waiting	6	10	8	0	0	0	10
From Overproduction	10	0	0	0	0	0	0
To Motion	2	10	4	10	2	10	0
<b>Machine</b>							
From Process	10	10	10	10	0	10	10
To Waiting	8	0	8	10	10	10	10
From Process	10	10	10	10	0	10	10
From Transportation	2	2	2	2	10	0	10
To Motion	2	10	4	10	2	10	0
From Overproduction	10	6	6	2	4	0	8
From Waiting	6	10	8	0	0	0	10
From Waiting	6	10	8	0	0	0	10
To Defects	6	4	10	2	2	10	8
From Waiting	6	10	8	0	0	0	10

Tabel 4.17 Bobot Awal Pertanyaan Kuesioner Berdasarkan WRM (lanjutan)

Jenis Pertanyaan	Bobot Awal Untuk Setiap Jenis Waste						
	O	I	D	M	T	P	W
To Motion	2	10	4	10	2	10	0
From Process	10	10	10	10	0	10	10
<b>Methode</b>							
To Transportation	4	2	2	0	10	0	0
From Motion	0	2	2	10	0	10	10
From Waiting	6	10	8	0	0	0	10
To Motion	2	10	4	10	2	10	0
To Waiting	8	0	8	10	10	10	10
To Defects	6	4	10	2	2	10	8
From Motion	0	2	2	10	0	10	10
From Defects	6	2	10	4	2	0	8
From Motion	0	2	2	10	0	10	10
To Waiting	8	0	8	10	10	10	10
From Process	10	10	10	10	0	10	10
From Process	10	10	10	10	0	10	10
To Defects	6	4	10	2	2	10	8
From Inventory	4	10	4	10	2	0	0
To Transportation	4	2	2	0	10	0	0
To Motion	2	10	4	10	2	10	0
To Transportation	4	2	2	0	10	0	0
To Motion	2	10	4	10	2	10	0
To Motion	2	10	4	10	2	10	0
From Motion	0	2	2	10	0	10	10
From Motion	0	2	2	10	0	10	10
From Motion	0	2	2	10	0	10	10
From Motion	0	2	2	10	0	10	10
From Overproduction	10	6	6	2	4	0	8
From Process	10	10	10	10	0	10	10
From Defects	6	2	10	4	2	0	8

3. Membagi tiap bobot dalam satu baris dengan jumlah pertanyaan yang dikelompokkan ( $N_i$ ).

Sebagai contoh: Baris No.1 pada Tabel 4.17 dengan jenis pertanyaan *To Motion*. Dari Tabel 4.16 diketahui  $N_i$  *To Motion* = 9, sehingga dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut:  $O = 2/9=0,22$ ;  $I = 10/9 = 0,11$ ;  $D = 4/9 = 0,44$ , dan seterusnya.

4. Menghitung jumlah skor tiap kolom jenis *waste*, dan frekuensi ( $F_j$ ) dari munculnya nilai pada tiap kolom *waste* dengan mengabaikan nilai 0. Hasil bobot pertanyaan setelah dibagi  $N_i$  beserta hasil jumlah skor dan frekuensi dapat dilihat pada Tabel 4.18.

**Tabel 4.18** Bobot Pertanyaan dibagi Ni dan Jumlah Skor (Sj) & Frekuensi (Fj)

Jenis Pertanyaan	Bobot Awal Untuk Setiap Jenis Waste						
	O	I	D	M	T	P	W
<b>Man</b>							
To Motion	0,22	1,11	0,44	1,11	0,22	1,11	0,00
From Motion	0,00	0,18	0,18	0,91	0,00	0,91	0,91
From Defects	0,75	0,25	1,25	0,50	0,25	0,00	1,00
From Motion	0,00	0,18	0,18	0,91	0,00	0,91	0,91
From Defects	0,75	0,25	1,25	0,50	0,25	0,00	1,00
From Process	1,43	1,43	1,43	1,43	0,00	1,43	1,43
<b>Material</b>							
To Waiting	1,60	0,00	1,60	2,00	2,00	2,00	2,00
From Waiting	0,75	1,25	1,00	0,00	0,00	0,00	1,25
From Transportation	0,50	0,50	0,50	0,50	2,50	0,00	2,50
From Inventory	0,67	1,67	0,67	1,67	0,33	0,00	0,00
From Inventory	0,67	1,67	0,67	1,67	0,33	0,00	0,00
From Defects	0,75	0,25	1,25	0,50	0,25	0,00	1,00
From Inventory	0,67	1,67	0,67	1,67	0,33	0,00	0,00
From Waiting	0,75	1,25	1,00	0,00	0,00	0,00	1,25
To Defects	1,50	1,00	2,50	0,50	0,50	2,50	2,00
From Defects	0,75	0,25	1,25	0,50	0,25	0,00	1,00
From Transportation	0,50	0,50	0,50	0,50	2,50	0,00	2,50
To Motion	0,22	1,11	0,44	1,11	0,22	1,11	0,00
From Waiting	0,75	1,25	1,00	0,00	0,00	0,00	1,25
From Motion	0,00	0,18	0,18	0,91	0,00	0,91	0,91
From Transportation	0,50	0,50	0,50	0,50	2,50	0,00	2,50
From Defects	0,75	0,25	1,25	0,50	0,25	0,00	1,00
From Motion	0,00	0,18	0,18	0,91	0,00	0,91	0,91
From Inventory	0,67	1,67	0,67	1,67	0,33	0,00	0,00
From Inventory	0,67	1,67	0,67	1,67	0,33	0,00	0,00
To Waiting	1,60	0,00	1,60	2,00	2,00	2,00	2,00
From Defects	0,75	1,00	1,25	0,50	0,25	0,00	1,00
From Waiting	0,75	1,25	1,00	0,00	0,00	0,00	1,25
From Overproduction	3,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
To Motion	0,22	1,11	0,44	1,11	0,22	1,11	0,00
<b>Machine</b>							
From Process	1,43	1,43	1,43	1,43	0,00	1,43	1,43
To Waiting	2,00	0,00	2,00	0,40	2,00	2,00	2,00
From Process	1,43	1,43	1,43	1,43	0,00	1,43	1,43
From Transportation	0,50	0,50	0,50	0,50	2,50	0,00	2,50
To Motion	0,22	1,11	0,44	1,11	0,22	1,11	0,00
From Overproduction	3,33	2,00	2,00	0,67	1,33	0,00	2,67
From Waiting	0,75	1,25	1,00	0,00	0,00	0,00	1,25

**Tabel 4.18** Bobot Pertanyaan dibagi  $N_i$  dan Jumlah Skor ( $S_j$ ) & Frekuensi ( $F_j$ ) (lanjutan)

Jenis Pertanyaan	Bobot Awal Untuk Setiap Jenis Waste						
	O	I	D	M	T	P	W
From Waiting	0,75	1,25	1,00	0,00	0,00	0,00	1,25
To Defects	1,50	1,00	2,50	0,50	0,50	2,50	2,00
From Waiting	0,75	1,25	1,00	0,00	0,00	0,00	1,25
To Motion	0,22	1,11	0,44	1,11	0,22	1,11	0,00
From Process	1,43	1,43	1,43	1,43	0,00	1,43	1,43
<b>Method</b>							
To Transportation	1,33	0,67	0,67	0,00	3,33	0,00	0,00
From Motion	0,00	0,18	0,18	0,91	0,00	0,91	0,91
From Waiting	0,75	1,25	1,00	0,00	0,00	0,00	1,25
To Motion	0,22	1,11	0,44	1,11	0,22	1,11	0,00
To Waiting	1,60	0,00	1,60	2,00	2,00	2,00	2,00
To Defects	1,50	1,00	2,50	0,50	0,50	2,50	2,00
From Motion	0,00	0,18	0,18	0,91	0,00	0,91	0,91
From Defects	0,75	0,25	1,25	0,50	0,25	0,00	1,00
From Motion	0,00	0,18	0,18	0,91	0,00	0,91	0,91
To Waiting	1,60	0,00	1,60	2,00	2,00	2,00	2,00
From Process	1,43	1,43	1,43	1,43	0,00	1,43	1,43
From Process	1,43	1,43	1,43	1,43	0,00	1,43	1,43
To Defects	1,50	1,00	2,50	0,50	0,50	2,50	2,00
From Inventory	0,67	1,67	0,67	1,67	0,33	0,00	0,00
To Transportation	1,33	0,67	0,67	0,00	3,33	0,00	0,00
To Motion	0,22	1,11	0,44	1,11	0,22	1,11	0,00
To Transportation	1,33	0,67	0,67	0,00	3,33	0,00	0,00
To Motion	0,22	1,11	0,44	1,11	0,22	1,11	0,00
To Motion	0,22	1,11	0,44	1,11	0,22	1,11	0,00
From Motion	0,00	0,18	0,18	0,91	0,00	0,91	0,91
From Motion	0,00	0,18	0,18	0,91	0,00	0,91	0,91
From Motion	0,00	0,18	0,18	0,91	0,00	0,91	0,91
From Overproduction	3,33	2,00	2,00	0,67	1,33	0,00	2,67
From Process	1,43	1,43	1,43	1,43	0,00	1,43	1,43
From Defects	0,75	0,25	1,25	0,50	0,25	0,00	1,00
Score ( $S_j$ )	58,40	56,75	64,40	57,73	40,67	50,00	71,33
Frekuensi ( $F_j$ )	57	51	67	56	41	36	49

Penyusunan tabel 4.18 dilakukan untuk memindahkan efek variasi nomor pertanyaan dari tiap pertanyaan dengan membagi tiap bobot pada baris dengan jumlah pertanyaan yang memiliki jenis yang sama ( $N_i$ ) yang tercantum pada tabel 4.16 untuk tiap pertanyaan. Nilai dari tiap kolom di bawah tiap jenis waste didapat dengan menjumlah semua bobot untuk mendapatkan score ( $S_j$ ).

Kemudian tahap selanjutnya adalah melakukan penghilangan efek dari jawaban yang nol dengan mencari  $F_j$ .  $F_j$  merupakan frekuensi *cells* yang berisi bobot yang

bukan nol untuk tiap jenis *waste*  $j$ .

- Memasukkan nilai dari hasil kuesioner (1; 0,5; atau 0) sesuai dengan 2 kategori yang telah dijelaskan sebelumnya ke dalam setiap bobot nilai di tabel, kemudian menghitung nilai rata-rata dan memasukkannya ke dalam kolom rata-rata jawaban, dapat dilihat pada Tabel 4.19.
- Menghitung total skor untuk tiap nilai bobot pada kolom *waste* dan frekuensi ( $f_j$ ) untuk nilai bobot pada kolom *waste* dengan mengabaikan nilai 0.

$$s_j = \sum_{k=1}^k x_k \frac{w_{jk}}{N_i}; \text{ untuk setiap jenis } waste \text{ } j$$

Di mana  $s_j$  adalah total untuk nilai bobot *waste*, dan  $X_k$  adalah nilai dari jawaban tiap pertanyaan kuesioner (1; 0,5; atau 0).

Sebagai contoh: jenis *waste overproduction*

$$s_j = (1 \times \frac{2}{9}) + 1 \times \frac{0}{11} + 0,67 \times \frac{6}{8} + \dots \dots + (0 \times \frac{6}{8})$$

$$s_j = (1 \times 0,22) + (1 \times 0) + (0,67 \times 0,75) + \dots \dots + (0 \times 0,75)$$

$$s_j = 22,72$$

Untuk jenis *waste* yang lain dapat dihitung dengan persamaan di atas.

Hasil penilaian kuesioner selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 8. Pada Tabel 4.19 dapat dilihat ringkasan perhitungan bobot dikali dengan hasil penilaian kuesioner beserta perhitungan jumlah skor dan frekuensi.

**Tabel 4.19** Perkalian Antara Bobot dengan Hasil Penilaian Kuesioner

Jenis Pertanyaan	Rata-rata	Bobot Untuk Setiap Jenis Waste						
		O	I	D	M	T	P	W
<b>Man</b>								
To Motion	1,00	0,22	1,11	0,44	1,11	0,22	1,11	0,00
From Motion	1,00	0,00	0,18	0,18	0,91	0,00	0,91	0,91
From Defects	0,67	0,50	0,17	0,83	0,33	0,17	0,00	0,67
From Motion	1,00	0,00	0,18	0,18	0,91	0,00	0,91	0,91
From Motion	0,67	0,00	0,12	0,12	0,61	0,00	0,61	0,61
From Defects	0,17	0,13	0,04	0,21	0,08	0,04	0,00	0,17
From Process	1,00	1,43	1,43	1,43	1,43	0,00	1,43	1,43
<b>Material</b>								
To Waiting	0,17	0,27	0,00	0,27	0,33	0,33	0,33	0,33
From Waiting	0,17	0,13	0,21	0,17	0,00	0,00	0,00	0,21
From Transportation	0,17	0,08	0,08	0,08	0,08	0,42	0,00	0,42
From Inventory	0,33	0,22	0,56	0,22	0,56	0,11	0,00	0,00
From Inventory	0,17	0,11	0,28	0,11	0,28	0,06	0,00	0,00
From Defects	0,17	0,13	0,04	0,21	0,08	0,04	0,00	0,17
From Inventory	0,67	0,44	1,11	0,44	1,11	0,22	0,00	0,00

Tabel 4.19 Perkalian Antara Bobot dengan Hasil Penilaian Kuesioner (lanjutan)

Jenis Pertanyaan	Rata-rata	Bobot Untuk Setiap Jenis Waste						
		O	I	D	M	T	P	W
From <i>Waiting</i>	0,17	0,13	0,21	0,17	0,00	0,00	0,00	0,21
To <i>Defects</i>	0,17	0,25	0,17	0,42	0,08	0,08	0,42	0,33
From <i>Defects</i>	0,33	0,25	0,08	0,42	0,17	0,08	0,00	0,33
From <i>Transportation</i>	1,00	0,50	0,50	0,50	0,50	2,50	0,00	2,50
To <i>Motion</i>	0,17	0,04	0,19	0,07	0,19	0,04	0,19	0,00
From <i>Waiting</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
From <i>Motion</i>	1,00	0,00	0,18	0,18	0,91	0,00	0,91	0,91
From <i>Transportation</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
From <i>Defects</i>	0,17	0,13	0,04	0,21	0,08	0,04	0,00	0,17
From <i>Motion</i>	0,83	0,00	0,15	0,15	0,76	0,00	0,76	0,76
From <i>Inventory</i>	0,17	0,11	0,28	0,11	0,28	0,06	0,00	0,00
From <i>Inventory</i>	0,67	0,44	1,11	0,44	1,11	0,22	0,00	0,00
To <i>Waiting</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
From <i>Defects</i>	0,33	0,25	0,33	0,42	0,17	0,08	0,00	0,33
From <i>Waiting</i>	0,67	0,50	0,83	0,67	0,00	0,00	0,00	0,83
From <i>Overproduction</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
To <i>Motion</i>	0,83	0,19	0,93	0,37	0,93	0,19	0,93	0,00
<b>Machine</b>								
From <i>Process</i>	1,00	1,43	1,43	1,43	1,43	0,00	1,43	1,43
To <i>Waiting</i>	1,00	2,00	0,00	2,00	0,40	2,00	2,00	2,00
From <i>Process</i>	0,50	0,71	0,71	0,71	0,71	0,00	0,71	0,71
From <i>Transportation</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
To <i>Motion</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
From <i>Overproduction</i>	0,17	0,56	0,33	0,33	0,11	0,22	0,00	0,44
From <i>Waiting</i>	0,33	0,25	0,42	0,33	0,00	0,00	0,00	0,42
From <i>Waiting</i>	0,33	0,25	0,42	0,33	0,00	0,00	0,00	0,42
To <i>Defects</i>	0,17	0,25	0,17	0,42	0,08	0,08	0,42	0,33
From <i>Waiting</i>	0,50	0,38	0,63	0,50	0,00	0,00	0,00	0,63
To <i>Motion</i>	1,00	0,22	1,11	0,44	1,11	0,22	1,11	0,00
From <i>Process</i>	0,83	1,19	1,19	1,19	1,19	0,00	1,19	1,19
<b>Method</b>								
To <i>Transportation</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
From <i>Motion</i>	0,83	0,00	0,15	0,15	0,76	0,00	0,76	0,76
From <i>Waiting</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
To <i>Motion</i>	1,00	0,22	1,11	0,44	1,11	0,22	1,11	0,00
To <i>Waiting</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
To <i>Defects</i>	0,17	0,25	0,17	0,42	0,08	0,08	0,42	0,33
From <i>Motion</i>	0,83	0,00	0,15	0,15	0,76	0,00	0,76	0,76
From <i>Defects</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
From <i>Motion</i>	1,00	0,00	0,18	0,18	0,91	0,00	0,91	0,91

Tabel 4.19 Perkalian Antara Bobot dengan Hasil Penilaian Kuesioner (lanjutan)

Jenis Pertanyaan	Rata-rata	Bobot Untuk Setiap Jenis Waste						
		O	I	D	M	T	P	W
To Waiting	0,67	1,07	0,00	1,07	1,33	1,33	1,33	1,33
From Process	0,83	1,19	1,19	1,19	1,19	0,00	1,19	1,19
From Process	1,00	1,43	1,43	1,43	1,43	0,00	1,43	1,43
To Defects	0,33	0,50	0,33	0,83	0,17	0,17	0,83	0,67
From Inventory	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
To Transportation	0,83	1,11	0,56	0,56	0,00	2,78	0,00	0,00
To Motion	0,83	0,19	0,93	0,37	0,93	0,19	0,93	0,00
To Transportation	0,17	0,22	0,11	0,11	0,00	0,56	0,00	0,00
To Motion	0,83	0,19	0,93	0,37	0,93	0,19	0,93	0,00
To Motion	0,67	0,15	0,74	0,30	0,74	0,15	0,74	0,00
From Motion	0,83	0,00	0,15	0,15	0,76	0,00	0,76	0,76
From Motion	0,33	0,00	0,06	0,06	0,30	0,00	0,30	0,30
From Motion	0,67	0,00	0,12	0,12	0,61	0,00	0,61	0,61
From Overproduction	0,33	1,11	0,67	0,67	0,22	0,44	0,00	0,89
From Process	1,00	1,43	1,43	1,43	1,43	0,00	1,43	1,43
From Defects	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Skor (S <sub>j</sub> )		22,72	32,70	26,72	31,68	13,53	29,78	31,12
Frekuensi (F <sub>j</sub> )		45	63	56	48	32	24	41

7. Menghitung indikator awal untuk tiap waste (Y<sub>j</sub>)

$$Y_j = \frac{s_j}{S_j} \times \frac{f_j}{F_j}$$

Contoh untuk waste overproduction:

$$Y_o = \frac{s_o}{S_o} \times \frac{f_o}{F_o} = \frac{58,40}{22,72} \times \frac{57}{45} = 3,26$$

Untuk waste lainnya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan seperti di atas.

8. Menghitung nilai final waste factor (Y<sub>j</sub>final) dengan memasukkan faktor probabilitas pengaruh antar jenis waste (P<sub>j</sub>). Kemudian mempresentasikan bentuk final waste factor yang diperoleh sehingga bisa diketahui peringkat level dari masing-masing waste.

$$Y_{j \text{ final}} = Y_j \times P_j$$

Untuk waste O:

$$\begin{aligned} Y_{O \text{ final}} &= Y_o \times P_o \\ &= 3,26 \times (14,96 \times 14,17) \\ &= 690,47 \end{aligned}$$

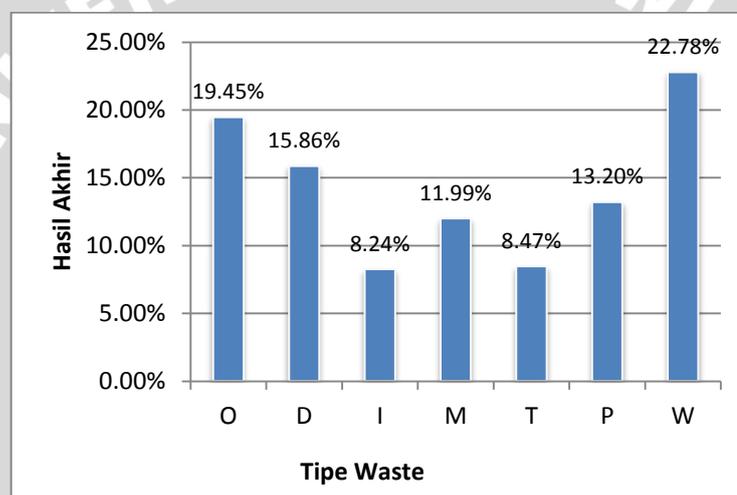
Y<sub>j</sub> merupakan faktor indikasi awal untuk setiap waste yang dihitung berdasarkan langkah ke enam. P<sub>j</sub> didapatkan dengan mengalikan prosentase "From" dan "To"

pada *waste matrix value* (Tabel 4.15) untuk masing-masing jenis *waste*. Hasil  $Y_j$  *final* selanjutnya akan dirangking dari yang terbesar hingga yang terkecil.

**Tabel 4.20** Hasil Perhitungan *Waste Assessment Model*

	O	D	I	M	T	P	W
<b>Skor (Yj)</b>	3,26	2,88	1,40	2,13	3,85	2,52	2,74
<b>Pj Faktor</b>	212,04	195,30	208,32	200,26	78,12	186,00	295,12
<b>Hasil Akhir (Yj final)</b>	690,47	563,19	292,67	425,80	300,79	468,46	808,57
<b>Hasil Akhir (%)</b>	19,45%	15,86%	8,24%	11,99%	8,47%	13,20%	22,78%
<b>Peringkat</b>	2	3	7	5	6	4	1

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4.20, maka pada Gambar 4.7 dapat dilihat peringkat *waste* dalam bentuk grafik batang.



**Gambar 4.7** Grafik Peringkat Hasil Perhitungan *Waste*

Keterangan grafik:

O = *Overproduction*

D = *Defect*

I = *Inventory*

M = *Motion*

T = *Transportation*

P = *Process*

W = *Waiting*

Dari Gambar 4.7 dapat dilihat bahwa tipe *waste waiting* merupakan yang paling tinggi yaitu sebesar 22,78%, diikuti oleh tipe *waste overproduction* yaitu sebesar 19,45%, dan tipe *waste* yang paling kecil adalah *inventory* yaitu 8,24%. *Waste* dengan prosentase tinggi menunjukkan bahwa, *waste* tersebut mempunyai pengaruh yang besar pada subbagian *assembly*. Berdasarkan hasil akhir perhitungan WAM akan digunakan untuk memberi bobot proses yang akan dilakukan usulan perbaikan.

#### 4.7 IDENTIFIKASI PROSES DENGAN BOBOT WASTE TERTINGGI

Dalam penelitian ini perbaikan dilakukan pada proses dengan bobot *waste* tertinggi, karena dalam satu proses bisa saja terkandung beberapa macam tipe *waste* dan tidak selalu satu proses hanya mengandung satu *waste*. Bobot *waste* diperoleh dari hasil akhir perhitungan *Waste Assessment Model* dikali dengan frekuensi *waste* terjadi. Tabel 4.21 merupakan tabel identifikasi *waste* pada tiap-tiap proses berdasarkan identifikasi *seven waste* yang telah dilakukan didukung dengan hasil *brainstorming* dengan pihak PT SJJ. Dapat diketahui dari Tabel 4.21 bahwa dalam proses *stacking* mengandung dua *waste* yaitu *overproduction* dan *motion*.

Tabel 4.21 Identifikasi Waste Pada Setiap Proses

Proses	O	D	I	M	T	P	W
<i>Stacking</i>	√			√			
<i>Strap welding burning</i>		√		√			√
<i>Inserting</i>		√					
<i>Short test I</i>						√	√
<i>Press welding</i>						√	
<i>Short test II</i>		√		√			
IRT		√					
<i>Heat sealing</i>		√			√		√
<i>Pole burning</i>		√					
<i>Air leak test</i>							
<i>Date code</i>							
<i>Dry sealing</i>				√		√	

Setelah diketahui tipe *waste* yang terdapat di setiap proses, langkah selanjutnya adalah memasukkan hasil akhir WAM dikali dengan frekuensi terjadinya *waste* di setiap proses. Tabel 4.22 merupakan data frekuensi terjadinya *waste* subbagian *assembly* pada bulan November 2013. Data frekuensi didapatkan dari data yang dicatat oleh perusahaan setiap harinya. Angka yang terdapat pada Tabel 4.22 menggambarkan berapa hari *waste* tersebut terjadi dalam satu bulan. Bulan November dijadikan acuan karena pada bulan November 2013 *demand* dalam kondisi yang ideal.

**Tabel 4.22** Data Frekuensi Waste

Proses	Frekuensi Terjadi Waste (hari)						
	O	D	I	M	T	P	W
Stacking	10			20			
Strap welding burning		15		20			14
Inserting		9					
Short test I						20	20
Press welding						16	
Short test II		12		15			
IRT		14					
Heat sealing		18			10		20
Pole burning		12					
Air leak test							
Date code							
Dry sealing				13		12	

**Sumber:** Data Produksi Harian PT Selatan Jadi Jaya

Bobot waste diperoleh dari memasukkan hasil akhir WAM (Tabel 4.20) dikali dengan frekuensi terjadinya waste di setiap proses (Tabel 4.22). Contoh perhitungan untuk bobot waste proses *stacking* adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{Bobot waste stacking} &= (\text{frekuensi O} \times \text{hasil akhir O}) + (\text{frekuensi M} \times \text{Hasil akhir M}) \\
 &= (10 \times 0,1945) + (20 \times 0,1199) \\
 &= 4,343
 \end{aligned}$$

Jumlah bobot didapatkan dari penjumlahan bobot waste tiap prosesnya (penjumlahan perbaris), adapun hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.23.

**Tabel 4.23** Penjumlahan Bobot Waste

Proses	O	D	I	M	T	P	W	Jumlah
Stacking	1,945			2,398				4,343
Strap welding burning		2,379		2,398			3,1892	7,9662
Inserting		1,4274						1,4274
Short test I						2,64	4,556	7,196
Press welding						2,112		2,112
Short test II		1,9032		1,7985				3,7017
IRT		2,2204						2,2204
Heat sealing		2,8548			0,847		4,556	<b>8,2578</b>
Pole burning		1,9032						1,9032
Air leak test								0
Date code								0
Dry sealing				1,5587		1,584		3,1427

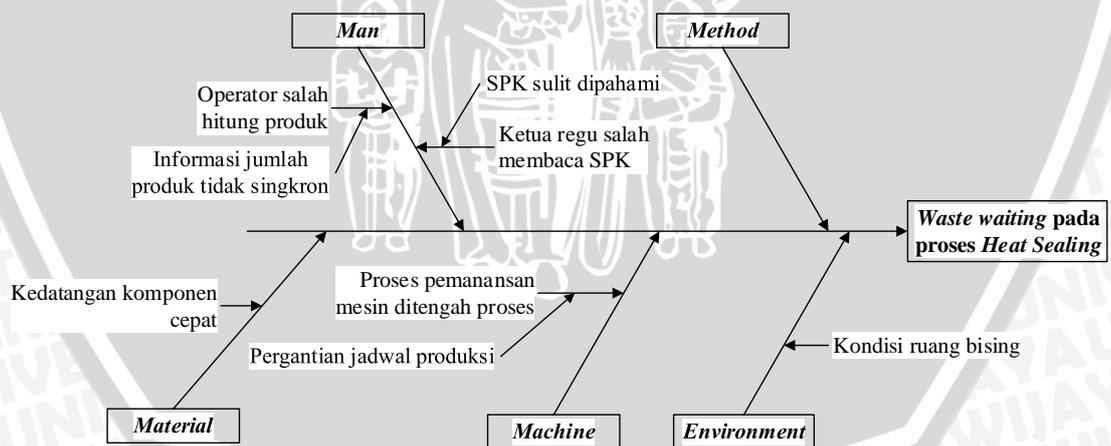
Dari Tabel 4.23 dapat diketahui proses dengan jumlah bobot terendah adalah proses *date code* dan *air leak test* yaitu 0, hal ini berarti proses tersebut tidak mengandung *waste*. Bobot *waste* tertinggi adalah proses *heat sealing* dengan jumlah bobot 8,2578, ini berarti proses *heat sealing* mempunyai beberapa *waste* yang mempunyai pengaruh besar terhadap subbagian *assembly* produk *car conventional battery* tipe N-50 dan akan segera dilakukan rancangan perbaikan. Proses *heat sealing* merupakan proses merekatkan *cover* (tutup) dan *case* (kotak aki) dengan proses pemanasan.

#### 4.8 DIAGRAM ISHIKAWA

Untuk mengetahui penyebab permasalahan *waste* yang terjadi pada proses *heat sealing* produk *car conventional battery* N-50 maka dibuatlah diagram Ishikawa. Diagram Ishikawa diperoleh dari proses *brainstorming* dengan pihak PT Selatan Jaya, dengan penyebab utama adalah tiga *waste* yang terkandung dalam proses *heat sealing* yaitu *waiting*, *defect*, dan *transportation*.

##### a. *Waiting*

Gambar 4.8 merupakan diagram Ishikawa untuk *waste waiting* pada proses *heat sealing*.



Gambar 4.8 Diagram Ishikawa Waste Waiting

*Waste waiting* disebabkan oleh:

1. Kedatangan komponen yang cepat dari proses IRT ke proses *heat sealing* yaitu 8,76 detik, sedangkan proses *heat sealing* membutuhkan waktu 55,85 detik untuk dapat melakukan proses untuk komponen selanjutnya. Setidaknya selama mesin *heat sealing* melakukan proses pada satu komponen, kedatangan

komponen IRT mencapai 6 komponen yang menunggu untuk masuk pada mesin *heatsealing*.

2. Operator salah membaca SPK (Surat Perintah Kerja) dan kurang memahami SPK. Hal ini disebabkan oleh SPK diturunkan hanya kepada ketua regu, ketua regu menyampaikan isi dari SPK melalui verbal kepada operator lain termasuk operator *heat sealing*. Hal tersebut mengakibatkan sering terjadi salah tangkap dari operator *heat sealing*. Format dari SPK berupa banyak angka dan tabel juga menjadikan SPK kurang dipahami oleh operator *heat sealing*, sehingga dapat terjadi salah baca dan salah penafsiran. Operator *heat sealing* yang salah menghitung komponen menyebabkan jumlah produk tidak sesuai dengan SPK pada akhir proses. Kekeliruan hitung dan membaca SPK baru diketahui saat barang jadi sudah siap untuk dikirim kepada gudang barang jadi.
3. Proses pemanasan mesin *heat sealing* akibat *changeover* mesin yang dilakukan ditengah proses berlangsung. Hal tersebut dikarenakan pergantian *jadwal assembly* ke tipe *battery* yang lain. Akibat dari pergantian *jadwal assembly*, komponen yang sudah melewati proses IRT harus menunggu sampai mesin *heat sealing* kembali pada *setup* yang sesuai untuk bisa melanjutkan proses. Pergantian *jadwal assembly* disebabkan oleh kekurangan produk pada bagian *final assembly*, sehingga operator harus menambah beberapa produk yang kurang.
4. Kondisi ruang yang bising mengakibatkan pendengaran operator *heat sealing* menjadi terganggu, akibatnya kurang jelas mendengar arahan dari ketua regu mengenai jumlah produk yang harus diproduksi.

*b. Defect*

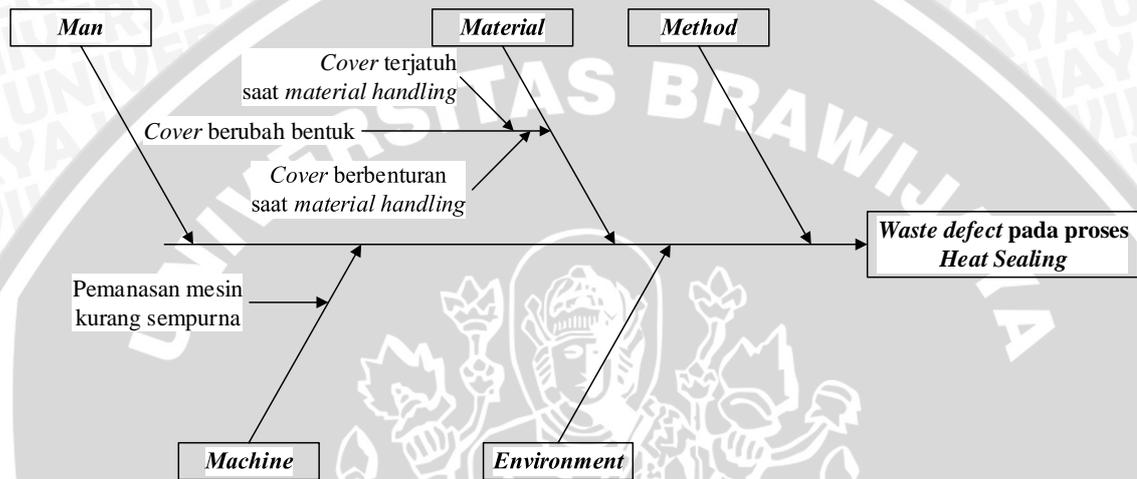
Gambar 4.9 merupakan diagram Ishikawa untuk *waste defect* pada proses *heat sealing*.

*Waste defect* disebabkan oleh:

1. *Cover* yang dikirim ke proses *heat sealing* berubah bentuk, sehingga jika dipasangkan dengan *case* tidak akan menutup dengan sempurna. Hal tersebut disebabkan oleh aktivitas *material handling* *cover* dari gudang WIP ke proses *heat sealing* yang kurang berhati-hati. *Cover* diangkut menggunakan *forklift* dengan alas palet kayu terbuka. Hal tersebut mengakibatkan terdapat kemungkinan palet terjatuh ditengah perjalanan. Proses pengangkutan *cover* dengan palet kayu terbuka dibantu dengan mengikat tali disekeliling palet. Hal

tersebut mengakibatkan palet tertekan dan saling berbenturan sehingga bentuknya berubah atau penyok.

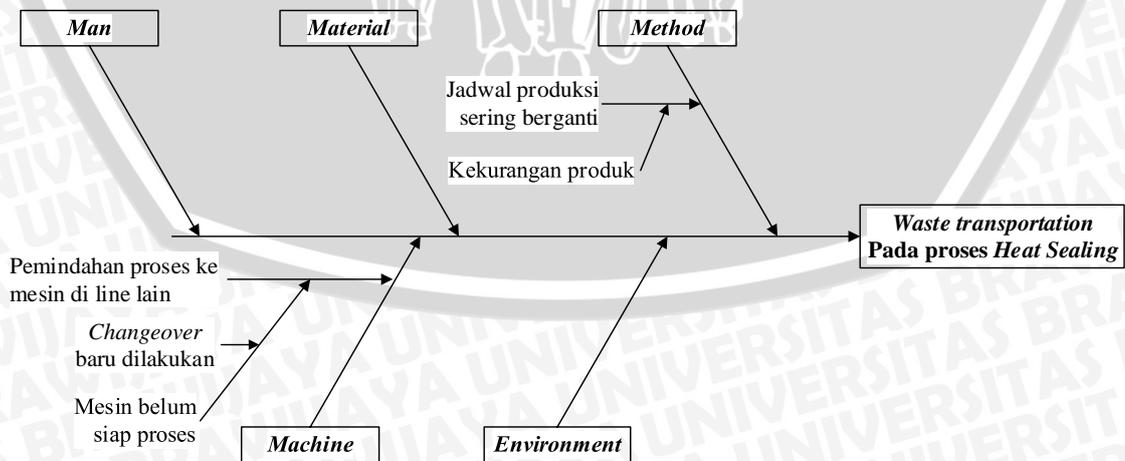
2. Proses pemanasan mesin *heat sealing* yang kurang sempurna. Jika mesin *heat sealing* tidak panas sempurna, maka *cover* tidak menempel dengan baik pada *case*. Proses pemanasan mesin yang tidak sempurna diakibatkan oleh *changover* yang dilakukan di tengah proses belum sepenuhnya selesai tetapi komponen sudah dimasukkan pada mesin *heatsealing* yang belum siap tersebut.



Gambar 4.9 Diagram Ishikawa Waste Defect

c. Transportation

Gambar 4.10 merupakan diagram Ishikawa untuk *waste transportation* pada proses *heat sealing*.



Gambar 4.10 Diagram Ishikawa Waste Transportation

*Waste* jenis ini disebabkan oleh perpindahan *line* produksi karena pergantian *jadwal assembly*. Sebagai contoh pada *line-1* sedang diproduksi *battery* tipe N-70, ternyata terdapat pergantian *jadwal* menjadi *battery* tipe N-50. Karena proses pemanasan mesin *heat sealing* yang lama yaitu sekita 45 menit setelah *changeover* maka operator memutuskan untuk proses sebelum *heat sealing* tetap pada *line-1* namun proses *heat sealing* dipindahkan ke *line-2* karena mesin pada *line-2* sudah siap untuk produksi *battery* tipe N-70.

#### 4.9 REKOMENDASI PERBAIKAN

Proses *heat sealing* mengandung tiga *waste* yaitu *waiting*, *defect*, dan *transportation*. Informasi yang kurang dipahami dan kesalahan dalam menangkap informasi mengakibatkan *jadwal assembly* mengalami pergantian. Pergantian *jadwal assembly* menyebabkan dilakukannya proses *changeover*, sehingga harus dilakukan proses pemanasan mesin di tengah proses. Hal-hal tersebut mengakibatkan *waste waiting* yang terjadi sebelum mesin *heat sealing*.

*Waste defect* dan *transportation* disebabkan oleh *changeover* mesin yang dilakukan di tengah proses *assembly*. *Defect* diakibatkan oleh pemanasan mesin yang kurang sempurna hasil dari *changeover* mesin yang dikarenakan oleh pergantian *jadwal*. *Waste transportation* disebabkan oleh perpindahan *line assembly* karena mesin dalam *line* sebelumnya belum siap untuk melakukan proses. Hal tersebut juga disebabkan oleh pergantian *jadwal assembly*.

Dari analisis di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa masalah utama dari *waste* adalah informasi yang tidak tersampaikan secara merata. Subbagian *assembly* membutuhkan suatu metode untuk menyampaikan informasi kepada semua pekerja secara sederhana, mudah dimengerti, dan merata. Berdasarkan dari analisis tersebut dan juga hasil *brainstorming* dengan pihak perusahaan, maka dibuatlah usulan perbaikan berupa perancangan sistem *Kanban* pada subbagian *assembly* produk *car conventional battery* N-50. Dalam sistem ini aliran kerja dikendalikan oleh operasi berikutnya di mana setiap stasiun kerja memperoleh *input* dari *output* stasiun kerja berikutnya sesuai dengan kebutuhan, sehingga hanya *final assembly line* yang menerima *jadwal* produksi. Sistem ini disebut dengan sistem tarik atau *pull system* (Gaspersz, 2004).

Usulan perbaikan lain dirancang untuk penyebab *waste* lain yang belum teratasi oleh sistem *Kanban*. Penyebab *waste* pertama yang belum teratasi oleh sistem *Kanban* adalah aktivitas *material handling* yang kurang baik. Hal tersebut mengakibatkan

komponen yang diangkut saling berbenturan dan terjatuh. Berdasarkan permasalahan tersebut maka dirancanglah usulan perbaikan desain palet untuk aktivitas *material handling* yang lebih aman. Permasalahan terakhir yaitu mengurangi resiko masalah pendengaran operator yang diakibatkan oleh kondisi ruang yang bising. Usulan perbaikan yaitu dengan penyediaan *earplug* kepada operator.

#### 4.9.1 Perancangan Sistem *Kanban*

Dalam merancang sistem *Kanban* pada subbagian *assembly* produk *car conventional battery* N-50 pada PT SJJ digunakan dua jenis *Kanban*, yaitu *Kanban* pengambilan dan *Kanban* perintah *assembly*. *Kanban* Pengambilan digunakan agar jumlah komponen yang dibutuhkan oleh proses tidak berlebihan jumlahnya, sehingga tidak menimbulkan *bottleneck*. *Kanban* Perintah Perintah *Assembly* digunakan agar jumlah komponen yang dikirim sesuai, sehingga proses mengerjakan sesuai dengan perintah kartu *kanban*. Dari dua jenis *Kanban* tersebut masing-masing terdiri dari 16 macam kartu, yaitu 16 macam *Kanban* pengambilan dan 16 macam *Kanban* perintah *assembly*. Adapun rincian dari masing-masing macam *Kanban* adalah sebagai berikut:

##### a. *Kanban* Pengambilan

*Kanban* pengambilan berisikan tentang jumlah dan jenis dari produk yang akan diambil dari proses sebelumnya. Terdiri dari 16 macam *Kanban* pengambilan dari setiap unit proses, yaitu:

##### 1) *Kanban* Pengambilan 1 (KP1)

*Kanban* ini berasal dari *dry sealing* yang ditujukan kepada *air leak test* dengan maksud untuk meminta komponen dari *air leak test* agar dikirim ke *dry sealing*.

##### 2) *Kanban* Pengambilan 2 (KP2)

*Kanban* ini berasal dari *air leak test* yang ditujukan kepada *pole burning* dengan maksud untuk meminta komponen dari *pole burning* agar dikirim ke *air leak test*.

##### 3) *Kanban* Pengambilan 3 (KP3)

*Kanban* ini berasal dari *pole burning* yang ditujukan kepada *heat sealing* dengan maksud untuk meminta komponen dari *heat sealing* agar dikirim ke *pole burning*.

##### 4) *Kanban* Pengambilan 4 (KP4)

*Kanban* ini berasal dari *heat sealing* yang ditujukan kepada IRT dengan maksud untuk meminta komponen dari IRT agar dikirim ke *heat sealing*.

5) *Kanban* Pengambilan 5 (KP5)

*Kanban* ini berasal dari *test welding* (IRT) yang ditujukan kepada *short test II* dengan maksud untuk meminta komponen dari *short test II* agar dikirim ke IRT.

6) *Kanban* Pengambilan 6 (KP6)

*Kanban* ini berasal dari *short test II* yang ditujukan kepada *press welding* dengan maksud untuk meminta komponen dari *press welding* agar dikirim ke *short test II*.

7) *Kanban* Pengambilan 7 (KP7)

*Kanban* ini berasal dari *press welding* yang ditujukan kepada *short test I* dengan maksud untuk meminta komponen dari *short test I* agar dikirim ke *press welding*.

8) *Kanban* Pengambilan 8 (KP8)

*Kanban* ini berasal dari *short test I* yang ditujukan kepada *inserting 1* dengan maksud untuk meminta komponen dari *inserting 1* agar dikirim ke *short test I*.

9) *Kanban* Pengambilan 9 (KP9)

*Kanban* ini berasal dari *short test I* yang ditujukan kepada *inserting 2* dengan maksud untuk meminta komponen dari *inserting 2* agar dikirim ke *short test I*.

10) *Kanban* Pengambilan 10 (KP10)

*Kanban* ini berasal dari *short test I* yang ditujukan kepada *inserting 3* dengan maksud untuk meminta komponen dari *inserting 3* agar dikirim ke *short test I*.

11) *Kanban* Pengambilan 11 (KP11)

*Kanban* ini berasal dari *inserting* yang ditujukan kepada *strap welding burning 1* dengan maksud untuk meminta komponen dari *welding burning 1* agar dikirim ke *inserting*.

12) *Kanban* Pengambilan 12 (KP12)

*Kanban* ini berasal dari *inserting* yang ditujukan kepada *strap welding burning 2* dengan maksud untuk meminta komponen dari *strap welding burning 2* agar dikirim ke *inserting*.

13) *Kanban* Pengambilan 12 (KP12)

*Kanban* ini berasal dari *inserting* yang ditujukan kepada *strap welding burning 3* dengan maksud untuk meminta komponen dari *strap welding burning 3* agar dikirim ke *inserting*.

14) *Kanban* Pengambilan 14 (KP14)

*Kanban* ini berasal dari *strap welding burning* yang ditujukan kepada *stacking 1* dengan maksud untuk meminta komponen dari *stacking 1* agar dikirim ke *strap welding burning*.

15) *Kanban* Pengambilan 15 (KP15)

*Kanban* ini berasal dari *strap welding burning* yang ditujukan kepada *stacking 2* dengan maksud untuk meminta komponen dari *stacking 2* agar dikirim ke *strap welding burning*.

16) *Kanban* Pengambilan 16 (KP16)

*Kanban* ini berasal dari *strap welding burning* yang ditujukan kepada *stacking 3* dengan maksud untuk meminta komponen dari *stacking 3* agar dikirim ke *strap welding burning*.

b. *Kanban* Perintah *Assembly*

Disebut *Kanban* Perintah *Assembly* karena proses yang terjadi adalah proses *assembly*. *Kanban* ini merupakan jawaban dari *Kanban* pengambilan. Terdiri dari 16 macam *Kanban* perintah *assembly* dari setiap unit proses, yaitu:

1) *Kanban* Perintah *Assembly* 1 (KPA1)

KPA1 datang bersama komponen yang dibutuhkan untuk proses *assembly* dari *stacking 1* ke *starp welding burning 1*.

2) *Kanban* Perintah *Assembly* 2 (KPA2)

KPA2 datang bersama komponen yang dibutuhkan untuk proses *assembly* dari *stacking 2* ke *starp welding burning 2*.

3) *Kanban* Perintah *Assembly* 3 (KPA3)

KPA3 datang bersama komponen yang dibutuhkan untuk proses *assembly* dari *stacking 3* ke *starp welding burning 3*.

4) *Kanban* Perintah *Assembly* 4 (KPA4)

KPA4 datang bersama komponen yang dibutuhkan untuk proses *assembly* dari *strap welding burning 1* ke *starp inserting 1*.

5) *Kanban* Perintah *Assembly* 5 (KPA5)

KPA5 datang bersama komponen yang dibutuhkan untuk proses *assembly* dari *strap welding burning 2* ke *starp inserting 2*.

6) *Kanban* Perintah *Assembly* 6 (KPA6)

KPA6 datang bersama komponen yang dibutuhkan untuk proses *assembly* dari *strap welding burning 3* ke *starp inserting 3*.

7) *Kanban* Perintah *Assembly* 7 (KPA7)

KPA7 datang bersama komponen yang dibutuhkan untuk proses *assembly* dari *inserting 1* ke *short test I*.

8) *Kanban Perintah Assembly 8 (KPA8)*

KPA8 datang bersama komponen yang dibutuhkan untuk proses *assembly* dari *inserting 2* ke *short test I*.

9) *Kanban Perintah Assembly 9 (KPA9)*

KPA9 datang bersama komponen yang dibutuhkan untuk proses *assembly* dari *inserting 3* ke *short test I*.

10) *Kanban Perintah Assembly 10 (KPA10)*

KPA10 datang bersama komponen yang dibutuhkan untuk proses *assembly* dari *short test I* ke *press welding*.

11) *Kanban Perintah Assembly 11 (KPA11)*

KPA11 datang bersama komponen yang dibutuhkan untuk proses *assembly* dari *press welding* ke *short test II*.

12) *Kanban Perintah Assembly 12 (KPA12)*

KPA12 datang bersama komponen yang dibutuhkan untuk proses *assembly* dari *short test II* ke IRT.

13) *Kanban Perintah Assembly 13 (KPA13)*

KPA13 datang bersama komponen yang dibutuhkan untuk proses *assembly* dari IRT ke *heat sealing*.

14) *Kanban Perintah Assembly 14 (KPA14)*

KPA14 datang bersama komponen yang dibutuhkan untuk proses *assembly* dari *heat sealing* ke *pole burning*.

15) *Kanban Perintah Assembly 15 (KPA15)*

KPA15 datang bersama komponen yang dibutuhkan untuk proses *assembly* dari *pole burning* ke *air leak test*.

16) *Kanban Perintah Assembly 16 (KPA16)*

KPA16 datang bersama komponen yang dibutuhkan untuk proses *assembly* dari *air leak test* ke *dry sealing*.

Usulan kebutuhan *Kanban* dijelaskan pada Gambar 4.11. Pada gambar 4.11 terdapat dua garis, yaitu garis putus-putus dan garis lurus. Garis putus-putus menggambarkan aliran *Kanban* permintaan (KP), arah panahnya menggambarkan tujuan dari KP. Aliran KP dimulai dari proses paling akhir menuju ke proses sebelumnya. Garis lurus menggambarkan aliran *Kanban* perintah *assembly* (KPA), arah panahnya menggambarkan tujuan dari aliran KPA. KPA dimulai dari proses paling awal menuju proses setelahnya. Terdapat dua macam bujur sangkar, yaitu bentuk persegi dan

persegi panjang. Bentuk persegi menggambarkan proses pada *assembly*. Bentuk persegi panjang menggambarkan pos *Kanban*, berfungsi sebagai tempat pengumpulan *Kanban* pengambilan (KP).

Dari Gambar 4.11 dapat kita lihat bahwa dalam satu *line* produksi terdapat masing-masing tiga stasiun *stacking*, *press welding burning*, dan *inserting* kemudian proses setelahnya hanya terdapat satu stasiun proses. Proses dengan tiga stasiun proses hanya memiliki satu pos *Kanban*, sehingga *Kanban* pengambilan (KP) dari ketiganya dikumpulkan dalam satu tempat. Sedangkan untuk proses dengan hanya satu stasiun masing-masing terdapat satu pos *Kanban* pada masing-masing unit proses.

## 2. Perancangan Kartu *Kanban*

Perancangan sistem *Kanban* dalam subbagian *assembly* produk *car conventional battery* N-50 terdiri dari dua macam *Kanban*, yaitu *Kanban* Pengambilan (KP) dan *Kanban* Perintah *Assembly* (KPA). Gambar 4.11 merupakan desain *Kanban* Pengambilan (KP), KP berwarna merah untuk membedakan dengan *Kanban* Perintah *Assembly* (KPA) dengan dimensi 10x6 cm.

KANBAN PENGAMBILAN (KP)			
Nama Barang:		Proses Terdahulu:	
Jenis Battery:		Proses Berikutnya:	
Kapasitas Kotak	No. Kotak	No. Keluaran	

Gambar 4.12 Desain *Kanban* Pengambilan

Pada Gambar 4.13 merupakan contoh KP1 yang telah terisi, menunjukkan bahwa proses terdahulu yang melakukan proses komponen ini adalah *air leak test* dan pembawa dari proses sebelumnya harus menuju ke *line-1* untuk mengambil *battery test passed*. Proses berikutnya adalah *dry sealing* pada *line-1*. Setiap kotak harus berisi 5 *battery*. *Kanban* ini merupakan *Kanban* ke-1 dari 3 *Kanban* yang dikeluarkan.

c

Gambar 4.13 *Kanban* Pengambilan Sudah Terisi

Gambar 4.13 merupakan desain *Kanban* Perintah Assembly (KPA). Desain KPA berwarna hijau untuk membedakan dengan KP dengan dimensi 10x6 cm.

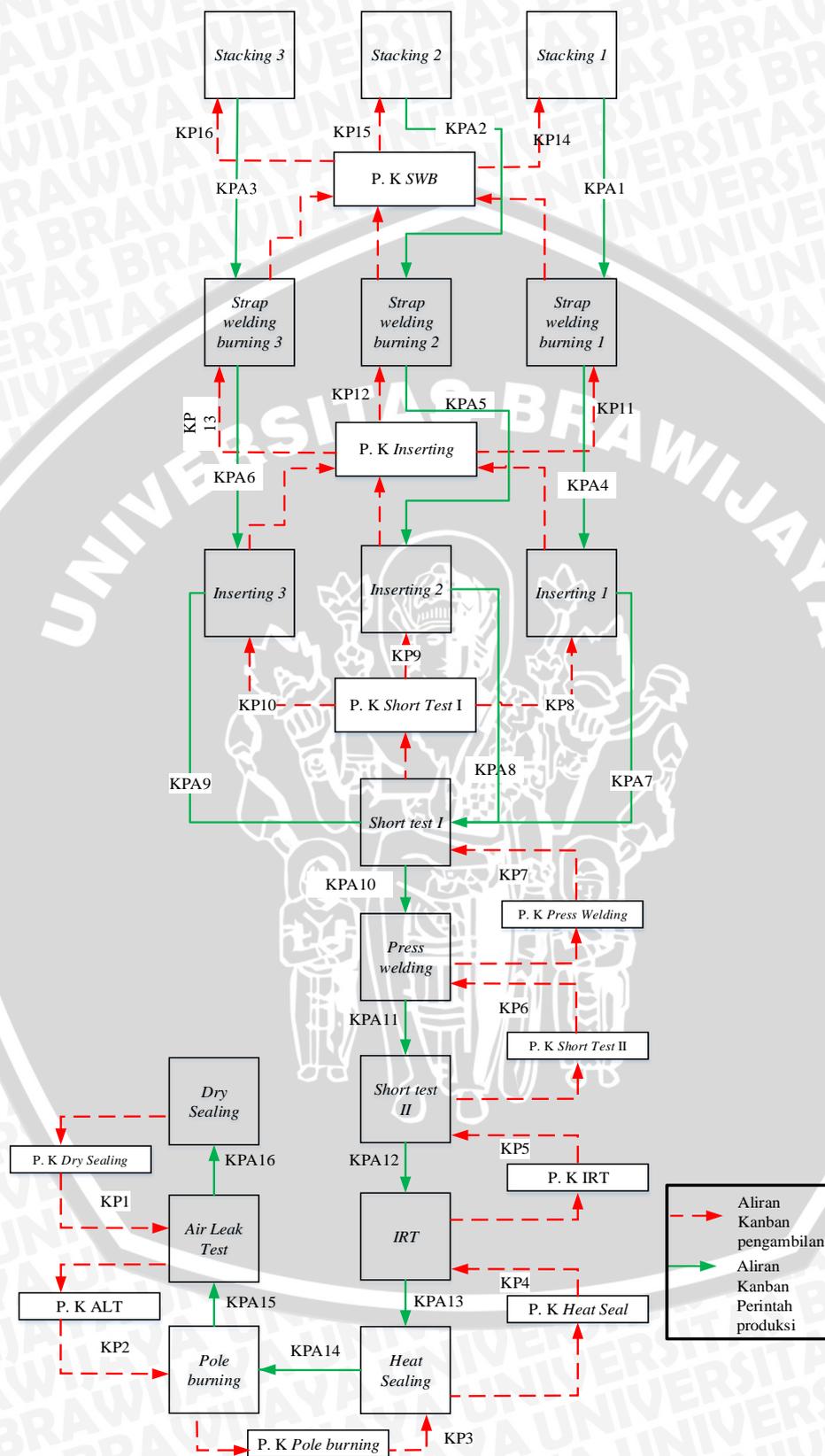
<b>KANBAN PERINTAH ASSEMBLY (KPA)</b>	
Lokasi Penempatan:	Proses:
Line:	
Nama Barang:	
Jenis Battery	

**Gambar 4.14** Desain *Kanban* Perintah Assembly

Gambar 4.15 merupakan contoh KPA1 yang telah terisi, menunjukkan bahwa proses pengerjaan *stacking* harus menghasilkan *stack plate* untuk jenis *battery car conventional* tipe N-50. *Stack plate* yang dihasilkan kemudian ditempatkan pada proses selanjutnya yaitu *strap welding burning* 1.

<b>KANBAN PERINTAH ASSEMBLY 1 (KPA1)</b>	
Lokasi Penempatan: <b>Strap welding burning 1</b>	Proses: <b>Stacking</b>
Line: <b>1</b>	
Nama Barang: <b>Stack plate</b>	
Jenis Battery <b>Car CV N-50</b>	

**Gambar 4.15** *Kanban* Assembly Sudah Terisi



Gambar 4.11 Identifikasi Aliran Kanban

### 3. Prosedur Teknis Penggunaan *Kanban*

Dari identifikasi kebutuhan yang telah dilakukan, maka dapat diketahui susunan prosedur informasi dan material untuk mendukung usulan penerapan sistem *Kanban* di subbagian *assembly* produk *car conventional battery* N-50. Penjadwalan produksi harian yang dikeluarkan oleh bagian PPC disampaikan pada kasubag *assembly*. Kasubag *assembly* bertugas untuk menghitung jumlah *Kanban* yang beredar setiap pergantian periode. Hasil produksi dalam satu hari akan diinformasikan kembali kepada bagian PPC untuk disesuaikan dengan rencana produksi harian. Prosedur teknis penggunaan *Kanban* yaitu:

- a. Saat komponen yang dibutuhkan pada proses akan habis, maka operator yang berada di unit proses masing-masing mulai mengambil kartu *Kanban* pengambilan (KP) yang diletakkan pada papan *Kanban*.
- b. *Kanban* Pengambilan pada pos *Kanban* akan diambil ke unit proses tujuan masing-masing oleh operator proses tujuan.
- c. Unit proses yang telah menerima *Kanban* pengambilan akan mengirimkan komponen yang diminta sesuai dengan nama komponen dan jumlah yang tercantum pada *Kanban* pengambilan tersebut. Pengiriman komponen dilakukan bersama *Kanban* perintah *assembly* (KPA). Pengiriman komponen akan langsung dikirimkan ke unit proses yang membutuhkan sesuai yang tertera pada *Kanban* pengambilan.

### 4. Penentuan Jumlah Kapasitas Kotak

Jumlah kapasitas kotak adalah, jumlah komponen yang dimuat di dalam kotak. Kotak sendiri berarti suatu tempat yang digunakan untuk mengumpulkan komponen dalam satu kali kirim ke proses berikutnya. Perhitungan kapasitas kotak dilakukan setiap awal ketika akan dilakukan perencanaan *assembly* oleh pihak subbagian *assembly*. Kapasitas kotak bersifat fleksibel yang bergantung dari jumlah perencanaan produksi dari *car conventional battery* N-50 dalam 1 bulan. Tabel 4.23 merupakan data perbandingan penggunaan jumlah kapasitas kotak.

Pada Tabel 4.24 ditampilkan perhitungan mengenai penentuan jumlah kapasitas kotak. Data yang digunakan dalam perhitungan adalah data pada Bulan November 2014 pada produksi *battery tipe* N-50. Berdasarkan hasil *brainstorming* dengan pihak perusahaan jumlah isi ditentukan *range* dari 5 sampai 8 karena merupakan jumlah yang tidak banyak namun tidak terlalu sedikit. Jika jumlah isi terlalu banyak maka waktu untuk penyelesaian pekerjaan akan lama, dan jika sangat sedikit maka jumlah *handling*

akan terlalu banyak. Perhitungan pada Tabel 4.24 dapat dijadikan acuan untuk perhitungan jumlah kapasitas kotak pada bulan-bulan berikutnya.

**Tabel 4.24** Perhitungan Jumlah Kapasitas Kotak

Isi	Jumlah produksi	Jumlah akhir	<i>Inventory</i>	<i>Handling</i>
5	2500	2500	0	500
6	2500	2502	2	417
7	2500	2506	6	358
8	2500	2504	4	313

Keterangan:

Jumlah Akhir = Jumlah isi x pembulatan ke atas dari  $\frac{\text{jumlah produksi}}{\text{jumlah isi}}$

*Inventory* = Jumlah Akhir – Jumlah Produksi

*Handling* = pembulatan ke atas dari  $\frac{\text{jumlah produksi}}{\text{jumlah isi}}$

Berdasarkan tabel tersebut maka jumlah kapasitas kotak yang terpilih adalah 5 *pieces*. Hal tersebut dikarenakan jumlah tersebut tidak mengandung *inventory*, jika terdapat *inventory* pada *WIP* maka akan terjadi *defect* karena komponen *battery* mempunyai masa tunggu yang berbeda-beda. Dapat disimpulkan bahwa komponen dalam satu kotak berjumlah 5 *pieces*, dengan *inventory* 0, dan *handling* sebanyak 500 kali dalam satu bulan.

##### 5. Perhitungan Jumlah *Kanban*

Perhitungan jumlah *Kanban* dilakukan untuk tiap proses pada *assembly battery* tipe N-50. Perhitungan *Kanban* pada subbagian *assembly* menggunakan sistem pengambilan tidak tetap siklus tetap. Dengan jumlah kartu *Kanban* yang dikeluarkan dalam satu periode berbeda-beda tergantung dari jumlah permintaan dalam satu periode tersebut, sehingga perlu dilakukan perhitungan ulang kartu *Kanban* saat memulai suatu periode produksi. Untuk melakukan perhitungan digunakan persamaan 2.15.

Sebagai contoh perhitungan pada proses *stacking* adalah sebagai berikut: Diketahui *leadtime* pada proses *stacking* adalah 73,93 detik atau 0,051 hari, *demand* per hari yaitu 125 *pieces*, koefisien pengaman yang ditentukan oleh perusahaan sebesar 0.1, dan kapasitas isi kotak adalah 5 maka didapatkan perhitungan sebagai berikut:

$$Y = \frac{D \times L \times (1 + \alpha)}{K}$$

$$Y = \frac{125 \times 0,051 \times 1 + 0,1}{5} = 1,2877 \sim 2 \text{ kartu kanban}$$

Dari hasil perhitungan di atas didapatkan jumlah *Kanban* untuk proses *stacking* sejumlah 2 kartu *Kanban*. Tabel 4.25 merupakan hasil perhitungan jumlah *Kanban* dari tiap proses pada *assembly* produk *car conventional battery* tipe N-50.

Tabel 4.25 Hasil Perhitungan Jumlah *Kanban*

No.	Aktivitas	Demand/ hari (pcs)	Koefisien pengaman	Kapasitas kotak (pcs)	Leadtime (hari)	Y	Y'
1	<i>Stacking</i>	125	0,1	5	0,0513	1,412	2
2	SWB	125	0,1	5	0,1190	3,273	4
3	<i>Inserting</i>	125	0,1	5	0,0125	0,343	1
4	<i>Short test I</i>	125	0,1	5	0,0063	0,173	1
5	<i>Press welding</i>	125	0,1	5	0,0360	0,989	1
6	<i>Short test II</i>	125	0,1	5	0,0064	0,177	1
7	IRT	125	0,1	5	0,0061	0,167	1
8	<i>Heat sealing</i>	125	0,1	5	0,0388	1,067	2
9	<i>Pole burning</i>	125	0,1	5	0,0106	0,293	1
10	<i>Air leak test</i>	125	0,1	5	0,0094	0,258	1
11	<i>Dry sealing</i>	125	0,1	5	0,0089	0,244	1

Y' = Pembulatan Y keatas

#### 4.9.2 Perancangan Palet

Selain diakibatkan oleh mesin *heat sealing* yang kurang panas dengan sempurna, *waste defect* juga disebabkan oleh aktivitas *material handling* yang kurang baik. Aktivitas *material handling* dalam hal ini adalah proses membawa *cover* dari gudang WIP menuju mesin *heat sealing*. *Cover* dibawa dengan menggunakan palet kayu standar yang diikat dengan tali dengan bantuan *forklift*. Hal tersebut mengakibatkan terjadi benturan antar *cover* yang menyebabkan bentuk *cover* berubah. Gambar 4.16 merupakan gambar palet yang digunakan pada PT SJJ.



Gambar 4.16 Palet Yang Digunakan PT SJJ

Sumber: Dokumentasi Penelitian

Berdasarkan hal tersebut, maka dirancanglah usulan untuk membuat desain palet yang aman agar *cover* tidak saling tertekan dan terjatuh. *Cover* yang dimuat di dalamnya akan stabil dan tidak terjatuh. Palet juga tidak perlu diikat dengan tali, sehingga *cover* tidak tertekan dan berbenturan. Kotak palet sesuai dengan ukuran *cover* N-50 yang berukuran 260x173x50 milimeter, dengan allowance 10% maka dirancanglah palet berukuran 1716x1141x330 milimeter. Dengan kapasitas maksimal isi palet 216 unit. Kotak palet dapat dibuka dan ditutup, hal tersebut memudahkan dalam proses *loading* dan *unloading* barang yang diangkut. Gambar 4.17 merupakan desain 3 dimensi kotak palet yang diusulkan. Desain 2 dimensi dapat dilihat pada lampiran 8.



**Gambar 4.17** Usulan Rancangan Desain Palet



**Gambar 4.18** Usulan Rancangan Desain Palet Saat *Loading/unloading*

#### 4.9.3 Pemberian *Earplug*

Saat mesin beroperasi menghasilkan suara yang sangat bising, diperkuat dengan jarak antar unit proses yang saling berdekatan. Hal ini sangat mengganggu proses kerja yang dilakukan oleh operator *heat sealing*. Karena akibat yang dihasilkan tidak langsung hilang saat selesai bekerja, namun akan terakumulasi terus jika operator setiap hari bekerja diruangan yang sangat bising. Sehingga rekomendasi perbaikan yang dilakukan yaitu dengan memberikan alat pelindung diri (APD) berupa *earplug* kepada operator *heat sealing*. Jenis *earplug* yang diusulkan adalah jenis *earplug reusable for industry*, yaitu *earplug* yang dapat digunakan kembali dan cocok untuk industri.

Dengan pemberian *earplug* kepada operator diharapkan gangguan berupa suara bising dari mesin dapat berkurang sehingga dapat mengurangi gangguan pendengaran para pekerja. Selain itu pemberian *earplug* diharapkan dapat membantu pekerja lebih fokus dan berkonsentrasi terhadap pekerjaannya sehingga tidak terjadi salah hitung dan salah informasi.

#### 4.10 ANALISIS HASIL PERBAIKAN

Dalam subbab ini akan menganalisis mengenai pengaruh usulan perbaikan terhadap *waste* yang terjadi pada proses *heat sealing*.

##### 4.10.1 Analisis Usulan Perbaikan Sistem *Kanban*

Usulan perbaikan perancangan kartu *Kanban* dapat menurunkan *waste waiting*, *defect* dan *transportation* pada unit proses *heat sealing*. Prediksi penurunan *waste waiting* adalah berkurangnya waktu tunggu produk untuk masuk ke proses selanjutnya, hal itu berarti juga menurunkan *lead time* proses *assembly* produk. Prediksi penurunan *waste transportation* pada sub proses *assembly* terjadi pada berkurangnya waktu transportasi menuju mesin *heat sealing* dari IRT saat terjadi pergantian *line*. Prediksi waktu ini didapat dengan cara *brainstorming* dengan pihak perusahaan. Prediksi penurunan *waste defect* adalah berkurangnya aktivitas *changeover* di tengah proses, sehingga mengurangi kemungkinan mesin belum panas sempurna untuk melakukan proses pada komponen.

Berdasarkan hasil *brainstorming* dengan pihak perusahaan, terjadi empat prediksi penurunan waktu, yaitu aktivitas menunggu *press welding*, menunggu *short test I*, menuju *heat sealing*, dan menunggu *heat sealing*. Prediksi penurunan waktu aktivitas menunggu *short test I* didasarkan pada kondisi normal dimana komponen menunggu 7 komponen untuk bisa masuk pada proses *short test press welding*. Setelah

mengalami perbaikan produk hanya butuh menunggu lima komponen. Prediksi penurunan waktu aktivitas menunggu *heat sealing* didasarkan pada kondisi normal dimana komponen menunggu tujuh komponen untuk bisa masuk pada proses *heat sealing*. Setelah mengalami perbaikan produk hanya menunggu lima produk untuk bisa masuk proses *heat sealing*. Prediksi penurunan waktu di atas merupakan prediksi penurunan *waste waiting* pada unit proses *assembly* produk *car coventinal battery* tipe N-50.

Usulan perbaikan perancangan kartu *Kanban* dapat juga menurunkan *waste defect*. Dengan kartu *Kanban* yang didesain secara sederhana dan mudah dimengerti, menjadikan informasi dalam subbagian *assembly* menjadi merata. Dapat diprediksi tidak lagi terjadi kesalahan hitung dan kesalahan dalam membaca SPK yang mengakibatkan perubahan jadwal *assembly* di tengah proses. Karena tidak terjadi perubahan jadwal *assembly* ditengah proses, maka proses pemanasan mesin akan sempurna. Jika mesin sudah panas sempurna maka dapat dipastikan tidak terjadi *defect* produk akibat mesin *heat sealing*.

*Waste transportation* juga dapat diminimasi dengan menggunakan metode *Kanban*, karena dapat diprediksi tidak terjadi lagi pergantian jadwal *assembly* di tengah proses maka jadwal pemanasan mesin dapat dilakukan sebelum proses *assembly* dimulai. Tidak perlu lagi melakukan aktivitas pindah *line* produksi akibat mesin belum siap melakukan proses. Prediksi penurunan *waste transportation* pada unit proses *heat sealing* didasarkan pada kondisi normal dimana komponen harus melalui jarak *conveyor* sejauh 4 meter akibat mesin *heat sealing* yang digunakan berbeda *line*. Setelah mengalami perbaikan komponen hanya akan diproses dalam mesin *heat sealing* dalam satu *line* yang berjarak 2 meter.

#### 4.10.2 Analisis Usulan Perbaikan Desain Palet

Pada kondisi awal palet yang digunakan adalah palet kayu seperti pada umumnya. Tidak terdapat sekat atau pagar agar *cover* tidak bergerak, hanya menggunakan tali agar *cover* tidak terjatuh. Berdasarkan usulan perbaikan, jika palet dibuat berbentuk kubus dengan ukuran yang disesuaikan dengan ukuran *cover* maka dapat diprediksi letak *cover* akan stabil atau tidak bergerak. *Cover* dalam aktivitas *material handling* juga diprediksi tidak akan terjatuh dalam perjalanan menuju proses *heat sealing*.

#### 4.10.2 Analisis Usulan Perbaikan *Ear Plug*

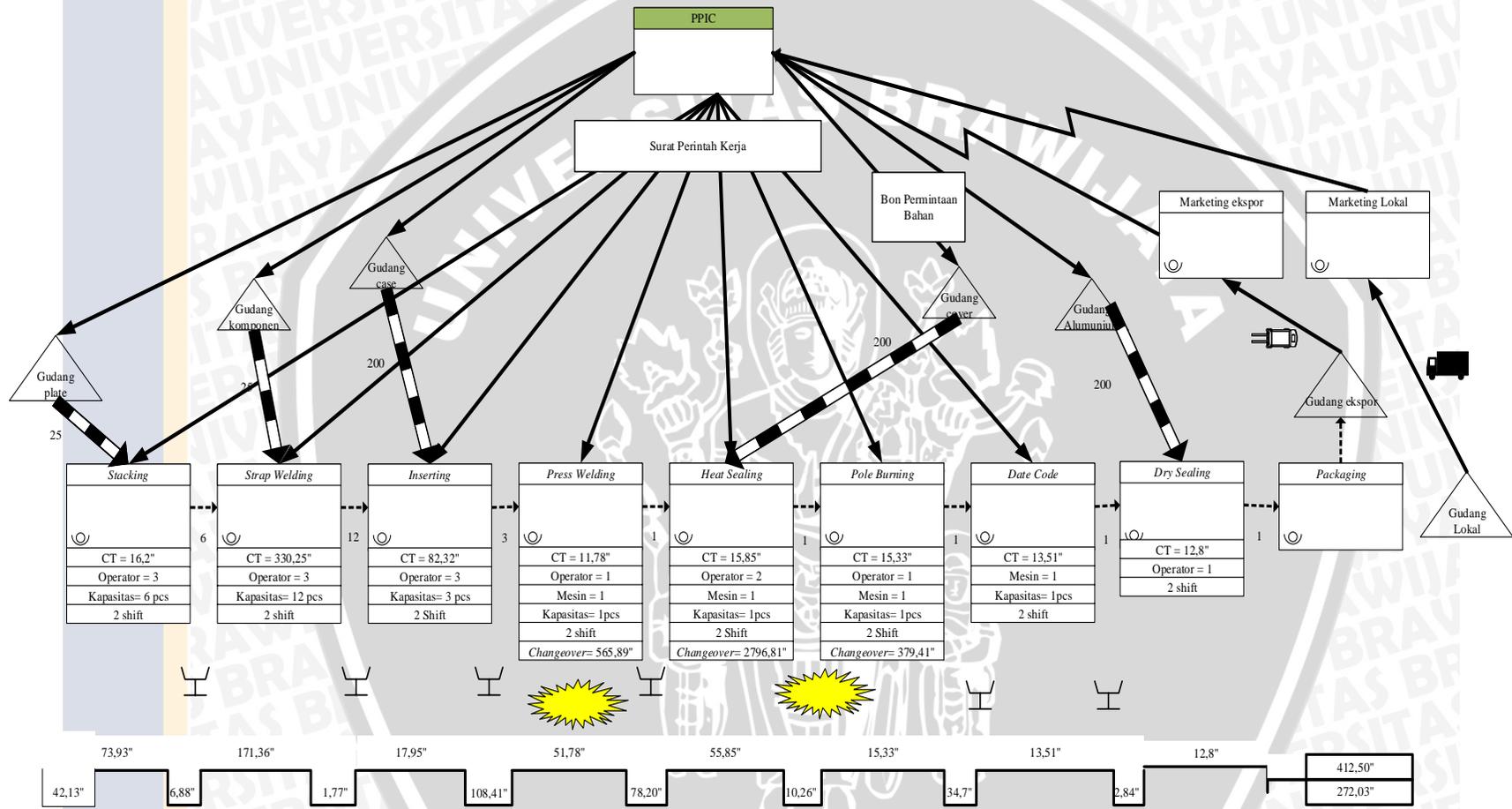
Usulan pemberian *ear plug* pada operator *heat sealing* diprediksi dapat menurunkan gangguan pendengaran jangka panjang dan jangka pendek pada operator. Gangguan pendengaran jangka pendek meliputi konsentrasi operator dalam bekerja dan dalam menerima informasi. Gangguan jangka panjang meliputi penyakit pendengaran dan berkurangnya kadar pendengaran operator. Jika operator sudah fokus dan konsentrasi terhadap pekerjaan, maka tidak akan terjadi salah hitung jumlah komponen yang dihasilkan. Penyampaian informasi juga akan lebih mudah karena terdapat kartu *Kanban* yang dapat menyampaikan informasi lebih sederhana tanpa ada pengaruh dari pemakaian *earplug*.

#### 4.11 *FUTURE STATE MAP*

Berdasarkan hasil identifikasi *waste*, analisa akar penyebab masalah, dan rekomendasi perbaikan yang dirancang maka dapat digambarkan analisa terkait pembuatan *Future State Map* hasil prediksi sesudah dilakukan perbaikan. Perubahan yang ada pada *Future State Map* adalah sebagai berikut:

1. Minimasi waktu pada *non value added activity* dalam hal ini adalah aktivitas menunggu sebelum memasuki proses selanjutnya dan waktu transportasi. Ini merupakan dampak dari rekomendasi perbaikan yang dirancang berupa sistem *Kanban*. Perubahan ini ditunjukkan dengan simbol *kaizen burst* pada *Future State Map*. Perubahan lain akibat usulan perbaikan ini yang tidak tampak pada penggambaran *Future State Map* adalah tidak lagi terjadi pergantian jadwal *assembly* di tengah proses.
2. Penambahan fasilitas berupa kartu *Kanban* dan pos *Kanban* di dalam subbagian *assembly*. Terletak di masing-masing unit proses pada subbagian *assembly*. Fasilitas tersebut tentu akan sangat membantu khususnya bagi operator dan juga PT SJJ.

Secara umum, dari hasil *Future State Map* terlihat bahwa nilai *nonvalue added activity* menurun. Berdasarkan usulan perbaikan yang telah dilakukan kemudian dirancanglah aliran proses *assembly* yang baru. Adapun hasil rancangan dari proses *assembly* yang baru dapat dilihat pada rancangan *Future State Map* pada Gambar 4.16.



Gambar 4.19 Future State Map