

## Analisis Waste pada Line Production Liquid Produk Sucralfate PT X dengan Menggunakan Pendekatan Value Stream Mapping

Nisaa Fatwa Rahmatii<sup>1</sup>, Didit Damur Rochman<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Universitas Widyatama

nisaafatwar@gmail.com<sup>1</sup>, diditdr@widyatama.ac.id<sup>2</sup>

### ABSTRACT

PT X is a pharmaceutical company that produces Sucralfate, an important pharmaceutical product requiring an efficient production process to meet market demand. This study aims to identify and address bottlenecks in the Sucralfate production line using Value Stream Mapping (VSM), Process Activity Mapping (PAM), and Waste Assessment Model (WAM) techniques. The Current State Map analysis reveals significant bottlenecks in the change over and documentation processes, primarily due to numerous Non-Value Added (NVA) activities. WAM identifies the primary waste as waiting, with a percentage of 26.30%, contributing to delays and increased lead time in production. To address these issues, several improvement suggestions have been formulated. For the dispensing stage, the implementation of an automated measurement system with integrated digital scales is proposed to enhance efficiency and accuracy. For the filling stage, it is recommended to replace the nozzle and add components to the hopper cap to reduce setup and repair time. The mixing process will also be optimized by adding an additional mixing tank and implementing batch campaigns to reduce waiting time between processes. Additionally, improvements to the documentation system by transitioning to a digital ERP-integrated system are proposed to accelerate QC verification and reduce waiting time. Although the Future State Map has not yet demonstrated a significant reduction in inventory or lead time, it is anticipated that the proposed improvements will significantly reduce NVA activities, leading to a positive impact on inventory reduction and increased efficiency in the Sucralfate production line at PT X.

**Keywords:** value stream mapping, process activity mapping, waste assessment model

### ABSTRAK

PT X adalah perusahaan farmasi yang memproduksi obat Sucralfate, sebuah produk farmasi penting yang membutuhkan proses produksi yang efisien untuk memenuhi permintaan pasar. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengatasi *bottleneck* dalam lini produksi Sucralfate dengan menggunakan metode analisis Value Stream Mapping (VSM), Process Activity Mapping (PAM), dan Waste Assessment Model (WAM). Analisis Current State Map menunjukkan adanya *bottleneck* signifikan pada proses *change over* dan dokumentasi, yang disebabkan oleh banyaknya proses yang termasuk dalam kategori Non-Value Added (NVA). WAM mengidentifikasi pemborosan utama sebagai waste jenis *waiting* dengan persentase 26,30%, yang berkontribusi terhadap keterlambatan dan meningkatnya *lead time* produksi. Untuk mengatasi masalah ini, beberapa usulan perbaikan telah dirumuskan. Pada tahap dispensing, diusulkan penerapan sistem pengukuran otomatis dengan timbangan digital terintegrasi untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi. Pada tahap filling, disarankan untuk mengganti nozzle dan menambahkan komponen pada hopper cap untuk mengurangi waktu *setup* dan perbaikan. Proses *mixing* juga dioptimalkan dengan menambah tanki *mixing* dan melakukan *batch campaign* untuk mengurangi waktu tunggu antara proses. Selain itu, perbaikan pada sistem dokumentasi dengan beralih ke sistem

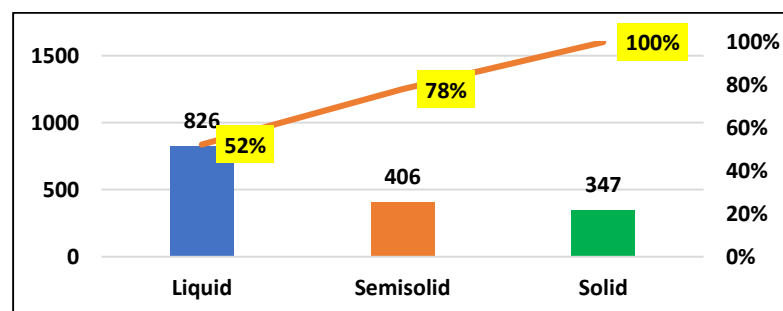
berbasis digital terintegrasi ERP diusulkan untuk mempercepat proses verifikasi QC dan mengurangi waktu tunggu. Meskipun *Future State Map* belum menunjukkan penurunan nyata dalam *inventory* atau *lead time*, diharapkan bahwa implementasi usulan perbaikan akan mengurangi proses NVA secara signifikan, yang pada gilirannya akan berdampak positif pada pengurangan *inventory* dan peningkatan efisiensi dalam lini produksi Sucralfate di PT X.

**Kata Kunci:** *value stream mapping, process activity mapping, waste asesment model*

## PENDAHULUAN

Industri farmasi merupakan sektor yang memiliki peran krusial dalam menyediakan produk-produk kesehatan yang aman dan berkualitas bagi masyarakat. Untuk menjaga daya saing dan keberlanjutan, industri farmasi dituntut untuk terus melakukan inovasi dan meningkatkan efisiensi operasional. Salah satu aspek kunci dalam upaya tersebut adalah pengelolaan waktu produksi yang efektif. Berdasarkan Badan Pusat Statistik (BPS, 2019), pertumbuhan produksi industri manufaktur besar dan sedang, mengalami peningkatan. Hal tersebut mengakibatkan dunia industri berlomba-lomba dalam melakukan perbaikan dan peningkatan kinerja guna dapat bertahan dalam persaingan dunia industri khususnya pada industri farmasi.

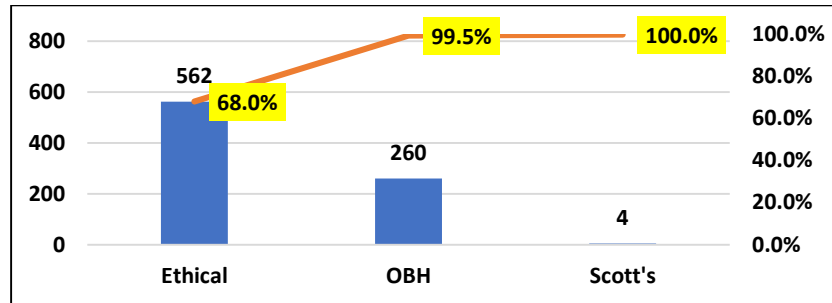
PT X merupakan industri manufaktur farmasi dengan 3 jenis *line production* yaitu *Liquid*, *Semisolid* dan *Solid*. Dengan masing-masing line terdiri dari *sub line* yaitu untuk *Liquid* terdiri dari *ethical* (untuk memproduksi obat dengan resep dokter), OBH (Obat Batuk Hitam) dan *Scott's* (obat tanpa resep dokter), kemudian untuk *line Semisolid* hanya ada *sub semisolid* dan terakhir yaitu *line solid* yang terdiri dari *sub line* Kapsul, *Powder Filling*, dan *Solid*. Produk yang diteliti pada penelitian kali ini adalah untuk *line production Liquid* dengan *sub line Ethical* yaitu Produk Sucralfate, di mana ini merupakan produk jenis obat yang rata-rata setiap bulannya memiliki unit produksi tertinggi dibandingkan produk lain. Hal itu terbukti pada *production plan* tahun 2023 di mana pada *line Liquid* merupakan produk terbanyak permintaan pasar yaitu 826 *batch*/tahun, sedangkan *Semisolid* 406 *batch*/tahun dan *Solid* 347 *batch*/tahun. Berikut merupakan Gambar 1 *Production Plan 2023* dalam satuan *batch*/tahun untuk setiap *line production*.



**Gambar 1. Production Plan 2023**  
(Sumber: Departemen *Supply Chain* PT X)

Dari Gambar 1 *Production Plan 2023* di atas, *line liquid* merupakan *line* dengan paling tinggi permintaan pasar sebesar 52% dari total permintaan pada tahun 2023 di PT X. Dari *line liquid*, *subline* terbanyak adalah pada *subline ethical* yaitu dengan

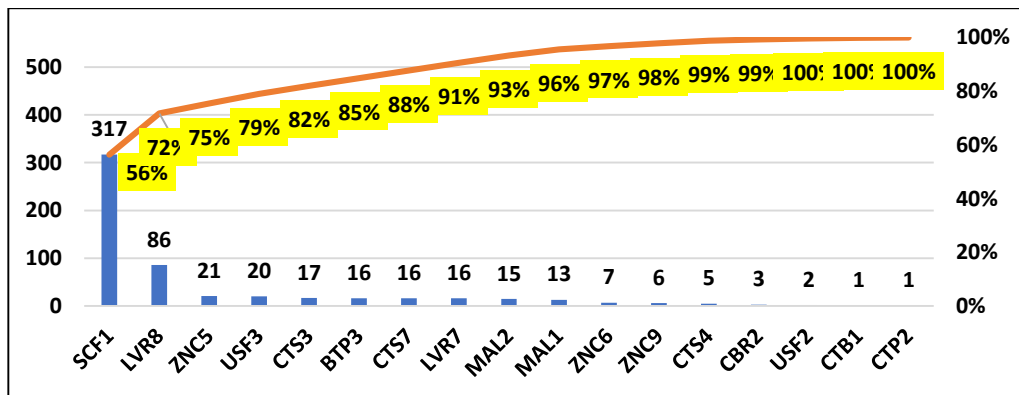
total *batch* per tahunnya adalah 562 *batch*, kemudian OBH 260 *batch*/tahun dan terakhir scotts hanya 4 *batch*/tahun. Pada Gambar 2 berikut ini merupakan grafik pareto dari *line liquid*.



**Gambar 1. Sub line Liquid**

(Sumber: Departemen Supply Chain PT X)

Dari Gambar 2 di atas *subline Ethical* merupakan produk terbanyak permintaan pasar pada *line liquid* yaitu 68% dari permintaan semua *line liquid*. Dari *Line Liquid* dengan *Subline Ethical*, terlihat SKU (*Stock Keeping Unit*) paling banyak adalah produk *sucralfate* (SCF1) yang merupakan obat yang memiliki permintaan signifikan per *batch* nya di pasar farmasi yaitu 317 *batch*/tahun. Pada Gambar 3s berikut ini merupakan jenis SKU pada *line Liquid-Ethical*.



**Gambar 2. Jenis SKU Line Liquid Ethical**

(Sumber: Departemen Supply Chain PT X)

Dari Gambar 3 di atas, 17 SKU yang ada pada *line Liquid Ethical*, SKU tertinggi adalah SCF1 yaitu Produk Sucralfate sebanyak 56% dari total SKU yang ada di *line Liquid Ethical*. Sucralfate merupakan obat yang digunakan untuk mengobati tukak lambung, *gastroesofagus (Gerd)*. Tingginya permintaan terhadap produk Sucralfate menunjukkan kebutuhan konsisten dan besar dari pasien dan tenaga medis untuk pengobatan yang efektif. Oleh karena itu, Sucralfate memerlukan manajemen yang hati-hati dalam hal produksi, distribusi, dan stok. Mengingat tingginya permintaan, sangat penting untuk mengelola *lead time* dengan efektif agar pasokan tetap memenuhi permintaan tanpa mengalami kekurangan atau penundaan. Dilihat dari

*historical* rata-rata waktu proses dalam memproduksi obat *sucralfate* adalah 9 hari. Data *historical* dan *production plan* tahun 2023 terdapat pada Lampiran 1. Di mana target untuk *lead time* di line liquid yang paling efektif agar tidak ada *delay supply* adalah 6 hari. Melalui analisis *waste* dengan pendekatan *Value Stream Mapping*, PT X dapat mengidentifikasi dan mengatasi inefisiensi dalam proses produksi *sucralfate*. Penelitian ini akan membantu dalam mengurangi waktu proses yang bervariasi, memperbaiki kinerja produksi, dan memenuhi permintaan pasar dengan lebih baik, sambil meningkatkan efisiensi dalam proses produksi obat *Sucralfate*.

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut: (1) Mengidentifikasi dan menganalisis jenis-jenis *waste* yang terdapat dalam proses produksi *liquid* produk *sucralfate* di PT X dengan menggunakan pendekatan *Value Stream Mapping (VSM)*. (2) Merancang solusi perbaikan menggunakan pendekatan *Value Stream Mapping (VSM)* guna mengurangi *waste*, pada proses produksi *sucralfate* di PT X.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dan kualitatif untuk menganalisis proses produksi di PT X, dengan fokus pada lini produksi Liquid, sublini Ethical, produk *Sucralfat (SCF1)*. Tujuan penelitian adalah mengidentifikasi dan mengurangi *waste* serta memberikan rekomendasi perbaikan untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi.

Metodologi penelitian mencakup analisis kualitatif melalui wawancara, observasi, dan rekaman, serta analisis kuantitatif dengan perhitungan statistik seperti rata-rata dan deviasi standar. Penelitian dimulai dengan identifikasi masalah, studi literatur mengenai konsep-konsep seperti *Value Stream Mapping (VSM)*, *Lean Manufacturing*, *Waste Assessment Model (WAM)*, dan *Root Cause Analysis (RCA)* dengan metode *5 Whys*.

Data dikumpulkan melalui observasi langsung, wawancara dengan operator dan manajer, serta analisis *layout* dan proses produksi untuk mengidentifikasi *bottleneck* dan *waste*. Metode PAM digunakan untuk memetakan aktivitas yang menambah nilai, sementara WAM mengukur dampak *waste*. Analisis *root cause* dengan *5 Whys* mengungkap akar penyebab masalah.

Rancangan perbaikan dilakukan dengan pendekatan *Kaizen* yang berfokus pada perubahan kecil dan berkelanjutan, diikuti dengan pembuatan *Future State Map* untuk menggambarkan kondisi ideal setelah perbaikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan menggunakan berbagai metode ini, perusahaan dapat mengidentifikasi dan mengurangi *waste* secara efektif, serta meningkatkan efisiensi produksi secara signifikan. Saran diberikan untuk implementasi perbaikan dan peningkatan produktivitas di masa depan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengumpulan Data

### Data Rencana Produksi

Rencana produksi Tahun 2024 mencapai 691 batch/tahun atau rata-rata 58 batch/bulan dan 2 batch/hari, dengan setiap batch menghasilkan 10.000 botol,

sehingga produksi harian sekitar 20.000 botol. Proses produksi dibagi menjadi tiga shift untuk mixing dan dua shift untuk filling serta packing, sementara proses lainnya dilakukan pada shift normal. Jadwal shift: shift 1 (06.00–14.30 WIB), normal shift (08.00–16.30 WIB), shift 2 (14.15–22.45 WIB), dan shift 3 (22.30–06.30 WIB), dengan masing-masing shift memiliki waktu kerja efektif 7,5 jam setelah dikurangi istirahat 30 menit.

## Data Jumlah Operator dan Waktu Kerja

Jumlah operator shift 1 terdiri dari 2 orang di proses *mixing*, 6 orang di *filling*, dan 9 orang di *packing*, total 17 orang. Shift normal memiliki 18 operator dengan berbagai tugas, termasuk *PO*, *dispensing*, *QC*, dan *review batch record*. Sementara itu, shift 3 hanya memiliki 2 operator di proses *mixing*.

## Pengolahan Data

### Process Activity Mapping (PAM)

*Process Activity Mapping (PAM)* digunakan untuk mengidentifikasi aktivitas yang termasuk *Value Added (VA)*, *Non Value Added (NVA)*, dan *Necessary but Non Value Added (NNVA)* dalam proses *Operation (O)*, *Transportation (T)*, *Inspection (I)*, *Delay (D)*, dan *Storage (S)*.

1. *Value Added (VA)*: Aktivitas yang menambah nilai produk, seperti *Operation (Operasi)* yang mengubah bentuk atau fungsi produk.
2. *Non Value Added (NNVA)*: Aktivitas yang tidak langsung menambah nilai tetapi diperlukan, seperti *Inspection (Inspeksi)* untuk memastikan kualitas produk.
3. *Necessary but Non Value Added (NVA)*: Aktivitas yang tidak menambah nilai dan tidak diperlukan untuk regulasi, seperti *Transportation (Transportasi)* dan *Storage (Penyimpanan)* yang dapat meningkatkan biaya dan risiko.

Selain itu, *Flow Process Chart* untuk produk Sucralfate (SCF1) dibuat berdasarkan rata-rata waktu siklus dari proses *production order*, *MRS*, *dispensing*, *mixing*, *filling*, *packing*, dan *disposisi finish goods*. Seperti pada tabel berikut:

Tabel 1. Data Kelompok *Process Activity Mapping*

Aktifitas	Jumlah	Waktu (menit)	Presentase
VA	32	1537,8	12,9%
NVA	23	2166,4	18,2%
NNVA	28	8212,5	68,9%
<b>Total</b>	<b>83</b>	<b>11916,8</b>	<b>100%</b>

Dari Tabel 1, total waktu produksi Sucralfate mencapai 11.916,8 menit dengan 83 aktivitas. Rinciannya terdiri dari *Value Added (VA)* sebanyak 32 aktivitas (1.537,8 menit atau 12,8%), *Non Value Added (NVA)* sebanyak 23 aktivitas (2.166,4 menit atau 18,2%), yang mencerminkan potensi pemborosan, serta *Necessary Non Value Added (NNVA)* sebanyak 28 aktivitas (8.212,5 menit atau 68,9%). Pengurangan aktivitas NVA dan NNVA dapat meningkatkan efisiensi proses secara signifikan. Aktivitas *NVA* dan *NNVA* masih dapat dikurangi untuk meningkatkan efisiensi proses.

Pada Tabel 2. di bawah ini merupakan rekapitulasi dari aktivitas *Operation*, *Inspection*, *Transportation*, *Delay* dan *Storage* yaitu sebagai berikut:

**Tabel 2.** Rekapitulasi *PAM*

<b>Aktifitas</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Waktu (menit)</b>	<b>Presentase</b>
<i>Operation</i>	32	1537,8	12,9%
<i>Transportation</i>	4	53,2	0,4%
<i>Inspection</i>	28	8212,5	68,9%
<i>Delay</i>	14	1993,2	16,7%
<i>Storage</i>	5	120,0	1,0%
<b>Total</b>	<b>83</b>	<b>11916,8</b>	<b>100%</b>

Dari data di atas, jumlah aktivitas terbanyak adalah *Inspection* dengan 28 aktivitas (8.212,5 menit atau 68,9%), diikuti oleh *Operation* dengan 32 aktivitas (1.537,8 menit atau 12,9%). Selanjutnya, *Delay* mencakup 14 aktivitas (1.993,2 menit atau 16,7%), *Transportation* sebanyak 4 aktivitas (53,2 menit atau 0,4%), dan terakhir *Storage* dengan 5 aktivitas (120 menit).

### **Current State Value Stream Mapping**

Setelah diperoleh detail aktivitas *Value Added (VA)*, *Non Value Added (NVA)*, dan *Necessary Non Value Added (NNVA)* dari *Process Activity Mapping (PAM)*, langkah selanjutnya adalah membuat *Current State Mapping* untuk menggambarkan alur proses. Data yang diperlukan diperoleh melalui observasi, wawancara, dan perhitungan, di antaranya:

1. *Availability Time (A/T)*: Waktu kerja aktual dalam satu hari. Di PT X, waktu kerja per shift adalah 8 jam, dikurangi *downtime* reguler seperti istirahat 30 menit, sehingga *availability time* per shift adalah 7 jam 30 menit (27.000 detik).
2. *Cycle Time (C/T)* adalah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu siklus aktivitas yang bernilai tambah dalam produksi. Proses dimulai dengan *Production Order*, mencakup penyusunan dan otorisasi, pengisian formulir, koordinasi antar departemen, pengolahan data, serta penyusunan laporan. Selanjutnya, tahap *Print MRS* meliputi persiapan dan pencetakan dokumen, penyiapan area kerja, serta pengaturan jadwal produksi sebelum data diinput ke sistem SAP. Pada Proses *Dispensing*, dilakukan persiapan area kerja dan penimbangan bahan baku, diikuti oleh Proses *Mixing* yang mencakup persiapan, pembersihan, pencampuran, dan pembersihan pasca-mixing. Setelah itu, Proses *Filling* mencakup penyiapan area, sterilisasi botol, pengisian produk, capping, serta pembersihan peralatan. Tahap berikutnya adalah Proses *Packing*, yang meliputi persiapan alat coding, pengemasan dalam *innerbox* dan *outerbox*, serta penandaan dan pelabelan. Terakhir, dalam Disposisi *Finish Goods*, data disposisi diinput ke sistem, diikuti dengan penandaan dan pengarsipan dokumen untuk memastikan keterlacakan produk. Semua tahapan ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan menjaga kualitas produksi.

Dari aktivitas *Value Added* di atas, Pada Tabel 3 berikut ini merupakan *Cycle Time* pada masing-masing proses:

**Tabel 3. Cycle Time**

Proses	Cycle Time (menit)
<i>Production Order</i>	345,5
<i>Print MRS</i>	36,8
<i>Proses Dispensing</i>	106,8
<i>Proses Mixing</i>	433,0
<i>Proses Filling</i>	137,7
<i>Proses Packing</i>	402,0
<i>Disposisi Finish Goods</i>	76,0

a. *Changeover Time (C/O)*

*Changeover Time* adalah waktu yang dibutuhkan untuk mempersiapkan mesin saat pergantian jenis produk, yang diperoleh melalui observasi dan wawancara dengan pekerja terkait. Berdasarkan *Process Activity Mapping*, *changeover* terjadi pada proses *Dispensing*, *Mixing*, dan *Filling*. Pada *Dispensing*, *changeover* berlangsung selama 36,6 menit, mencakup setup peralatan dan pemindahan kemasan. Sementara itu, *Mixing* memerlukan 226,9 menit, dengan aktivitas utama berupa setting suhu dan transfer purified water, yang menyebabkan pemborosan waktu. Adapun *Filling* memakan waktu 109,9 menit, dipengaruhi oleh pergeseran nozzle, masalah pada hopper mesin, serta waktu tunggu akibat proses *filling inline*.

b. *Uptime (U/T)*

*Uptime* adalah persentase waktu ketersediaan mesin selama proses produksi. Nilai ini dihitung berdasarkan *available time*. Pada proses *Filling*, *available time* untuk SCF1 adalah 7,5 jam per shift (450 menit), dikurangi dari total 8 jam kerja dengan waktu istirahat 30 menit.

Mengidentifikasi dan memperbaiki masalah yang mengurangi *uptime* dapat membantu dalam mengurangi NVA dan meningkatkan keseluruhan nilai tambah dalam proses produksi. Sehingga dari persentase *uptime* terendah adalah pada proses *mixing*.

c. *Waiting Time*

*Waiting time* merupakan waktu yang dihabiskan oleh barang atau pekerjaan menunggu sebelum diproses lebih lanjut.

Dalam *Value Stream Mapping (VSM)*, data *waiting time* adalah informasi penting yang diperoleh dari *Current State Mapping*. Berdasarkan data *waiting time* yang diperoleh, dapat diidentifikasi bahwa waktu tunggu terjadi pada *released* bahan baku, persetujuan, atau penyelesaian tugas, *changeover*, *stoppages*. Untuk itu dari *current state mapping* dibawah ini, bisa dibuat rancangan usulan beberapa perbaikan untuk meningkatkan efisiensi proses, mengurangi waktu tunggu dan memperpendek *lead time* keseluruhan.

### **Work Assessment Model (WAM)**

Setelah area pemborosan diidentifikasi menggunakan *Value Stream Mapping*, analisis lebih rinci dilakukan dengan *Process Activity Mapping*. *WAM* digunakan untuk menilai pemborosan (*waste*) melalui kuesioner yang mengukur *overproduction*, *inventory*, *defect*, *motion*, *transportation*, *overprocessing*, dan *waiting*.

**Tabel 4. Rekapitulasi Jawaban Seven Waste Relationship**

No	Waste	Tipe Pertanyaan	Ask 1	Ask 2	Ask 3	Ask 4	Ask 5	Ask 6
1	Overproduction	O_I	c	c	b	b	c	b
2		O_D	c	c	c	c	c	c
3		O_M	c	c	b	b	b	c
4		O_T	c	c	b	c	c	c
5		O_W	c	c	c	c	c	c
6	Inventory	I_O	c	c	c	b	c	c
7		I_D	c	c	c	c	a	c
8		I_M	b	c	b	a	c	b
9		I_T	c	c	b	a	c	b
10	Defect	D_O	c	c	c	c	b	c
11		D_I	b	a	c	b	f	b
12		D_M	b	c	c	c	b	c
13		D_T	c	c	c	c	b	c
14	D_W	c	a	c	b	f	a	
15	Motion	M_I	c	c	c	c	c	c
16		M_D	b	c	c	c	a	c
17		M_P	b	c	c	c	f	c
18		M_W	b	c	c	c	f	a
19	Transportation	T_O	b	c	c	b	b	c
20		T_I	c	c	c	c	c	c
21		T_D	c	c	c	c	c	c
22		T_M	b	c	c	c	f	a
23	Process	T_W	c	a	a	a	f	a
24		P_O	b	c	c	c	b	c
25		P_I	b	c	c	c	c	c
26		P_D	c	c	c	c	a	c
27		P_M	a	a	b	a	f	b
28	P_W	a	a	a	b	f	a	
29	Waiting	W_O	a	a	a	c	f	b
30		W_I	a	a	a	b	f	a
31		W_D	c	c	c	c	e	c

**Keterangan:**

Ask 1: a = Selalu, b = Kadang-kadang, c = Jarang.

Ask 2: a = Jika *i* naik, maka *j* naik; b = Jika *i* naik, maka *j* tetap; c = Tidak tentu, tergantung keadaan.

Ask 3: a = Tampak langsung & jelas; b = Butuh waktu terlihat; c = Tidak terlihat.

Ask 4: a = Metode *engineering*; b = Sederhana & langsung; c = Solusi instruksional.

Ask 5: a = Kualitas produk; b = Produktivitas sumber daya; c = *Lead time*; d = Kualitas & produktivitas; e = Kualitas & *lead time*; f = Produktivitas & *lead time*; g = Kualitas, produktivitas, & *lead time*.

Ask 6: a = Sangat tinggi; b = Sedang; c = Rendah.

1. *Seven Waste Relationship*

Untuk menghitung kekuatan dari *waste relationship* dikembangkan suatu pengukuran dengan kuesioner yang memiliki 31 hubungan jenis *waste i* mempengaruhi jenis *waste j* (Rawabdeh, 2005). Adapun hasil dari hubungan jenis *waste* dapat dilihat pada tabel 5 di bawah ini:

**Tabel 5. Rekapitulasi Keterkaitan Angar Waste**

No	Waste	Tipe Pertanyaan	Skor Ask 1	Skor Ask 2	Skor Ask 3	Skor Ask 4	Skor Ask 5	Skor Ask 6
1	Overproduction	O_I	0	0	2	1	1	2
2		O_D	0	0	0	0	1	0
3		O_M	0	0	2	1	1	0
4		O_T	0	0	2	0	1	0
5		O_W	0	0	0	0	1	0
6	Inventory	I_O	0	0	0	1	1	0
7		I_D	0	0	0	0	1	0
8		I_M	2	0	2	2	1	2
9		I_T	0	0	2	2	1	2
10	Defect	D_O	0	0	0	0	1	0
11		D_J	2	2	0	1	2	2
12		D_M	2	0	0	0	1	0
13		D_T	0	0	0	0	1	0
14		D_W	0	2	0	1	2	4
15	Motion	M_I	0	0	0	0	1	0
16		M_D	2	0	0	0	1	0
17		M_P	2	0	0	0	2	0
18		M_W	2	0	0	0	2	4
19	Transportation	T_O	2	0	0	1	1	0
20		T_I	0	0	0	0	1	0
21		T_D	0	0	0	0	1	0
22		T_M	2	0	0	0	2	4
23	Process	T_W	0	2	4	2	2	4
24		P_O	2	0	0	0	1	0
25		P_I	2	0	0	0	1	0
26		P_D	0	0	0	0	1	0
27		P_M	4	2	2	2	2	2
28		P_W	4	2	4	1	2	4
29	Waiting	W_O	4	2	4	0	2	2
30		W_I	4	2	4	1	2	4
31		W_D	0	0	0	0	2	0

Adapun *symbol* pembobotan tingkat keterkaitan antar *waste* adalah: *Symbol A* memiliki skor 17-20, *symbol E* memiliki skor 13-16, *symbol I* memiliki skor 9- 12, *symbol O* memiliki skor 5-8, *sumbol U* memiliki skor 1-4, dan untuk *symbol X* memiliki skor 0.

2. *Waste Relationship Matrix*

Setelah didapatkan *Seven Waste Relationship* selanjutnya dilanjutkan pada tahapan *Waste Relationship Matrix (WRM)* dengan cara mengubah *output Seven Waste Relationship* menjadikannya input kedalam *Waste Relationship Matrix*. Berdasarkan hasil perhitungan keterkaitan antar *waste*, selanjutnya dapat dibuat *WRM*, dapat dilihat pada Tabel 6 di bawah ini:

**Tabel 6. Waste Relationship Matrix**

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

Selanjutnya *symbol* tersebut akan dikonversikan ke dalam angka dengan acuan A=10, E=8, I=6, O=4, U=2, dan X=0. Kemudian dilakukan perhitungan nilai score dengan cara menjumlahkan nilai bobot dari masing-masing *waste*. Setelah diketahui score masing-masing *waste* selanjutnya dilakukan perhitungan persentase dari masing-masing *waste*. Adapun hasil *waste matrix value* dapat dilihat pada Tabel 7 di bawah ini.

**Tabel 7. Waste Matrix Value**

F/T	O	I	D	M	T	P	W	Skors	%
O	10	4	2	2	2	0	2	22	11,8%
I	2	10	2	6	4	0	0	24	12,9%
D	2	6	10	2	2	0	6	28	15,0%
M	0	2	2	10	0	2	4	20	10,7%
T	2	2	2	4	10	0	8	28	15,0%
P	2	2	2	8	0	10	10	34	18,2%
W	8	10	2	0	0	0	10	30	16,1%
Skors	26	36	22	32	18	12	40	186	100,0%
%	13,9%	19,3%	11,8%	17,2%	9,6%	6,4%	21,5%		100,0%

Berdasarkan Tabel 7, *From Process (P)* memiliki skor tertinggi 18,2%, menunjukkan pengaruh terbesar dalam memicu waste lain. Sementara itu, *To Waiting (W)* dengan skor 21,5% menjadi waste yang paling terdampak.

### Waste Assessment Questionare (WAQ)

Setelah pembobotan pada *Waste Relationship Matrix (WRM)*, langkah berikutnya adalah menggunakan *Waste Assessment Questionnaire (WAQ)* untuk mengidentifikasi dan mengalokasi waste dalam lini produksi. WAQ terdiri dari 44 pertanyaan yang dikategorikan sebagai *from* (pemicu waste lain) dan *to* (waste akibat waste lain), dengan bobot jawaban 1 (ya), 0,5 (sedang), dan 0 (tidak).

1. Tahapan identifikasi waste dengan WAQ dimulai dengan mengelompokkan dan menghitung jumlah pertanyaan berdasarkan *from* dan *to* untuk tiap jenis waste.
2. Melakukan pembobotan untuk tiap jenis waste dari setiap pertanyaan kuesioner WAQ berdasarkan *Waste Relationship Matrix Value*. Jumlah pembobotan tertinggi yaitu waste waiting (W) sebesar 282. Sedangkan jumlah pembobotan terkecil yaitu waste operation (O) sebesar 138.
3. Setiap bobot pertanyaan dibagi dengan jumlah masing-masing tipe pertanyaan ( $N_i$ ), lalu dihitung skor total ( $S_j$ ) dan frekuensi ( $F_j$ ) untuk tiap kolom waste, mengabaikan nilai 0. Contohnya, perhitungan *overproduction (O)* pada *question type to motion* menggunakan *WRM Value* dibagi jumlah pertanyaan. Nilai  $S_j$  tertinggi adalah *Waste Waiting* sebesar 82,0 dengan nilai  $F_j$  sebesar 36, sedangkan nilai  $S_j$  terkecil adalah *Waste Transportation (T)* dan *Process (P)* sebesar 46,0 dengan nilai  $F_j$  sebesar 31 untuk *Transportation (T)* dan 26 untuk *Process (P)*.
4. Langkah selanjutnya memasukkan nilai hasil kuesioner (1, 0,5 atau 0) ke dalam nilai pada tabel dengan cara mengkalikan hasil rata-rata jawaban kuesioner dengan masing-masing waste. Nilai hasil kuesioner yang digunakan yaitu rata-rata jawaban kuesioner dari ketiga responden

Berikut merupakan contoh perhitungan nilai bobot *overproduction* pada *question type to motion*.

$$W_{o,k} = \text{Rata-rata jawaban} \times \text{bobot } \textit{overproduction} (O) \\ = 0,83 \times 1,0 = 0,83$$

Setelah mendapatkan nilai bobot pemborosan, selanjutnya menghitung total skor ( $S_j$ ) baru untuk tiap nilai bobot pada kolom waste dan frekuensi ( $F_j$ ) baru untuk tiap nilai bobot pada kolom waste dengan mengabaikan nilai nol (0,00).

Nilai  $S_j$  tertinggi adalah waste waiting (W) sebesar 63,33 dengan nilai  $F_j$  sebesar 37, sedangkan nilai  $S_j$  terkecil adalah *Waste Transportation (T)* dan *Process*

(P) sebesar 38,33 dengan nilai  $F_j$  sebesar 30 untuk *Trasnportation* (T) dan 25 untuk *Process* (P).

- Tahap selanjutnya adalah melakukan perhitungan score  $Y_j$  dan  $P_j$  untuk mendapatkan  $Y_j$  final dan presentase pemborosan yang paling tinggi.  $Y_j$  merupakan faktor indikasi awal untuk setiap pemborosan. Berikut merupakan contoh perhitungan  $Y_j$  pada *waste overproduction* (O).

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

$$Y_j = \frac{40}{48} \times \frac{39}{43}$$

$$Y_j = 0,76$$

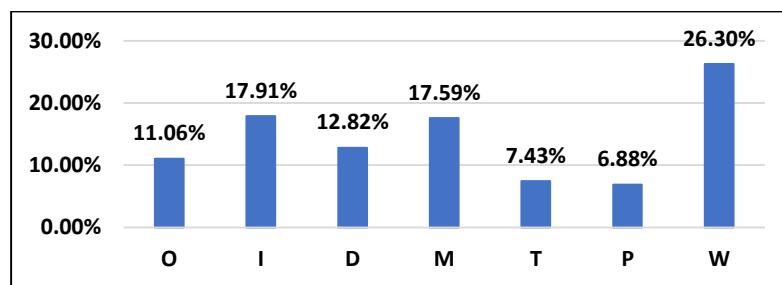
Sedangkan  $P_j$  merupakan faktor probabilitas pengaruh antar jenis pemborosan, didapat dengan cara mengalikan persentase "from" dengan "to" pada WRM *value* sesuai masing-masing waste. Berikut merupakan contoh perhitungan  $P_j$  pada *waste overproduction* (O). Nilai "from" *over production*: 13,98 Nilai "to" *over production*: 11,83

$$P_j = 13,98 \times 11,83 = 165,38$$

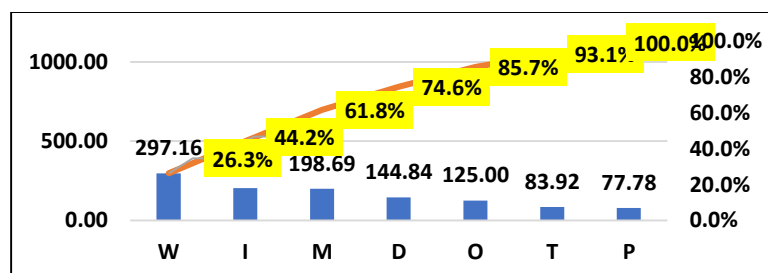
Jika nilai  $Y_j$  dan  $P_j$  telah didapatkan, maka  $Y_j$  final didapatkan dengan cara megalikan  $Y_j$  dan  $P_j$ . Berikut merupakan contoh perhitungan  $Y_j$  final pada *waste overproduction* (O).

$$Y_j \text{ final} = 0,76 \times 165,38 = 125,00$$

Dari hasil rekapitulasi perhitungan WAQ di atas dapat disimpulkan bahwa pemborosan terbesar yang terjadi di PT X disebabkan oleh *waste waiting* dengan presentase 26,30% dan pemborosan terkecil yaitu *waste process* dengan presentase 6,88%. Berikut ini merupakan Rekapitulasi WAQ dan Diagram Pareto untuk hasil WAQ, terlihat pada Gambar 4 dan 5 di bawah:



Gambar 4. Rekapitulasi WAQ



Gambar 5. Diagram Pareto Pembobotan Waste

Berdasarkan *Pareto Diagram*, *waste* yang paling kritis ditentukan dari persentase kumulatif, dengan prinsip 80/20—80% pemborosan disebabkan oleh 20% faktor utama. Tiga *waste* utama yang mencapai 80% adalah *Waiting*, *Motion*, dan *Inspection*, sehingga perbaikan difokuskan pada aspek ini untuk meningkatkan efisiensi proses.

## Value Stream Analysis Tools (VALSAT)

Setelah diketahui hasil akhir identifikasi *waste* dengan menggunakan WRM dan WAQ, Untuk *detail mapping tools* dengan menggunakan matrik VALSAT, Matrik VALSAT memiliki ketentuan yaitu nilai 1 untuk (*low correlation*), nilai 3 untuk (*medium correlation*) dan nilai 9 untuk (*high correlation*), serta untuk kolom *weight* (bobot) diperoleh dari hasil *final result* pada perhitungan dengan menggunakan metode WAQ. Berikut merupakan Tabel 8 matrik pemilihan tool VALSAT.

Tabel 8. Tools VALSAT

Waste	Weight	PAM	SCRM	PVF	QFT	DAM	DPA	PS
O	11,06	1	3	0	1	3	3	0
I	17,91	3	9	3	0	9	3	1
D	12,82	1	0	0	9	0	0	0
M	17,59	9	1	0	0	0	0	0
T	7,43	9	0	0	0	0	0	1
P	6,88	9	0	3	1	0	1	0
W	26,30	9	9	1	0	3	3	0

Keterangan:

PAM (*Process Activity Mapping*)

SCRM (*Supply Chain Response Matrix*)

PVF (*Production Variety Funnel*)

QFM (*Quality Filter Mapping*)

DAM (*Demand Amplification Mapping*)

DPA (*Decision Point Analysis*)

PS (*Physical Structure*)

Dalam proses pemilihan tools VALSAT ini dengan cara mengalikan matrik VALSAT dengan *weight* (bobot) tiap *waste*. Berdasarkan *Value Stream Analysis Tools (VALSAT)*, *Process Activity Mapping (PAM)* memiliki skor tertinggi (600,41), sehingga dipilih untuk analisis *waste* yang lebih detail. PAM menjadi alat utama dalam perbaikan proses, dengan fokus pada efisiensi yang optimal. *Supply Chain Response Matrix (SCRM)*, *Demand Amplification Mapping (DAM)*, *Decision Point Analysis (DPA)*, *Process Variability Funnel (PVF)*, dan *Physical Structure (PS)* memiliki peran pendukung sesuai konteks masing-masing.

## Identifikasi dan Usulan Perbaikan dengan 5 Why Analysis

Berdasarkan *Process Activity Mapping (PAM)* dan *Waste Assessment Model (WAM)*, pemborosan utama dalam produksi adalah *waiting*, yang disebabkan oleh *non value added process* seperti *changeover*, *stoppages*, dan *machine intervention*. Integrasi hasil WAM dan PAM digunakan untuk merancang perbaikan guna

mengurangi waktu tunggu dan meningkatkan efisiensi. Dalam *Root Cause Analysis* (RCA), digunakan *Why-Why Analysis* untuk mengidentifikasi akar masalah, yang mencakup ketidakefisienan prosedur, keterbatasan teknologi, serta kurangnya evaluasi dan sistem manajemen yang efektif.

Beberapa kendala utama yang ditemukan dalam proses produksi antara lain *changeover dispensing* yang lambat akibat *double process* dan setup manual, *changeover mixing* yang tidak efisien karena proses transfer larutan tambahan, serta *changeover filling* yang terganggu oleh ketidakstabilan *starwheel*, posisi *nozzle* yang bergeser, dan *capper head* yang lepas akibat getaran mesin. Selain itu, kapasitas tangki yang tidak mencukupi menyebabkan waktu tunggu *bulk*, sementara dokumentasi dan persetujuan mengalami keterlambatan akibat sistem manual yang belum terdigitalisasi.

Untuk meningkatkan efisiensi, diusulkan berbagai perbaikan, seperti penyederhanaan prosedur pemindahan kemasan, implementasi sistem berbasis *ERP* untuk mempercepat setup, serta revisi prosedur pelarutan dalam *changeover mixing*. Pada *changeover filling*, stabilitas *starwheel* dapat ditingkatkan dengan sistem penanda, sementara posisi *nozzle* distabilkan melalui perbaikan komponen dan pemasangan pengunci tambahan pada *capper head*. Selain itu, peningkatan kapasitas tangki akan mengurangi waktu tunggu *bulk*, digitalisasi dokumentasi akan mempercepat persetujuan, dan verifikasi paralel dalam *QC* dapat mempercepat proses *released sample QC*. Dengan implementasi perbaikan ini, diharapkan efisiensi produksi meningkat, waktu tunggu berkurang, dan kualitas produk tetap terjaga.

Dari usulan perbaikan masalah yang terjadi pada proses waiting yaitu pada kategori mesin dan metode berikut adalah penjabaran sehingga dapat mengurangi waktu *Non Value Added* sebagai berikut:

## 1. *Machine* (Mesin)

Frekuensi tinggi *changeover* dan *stoppages* pada *dispensing*, *filling*, dan *mixing* memperlambat produksi dan meningkatkan *waiting time*.

- a) *Dispensing*: Proses *setup* yang lama disebabkan oleh persiapan bahan baku, pengukuran manual, dan sterilisasi peralatan. Usulan perbaikan dengan sistem pengukuran otomatis dapat memangkas waktu *changeover* dari 36,6 menit menjadi 15 menit.
- b) *Filling*: Masalah utama pada perubahan *nozzle* dan penumpukan di *capping*. Solusi yang diusulkan termasuk stabilisasi *nozzle*, penambahan pengunci pada mesin, serta perencanaan produk berurutan oleh PPIC, sehingga waktu *changeover* berkurang dari 109,9 menit menjadi 60 menit.
- c) *Mixing*: Penggantian *nozzle* pada tangki dan waktu tunggu *bulk* memperpanjang durasi *non value added* hingga 226 menit. Dengan *campaign batch* setiap 4 batch dan tambahan 1 tangki, waktu *mixing* dapat dikurangi dari 346,9 menit menjadi 150 menit, serta waktu tunggu *bulk* dari 32 menit menjadi 0 menit.

## 2. *Method* (Metode)

Dokumentasi yang lama pada pemeriksaan *Batch Record*, *finish good*, dan verifikasi sampel *QC* menyebabkan waktu tunggu tinggi, menghambat produksi.

Usulan perbaikan:

- Verifikasi QC: Menggunakan *campaign batch* (analisis per 4 batch) untuk mengurangi waktu tunggu dari 7.139,6 menit menjadi 2.000 menit.
- Modernisasi sistem dokumentasi: Beralih ke sistem digital berbasis *ERP* untuk mempercepat pemeriksaan dan verifikasi.
- Standarisasi proses verifikasi: Menyederhanakan dan mempercepat prosedur.
- Otomatisasi pemeriksaan dan laporan: Menggunakan *template* berbasis komputerisasi dan *approval* online untuk mengurangi waktu tunggu dari 782,1 menit menjadi 330 menit.

### Future State Value Stream Mapping

Berdasarkan perbaikan yang telah diusulkan pada *future state mapping*, diperoleh nilai *value added activity*, *non value added activity* dan *necessary but non value added*.

Setelah perbaikan, terjadi perubahan waktu *VA*, *NVA*, dan *NNVA*. Penelitian ini berbasis simulasi, dengan penerapan nyata pada *campaign batch* dalam tahap *approval* dokumentasi.

Penerapan *lean manufacturing* dan penggabungan stasiun kerja yang mirip terbukti mengurangi *non value added activity*, sehingga meningkatkan kecepatan produksi. Hasil pengelompokan proses setelah perbaikan dapat dilihat pada Tabel 9.

**Tabel 9. Data Kelompok VA, NVA, dan NNVA Setelah Perbaikan**

Aktifitas	Jumlah	Waktu (menit)	Presentase
VA	32	1340,9	24%
NVA	23	1565,6	28%
NNVA	28	2683,8	48%
<b>Total</b>	<b>83</b>	<b>5590,3</b>	<b>100%</b>

Perbaikan *cycle time* hanya terjadi pada proses *Mixing*, dengan waktu pencampuran berkurang dari 433,0 menit menjadi 236,1 menit. Usulan *campaign batch* setiap 4 batch sekali memangkas waktu dari 226 menit menjadi 60 menit.

Penambahan 1 *mixing tank* akibat peningkatan *demand* sucralfate mengurangi waktu proses dari 346,9 menit menjadi 150 menit, serta menghilangkan waktu tunggu *bulk* dari 32 menit menjadi 0 menit. Perbandingan *cycle time* sebelum dan sesudah perbaikan dapat dilihat pada Tabel 10.

**Tabel 10. Cycle Time Sebelum dan Setelah Perbaikan**

Proses	Cycle Time Sebelum Perbaikan (menit)	Cycle Time Setelah Perbaikan (menit)
<i>Production Order</i>	345,5	345,5
<i>Print MRS</i>	36,8	36,8
Proses <i>Dispensing</i>	106,8	106,8
Proses <i>Mixing</i>	433,0	236,1
Proses <i>Filling</i>	137,7	137,7
Proses <i>Packing</i>	402,0	402,0
Disposisi <i>Finish Goods</i>	76,0	76,0

Perbaikan *changeover* pada *Dispensing* mengurangi waktu dari 36,6 menit menjadi 15 menit dengan menghilangkan verifikasi timbangan di awal *batch*. Pada *Mixing*, penerapan *campaign batch* setiap 4 batch memangkas waktu dari 226 menit menjadi 60 menit, serta menambah 1 *mixing tank* untuk mengurangi waktu dari 346,9 menit menjadi 150 menit dan menghilangkan waktu tunggu *bulk* dari 32 menit menjadi 0 menit.

Pada *Filling*, masalah utama pada *nozzle* dan *capping* diperbaiki dengan mengganti lokasi *nozzle*, menambahkan kawat/plat di *hopper cap*, serta menambah lubang pengunci pada mesin. Perbaikan perencanaan *campaign* oleh PPIC juga mengurangi waktu *changeover* dari 109,9 menit menjadi 60 menit. Perbandingan sebelum dan setelah perbaikan dapat dilihat pada Tabel 11.

**Tabel 11. Changeover Sebelum dan Setelah Perbaikan**

Proses	Changeover Time Sebelum Perbaikan (menit)	Changeover Time Setelah Perbaikan (menit)
<i>Production Order</i>	0	0
<i>Print MRS</i>	0	0
<i>Proses Dispensing</i>	36,6	15
<i>Proses Mixing</i>	226,9	30
<i>Proses Filling</i>	109,9	60
<i>Proses Packing</i>	0	0
<i>Disposisi Finish Goods</i>	0	0

Pada Tabel 12 di bawah ini merupakan perbandingan Uptime sebelum dan setelah perbaikan:

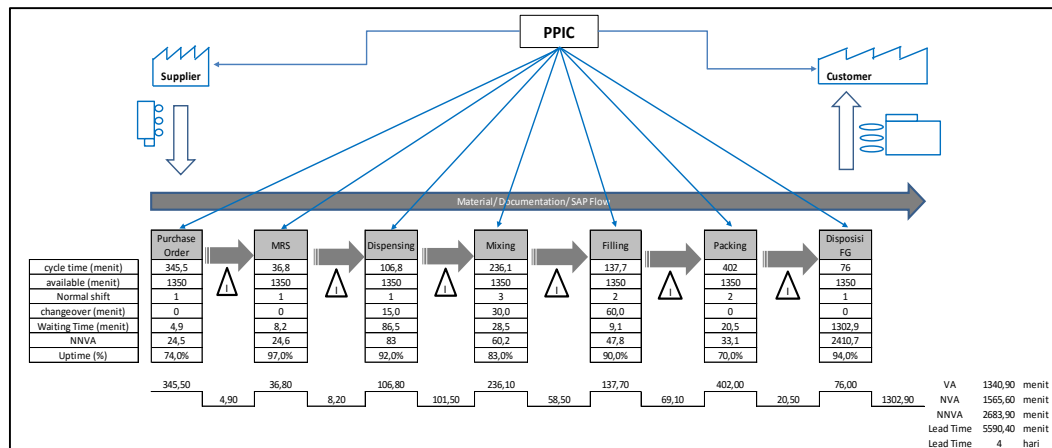
**Tabel 12. Uptime Sebelum dan Setelah Perbaikan**

Proses	Uptime Sebelum Perbaikan (%)	Uptime Setelah Perbaikan (%)
<i>Production Order</i>	74%	74%
<i>Print MRS</i>	97%	97%
<i>Proses Dispensing</i>	92%	92%
<i>Proses Mixing</i>	68%	83%
<i>Proses Filling</i>	90%	90%
<i>Proses Packing</i>	80%	80%
<i>Disposisi Finish Goods</i>	84%	84%

Usulan perbaikan waktu tunggu pada *production order*, *print MRS*, *Dispensing*, *Mixing*, *Filling*, *Packing*, dan *Disposisi* dilakukan dengan modernisasi sistem dokumentasi berbasis digital yang terintegrasi dengan *ERP*. Standarisasi proses verifikasi dan implementasi sistem otomatis untuk pemeriksaan *batch record*, verifikasi produk, serta pembuatan laporan berbasis komputersasi dan persetujuan *online* mengurangi waktu tunggu dari 782,1 menit menjadi 330 menit.

Hasil pengolahan data menunjukkan perbedaan *lead time* produksi, di mana pada *current state mapping* sebesar 11.916,8 menit (8 hari), sedangkan pada *future state mapping* berkurang menjadi 5.590,3 menit (4 hari) dengan pengurangan waktu 6.326,4 menit. Waktu aktivitas *value added activity (VA)* berkurang dari 1.537,8 menit

menjadi 1.340,9 menit (-196,6 menit), *non value added activity (NVA)* dari 2.166,4 menit menjadi 1.565,6 menit (-600,8 menit), dan *necessary but non value added activity (NNVA)* dari 8.212,5 menit menjadi 2.683,8 menit (-5.528,7 menit). *Future state mapping* produk Sucralfate SCF1 dapat dilihat pada Gambar 6.



**Gambar 6. Future State Mapping**

**KESIMPULAN DAN SARAN**

Identifikasi *waste* dalam produksi Sucralfate di PT X menunjukkan bahwa *bottleneck* utama terjadi pada proses *change over* dan dokumentasi. Melalui pendekatan *Process Activity Mapping (PAM)*, ditemukan bahwa aktivitas *Non Value Added (NVA)* masih tinggi, sementara *Waste Assessment Model (WAM)* mengungkapkan bahwa pemborosan terbesar berasal dari waiting, yang mencapai 26,30%. Akumulasi total durasi *NVA* mencapai 2.785 menit, yang secara signifikan berkontribusi terhadap lamanya *lead time* dalam proses produksi.

Untuk mengatasi permasalahan ini, beberapa usulan perbaikan diajukan. Pertama, implementasi Sistem Pengukuran Otomatis dengan timbangan digital terintegrasi di tahap dispensing guna meningkatkan akurasi dan efisiensi. Kedua, perbaikan pada proses *Filling* dilakukan dengan mengganti posisi nozzle agar tumpahan dapat diminimalkan serta menambahkan kawat atau plat pada hopper cap untuk meningkatkan stabilitas. Ketiga, optimasi *Mixing* dilakukan melalui penerapan campaign batch setiap 4 batch serta penambahan satu tangki *mixing* untuk meningkatkan kapasitas produksi. Keempat, perbaikan pada dokumentasi dilakukan dengan menerapkan sistem verifikasi QC dalam bentuk campaign batch serta digitalisasi berbasis ERP guna mengurangi waktu tunggu dan kesalahan manual. Kelima, dilakukan standarisasi proses verifikasi agar pemeriksaan dapat dilakukan dengan lebih cepat dan efisien. Terakhir, penerapan otomatisasi laporan dengan menggunakan template berbasis komputerisasi serta sistem persetujuan *online* diharapkan dapat mempercepat alur administrasi dan mengurangi waktu proses dokumentasi. Dengan implementasi usulan ini, diharapkan produksi Sucralfate di PT X menjadi lebih efisien dengan lead time yang lebih singkat serta pengurangan aktivitas yang tidak bernilai tambah.

Bagi perusahaan, penerapan *continuous improvement* menjadi langkah penting dalam meningkatkan produktivitas sekaligus meminimalkan *waste* dalam proses produksi. Upaya perbaikan yang berkelanjutan ini diharapkan dapat mengoptimalkan efisiensi operasional serta mengurangi aktivitas yang tidak bernilai tambah. Sementara itu, bagi penelitian selanjutnya, kajian mengenai lean manufacturing dapat terus dikembangkan agar penerapannya di PT X semakin optimal. Jika usulan perbaikan yang diajukan diterima, maka langkah berikutnya adalah melakukan validasi future state map berdasarkan data lapangan. Validasi ini bertujuan untuk membandingkan kondisi sebelum dan sesudah perbaikan dengan menggunakan parameter seperti *inventory*, *cycle time*, dan *lead time*, sehingga efektivitas implementasi lean manufacturing dapat diukur secara lebih akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Åhlström, P. (1998). Sequences in The Implementation of Lean Production. *European Management Journal*, 16(4), 327-334.
- Al Faritsy, A. Z., & Suseno, B. (2015). Peningkatan Produktivitas Perusahaan dengan Menggunakan Metode Six Sigma, Lean dan Kaizen. *Jurnal Teknik Industri*, 16(2).
- Askari, M. F., & Supriyanto, H. H. (2012). Implementasi Lean Manufacturing di PT. X, Pasuruan. *Jurnal Teknik POMITS*, 1(1), 1-5.
- BPS. (2014). Berita Resmi Statistik: Perkembangan Industri Manufaktur Besar-Sedang. *Badan Pusat Statistik*. <http://bps.go.id>
- Crema, M., & Verbano, C. (2013). Guidelines for overcoming Hospital Managerial Challenges: A Systematic Literature Review. *Therapeutics and Clinical Risk Management*, 9, 427.
- Ding, S. H., Muhammad, N. A., Zulkurnaini, N. H., Khaider, A. N., & Kamaruddin, S. (2013). Production System Improvement by Integration of FMEA With 5-Whys Analysis. *Advanced Materials Research*, 748, 1203-1207.
- El-Haik, B., & Al-Omar, R. (2006). *Simulation Based Lean Six Sigma and Design For Six Sigma*. John Wiley & Sons.
- Gaspersz, V. (2003). *Total Quality Management*. Gramedia Pustaka Utama.
- Gaspersz, V. (2007). *Lean Six Sigma for Manufacturing and Service Industries*. Gramedia Pustaka Utama.
- Gaspersz, V., & Fontana, A. (2011). *Lean Six Sigma for Manufacturing and Service Industries*. Vinchristo.
- Goriwondo, W. M., Samson, M., & Alphonse, M. (2011). Use of The Value Stream Mapping Tool for Waste Reduction in Manufacturing: Case Study for Bread Manufacturing in Zimbabwe. In *International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*.
- Handes, D., Susanto, K., Novita, L., & Wajong, A. (2013). Statistical Quality Control (SQC) pada Proses Produksi Produk "E" di PT DYN Tbk. *Industrial and Systems Engineering Assessment Journal (INASEA)*, 3(2), 177-186.
- Hines, P., & Taylor, D. (2000). *Going Lean*. Lean Enterprise Research Centre.

- Liker, J. K. (2006). *The Toyota Way: 14 Prinsip Manajemen dari Perusahaan Manufaktur Terhebat di Dunia*. Erlangga.
- Maulana, A., Herlina, L., & Kurniawan, B. (2016). Usulan Lean Manufacturing System untuk Mereduksi Waste dan Efisiensi Biaya Produksi di PT. ABC Divisi Slab Steel Plant 1. *Jurnal Teknik Industri*, 4(3).
- Narusawa, T., & Shook, J. (2008). *Kaizen Express* (2nd ed.). Lean Enterprise Institute.
- Prayogo, T., & Octavia, T. (2013). Identifikasi Waste dengan Menggunakan Value Stream Mapping di Gudang PT XYZ. *Jurnal Titra*, 1(2), 119-126.
- Putra, E. A. P. H., & Ikatrinasari, Z. F. (2012). Penerapan Lean Manufacturing melalui Metode Gemba Kaizen dengan Pendekatan Siklus PDCA untuk Peningkatan Produktivitas di PT XYZ, Bekasi. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*.
- Rawabdeh, I. A. (2005). A Model for The Assessment of Waste in Job Shop Environments. *International Journal of Operations & Production Management*, 25(8), 800-822.
- Rother, M., & Shook, J. (2003). *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*. Lean Enterprise Institute.
- Tapping, D., & Shuker, T. (2003). *Value Stream Management for the Lean Office*. Productivity Press.
- Tilak, M., Van Aken, E., McDonald, T., & Ravi, K. (2002). Value Stream Mapping: A Review and Comparative Analysis of Recent Applications. *Norcross*.
- Tischler, L. (2006). Bringing Lean to The Office. *Journal of Organizational Change Management*, 19(6), 627-641.
- Tyagi, S., Choudhary, A., Cai, X., & Yang, K. (2015). Value Stream Mapping to Reduce the Lead-Time of a Product Development Process. *International Journal of Production Economics*, 160, 202-212.
- Utama, D. M., Dewi, S. K., & Mawarti, V. I. (2016). Identifikasi Waste pada Proses Produksi Key Set Clarinet dengan Pendekatan Lean Manufacturing. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 15(1).
- Wee, H. W. S. (2009). Lean Supply Chain and Its Effect on Product Cost and Quality: A Case Study in Ford Motor Company. *Supply Chain Management: An International Journal*, 14(5), 335-341.
- Williams, M., Douglas, L., & Tetteh, E. G. (2008). Value-Stream Mapping to Improve Productivity in Transmission Case Machining. In *Industrial Engineering Research Conference*.