

## **Penerapan *Lean Manufacturing* dengan Metode *Value Stream Mapping* untuk Mengurangi *Cycle Time* pada Bagian Perakitan *Spring Mattress* di PT X**

### ***Application of Lean Manufacturing with Value Stream Mapping Method to Reduce Cycle Time in Spring Mattress Assembly at PT X***

**Nadia Natalia Suwandi, Kartika Suhada\***

Program Sarjana Teknik Industri, Fakultas Teknologi dan Rekayasa Cerdas, Universitas Kristen Maranatha, Bandung, Indonesia

\*Penulis korespondensi, email: [tikas56@gmail.com](mailto:tikas56@gmail.com)

#### **Abstrak**

*PT X adalah perusahaan manufaktur yang memproduksi spring mattress. Permasalahan yang dihadapi perusahaan saat ini adalah perusahaan berkeinginan untuk meningkatkan produktivitas lini produksi perakitan spring mattress dengan cara mengurangi cycle time. Perusahaan berkeinginan pula untuk mencapai target produksi sebesar 2.241 unit/periode. Berdasarkan hasil pengukuran, kapasitas efektif perakitan spring mattress sebesar 2.019 unit/periode dan cycle time sebesar 1.928,32 detik dengan persentase waste transportation sebesar 3,03%, waste waiting time sebesar 19,62%, serta waste overprocessing dan defect sebesar 3,45%. Metode value stream mapping digunakan untuk mengidentifikasi waste yang terjadi pada proses produksi berdasarkan process activity mapping. Penerapan penggunaan alat Material Handling (MH), pengawasan dan pelatihan Standard Operating Procedures (SOP), serta line balancing dapat menghasilkan peningkatan kapasitas efektif perakitan spring mattress menjadi 2.281 unit/periode, sehingga target produksi (2.241 unit/periode) dapat tercapai, bahkan melebihi. Hal ini terjadi akibat penurunan cycle time menjadi sebesar 1.854,17 detik dengan persentase waste transportation sebesar 2,74%, waste waiting time sebesar 10,92%, serta waste overprocessing dan defect sebesar 0%. Dengan berkurangnya cycle time dan meningkatnya kapasitas produksi, PT X dapat meningkatkan produktivitas secara signifikan, tanpa perlu investasi besar dalam fasilitas produksi baru.*

*Kata kunci: cycle time, line balancing, Process Activity Mapping, Value Stream Mapping, waste*

#### **Abstract**

*PT X is a manufacturing company that produces spring mattresses. The current challenge faced by the company is the desire to increase the productivity of the spring mattress assembly line by reducing the cycle time. The company aims to achieve a production target of 2.241 units per period as well. Based on the measurements, the effective assembly capacity for spring mattresses is 2.019 units per period, with a cycle time of 1.928,32 seconds. The waste transportation percentage is 3.03%, waste waiting time is 19.62%, and waste from overprocessing and defects is 3.45%. The value stream mapping method was used in this research to identify waste in the spring mattress production process through process activity mapping. The implementation of Material Handling (MH) equipment, supervision and training of Standard Operating Procedures (SOP), and line balancing resulted in an increase in the effective assembly capacity for spring mattresses to 2.281 units per period. This allowed the company to not only achieve but also exceed the production target of 2.241 units per period, due to a reduction in cycle time to 1.854,17 seconds. The percentage of waste transportation was reduced to 2.74%, waste waiting time to 10.92%, and waste from overprocessing and defects to 0%. Therefore, it can be concluded that the implementation of these proposals can minimize the cycle time of spring mattress production, increase the effective production capacity, and enhance the efficiency of the production line. With the reduction in cycle time and the increase in production capacity, PT X can significantly enhance productivity, without the need for substantial investment in new production facilities.*

*Keywords: cycle time, line balancing, Process Activity Mapping, Value Stream Mapping, waste*

#### **How to Cite:**

Suwandi, N.N. and Suhada, K. (2024) 'Penerapan lean manufacturing dengan metode Value Stream Mapping untuk mengurangi cycle time pada bagian perakitan spring mattress di PT X', *Journal of Integrated System*, 7(2), pp. 111–133. Available at: <https://doi.org/10.28932/jis.v7i2.8694>.

## 1. Pendahuluan

PT X adalah perusahaan manufaktur yang memproduksi busa poliuretan, *foam mattress*, *spring mattress*, *bedding accessories*, dan *non-woven*. Masing-masing produk tersebut diproduksi di lantai produksi yang berbeda lokasi. Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan penulis dengan *Department Head Mattress Manufacturing*, diketahui bahwa perusahaan berkeinginan untuk meningkatkan produktivitas lini produksi perakitan *spring mattress* dengan cara mengurangi *cycle time* produksi *spring mattress* agar biaya produksi dapat diminimasi dan meningkatkan kemampuan lini produksi untuk mencapai target produksi sebesar 2.241 unit/periode. Produktivitas lini produksi perakitan *spring mattress* diketahui tidak maksimal sehingga menyebabkan ketidakmampuan lini produksi untuk mencapai target produksi.

Terjadinya *waste* di lantai produksi perakitan pembuatan *spring mattress* menyebabkan kapasitas produksi yang dicapai saat ini belum maksimal disebabkan karena *cycle time* yang terlalu lama, yaitu selama 1.928,32 detik. Hal tersebut terlihat dari adanya aktivitas-aktivitas yang tidak bernilai tambah, antara lain: operator yang sedang menganggur, perpindahan material dalam proses yang membutuhkan waktu yang lebih panjang dari yang seharusnya, dan *defect* yang terjadi dalam proses.

Permasalahan yang sama dihadapi juga oleh perusahaan manufaktur kimia yang memproduksi tinta cetak (Rahman, 2021), PT. Rollflex Manufacturing Indonesia, yang merupakan industri manufaktur yang memproduksi alat *material handling* (Moengin and Ayunda, 2021), dan PT. Pembangkit Jawa Bali - PLTU Indramayu berfokus pada peningkatan efisiensi proses penggantian bantalan pada motor listrik (Ikhsan *et al.*, 2020). Penelitian tersebut menerapkan *lean manufacturing* dan *Value Stream Mapping* (VSM) untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi pemborosan dalam berbagai industri. Penelitian yang dilakukan di PT XYZ (Rahman, 2021), produsen tinta cetak, mengidentifikasi *waste* untuk memenuhi permintaan pelanggan dengan lebih baik. PT Rollflex Manufacturing Indonesia menggunakan *lean manufacturing* untuk mengurangi *manufacturing lead time* dan meningkatkan target produksi *roller conveyor* (Moengin and Ayunda, 2021). Pada industri motor listrik, VSM membantu mengurangi waktu penggantian *bearing* (Ikhsan *et al.*, 2020).

Pada penelitian ini, PT X yang merupakan manufaktur *spring mattress* bertujuan untuk meningkatkan kapasitas produksi dan mengurangi *cycle time* dengan VSM, *line balancing*, perbaikan SOP, dan usulan alat *material handling*. Berdasarkan permasalahan yang dihadapi, langkah yang diambil adalah menerapkan prinsip *lean manufacturing*. *Lean* merupakan pendekatan operasional yang berfokus pada mengidentifikasi dan menghilangkan *waste* dalam aktivitas tertentu (Kevin, Saryatmo and Andres, 2023). *Process Activity Mapping* (PAM) dilakukan untuk mengetahui dan menggambarkan secara detail dari seluruh aktivitas proses produksi (Firdaus and Wahyudin, 2023). Pengolahan data *Value Added*, *Non-Value Added* dan *Necessary Non-Value Added* menentukan *waste* yang paling signifikan yang dipetakan melalui PAM (Sumasto *et al.*, 2023).

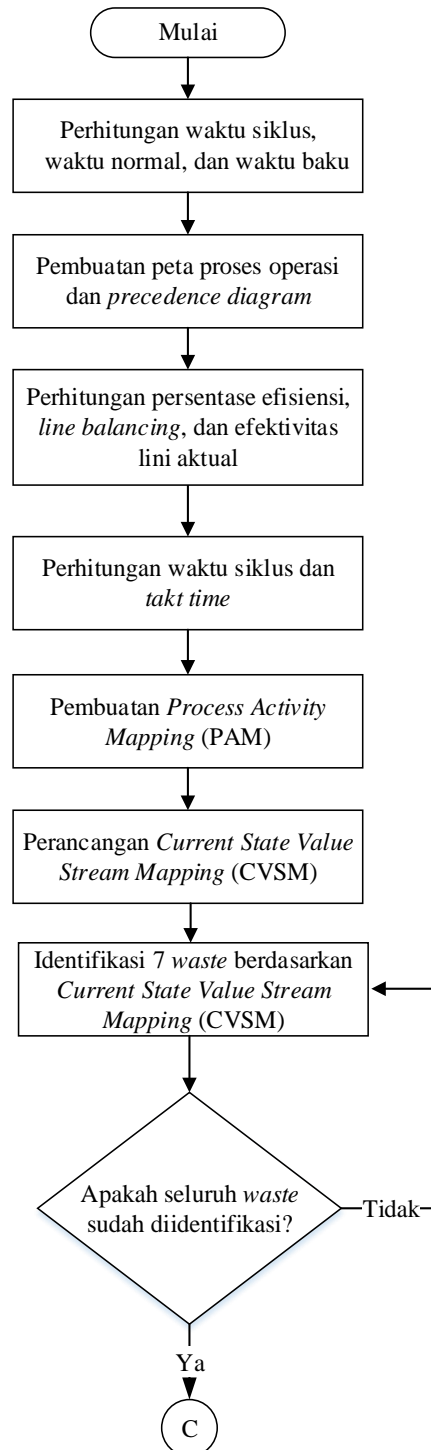
*Current Value Stream Mapping* menggambarkan data aliran proses produksi dan data waktu sebelum penelitian, kemudian setelah diberikan solusi pengurangan *waste* akan digambarkan *Future Value Stream Mapping* (Fatma, Ponda and Sutisna, 2022). *Value Stream Mapping* mempermudah identifikasi *waste* yang terjadi dalam aktivitas produksi (Ferdiansyah, Budiharti and Adriantantri, 2023). *Root cause analysis* untuk mengetahui akar dari permasalahan *waste* yang terjadi pada proses produksi dengan menggunakan metode *5 whys analysis* (Nugroho and Nandiroh, 2023). Dengan mengajukan pertanyaan "Mengapa?" secara berulang, PT X dapat mengidentifikasi penyebab utama dari setiap jenis *waste*. Misalnya, mengapa *waste waiting time* terjadi? Mengapa transportasi dalam produksi tidak efisien? Mengapa ada proses yang berlebihan?

Mengacu pada penelitian pendahuluan tersebut, penelitian ini menggabungkan beberapa metode tersebut yang bertujuan untuk mengurangi *cycle time* dengan meminimasi *waste* yang teridentifikasi melalui *value stream mapping* dan *process activity mapping*. *Waste* tersebut akan dianalisis akar

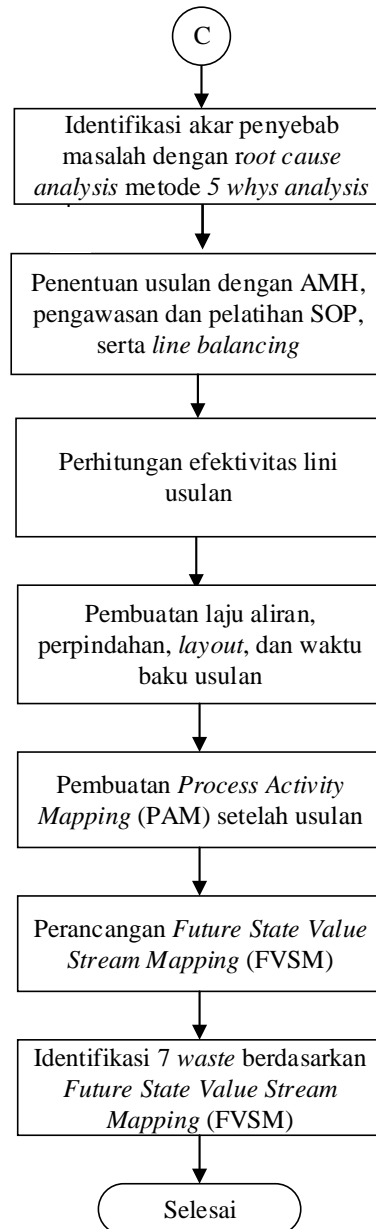
penyebabnya dengan metode *5 whys analysis* kemudian diminimasi dengan menggunakan metode *line balancing*, perbaikan SOP, dan usulan alat *material handling*.

## 2. Metode

Dalam melakukan suatu penelitian diperlukan langkah-langkah yang sistematis dan terarah agar tujuan yang diinginkan dapat tercapai. Dalam melakukan penelitian ini, penulis melakukan tahapan langkah seperti yang diperlihatkan dalam Gambar 1.



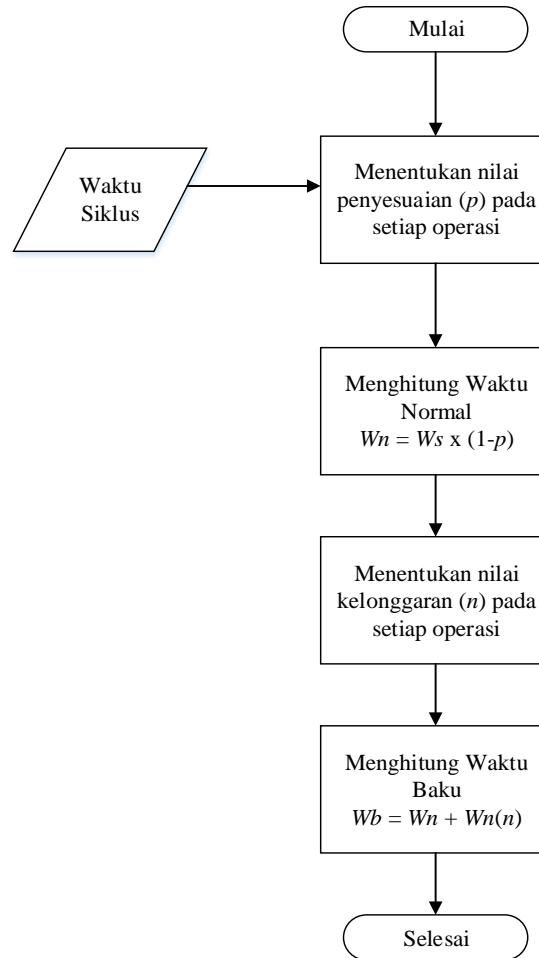
Gambar 1. *Flowchart* metodologi penelitian



Gambar 1. *Flowchart* metodologi penelitian (lanjutan)

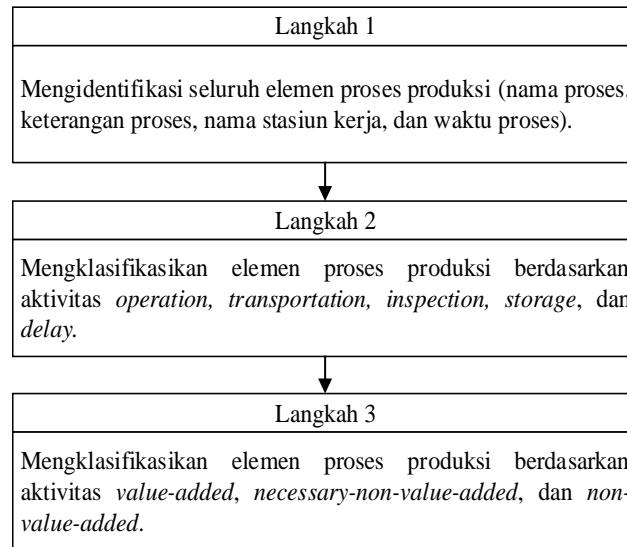
Berikut penjelasan dari tiap langkah yang ada di dalam *flowchart* di atas.

- a. Perhitungan waktu siklus, waktu normal, dan waktu baku  
Perhitungan waktu siklus, waktu normal, dan waktu baku dilakukan untuk mempertimbangkan penyesuaian dan kelonggaran pada data waktu proses yang akan digunakan untuk pengolahan data selanjutnya. Langkah perhitungan waktu proses dapat dilihat dalam Gambar 2.
- b. Pembuatan peta proses operasi dan *precedence diagram*  
Pada tahap ini dilakukan pembuatan peta proses operasi untuk mendeskripsikan secara visual urutan operasi dalam lini produksi. Selanjutnya penulis membuat *precedence diagram* untuk menggambarkan grafik hubungan antar operasi.
- c. Perhitungan persentase efisiensi, *line balancing*, dan efektivitas lini saat ini  
Persentase efisiensi dilakukan untuk mengukur produktivitas kerja dari lini produksi perakitan. Kemudian dilakukan perhitungan *line balancing* lini saat ini untuk memperoleh data waktu proses tiap stasiun dan jumlah operator. Perhitungan efektivitas lini saat ini dilakukan untuk dibandingkan dengan efektivitas lini usulan.

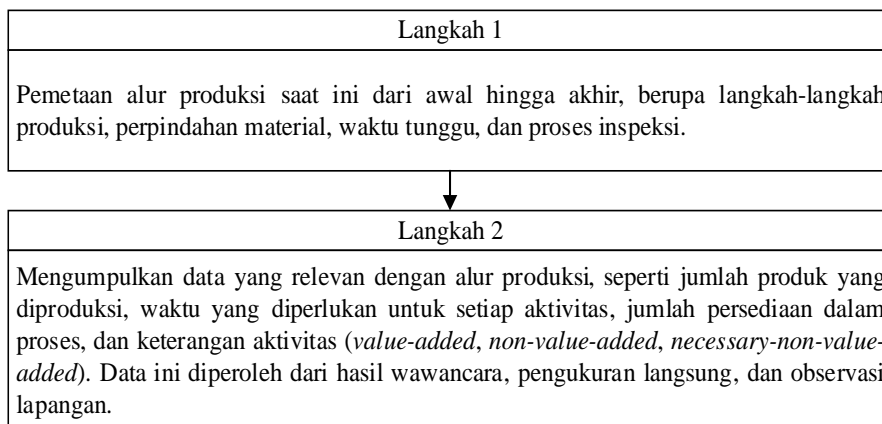


Gambar 2. Langkah perhitungan waktu proses

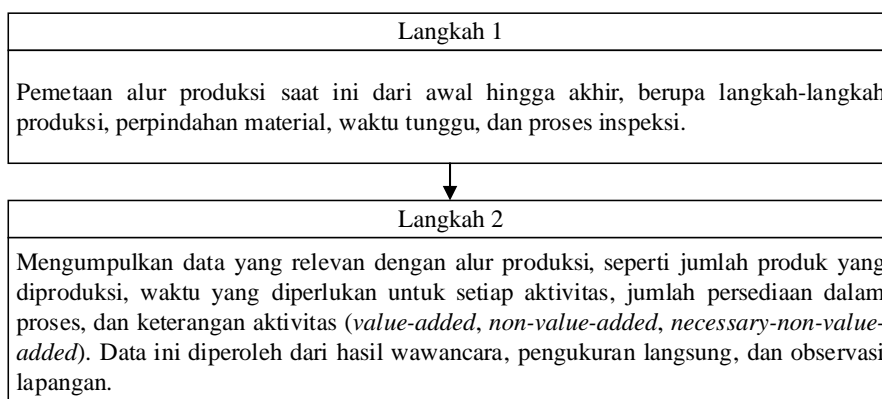
- d. Perhitungan waktu siklus dan *takt time*  
Perhitungan waktu siklus dilakukan dengan memaksimalkan waktu proses terlama dengan perhitungan pembagian waktu kerja dengan target produksi. Apabila waktu siklus yang terpilih adalah waktu proses terlama, maka berikutnya dilakukan perhitungan *takt time*.
- e. Pembuatan *process activity mapping*  
Langkah pembuatan *process activity mapping* diperlihatkan dalam Gambar 3.
- f. Perancangan *current state value stream mapping*  
Pada tahap ini dilakukan pemetaan dan analisis dengan rinci alur produksi *spring mattress* yang berlangsung pada kondisi saat ini. Langkah-langkah yang dilakukan penulis untuk melakukan perancangan *current state value stream mapping* dapat dilihat pada Gambar 4.
- g. Identifikasi 7 *waste* berdasarkan *current state value stream mapping*  
Mengidentifikasi *waste* berdasarkan *current state value stream mapping* dalam alur produksi saat ini, yaitu *overproduction, inventory, transportation, waiting, motion, overprocessing, dan defects*. *Waste* yang mempengaruhi *cycle time* akan dilanjutkan ke identifikasi akar penyebab masalah dengan *root cause analysis*.
- h. Identifikasi akar penyebab masalah dengan *root cause analysis*  
Mengidentifikasi akar penyebab *waste* pada proses produksi perakitan *spring mattress* dengan *root cause analysis*. Langkah pembuatan *root cause analysis* metode *5 whys analysis* dapat dilihat pada Gambar 5.
- i. Penentuan usulan dengan AMH, pengawasan dan pelatihan SOP, dan *line balancing*  
Usulan untuk mengurangi *waste* berupa *waiting time* dan *transportation* menggunakan *line balancing* dengan metode *Rank Positional Weight (RPW)* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 3. Langkah pembuatan PAM

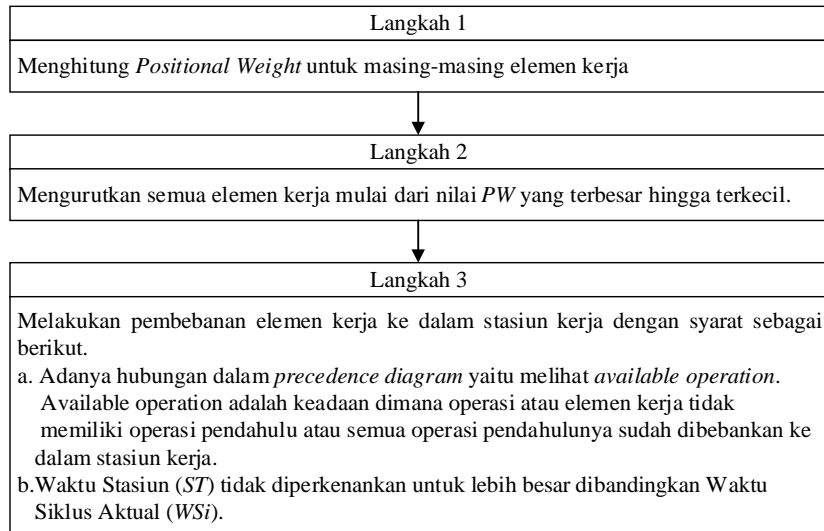


Gambar 4. Langkah perancangan *current state Value Stream Mapping*



Gambar 5. Langkah *Root Cause Analysis*

- j. Perhitungan efektivitas lini usulan  
Perhitungan efektivitas lini usulan, yaitu *idle time*, *balance delay*, dan kapasitas efektif tanpa memperhitungkan perpindahan dilakukan untuk dibandingkan dengan efektivitas lini saat ini.
- k. Pembuatan laju aliran, perpindahan, *layout*, dan waktu baku usulan  
Pembuatan laju aliran, perpindahan, *layout* perakitan, dan waktu baku setelah penerapan usulan.



Gambar 6. Langkah RPW

- l. Pembuatan tabel *process activity mapping* usulan  
 Perancangan *process activity mapping* usulan sama dengan perancangan *process activity mapping* sebelumnya. Namun, pada *process activity mapping* usulan data dan informasi yang digunakan adalah berdasarkan hasil usulan.
- m. Perancangan *future state value stream mapping*  
 Perancangan *future state value stream mapping* sama dengan perancangan *current state value stream mapping*. Namun, pada *future state value stream mapping* data dan informasi yang digunakan adalah berdasarkan hasil usulan.
- n. Identifikasi 7 *waste* berdasarkan *future state value stream mapping*  
 Mengidentifikasi *waste* berdasarkan *future state value stream mapping* dalam alur produksi usulan, yaitu *overproduction, inventory, transportation, waiting, motion, overprocessing, dan defects*. Hasil identifikasi 7 *waste* berdasarkan *future state value stream mapping* akan dibandingkan dengan hasil identifikasi *waste* berdasarkan *current state value stream mapping*

### 2.1 Waktu Baku

Perhitungan waktu baku didapatkan melalui perhitungan waktu siklus, waktu normal, dan kemudian waktu baku (Sutalaksana, Anggawisastra and Tjakraatmadja, 2006).

#### Waktu Siklus

Waktu siklus dapat dikatakan sebagai waktu antara penyelesaian dari dua pertemuan berturut-turut. Waktu siklus didapatkan melalui hasil pengamatan secara langsung melalui *stopwatch* (Wignjosoebroto, 2006).

$$WS = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{N} \quad (1)$$

#### Waktu Normal

Waktu normal merupakan waktu kerja yang telah mempertimbangkan faktor penyesuaian, yaitu waktu siklus rata-rata dikalikan dengan faktor penyesuaian (Wignjosoebroto, 2006).

$$Wn = WS \times (1-p) \quad (2)$$

#### Waktu Baku

Waktu baku adalah waktu yang dibutuhkan pekerja untuk menyelesaikan pekerjaan dengan mempertimbangkan waktu beristirahat atau faktor lain berupa kelonggaran waktu (*allowance time*).

Waktu kelonggaran merupakan kelonggaran yang diberikan untuk menghilangkan rasa *fatigue* dan hambatan-hambatan yang tidak dapat dihindarkan yang diberikan dengan memperhatikan situasi dan kondisi yang harus diselesaikan (Wignjosoebroto, 2006).

$$Wb = Wn \times (Wn \times a) \quad (3)$$

## 2.2 Aktivitas Nilai (Value)

Dalam proses pendekatan *lean*, identifikasi aktivitas dibutuhkan untuk mengetahui aktivitas yang dapat memberikan nilai lebih dan aktivitas yang tidak memberikan nilai lebih (Hardianza, 2016). Pada pendekatan *lean* terdapat tiga macam aktivitas nilai, yaitu:

- Aktivitas *value-added* (VA). Aktivitas VA atau *value-added-activity* merupakan aktivitas yang dapat memberikan nilai tambah. Aktivitas VA dibutuhkan dalam menjalankan sebuah bisnis dengan menambah *value* produk seperti penambahan proses perakitan memberikan warna pada produk sehingga menambah daya jual kepada konsumen.
- Aktivitas *necessary non-value-added* (NNVA). Aktivitas NNVA atau *necessary non-value-added* merupakan aktivitas yang tidak menambah nilai tambah untuk konsumen tetapi perlu untuk dilakukan saat proses produksi.
- Aktivitas *non-value-added* (NVA). Aktivitas NVA atau *non-value-added-activity* merupakan aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah dan tidak perlu untuk dilakukan sehingga *waste* yang terjadi harus segera dihilangkan dan direduksi seperti *work in process* dan *waiting line* yang merupakan aktivitas menunggu satu proses untuk dapat melanjutkan proses selanjutnya.

## 2.3 Seven Waste

*Waste* memiliki tujuh macam jenis (*seven waste*) yang sering terjadi pada saat proses manufaktur, yaitu (Liker et al., 2006): *overproduction*, *waiting time*, *transportation*, *overprocessing*, *inventory*, *motion*, *defect*.

## 2.4 Process Activity Mapping

*Process Activity Mapping* (PAM) bertujuan untuk memberikan gambaran aliran proses dan waktu yang diperlukan untuk setiap aktivitas, jarak yang ditempuh dan tingkat persediaan produk dalam setiap tahap produksi. PAM mempermudah proses identifikasi aktivitas yang terjadi pada suatu proses karena terdapat penggolongan aktivitas menjadi lima jenis yaitu operasi, inspeksi, *delay*, transportasi dan *inventory*. Operasi dan inspeksi merupakan aktivitas yang bernilai tambah, transportasi dan *inventory* bersifat penting tapi tidak bernilai tambah, sedangkan *delay* termasuk aktivitas yang dihindari karena itu termasuk aktivitas yang tidak bernilai tambah (Hardianza, 2016).

## 2.5 Value Stream Mapping

*Value Stream Mapping* (VSM) merupakan metode visual yang digunakan untuk memetakan sebuah jalur produksi dari produk yang terdiri dari material dan informasi setiap stasiun kerjanya (Sandroto and Kurniadi, 2007).

## 2.6 Root Cause Analysis: 5 Whys Analysis

*5 whys analysis* digunakan untuk menyelidiki akar penyebab suatu masalah atau penyimpangan yang terjadi dalam proses produksi. Dasar dari metode ini adalah membentuk pernyataan situasi dan bertanya mengapa suatu kejadian terjadi. Jawaban dari pertanyaan tersebut kemudian diubah menjadi pertanyaan baru untuk langkah berikutnya. Proses ini diulangi berulang kali hingga akar penyebab yang mendasari kejadian tersebut terungkap (Rusdiana, 2023).

## 2.7 Line Balancing

*Line balancing* merupakan teknik perencanaan yang membagi pekerjaan di setiap stasiun kerja sedemikian rupa sehingga waktu tunggu di stasiun kerja dalam suatu alur produksi ditekan seminimal



mungkin. Hal ini bertujuan untuk meminimalkan pemanfaatan dari peralatan maupun operator (Baroto, 2002).

### 2.7.1 Cycle Time (Waktu Siklus)

Waktu yang diperlukan untuk membuat satu unit produk per satu stasiun. Apabila waktu produksi dan target produksi telah ditentukan, maka waktu siklus dapat diketahui melalui maksimasi waktu proses terpanjang dan pembagian waktu produksi dengan target produksi. Rumus:

$$WS_i = \max \left\{ t_{i_{maks}}, \frac{WK}{TP} \right\} \quad (4)$$

dimana:

$WS_i$  = waktu siklus saat ini

$t_{i_{maks}}$  = waktu elemen kerja terbesar

$WK$  = waktu kerja yang tersedia per periode (efektif)

$TP$  = target produksi per periode (permintaan/periode)

### 2.7.2 Idle time (waktu menganggur)

Selisih atau perbedaan antara *cycle time* dan *station time*. Rumus:

$$Idle\ time = WS - ST \quad (5)$$

### 2.7.3 Ukuran Efektivitas Line Balancing

Ukuran efektivitas *line balancing* terdiri dari efisiensi lintasan, *smoothness index*, dan *balance delay* (Santoso and Heryanto, 2017). *Balanced delay* merupakan ukuran ketidakefisienan lintasan yang dihasilkan dari waktu menganggur sebenarnya yang disebabkan oleh pengalokasian yang kurang sempurna di antara stasiun-stasiun kerja (Baroto, 2002). Rumus:

$$BD = \frac{(K) * (WS) - \sum_{i=1}^K t_i}{(K) * (WS)} \quad (6)$$

dimana:

$t_i$  = waktu kerja elemen ke-i

$K$  = jumlah stasiun kerja

$WS$  = waktu siklus

### 2.7.4 Metode Rank Positional Weight (RPW)

Metode ini dikemukakan oleh Hedgelson dan Birnie. Langkah-langkah dalam metode ini adalah sebagai berikut (Santoso and Heryanto, 2017).

- Langkah 1: Menghitung *Positional Weight* (PW) untuk masing-masing Elemen Kerja (EK)
- Langkah 2: Mengurutkan semua Elemen Kerja (EK) mulai dari PW terbesar hingga terkecil
- Langkah 3: Berdasarkan *ranking* PW di langkah 2, maka lakukan pembebanan EK ke dalam SK
- Langkah 4: Hitunglah efisiensi Stasiun Kerja dan Efisiensi Lintasan (EL)

## 2.8 Efisiensi Produksi

Efisiensi adalah suatu besaran menunjukkan seberapa baik kinerja sebuah proses jika dibandingkan dengan kapasitas potensialnya. Efisiensi produksi diukur sebagai persentase dari kapasitas produksi potensial yang sebenarnya dimanfaatkan selama periode tersebut (Heizer and Render, 2006). Rumus:

$$\%E = \frac{\text{Output Aktual}}{\text{Target Produksi}} \times 100\% \quad (7)$$

### 2.9 Takt Time

*Takt time* adalah waktu untuk menghasilkan satu unit produk berdasarkan jumlah permintaan atau target produksi, maka *takt time* dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut (Amanullah, Damayanti and Juliani, 2017):

$$Takt\ Time = \frac{Waktu\ Operasi}{Demand} \tag{8}$$

### 2.10 Kapasitas Produksi

Kapasitas efektif merujuk pada kapasitas yang diharapkan dapat dicapai oleh perusahaan, mempertimbangkan keterbatasan operasional saat ini (Heizer dan Render, 2009). Kapasitas yang dihasilkan akan bergantung pada jam kerja tersedia, proporsi jam kerja yang dipakai, dan efisiensi operator. Waktu efektif produksi didapatkan melalui hasil dari jam kerja setiap harinya dikurangi dengan waktu istirahat (Setiawan and Octavia, 2015). Kapasitas efektif dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Kapasitas\ Efektif = \frac{Waktu\ Kerja\ Efektif}{Waktu\ Baku\ Terpanjang} \tag{9}$$

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Pengumpulan Data

Terjadinya *waste* di lantai produksi perakitan pembuatan *spring mattress* menyebabkan kapasitas produksi yang dicapai saat ini belum maksimal. Oleh karena itu dalam penelitian ini penulis akan melakukan kajian analisis terhadap seluruh aktivitas yang terjadi di lantai produksi perakitan *spring mattress* dengan tujuan untuk meminimasi *waste*. Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah data waktu proses perakitan *spring mattress* GR, data perpindahan material, data target produksi/*shift* dan capaian produksi/*shift*, disajikan dalam Tabel 1 hingga Tabel 3.

Tabel 1. Data waktu proses perakitan produk GR

No	Proses	Mesin/ Alat	Waktu (detik)										Rata-rata
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Pasang FFO	Manual	11,00	12,50	9,00	8,20	10,30	5,95	6,41	7,45	6,12	8,22	8,52
2	Lem <i>cottonsheet</i> 1	Lem	131,40	69,00	94,80	125,40	89,40	90,00	86,40	79,80	58,00	138,00	96,22
3	Lem <i>Encase</i>	Lem	151,80	189,60	185,40	144,00	69,00	81,60	138,00	144,00	186,00	186,60	147,60
4	Lem badan bawah	Lem	61,20	51,32	63,20	126,50	73,20	64,80	106,30	85,20	58,00	64,38	75,41
5	Isi <i>bonnel</i>	Manual	20,10	46,30	12,24	15,43	21,32	25,54	33,00	15,23	21,20	15,30	22,57
6	Lem <i>cottonsheet</i> 2	Lem	131,40	69,00	94,80	125,40	89,40	90,00	86,40	79,80	58,00	138,00	96,22
7	Lem <i>pillowtop</i>	Lem	56,00	75,60	61,20	132,00	80,40	63,00	68,40	126,00	90,60	114,00	86,72
8	Pasang pinggiran	Manual	71,40	48,00	54,00	36,00	53,00	41,00	56,00	60,00	66,60	55,00	54,10
9	<i>Tape edge</i> pinggiran	<i>Tape Edge</i>	387,00	348,32	483,20	254,40	366,20	321,40	352,43	380,00	453,00	343,00	368,90
10	Lem D16	Lem	38,00	28,00	11,00	21,00	20,00	25,00	30,00	36,00	28,00	28,00	26,50
11	Lem FFO	Lem	47,00	32,00	41,00	52,00	59,00	55,00	61,80	70,20	72,60	58,00	54,86
12	Lem D32 Ultracell	Lem	15,00	35,00	16,00	20,00	18,00	37,00	26,00	17,00	33,00	30,00	24,70
13	<i>Cutting layer</i>	Gunting	84,00	130,20	130,20	84,00	72,60	72,60	90,60	114,00	80,40	96,00	95,46
14	Lem badan atas	Lem	84,00	64,20	59,00	87,00	52,00	44,00	56,00	63,60	81,00	41,00	63,18
15	Gunting kain <i>pillowtop</i>	Gunting	21,40	47,60	19,80	35,40	60,40	57,32	47,50	32,50	27,00	39,60	38,85
16	<i>Tape edge pillowtop</i>	<i>Tape Edge</i>	141,60	253,20	137,40	145,80	190,80	199,20	213,00	252,60	196,20	189,00	191,88
17	Penyemprotan dengan angin	Alat semprot	15,4	10,43	22,1	27,3	15,3	18,7	25,6	20,1	23	20,3	19,82
18	Penyemprotan dengan wash benzene	Alat semprot	20,2	12,4	9,4	10,4	22,5	20,3	13,4	12,3	21,4	11,4	15,37
19	Cek kualitas <i>spring mattress</i>	Manual	52,60	50,00	57,00	40,00	30,00	35,00	46,00	25,00	55,00	41,00	43,16
20	Jahit atau lem benang loncat	Jarum/ Lem	45,34	78,30	65,40	57,20	30,40	25,10	70,30	80,12	87,40	79,30	61,89
21	Tempel <i>passed card</i>	Manual	10,20	17,20	9,80	11,30	8,20	12,30	7,80	10,50	14,20	12,30	11,38
22	<i>Packing manual</i>	Manual	132,00	150,00	123,60	121,20	130,80	132,00	92,40	94,80	93,00	86,40	115,62

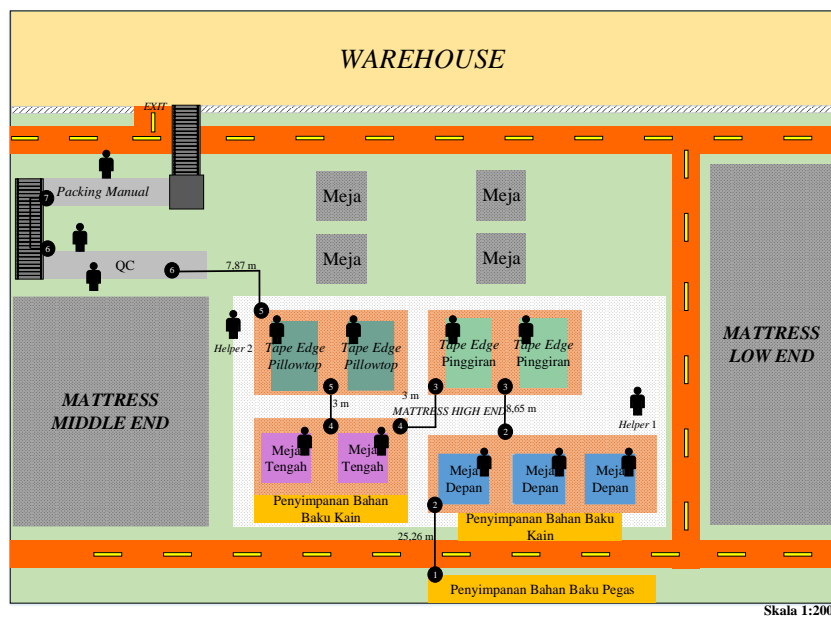
Tabel 2. Perpindahan material

No	Perpindahan	Jarak (m)	Kecepatan (m/jam)	Waktu (detik)
1	WIP in pegas - Stasiun Meja Depan	25,26	4.000	22,73
2	Stasiun Meja Depan - Stasiun <i>Tape Edge</i> pinggiran	8,65	4.000	7,79
3	Stasiun <i>Tape Edge</i> pinggiran - Stasiun Meja Tengah	3,00	4.000	2,70
4	Stasiun Meja Tengah- Stasiun <i>Tape Edge pillowtop</i>	3,00	4.000	2,70
5	Stasiun <i>Tape Edge pillowtop</i> - Stasiun QC	7,87	4.000	7,08

Tabel 3. Data target produksi/shift dan capaian produksi/shift

Tanggal	Target/Shift (unit)	Capaian/ Shift (unit)	Selisih/Shift (unit)
09-Oct-2023	107	107	0
10-Oct-2023	122	113	9
11-Oct-2023	123	112	11
12-Oct-2023	118	111	7
13-Oct-2023	110	110	0
14-Oct-2023	76	76	0
16-Oct-2023	94	94	0
17-Oct-2023	94	94	0
18-Oct-2023	127	111	16
19-Oct-2023	120	109	11
20-Oct-2023	127	110	17
21-Oct-2023	88	88	0
23-Oct-2023	122	111	11
24-Oct-2023	121	112	9
25-Oct-2023	107	107	0
26-Oct-2023	130	115	15
27-Oct-2023	116	111	5
28-Oct-2023	96	96	0
30-Oct-2023	122	114	8
31-Oct-2023	121	110	11
Total	2241	2111	130

Data waktu pada setiap operasi hanya diambil sepuluh kali karena keterbatasan waktu dan kebijakan perusahaan. Data waktu operasi ini akan diolah menjadi data waktu baku. Perpindahan dilakukan secara manual oleh *helper* dengan kecepatan berjalan normal, yaitu 4.000 m/jam. *Layout* lini produksi dan aliran material pada bagian perakitan diperlihatkan dalam Gambar 7.



Gambar 7. *Layout* perakitan

### 3.2 Hasil Perhitungan Waktu Baku

Waktu baku proses perakitan produk GR didapatkan dengan terlebih dahulu melakukan perhitungan waktu siklus, lalu perhitungan waktu normal dan akhirnya perhitungan waktu baku. Waktu siklus yang dihitung ada dua kelompok, yaitu waktu siklus operasi dan waktu siklus perpindahan, ditunjukkan berturut-turut dalam Tabel 1 dan Tabel 2. Hasil perhitungan waktu normal dan waktu baku disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Waktu normal dan waktu baku

Proses	Waktu Normal (detik)	Waktu Baku (detik)	Proses	Waktu Normal (detik)	Waktu Baku (detik)
O-1	7,92	8,95	O-12	22,97	25,96
O-2	89,48	101,12	O-13	88,78	99,43
O-3	137,27	155,11	O-14	58,76	66,40
O-4	70,13	79,25	Stasiun Meja Tengah- Stasiun <i>Tape Edge pillowtop</i>	2,51	3,60
WIP in pegas - Stasiun Meja Depan	21,82	31,32	O-15	36,13	42,46
O-5	20,99	30,12	O-16	184,20	220,12
O-6	89,48	101,12	Stasiun <i>Tape Edge pillowtop</i> - Stasiun QC	6,59	9,45
O-7	80,65	91,13	O-17	18,44	20,65
O-8	50,31	56,85	O-18	14,29	16,01
Stasiun Meja Depan - Stasiun <i>Tape Edge</i> pinggiran	7,24	10,39	I-1	40,14	47,77
O-9	354,14	423,20	O-19	59,41	66,54
Stasiun <i>Tape Edge</i> pinggiran - Stasiun Meja Tengah	2,51	3,60	O-20	10,58	11,85
O-10	24,65	27,85	O-21	107,53	120,43
O-11	51,02	57,65			

### 3.3 Hasil Pengolahan Data Saat Ini

Kondisi *line balancing* saat ini disajikan dalam Tabel 5. Berdasarkan pengumpulan data, proses perakitan *spring mattress* GR dibagi menjadi 6 stasiun kerja dengan jumlah 12 operator secara keseluruhan. Dalam menghitung waktu siklus diperlukan data waktu kerja, efisiensi, utilisasi, dan target produksi. Berdasarkan pengumpulan data, jam kerja operator perakitan adalah 7 jam/*shift* dengan efisiensi sebesar 94,20% dan utilisasi sebesar 90% serta target produksi sebanyak 2.241 unit/20 *shift*.

Diketahui proses ke-9 pada stasiun kerja perakitan 2, yaitu proses *tape edge* pinggiran membutuhkan waktu proses paling lama di antara seluruh waktu proses produk *spring mattress* GR dengan waktu 423,30 detik. Proses tersebut dikerjakan oleh 2 operator sehingga waktu siklus proses ke-9 menjadi 211,60 detik. Perhitungan waktu siklus:

$$\begin{aligned}
 WS &= \text{maksimasi} \left\{ 211,60; \frac{20 \text{ shift} \times 7 \text{ jam} \times 3.600 \text{ detik/jam} \times 94,20\% \times 90\%}{2.241 \text{ unit}} \right\} \\
 &= \text{maksimasi} \{ 211,60; 190,67 \} \\
 &= 211,60 \text{ detik/unit}
 \end{aligned}$$

Perhitungan *takt time* dilakukan untuk melakukan pengaturan lini produksi agar sesuai dengan target produksi yang telah ditetapkan perusahaan yaitu 2.241 unit/20 *shift*. Perhitungan *takt time*:

$$\begin{aligned}
 \text{Takt Time} &= \frac{20 \text{ shift} \times 7 \text{ jam} \times 3.600 \text{ detik/jam} \times 94,20\% \times 90\%}{2.241 \text{ unit}} \\
 &= 190,67 \text{ detik/unit}
 \end{aligned}$$

PAM yang memetakan seluruh aktivitas produksi saat ini pada bagian perakitan secara detail diperlihatkan pada Tabel 6. Seluruh aktivitas akan diidentifikasi jenisnya berdasarkan hasil observasi di lapangan dan wawancara dengan *Unit Head* Perakitan.

Tabel 5. *Line balancing* saat ini

Stasiun Kerja (SK)	Operasi	Waktu Operasi (detik)	Total Waktu Operasi (detik)	Jumlah Operator	Waktu Operasi/ Operator (detik)	Total Waktu Operasi tiap Stasiun (detik)
1	O-1	8,95	623,65	3	2,98	207,88
	O-2	101,12			33,71	
	O-3	155,11			51,70	
	O-4	79,25			26,42	
	O-5	30,12			10,04	
	O-6	101,12			33,71	
	O-7	91,13			30,38	
	O-8	56,85			18,95	
2	O-9	423,20	423,20	2	211,60	211,60
	O-10	27,85	277,29	2	13,92	138,64
O-11	57,65	28,83				
3	O-12	25,96			12,98	
	O-13	99,43			49,72	
4	O-14	66,40	262,58	2	33,20	131,29
	O-15	42,46			21,23	
	O-16	220,12			110,06	
5	O-17	20,65	162,82	2	10,32	81,41
	O-18	16,01			8,00	
	I-1	47,77			23,88	
	O-19	66,54			33,27	
	O-20	11,85			5,93	
6	O-21	120,43	120,43	1	120,43	120,43

Tabel 6. *Process Activity Mapping* saat ini

No	Proses	Aktivitas	Mesin/ Alat	Jarak (m)	Waktu (detik)	Jumlah Operator	Aktivitas	VA/NVA/ NNVA	Jenis Waste
1	Perakitan 1	Menunggu proses <i>tape edge</i> pinggiran selesai	-		3,72	3	D	NVA	<i>Waiting time</i>
		Pasang FFO	-		8,95		O	VA	
		Lem <i>cottonsheet</i> 1	Lem		101,12		O	VA	
		Lem Encase	Lem		155,11	O	VA		
		Lem badan bawah	Lem		79,25	O	VA		
		Perpindahan <i>bonnel</i> ke meja <i>assembly</i> 1	-	25,26	31,32	2	T	NNVA	<i>Transportation</i>
		Isi <i>bonnel</i>	-		30,12	3	O	VA	
		Lem <i>cottonsheet</i> 2	-		101,12		O	VA	
		Lem <i>pillowtop</i>	Lem		91,13		O	VA	
		Pasang pinggiran	-		56,85	O	VA		
		Perpindahan ke mesin <i>tape edge</i>	-	8,65	10,39	2	T	NNVA	<i>Transportation</i>
2	<i>Tape edge</i> pinggiran	<i>Tape edge</i> pinggiran	Mesin <i>Tape edge</i>		423,20	2	O	VA	
		Perpindahan ke meja Tengah	-	3	3,60	2	T	NNVA	<i>Transportation</i>
3	Perakitan 2	Menunggu hasil <i>tape edge</i> pinggiran	-		72,96	2	D	NVA	<i>Waiting time</i>
		Lem D16	Lem		27,85		O	VA	
		Lem FFO	Lem		57,65		O	VA	
		Lem D32 Ultracell	Lem		25,96	O	VA		
		<i>Cutting layer</i>	-		99,43	O	VA		
		Lem badan atas	Lem		66,40	O	VA		
Perpindahan ke mesin <i>tape edge</i>	-	3	3,60	2	T	NNVA	<i>Transportation</i>		
4	<i>Tape edge pillowtop</i>	Menunggu hasil perakitan 2	-		80,31	2	D	NVA	<i>Waiting time</i>
		Gunting kain <i>pillowtop</i> yang terlalu panjang di <i>spring mattress</i>	-		42,46		O	VA	

Tabel 6. *Process Activity Mapping* saat ini (lanjutan)

No	Proses	Aktivitas	Mesin/ Alat	Jarak (m)	Waktu (detik)	Jumlah Operato r	Aktivitas	VA/NVA/ NNVA	Jenis Waste	
4	<i>Tape edge pillowtop</i>	<i>Tape edge pillowtop</i>	Mesin <i>Tape edge</i>		220,12		O	VA		
		Perpindahan ke QC	-	7,87	9,45	2	T	NNVA	<i>Transportation</i>	
		Menunggu hasil <i>tape edge pillowtop</i>	-			130,19		D	NVA	<i>Waiting time</i>
		Penyemprotan <i>spring mattress</i> dengan angin	Alat semprot angin			20,65		O	VA	
5	QC	Penyemprotan <i>spring mattress</i> dengan wash benzene	Alat semprot wash benzene		16,01	2	O	VA		
		Cek kualitas <i>spring mattress</i>	-		47,77		I	NNVA		
		Jahit atau lem benang loncat pada hasil <i>tape edge</i>	-		66,54		D	NVA	<i>Overprocessing dan Defect</i>	
		Tempel <i>passed card</i>	-		11,85		O	VA		
		Menunggu hasil QC	-		91,17			NVA	<i>Waiting time</i>	
6	<i>Packing</i>	<i>Packing manual 1</i>	-		120,43	1	O	VA		

Jumlah dan persentase waktu aktivitas berdasarkan PAM dapat dilihat pada Tabel 7, *Idle time* berdasarkan PAM dapat dilihat pada Tabel 8. Dalam CVSM terdapat informasi mengenai langkah-langkah proses, waktu proses, *takt time*, jumlah persediaan, aliran informasi dan material, serta elemen-elemen lainnya untuk membantu mengidentifikasi dan mengurangi *waste* pada kondisi saat ini. CVSM perusahaan saat ini dapat dilihat pada Gambar 8.

Berdasarkan hasil pengolahan data *Process Activity Mapping* (PAM) saat ini dan *Current State Value Stream Mapping* (CVSM) yang diperoleh penulis melalui hasil observasi di lapangan dan wawancara dengan *Unit Head* Perakitan, maka didapatkan hasil identifikasi *waste* yang mempengaruhi waktu siklus proses perakitan *spring mattress* GR. Tabel 9 merupakan keterangan dan total waktu aktivitas NNVA dan NVA yang diidentifikasi sebagai *waste*.

Efektivitas lini saat ini dihitung melalui *balance delay* dan kapasitas efektif. Berikut ini adalah perhitungan efektivitas lini saat ini:

$$\begin{aligned}
 \text{Balance Delay} \\
 BD &= \frac{6 \times 211,60 - 891,25}{6 \times 211,60} \times 100\% \\
 &= 29,80\%
 \end{aligned}$$

Kapasitas Efektif

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas Efektif} &= \frac{20 \text{ shift} \times 7 \text{ jam} \times 3.600 \text{ detik/jam} \times 94,20\% \times 90\%}{211,60 \text{ detik/unit}} \\
 &= 2.019,33 \approx 2.019 \text{ unit/20 shift}
 \end{aligned}$$

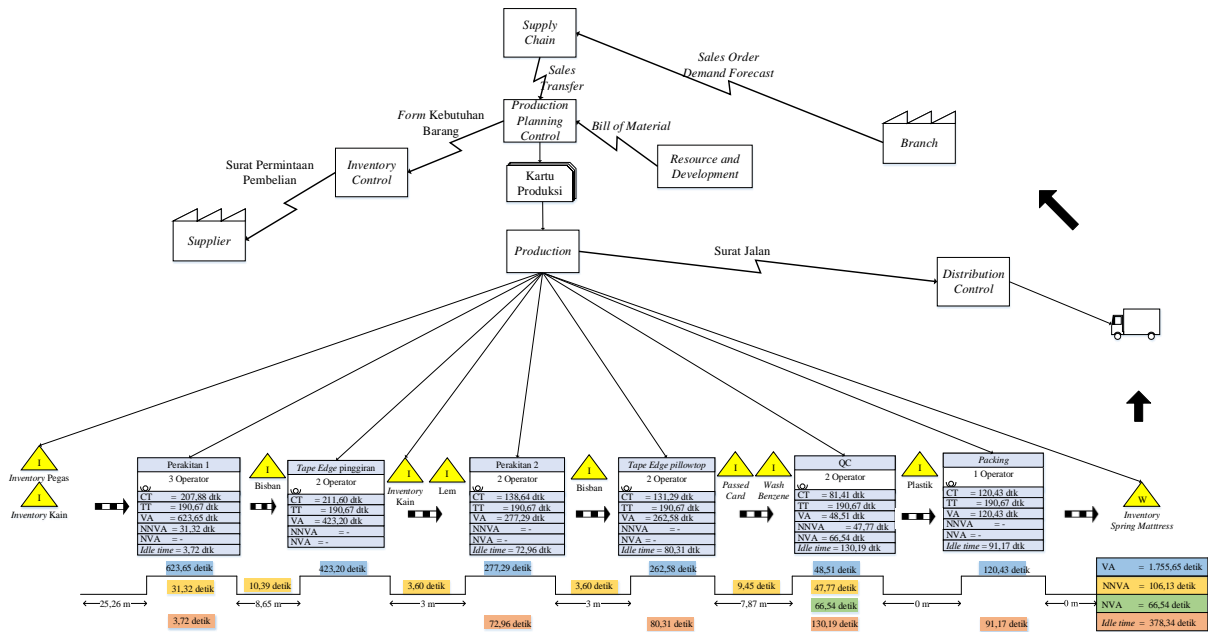
Dengan demikian kondisi *line balancing* saat ini hanya mampu menghasilkan 2.019 unit/20 *shift*.

Tabel 7. Jumlah dan persentase waktu aktivitas

Aktivitas	Jumlah	Waktu (detik)	Persentase	VA (detik)	NNVA (detik)	NVA (detik)
<i>Operation</i>	20	1.755,65	91,05%	1.755,65		
<i>Transportation</i>	5	58,37	3,03%		58,37	
<i>Inspection</i>	1	47,77	2,48%		47,77	
<i>Storage</i>	0	0,00	0,00%			
<i>Delay</i>	1	66,54	3,45%			66,54
Total	27	1.928,32	100,00%	1.755,65	106,13	66,54

Tabel 8. Aktivitas *idle time*

Proses	Idle Time (detik)
Perakitan 1	3,72
Perakitan 2	72,96
TE pillowtop	80,31
QC	130,19
Packing	91,17
Total	378,34



Gambar 8. *Current Value Stream Mapping*

Tabel 9. Keterangan aktivitas *waste* saat ini

No	Aktivitas	Waktu (detik)	Keterangan	Jenis Waste	Total Waktu Tiap Waste (detik)	Persentase
1	Perpindahan <i>bonnel</i> ke meja depan	31,32	NNVA			
2	Perpindahan ke mesin <i>tape edge</i> pinggiran	10,39	NNVA			
3	Perpindahan ke meja Tengah	3,60	NNVA	Transportation	58,37	3,03%
4	Perpindahan ke mesin <i>tape edge</i> pillowtop	3,60	NNVA			
5	Perpindahan ke QC	9,45	NNVA			
6	Operator menunggu proses <i>tape edge</i> pinggiran selesai	3,72	NVA			
7	Operator menunggu hasil <i>tape edge</i> pinggiran	72,96	NVA			
8	Operator menunggu hasil perakitan 2	80,31	NVA	Waiting time	378,34	19,62%
9	Operator menunggu hasil <i>tape edge</i> pillowtop	130,19	NVA			
10	Operator menunggu hasil QC	91,17	NVA			
11	Jahit atau lem benang loncat pada hasil <i>tape edge</i>	66,54	NVA	Overprocessing dan Defect	66,54	3,45%

### 3.4 Identifikasi Waste

Berdasarkan identifikasi akar masalah melalui hasil 5 *whys analysis*, maka diberikan usulan perbaikan untuk meminimasi masing-masing *waste*, seperti ditunjukkan dalam Tabel 10. Minimasi *waste* dilakukan secara bertahap, dimulai dari *waste* terkecil hingga terbesar, yaitu *transportation* dengan alat *material handling*, lalu *overprocessing* dan *defect* dengan pengawasan serta pelatihan SOP dan kemudian *waiting time* dengan *line balancing*.

Tabel 10. 5 *whys analysis*

Waste	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5	Usulan Perbaikan
Overprocessing dan defect Aktivitas NVA karena adanya defect	Mengapa Operator QC melakukan aktivitas yang seharusnya tidak dilakukan di bagian QC, yaitu menjahit atau lem benang loncat pada hasil <i>tape edge</i> ?	Mengapa jahitan <i>Tape Edge</i> dan Bisban tidak rapi, tidak lurus, tidak kencang dan loncat?	Mengapa jarum <i>tape edge</i> menabrak <i>bonnel</i> dan menjadi longgar?	Mengapa jarak jarum terlalu dekat dengan <i>bonnel</i> ?	Mengapa operator <i>tape edge</i> tidak teliti ketika melakukan <i>adjustment</i> ketinggian mesin?	Melakukan pengawasan terhadap <i>Standard Operating Procedures</i> (SOP) yang ada secara ketat dan memberikan pelatihan kepada operator <i>tape edge</i>
	Jawaban: Karena jahitan <i>Tape Edge</i> dan Bisban tidak rapi, tidak lurus, tidak kencang dan loncat	Jawaban: Karena jarum <i>tape edge</i> menabrak <i>bonnel</i> dan menjadi longgar	Jawaban: Karena jarak jarum terlalu dekat dengan <i>bonnel</i>	Jawaban: Karena operator <i>tape edge</i> tidak teliti ketika melakukan <i>adjustment</i> ketinggian mesin	Jawaban: Karena operator <i>tape edge</i> kurang maksimal dalam melakukan <i>self checking</i> dan tidak diberikan pelatihan dan evaluasi secara rutin	
Waiting time Idle Time	Mengapa terjadi <i>idle time</i> (operator mengganggu karena menunggu proses stasiun sebelumnya)?	Mengapa stasiun sebelumnya memiliki waktu siklus yang lebih lama?	Mengapa beban kerja atau tugas di stasiun tersebut tidak seimbang?			<i>line balancing</i>
	Jawaban: Karena stasiun sebelumnya memiliki waktu siklus yang lebih lama dibandingkan stasiun lain di jalur produksi	Jawaban: Karena beban kerja atau tugas di stasiun tersebut tidak seimbang, beberapa pekerjaan membutuhkan lebih banyak waktu dibandingkan yang lain	Jawaban: Karena kurangnya perhatian terhadap metode <i>line balancing</i> , dan tugas-tugas tidak didistribusikan secara optimal di seluruh stasiun			
Transportation Perpindahan	Mengapa terjadi <i>waste transportation</i> pada produksi <i>spring mattress</i> ?	Mengapa bahan baku pegas ( <i>bonnel</i> ) harus dipindahkan satu persatu				Alat <i>material handling</i>
	Jawaban: Karena bahan baku pegas ( <i>bonnel</i> ) harus dipindahkan satu persatu	Jawaban: Karena ukuran <i>bonnel</i> besar dan berat serta adanya keterbatasan fisik <i>helper</i>				

### 3.5 Hasil Pengolahan Data Usulan

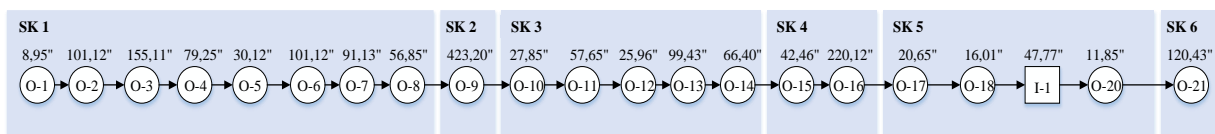
Berdasarkan faktor penyesuaian, waktu normal perpindahan *bonnel* dengan menggunakan *hand pallet* adalah 21,82 detik dan berdasarkan faktor kelonggaran, waktu baku menjadi 27,83 detik. Perbandingan waktu siklus perpindahan *bonnel* sebelum dan setelah penggunaan AMH diperlihatkan pada Tabel 11.



Tabel 11. Perbandingan waktu baku perpindahan *bonnel*

Proses	Waktu Baku (detik)	Kapasitas Angkut (unit)	Jumlah <i>Helper</i> (orang)	Waktu /Kali Angkut / <i>Helper</i> (detik)
WIP in pegas - Meja Depan (Manual)	31,32	1	2	15,66
WIP in pegas - Meja Depan (AMH)	27,83	10	2	1,39

Dengan adanya pengawasan SOP, pelatihan, dan evaluasi kepada operator *tape edge*, maka proses operasi jahit atau lem benang loncat pada hasil *tape edge* yang merupakan NVA yang termasuk *waste overprocessing* di stasiun QC dapat dihilangkan. Gambar 9 menunjukkan *precedence diagram* setelah menghilangkan operasi jahit atau lem benang loncat.



Gambar 9. *Precedence diagram* setelah usulan

Berdasarkan hasil 5 *whys analysis*, akar masalah dari *waste waiting time* adalah karena kurangnya perhatian terhadap metode *line balancing*, yaitu tugas-tugas tidak didistribusikan secara optimal di seluruh stasiun. Oleh karena itu, dalam upaya meminimasi waktu *idle time* yang merupakan *waste waiting time*, maka diberikan usulan untuk melakukan *line balancing* dengan metode *Rank Positional Weight* dengan syarat sebagai berikut:

- Waktu Stasiun (ST) tidak boleh lebih dari *WSi*, yaitu 423,20 detik.
- Proses inspeksi dengan proses *tape edge* tidak boleh dibebankan di Stasiun Kerja (SK) yang sama karena keduanya membutuhkan ketelitian tinggi.
- Proses yang menggunakan mesin lem dan mesin *tape edge* tidak dapat dibebankan di SK yang sama karena dilakukan di mesin yang berbeda

Hasil *line balancing* yang dilakukan diperlihatkan dalam Tabel 12.

Tabel 12. *Line balancing* RPW

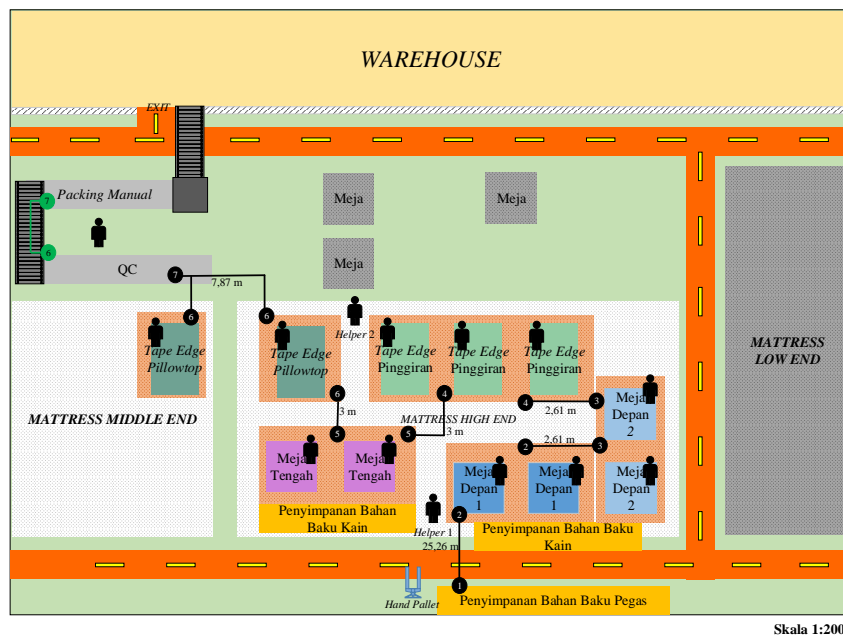
Stasiun Kerja	Operasi	Waktu Operasi (detik)	Kumulatif Waktu Stasiun (detik)
1	O-1	8,95	8,95
	O-2	101,12	110,07
	O-3	155,11	265,18
	O-4	79,25	344,43
	O-5	30,12	374,54
2	O-6	101,12	101,12
	O-7	91,13	192,25
	O-8	56,85	249,11
3	O-9	423,20	423,20
4	O-10	27,85	27,85
	O-11	57,65	85,50
	O-12	25,96	111,46
	O-13	99,43	210,89
	O-14	66,40	277,29
	O-15	42,46	319,74
5	O-16	220,12	220,12
	O-17	20,65	240,77
	O-18	16,01	256,78
6	I-1	47,77	47,77
	O-20	11,85	59,62
	O-21	120,43	180,05

Hasil keseimbangan lintasan yang telah diperoleh dengan *line balancing* metode RPW masih dapat dilakukan peningkatan melalui *paralleling* dengan mengoptimalkan jumlah operator setiap stasiun kerja, sehingga dapat mencapai target produksi. Berdasarkan pengolahan data saat ini, untuk mencapai target produksi, dibutuhkan *takt time* sebesar 190,67 detik. Hasil *paralleling* diperlihatkan dalam Tabel 13.

Tabel 13. *Paralleling* RPW

Stasiun Kerja (SK)	Operasi	Waktu Operasi (detik)	Takt Time (detik)	Jumlah Operator	Pembulatan Jumlah Operator	Waktu Operasi Terbaru (detik)
1	O-1	374,54	190,67	1,96	2	187,27
	O-2					
	O-3					
	O-4					
	O-5					
2	O-6	249,11		1,31	2	124,55
	O-7					
	O-8					
3	O-9	423,20		2,22	3	141,07
4	O-10	319,74		1,68	2	159,87
	O-11					
	O-12					
	O-13					
	O-14					
5	O-15	256,78		1,35	2	128,39
	O-16					
	O-17					
	O-18					
6	I-1	180,05	0,94	1	180,05	
	O-20					
	O-21					

Setelah penerapan usulan berupa Alat MH, SOP, dan *line balancing*, *layout* lini produksi bagian perakitan terdapat perubahan, yaitu tersedianya AMH berupa hand pallet pada penyimpanan bahan baku pegas, bertambahnya stasiun kerja meja depan 2, bertambahnya satu mesin *tape edge* sehingga menggunakan mesin *tape edge* pada lini produksi *spring mattress middle end*, dan Operator QC dan *packing* menjadi satu orang. *Layout* tersebut diperlihatkan pada Gambar 10.



Gambar 10. *Layout* perakitan usulan

*Process Activity Mapping* (PAM) usulan yang memetakan seluruh aktivitas produksi sesuai usulan yang diberikan pada bagian perakitan secara detail diperlihatkan dalam Tabel 14. Jumlah dan persentase waktu aktivitas berdasarkan PAM usulan dapat dilihat dalam Tabel 15, sedangkan *Idle time* berdasarkan PAM usulan dapat dilihat dalam Tabel 16.

Tabel 14. *Process Activity Mapping* usulan

No	Proses	Aktivitas	Mesin/ Alat	Jarak (m)	Waktu (detik)	Jumlah Operator	Aktivitas	VA/NVA /NNVA
1	Perakitan 1a	Pasang FFO	-		8,95	2	O	VA
		Lem <i>cottonsheet</i> 1	Lem		101,12		O	VA
		Lem Encase	Lem		155,11		O	VA
		Lem badan bawah	Lem		79,25		O	VA
		Perpindahan <i>bonnel</i> ke meja depan 1	-	25,26	27,83	2	T	NNVA
		Isi <i>bonnel</i>	-		30,12	2	O	VA
		Perpindahan ke meja depan 2	-	2,61	3,13	2	T	NNVA
2	Perakitan 1b	Menunggu hasil perakitan 1a	-		62,72	2	D	NVA
		Lem <i>cottonsheet</i> 2	-		101,12		O	VA
		Lem <i>pillowtop</i>	Lem		91,13		O	VA
		Pasang pinggiran	-		56,85		O	VA
		Perpindahan ke mesin <i>tape edge</i>	-	2,61	3,13	2	T	NNVA
3	Tape edge pinggiran	Menunggu hasil perakitan 1b	-		46,21	3	D	NVA
		Tape edge pinggiran	Mesin Tape edge		423,20		O	VA
		Perpindahan ke meja tengah	-	3	3,60	2	T	NNVA
4	Perakitan 2	Menunggu hasil <i>tape edge</i> pinggiran	-		27,40	2	D	NVA
		Lem D16	Lem		27,85		O	VA
		Lem FFO	Lem		57,65		O	VA
		Lem D32 Ultracell	Lem		25,96		O	VA
		<i>Cutting layer</i>	-		99,43		O	VA
		Lem badan atas	Lem		66,40		O	VA
		Gunting kain <i>pillowtop</i> yang terlalu panjang di <i>spring mattress</i>	-		42,46		O	VA
		Perpindahan ke mesin <i>tape edge</i>	-	3	3,60	2	T	NNVA
5	Tape edge pillowtop	Menunggu hasil perakitan 2	-		58,88	2	D	NVA
		Tape edge <i>pillowtop</i>	Mesin Tape edge		220,12		O	VA
		Penyemprotan <i>spring mattress</i> dengan angin	Alat semprot angin		20,65		O	VA
		Penyemprotan <i>spring mattress</i> dengan <i>wash benzene</i>	Alat semprot <i>wash benzene</i>		16,01		O	VA
		Perpindahan ke QC	-	7,87	9,45	2	T	NNVA
6	QC & Packing	Menunggu hasil <i>tape edge</i> <i>pillowtop</i>	-		7,22	1	D	NVA
		Cek kualitas <i>spring mattress</i>	-		47,77		I	NNVA
		Tempel <i>passed card</i>	-		11,85		O	VA
		Packing manual 1	-		120,43		O	VA

Tabel 15. Jumlah dan persentase waktu aktivitas usulan

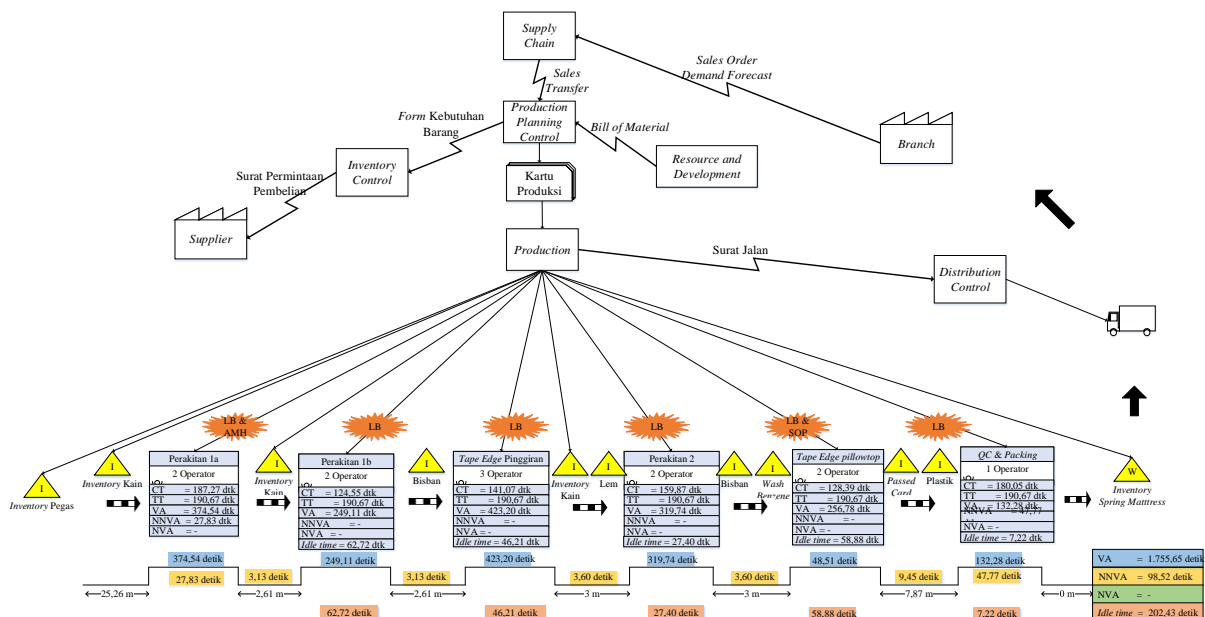
Aktivitas	Jumlah	Waktu (detik)	Presentase	VA (detik)	NNVA (detik)	NVA (detik)
<i>Operation</i>	20	1.755,65	94,69%	1.755,65		
<i>Transportation</i>	6	50,76	2,74%		50,76	
<i>Inspection</i>	1	47,77	2,58%		47,77	
<i>Storage</i>	0	0,00	0,00%			
<i>Delay</i>	0	0,00	0,00%			0,00
<b>Total</b>	<b>27</b>	<b>1.854,17</b>	<b>100,00%</b>	<b>1.755,65</b>	<b>98,52</b>	<b>0,00</b>

Tabel 16. Aktivitas *idle time*

Proses	<i>Idle Time</i> (detik)
Perkitan 1b	62,72
TE pinggiran	46,21
Perakitan 2	27,40
TE <i>pillowtop</i>	58,88
QC & Packing	7,22
<b>Total</b>	<b>202,43</b>

Dalam FVSM terdapat informasi mengenai langkah-langkah proses, waktu proses, *takt time*, jumlah persediaan, aliran informasi dan material, serta elemen-elemen lainnya pada proses produksi *spring mattress* GR setelah diberikan usulan. FVSM diperlihatkan pada Gambar 11.

Berdasarkan hasil pengolahan data *Process Activity Mapping* (PAM) usulan dan *Future State Value Stream Mapping* (FVSM), didapatkan hasil identifikasi *waste* yang mempengaruhi waktu siklus proses perakitan *spring mattress* GR setelah dilakukan beberapa usulan. Tabel 17 merupakan keterangan dan total waktu aktivitas NNVA dan NVA yang diidentifikasi sebagai *waste*.



Gambar 11. *Future Value Stream Mapping*

Tabel 17. Keterangan aktivitas waste setelah usulan

No	Aktivitas	Waktu (detik)	Keterangan	Jenis Waste	Total waktu tiap waste (detik)	Persentase
1	Perpindahan <i>bonnel</i> ke meja depan 1	27,83	NNVA			
2	Perpindahan ke meja depan 2	3,13	NNVA			
3	Perpindahan ke mesin <i>tape edge</i>	3,13	NNVA	Transportation	50,76	2,74%
4	Perpindahan ke meja tengah	3,60	NNVA			
5	Perpindahan ke mesin <i>tape edge</i>	3,60	NNVA			
6	Perpindahan ke QC	9,45	NNVA			
7	Menunggu hasil perakitan 1a	62,72	NVA			
8	Menunggu hasil perakitan 1b	46,21	NVA			
9	Menunggu hasil <i>tape edge</i> pinggiran	27,40	NVA	Waiting time	202,43	10,92%
10	Menunggu hasil perakitan 2	58,88	NVA			
11	Menunggu hasil <i>tape edge pillowtop</i>	7,22	NVA			

Berdasarkan hasil pengerjaan *line balancing* dan *paralleling* metode RPW, produk *spring mattress GR* membutuhkan 6 SK di bagian perakitan. Efektivitas lini usulan dihitung melalui *Balance Delay* (BD) dan kapasitas efektif. Berikut ini adalah perhitungan efektivitas lini usulan:

*Balance Delay*

$$BD = \frac{6 \times 190,67 - 921,20}{6 \times 190,67} \times 100\% = 19,48\%$$

Kapasitas Efektif

$$\text{Kapasitas Efektif} = \frac{20 \text{ shift} \times 7 \text{ jam} \times 3.600 \text{ detik/jam} \times 94,20\% \times 90\%}{187,27 \text{ detik/unit}} = 2.281,68 \approx 2.281 \text{ unit}/20 \text{ shift}$$

Demikianlah, kondisi *line balancing* usulan mampu menghasilkan 2.281 unit/20 *shift*.

Penerapan usulan untuk mengurangi *waste* dalam proses perakitan *spring mattress* di PT X membawa berbagai implikasi manajerial yang signifikan, diantaranya:

- Manajemen harus berinvestasi dalam program pelatihan berkelanjutan dan pengawasan yang ketat untuk memastikan SOP diikuti dengan baik untuk operator *tape edge* sehingga membantu mengurangi *waste defect* dan *overprocessing*.
- Manajer logistik dan produksi perlu mengkoordinasikan penggunaan alat bantu ini dengan baik untuk memaksimalkan efisiensi transportasi internal untuk mengurangi *waste transportation* memastikan pergerakan material yang lebih efisien dan cepat di lantai produksi.
- Manajemen perlu memastikan bahwa metode *line balancing* diterapkan secara efektif dan terus dievaluasi untuk penyesuaian lebih lanjut untuk mengurangi *waste waiting time* sehingga distribusi beban kerja lebih merata dan efisien di sepanjang lini produksi.

#### 4. Simpulan

Dari penelitian yang dilakukan diketahui bahwa aktivitas *non-value-added* yang merupakan *waste* pada proses perakitan *spring mattress* adalah aktivitas jahit atau lem benang loncat pada hasil *tape edge* yang terjadi di stasiun QC selama 66,54 detik dan *idle time* yang terdapat pada stasiun meja depan selama 3,72 detik, meja tengah selama 72,96 detik, *tape edge pillowtop* selama 80,31 detik, QC selama 130,19 detik, dan *packing* selama 91,17 detik. Hasil dari analisis menunjukkan bahwa *waste* yang berpengaruh terhadap *cycle time* proses perakitan *spring mattress* adalah *waste transportation* selama 58,37 detik atau 3,03% dari *cycle time*, *waste waiting time* selama 378,34 detik atau 19,62% dari *cycle time*, serta *waste defect* dan *overprocessing* selama 66,54 detik atau 3,45% dari *cycle time*.

Usulan yang dapat diberikan untuk mengurangi *waste* yang terjadi dalam proses perakitan *spring mattress* adalah penggunaan AMH berupa *hand pallet* yang dapat mengangkut 10 *bonnel* untuk mengurangi *waste transportation* sehingga berkurang menjadi 50,76 detik atau 2,74% dari *cycle time*, pengawasan dan pelatihan SOP untuk operator *tape edge* untuk mengurangi *waste defect* dan *overprocessing* sehingga berkurang menjadi 0 detik atau 0% dari *cycle time*, serta perhitungan *line balancing* dengan metode heuristik menggunakan metode RPW untuk meminimasi *waste waiting time* sehingga berkurang menjadi 202,43 detik atau 10,92% dari *cycle time*.

Manfaat yang dapat diperoleh perusahaan dengan menerapkan usulan untuk mengurangi *waste* yang terjadi dalam proses perakitan *spring mattress* adalah pengurangan *cycle time* dari 1928,32 detik menjadi 1854,17, sehingga siklus produksi menjadi lebih cepat dan menyebabkan peningkatan efisiensi produksi karena pekerjaan dapat diselesaikan dengan lebih efisien, tanpa menunggu waktu yang lama. Di samping itu terjadinya peningkatan produktivitas, karena dapat menyelesaikan lebih banyak unit produk dalam waktu yang lebih singkat. Hal tersebut dapat disimpulkan berdasarkan perhitungan kapasitas efektif dari 2.019 unit/periode bertambah menjadi 2.281 unit/periode setelah penerapan usulan. Dengan demikian perusahaan dapat mencapai target produksi (sebesar 2.241 unit/periode), bahkan melebihinya.

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebaiknya untuk data waktu proses dilakukan pengujian kenormalan data, keseragaman data, dan kecukupan data terlebih dahulu sebelum ditambahkan faktor penyesuaian dan kelonggaran. Hal tersebut tidak dilakukan dalam penelitian ini dikarenakan adanya keterbatasan waktu yang tersedia. Selain itu, pengolahan data *line balancing* dapat dilakukan dengan bantuan simulasi agar penyelesaian *line balancing* lebih cepat dan memperhitungkan utilisasi operator, penggunaan mesin/alat, serta waktu *setup* secara optimal.

### Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada Universitas Kristen Maranatha yang telah berkontribusi mensponsori penelitian ini.

### Daftar Pustaka

- Amanullah, M.N., Damayanti, D.D. and Juliani, W.J.W. (2017) 'Perancangan mixed model untuk minimasi idle time pada proses pengepakan di PTPN VIII Ciater', *eProceedings of Engineering*, 4(2), pp. 2499–2506.
- Baroto, T. (2002) *Perencanaan dan pengendalian produksi*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Fatma, N.F., Ponda, H. and Sutisna, E. (2022) 'Penerapan lean manufacturing dengan metode Value Stream Mapping untuk mengurangi waste pada proses pengecekan material bahan baku ke lini produksi', *Journal Industrial Manufacturing*, 7(1). Available at: <https://doi.org/10.31000/jim.v7i1.5969>.
- Ferdiansyah, R., Budiharti, N. and Adriantantri, E. (2023) 'Penerapan lean manufacturing untuk mengurangi waste menggunakan metode Value Stream Mapping pada UMKM Sambel Pecel Mbak Ti', *Jurnal Valtech (Jurnal Mahasiswa Teknik Industri)*, 6(1), pp. 1–7.
- Firdaus, R.Z. and Wahyudin, W. (2023) 'Penerapan konsep lean manufacturing untuk meminimasi waste pada PT Anugerah Damai Mandiri (ADM)', *Journal of Integrated System*, 6(1). Available at: <https://doi.org/10.28932/jis.v6i1.5632>.
- Hardianza, D.A. (2016) *Implementasi lean manufacturing dengan metode Value Stream Mapping pada PT X. Surabaya*: Program Pascasarjana Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Heizer, J. and Render, B. (2006) *Operations management (manajemen operasi)*. Jakarta: Salemba Empat.
- Ikhsan, A.R. *et al.* (2020) 'Application of lean manufacturing using Value Stream Mapping on bearing replacement process for electric motor (case Study: PT. Pembangkit Jawa Bali - PLTU Indramayu)', *International Journal of Psychosocial Rehabilitation*, 24(7), pp. 2945–2953.

- Kevin, Saryatmo, M.A. and Andres (2023) 'Minimasi waste pada aktivitas proses produksi dengan pendekatan Value Stream Mapping (studi kasus: UKM Garmen X)', *Jurnal Mitra Teknik Industri*, 2(2). Available at: <https://doi.org/10.24912/jmti.v2i2.26970>.
- Moengin, P. and Ayunda, N. (2021) 'Lean manufacturing untuk meminimasi lead time dan waste agar tercapainya target produksi (studi kasus: PT. Rollflex Manufacturing Indonesia)', *Jurnal Teknik Industri*, 11(1). Available at: <https://doi.org/10.25105/jti.v11i1.9699>.
- Nugroho, D.S. and Nandiroh, S. (2023) 'Analisis penerapan lean manufacturing sepeda listrik di perusahaan X menggunakan metode VSM dan VALSAT', *Prosiding Simposium Nasional Rekayasa Aplikasi Perancangan dan Industri*, pp. 265–273.
- Rahman, A. (2021) 'Penerapan lean manufacturing untuk meminimalkan waste dengan menggunakan metode VSM dan WAM pada PT XYZ', *Seminar Nasional Penelitian LPPM UMJ* [Preprint].
- Rusdiana, D. (2023) 'Analisa manajemen resiko laboratorium farmasetika untuk persyaratan ISO 9001: 2015 menggunakan metode 5 Why Analysis', *AFAMEDIS*, 4(1), pp. 41–47.
- Sandroto, I.V. and Kurniadi (2007) 'Value Stream Mapping', in *Proceeding International Seminar on Industrial Engineering and Management*.
- Santoso, S. and Heryanto, R.M. (2017) *Perencanaan dan pengendalian produksi 1*. Bandung: Alfabeta.
- Setiawan, A.C. and Octavia, T. (2015) 'Upaya peningkatan output produksi di PT X', *Jurnal Titra*, 3(1), pp. 57-62.
- Sumasto, F. *et al.* (2023) 'Peningkatan value added dalam industri tahu melalui penerapan lean manufacturing dan analisis waste', *Jurnal Serambi Engineering*, 8(4). Available at: <https://doi.org/10.32672/jse.v8i4.6876>.
- Sutalaksana, I., Anggawisastra, R. and Tjakraatmadja, J. (2006) *Teknik dan tata cara kerja*. 2nd edn. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Wignjosuebrotto, S. (2006) *Pengantar teknik dan manajemen industri*. Surabaya: Guna Widya.