

## **REDUKSI WASTE DENGAN PENERAPAN *LEAN MANUFACTURING* PADA PROSES PRODUKSI *GLASSFIBRE REINFORCED CONCRETE* (GRC) KRAWANGAN DI PABRIK XYZ**

**Ester Maria Elizabeth <sup>1)</sup>, Ir. Siti Rohana Nasution, ST, MT <sup>2)</sup>, Donny Montreano, ST, MT, IPM <sup>3)</sup>**

<sup>1)</sup> Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, Jalan Limo Raya, Depok, 16514, Indonesia

<sup>2)</sup> Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, Jalan Limo Raya, Depok, 16514, Indonesia

<sup>3)</sup> Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, Jalan Limo Raya, Depok, 16514, Indonesia

### **ARTICLE INFORMATION**

#### **Article history:**

Received: August 01, 23

Revised: September 11, 23

Accepted: October 04, 23

#### **Keywords:**

*Lean Manufactur*

*VSM*

*VALSAT*

*FMEA*

*FTA*

### **ABSTRACT**

Pabrik XYZ merupakan pabrik yang membuat produk GRC Krawangan, dari hasil observasi ditemukan pemborosan yang disebabkan oleh tata letak tidak rapih, perpindahan material tidak teratur, banyak gerakan tidak perlu, dan waktu menunggu. Pemborosan yang terjadi dapat dianalisis penyebabnya dan diminimasi agar proses produksi lebih efisien dengan pendekatan *Lean Manufacturing*. Penelitian ini menggunakan metode *Value Stream Mapping* (VSM), *Value Stream Analysis Tool* (VALSAT), *Process activity mapping* (PAM), *Failure Mode Effect and Analysis* (FMEA), dan *Fault Tree Analysis* (FTA). Hasil penelitian didapatkan pemeringkatan kuesioner 7 waste dengan waste tertinggi yaitu *waste transportation*, *waste unnecessary motion*, dan *waste waiting*. Waste ini kemudian dihitung nilai VALSAT dan didapatkan *tools* terpilih adalah PAM, lalu dilakukan pengambilan data FMEA dan didapatkan 7 subwaste yang melampaui RPN Kritis. Kemudian subwaste tersebut dianalisis dengan FTA. Dari hasil analisis waste dengan beberapa metode tersebut diberikan usulan perbaikan antara lain perbaikan tata letak fasilitas dengan software BLOCPAN skor tata letak meningkat menjadi 0,99 dari 0,72. Lalu, penelitian juga mengusulkan alat bantu *meja adjustable* yang berhasil menurunkan skor REBA dari 9 ke 6. Kemudian, pada PAM Perbaikan total aktivitas berjumlah 129 dengan mengeliminasi 9 aktivitas dan waktu aktivitas menurun dari 98862.69 menjadi 97495.72 detik.

This is an open access article under the [CC-BY-NC](#) license.



### **Corresponding Author:**

Ester Maria Elizabeth

Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, Jalan Limo Raya, Depok, 16514, Indonesia

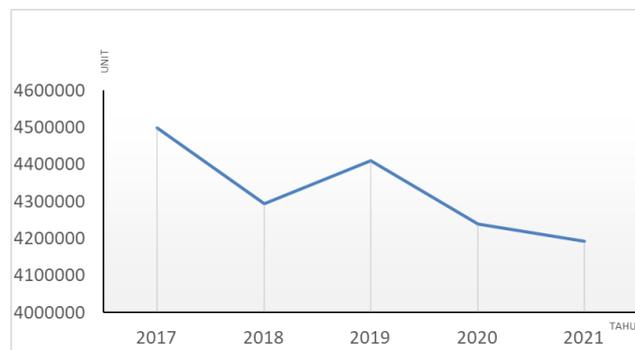
Email: [2010312095@mahasiswa.upnvj.ac.id](mailto:2010312095@mahasiswa.upnvj.ac.id)

© 2023 Some rights reserved

## PENDAHULUAN

Pertumbuhan ekonomi di Indonesia sendiri sangat dipengaruhi oleh sektor industri pengolahan manufaktur sebagai kontributor utama (Bappenas & ERIA, 2021). Industri pengolahan di Indonesia tiap tahunnya berada pada angka 400 ribu unit industri besar, sedang, kecil, dan mikro ditunjukkan dengan Gambar 1.1 grafik jumlah perusahaan dalam industri pengolahan. Banyaknya perusahaan yang bergerak di industri ini membuat setiap pelaku industri perlu memperhatikan kualitas barang atau jasa yang dihasilkan. Industri pengolahan manufaktur merupakan kegiatan pengolahan bahan mentah baik dengan mesin maupun tidak, sehingga produk keluarannya mempunyai nilai tambah. Industri pengolahan erat kaitannya dengan proses dan produksi. Pada **Gambar 1**, menunjukkan tren jumlah unit industri pengolahan mengalami downtrend, meskipun masih berkisar 400000 unit, tetapi tetap mengalami penurunan. Dengan pola yang mengalami penurunan ini dapat diteliti lebih lanjut mengapa jumlah unit industri menurun apakah ada penyebab dari proses produksi yang dilakukan.

Menurut Ohno, dalam proses produksi diidentifikasi beberapa pemborosan dikenal sebagai 7 waste, istilah ini dari konsep Toyota Production System (TPS). 7 waste yang diidentifikasi terdiri dari *waste defect*, *overproduction*, *waiting*, *excessive transport*, *unnecessary inventory*, *unnecessary motion*, dan *inappropriate processing* (Ohno, 1988). Pemborosan yang terjadi berpotensi mengurangi jumlah, menurunkan kualitas, memperlama waktu, dan mengurangi efisiensi lini produksi perusahaan. Untuk meminimasi hal tersebut pelaku industri dapat menerapkan *lean manufacturing*. Pabrik XYZ merupakan jenis usaha di bidang industri pengolahan yaitu memproduksi *Glassfibre Reinforced Concrete* (GRC) Krawangan. *Glassfibre Reinforced Concrete* adalah jenis material beton bertulang dengan tambahan serat kaca terpasang pada bangunan seperti masjid, rumah, dll. Contoh dari produk GRC Krawangan ditunjukkan pada **Gambar 2**. Produksi GRC Krawangan adalah *make to order*, proses produksi akan berjalan ketika ada customer yang memesan dan produksinya bergantung pada permintaan *customer*



**Gambar 1.** Jumlah Unit Industri Pengolahan



**Gambar 2.** Contoh GRC Krawangan Pabrik XYZ



Hal ini terjadi juga pada proses pengeringan yang membutuhkan waktu 12 – 24 jam, pekerja akan menunggu cetakan adonan sampai kering lalu bisa melepaskan adonan dari cetakan dan menuju ke tahap *finishing* produk. Adanya waktu tunggu yang lama karena material belum selesai mengakibatkan *waste waiting*. Selain itu berdasarkan hasil wawancara bersama pemilik Pabrik XYZ, dalam proses produksi GRC Krawangan terdapat cara kerja yang tidak ergonomis dan banyaknya gerakan yang tidak perlu, ini dapat mengakibatkan *waste unnecessary motion*. Pada **Gambar 4.** menunjukkan operator membungkuk sebesar 30-45° selama proses pengukiran dan pembuatan cetakan, *waste* ini terjadi karena stasiun kerja tidak memperhatikan aspek ergonomis. Selain itu, operator melakukan gerakan tidak perlu seperti mencari alat ukir yang ditempatkan sembarangan, mencari wadah menempatkan alat dan material, dan aktivitas lainnya yang tidak perlu seperti merokok dan bermain HP. Gerakan yang tidak perlu ini dapat menghambat proses produksi Pabrik XYZ.

Pabrik XYZ sebagai pabrik yang baru 3 tahun berdiri tentunya dalam pabrik ini masih perlu penyempurnaan sistem produksinya, mulai dari proses, stasiun kerja, alat kerja, material, dan karyawan yang perlu dievaluasi dan ditingkatkan kembali. Observasi yang dilakukan peneliti menunjukkan bahwa masalah seperti tata letak, waktu pengerjaan, dan gerakan yang tidak perlu dapat mengakibatkan *waste* dalam proses produksi dimana *waste* tersebut tidak memiliki nilai tambah (*value added*) dan harus segera dieliminasi karena mempengaruhi jumlah dan kualitas produk. Hal ini dapat sejalan dengan harapan dari Pabrik XYZ yang ingin memperbaiki aliran proses produksinya agar dapat meningkatkan produktivitas dan menekan waktu, biaya, dan kualitas produk yang dihasilkan. Mengeliminasi pemborosan dapat dilakukan dengan pendekatan *lean manufacturing*, pendekatan ini dapat memperbaiki aliran proses produksi secara *end-to-end process*. Oleh karena itu, berdasarkan latar belakang diatas maka Pabrik XYZ sebagai industri pengolahan harus terus bersaing untuk meningkatkan kuantitas dan kualitas produk yang dihasilkannya. Pada saat proses produksi, permasalahan yang muncul dapat diidentifikasi sebagai *waste*, yang harus segera diatasi oleh Pabrik XYZ dengan menerapkan *lean manufacturing*. Oleh karena itu, penulis melakukan penelitian dengan judul “REDUKSI WASTE DENGAN PENERAPAN LEAN MANUFACTURING PADA PROSES PRODUKSI GLASSFIBRE REINFORCED CONCRETE (GRC) KRAWANGAN DI PABRIK XYZ”.



**Gambar 2.** Contoh Operator Melakukan Gerakan Tidak Perlu

## METODE PENELITIAN

Metode dalam penelitian ini terbagi menjadi 4 tahapan yaitu (1) Tahapan Persiapan Penelitian; (2) Tahapan Pengumpulan Data; (3) Tahapan Pengolahan dan Analisis Data; (4) Tahapan Akhir Penelitian.

### 1. Tahapan Persiapan Penelitian

Tahapan persiapan meliputi studi lapangan dan studi literatur untuk merumuskan masalah dan menetapkan tujuan dari penelitian. Berikut penjelasan dari tahap persiapan:

a. Penentuan Topik

Pertama, penulis menentukan topik yang akan dijadikan penelitian untuk memenuhi Tugas Akhir. Penulis memilih topik pendekatan *Lean Manufacturing*.

b. Studi Literatur

Penulis melakukan studi literatur dengan mencari literatur pendukung topik antara lain *Lean Manufacturing*, *7 waste*, *Value Stream Mapping (VSM)*, *Value Stream Anlysis Tool (VALSAT)*, *FMEA*, *Fault Tree Analysis (FTA)*.

c. Observasi Lapangan

Tahapan observasi lapangan yaitu meneliti langsung ke Pabrik XYZ yang berlokasi di Kranggan, Bekasi, Jawa Barat. Observasi lapangan dilakukan selama bulan Agustus – Desember 2023.

d. Perumusan Masalah

Penulis mengidentifikasi masalah yang ditemukan dan menganalisis masalah tersebut sesuai dengan keterkaitan topik yang diambil. Setelah menemukan masalahnya, penulis akan merumuskan masalah dengan pola sebab-akibat permasalahan.

e. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Penulis menetapkan tujuan penelitian berdasarkan latar belakang permasalahan. Tujuan dari penelitian diharapkan dapat mengurangi dan memecahkan masalah yang ditemukan di Pabrik XYZ. Permasalahan yang ada mengenai pemborosan sehingga diperlukan perbaikan aliran proses produksi. Untuk mengatasi permasalahan ini digunakan beberapa *tools* yang sering ditemukan pada konsep *Lean Manufacturing*.

f. Batasan Penelitian

Penetapan batasan penelitian atau batasan masalah digunakan agar penulis dapat membatasi masalah dalam lingkup objek penelitian. Hal ini dibuat agar penelitian tidak terlalu luas dan tidak berlawanan dengan tujuan yang telah ditetapkan.

### 2. Tahapan Pengumpulan Data

Pada tahap pengumpulan data digunakan data primer dan data sekunder. Data primer adalah data pengamatan dan data sekunder adalah data yang didapatkan dari perusahaan. Tahapannya sebagai berikut:

a. Pengumpulan Data Primer

Data primer yang penulis dapatkan adalah hasil dari pengamatan dengan beberapa metode yaitu observasi, wawancara, dan kuesioner *7 waste & FMEA*. Kuesioner *7 waste* diberikan kepada 5 orang operator dan 1 orang pemilik Pabrik XYZ. Kuesioner *FMEA* diberikan kepada pemilik Pabrik XYZ.

b. Pengumpulan Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh secara tidak langsung mengamati tetapi tersimpan sebagai arsip internal Pabrik XYZ. Data sekunder yang diperoleh seperti data produksi bulan Mei – November 2023.

### 3. Tahapan Pengolahan dan Analisis Data

Tahap pengolahan dan analisis data meliputi pengolahan data primer dan sekunder yang sudah dikumpulkan, ada beberapa tahapan pengolahan dan analisis data sampai kepada memberi rancangan perbaikan. Berikut langkah pengolahan dan analisis data:

- a. Perhitungan Skor dan Peringkat Kuesioner 7 Waste  
Hasil dari kuesioner 7 waste yang telah diisi oleh pemilik dan pekerja di lantai produksi Pabrik XYZ kemudian diolah untuk mengetahui skor rata-rata dari masing-masing pemborosan. Setelah menghitung dan mendapatkan skor rata-rata, masing-masing pemborosan diberikan peringkat dan diurutkan dari skor waste terbesar hingga skor waste terendah. Peringkat tertinggi menandakan bahwa waste tersebut merupakan waste yang paling sering terjadi dalam proses produksi GRC Krawangan Pabrik XYZ. Pada penelitian ini, peringkat 3 teratas akan dilakukan identifikasi lebih dalam untuk diketahui penyebab dan usulan perbaikannya.
- b. Menentukan Tools Terbaik dengan Nilai Value Stream Analysis Tools (VALSAT)  
Hasil rata-rata skor dari perhitungan kuesioner 7 waste akan digunakan untuk menentukan tools yang tepat dengan metode VALSAT guna mengidentifikasi pemborosan yang terjadi pada produksi GRC Krawangan. Perhitungan dilakukan dengan pengalihan faktor pengali masing-masing tools dengan rata-rata skor masing-masing pemborosan. Setelah didapatkan masing-masing skor, dapat diketahui skor terbesar merupakan tool terpilih yang akan mengidentifikasi 3 pemborosan dominan.
- c. Membuat Process Activity Mapping (PAM) Aktual  
Pembuatan Process Activity Mapping (PAM) sebagai salah satu tools utama dari VALSAT. Pembuatan Process Activity Mapping (PAM) Aktual dengan memetakan aktivitas aktual yang ada pada Pabrik XYZ dan menentukan jarak serta waktu masing-masing aktivitas.
- d. Membuat Current Value Stream Mapping (CVSM)  
Pembuatan Current Value Stream Mapping (CVSM) digunakan untuk menggambarkan aliran produksi secara jelas dari aktivitas produksi. Dari pembuatan Current Value Stream Mapping (CVSM) ini, dapat diketahui kondisi aktual saat pengumpulan data dan juga permasalahan yang terjadi pada aktivitas produksi.
- e. Perhitungan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)  
Perhitungan FMEA digunakan untuk menentukan nilai prioritas pemborosan mana yang harus diselesaikan dengan segera, setelahnya, dan kemudian.
- f. Identifikasi Penyebab Waste dengan Fault Tree Analysis (FTA)  
Selanjutnya tahap identifikasi penyebab waste yang sesuai dengan hasil metode FMEA dengan menggunakan metode Fault Tree Analysis (FTA). Metode ini berguna untuk mencari tahu faktor yang menyebabkan waste tersebut terjadi dengan penguraian hingga ke akar permasalahan (*root cause*).
- g. Membuat Usulan Perbaikan  
Setelah mengetahui root cause masing-masing pemborosan yang terjadi, penulis akan memberikan rancangan perbaikan bersifat kualitatif dan kuantitatif untuk dapat dijadikan sebagai saran rekomendasi kepada perusahaan.
- h. Membuat Process Activity Mapping (PAM) Perbaikan  
Pembuatan Process Activity Mapping (PAM) sebagai salah satu tools utama dari VALSAT. Pembuatan Process Activity Mapping (PAM) Perbaikan dengan memetakan aktivitas aktual yang ada pada Pabrik XYZ dan menentukan jarak serta waktu masing-masing aktivitas setelah diberikan rancangan usulan perbaikan.
- i. Membuat Future Value Stream Mapping (FVSM)  
Pada tahap ini penulis membuat Future Value Stream Mapping (FVSM) sebagai alat untuk menggambarkan perbaikan aliran dan aktivitas produksi.
- j. Melakukan Analisis Hasil PAM Aktual dan Perbaikan  
Pada tahap ini, dari Process Activity Mapping (PAM) yang sudah dibuat penulis membandingkan hasil aktual dan perbaikan apakah terjadi eliminasi aktivitas yang tidak bernilai tambah dan peningkatan waktu proses.
- k. Melakukan Analisis Hasil CVSM dan FVSM  
Tahapan ini membandingkan hasil dari CVSM dan FVSM dari segi model mapping dan cycle time yang terjadi pada setiap waktu proses.

#### 4. Tahapan Akhir Penelitian

Tahap akhir penelitian meliputi pembuatan penarikan kesimpulan dan saran dari hasil pengolahan dan analisis data. Kesimpulan dibuat sebagai jawaban atas tujuan penelitian yang telah ditetapkan sebelumnya. Saran dibuat untuk peneliti selanjutnya yang ingin melakukan penelitian terhadap pemborosan di suatu unit produksi. Saran pun diberikan kepada Pabrik XYZ dalam meminimasi pemborosan pada proses produksi GRC Krawangan.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 1. Hasil Skor dan Pemingkatan Kuesioner Waste

Setelah kuesioner 7 Waste diberikan kepada pekerja dan pemilik Pabrik XYZ. Selanjutnya dilakukan pengolahan data dengan mencari rata-rata masing-masing jawaban dari responden. Kemudian diurutkan peringkat yang dari yang tertinggi sampai terendah. Berdasarkan kuesioner 7 waste pada tabel di atas ini, diambil 3 jenis waste teratas sebagai fokus utama untuk perbaikan. 3 waste dengan skor dan persentase waste tertinggi ada pada *waste excessive transportation* dengan skor 2.5 dan persentase 20.27, *waste unnecessary motion* dengan skor 2.5 dan persentase 20.27%, dan *waste waiting* dengan skor 2 dan persentase 16.22%. Berdasarkan kuesioner tersebut jumlah waste yang ada dalam perusahaan sebanyak 56.76% yang mana hampir sebagian besar kegiatan yang dilakukan ternyata masih tidak efisien dan menimbulkan waste

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Pembobotan Kuesioner 7 Waste

Responden	Skor Pemborosan						
	Defect	Overproduction	Waiting	Excessive Transportation	Unnecessary Inventory	Unnecessary Motion	Inappropriate Process
1	1	0	2	3	1	4	1
2	1	0	2	2	1	3	1
3	1	0	1	4	1	3	1
4	2	5	3	4	1	4	4
5	1	3	3	1	1	1	4
6	1	0	1	1	1	0	0
<b>Rata-Rata</b>	1.16	1.33	2	2.5	1	2.5	1.83
<b>% Waste</b>	9.46%	10.81%	16.22%	20.27%	8.11%	20.27%	14.86%
<b>Peringkat</b>	6	5	3	1	7	2	4

#### 2. Perhitungan Value Stream Analysis Tool (VALSAT)

Pada tabel di bawah ini terdapat perhitungan *Value Stream Analysis Tool* (VALSAT), perhitungan didapatkan dari perkalian rata-rata tingkat waste dengan faktor pengali dari korelasi VALSAT untuk tiap waste. Untuk rata-rata tingkat waste dapat dilihat pada **Tabel 1**. Rekapitulasi Hasil Pembobotan Kuesioner 7 Waste; Untuk faktor pengali dan hubungan tiap-tiap waste dari *Value Stream Analysis Tool* (VALSAT) dapat dilihat pada Tabel Pembobotan *Tools* VALSAT. Dari perhitungan tersebut didapatkan nilai paling tinggi yaitu 84.96 untuk *Process activity mapping* (PAM) karena hubungan antar setiap waste dengan *Process activity mapping* (PAM) memiliki nilai VALSAT, berbeda dengan *tools* lainnya dimana ada beberapa *tools* yang tidak mempunyai nilai VALSAT untuk setiap jenis waste-nya. Oleh karena itu, *tools* ini dipilih untuk melakukan identifikasi *value stream* secara lebih rinci karena dapat memetakan semua aktivitas dalam masing-masing waste yang terjadi di Pabrik XYZ

**Tabel 2.** Perhitungan Value Stream Analysis Tool (VALSAT)

Waste	Process activity mapping	Supply Chain Response Matrix	Production Variety Funnel	Quality Filter Mapping	Demand Amplification Mapping	Decision Point Analysis	Physical Structure
Defect	1.16			10.44			
Overproduction	1.33	3.99		1.33	3.99	3.99	
Waiting	18	18	2		6	6	
Excessive Transportation	22.5						2.5
Unnecessary Inventory	3	9	3		9	3	1
Unnecessary Motion	22.5	2.5					
Inappropriate Process	16.47		5.49	1.83		1.83	
<b>TOTAL</b>	<b>84.96</b>	<b>33.49</b>	<b>10.49</b>	<b>13.6</b>	<b>18.99</b>	<b>14.82</b>	<b>3.5</b>

### 3. Process activity mapping (PAM) Aktual

Pada *Process activity mapping* (PAM) dikategorikan aktivitas menjadi aktivitas yang bernilai tambah (*value added*) dan tidak bernilai tambah (*non-value added*) dan dikelompokkan jumlah aktivitas operasi, transportasi, inspeksi, *delay*, dan *storage*. Berikut Tabel Rekapitulasi *Process activity mapping* (PAM) Aktual:

**Tabel 3.** Rekapitulasi PAM Aktual

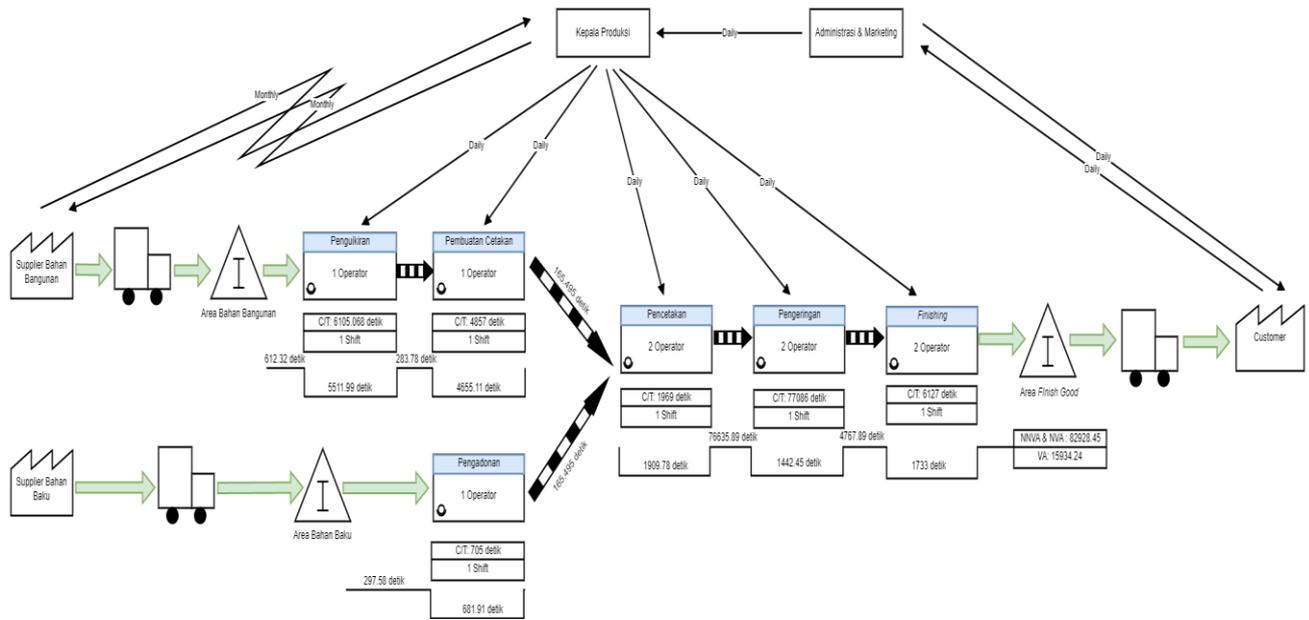
Aktivitas	Jumlah Aktivitas	Waktu (Detik)	Persentase
Operasi	76	18030.47	18.24%
Transportasi	43	1016.44	1.03%
Inspeksi	14	1084.01	1.10%
Storage	1	329.56	0.33%
Delay	4	78402.21	79.30%
<b>TOTAL</b>	<b>138</b>	<b>98862.69</b>	<b>100.00%</b>

**Tabel 4.** Rekapitulasi Jumlah Aktivitas

Aktivitas	Jumlah Aktivitas	Waktu (Detik)	Persentase
VA	58	15934.24	16.12%
NVA	16	1109.78	1.12%
NNVA	64	81818.67	82.76%
<b>TOTAL</b>	<b>138</b>	<b>98862.69</b>	<b>100.00%</b>

### 4. Current Value Stream Mapping (CVSM)

Setelah perhitungan *Process activity mapping* aktual selesai, dibuatlah *Current Value Stream Mapping* (CVSM) atau peta aliran nilai kondisi aktual. CVSM ini akan menggambarkan material dan informasi dari seluruh stasiun kerja serta hubungan antar stasiun kerja. Berikut CVSM yang dibuat untuk memetakan kondisi produksi aktual atau yang terjadi saat pengamatan berlangsung di Pabrik XYZ:



**Gambar 5. Current Value Stream Mapping (CVSM)**

Berdasarkan *Current Value Stream Mapping* diatas, terlihat bahwa alur proses produksi aktual dimulai dari customer yang melakukan pembelian melalui *platform web*, Google, ataupun kontak pemesanan pemilik Pabrik XYZ. Selanjutnya administrasi akan berkoordinasi untuk negosiasi dengan *customer* dan menetapkan persetujuan jumlah pesanan, tipe desain, dimensi GRC Krawangan yang harus diproduksi kepada kepala produksi. Kemudian, kepala produksi akan melakukan arahan ke masing-masing tim untuk melakukan produksi sesuai dengan target yang dibutuhkan. Kepala produksi akan melakukan pemeriksaan terhadap ketersediaan bahan baku. Jika bahan baku tidak tersedia, bagian produksi akan berkoordinasi dengan tim administrasi untuk melakukan pemesanan bahan baku kepada *supplier*. Namun, jika bahan baku tersedia, maka bagian produksi akan melanjutkan proses produksi sesuai target permintaan.

**5. Identifikasi Waste Kritis**

Berdasarkan hasil dari kuesioner *7 waste*, didapatkan 3 *waste* kritis yaitu *Excessive Transportation*, *Unnecessary Motion*, dan *Waiting*. Berikut ini merupakan hasil analisis identifikasi *waste* kritis yang terjadi berdasarkan pengamatan dilapangan, hasil wawancara, dan hasil *Process activity mapping*:

**a. Excessive Transportation**

Berdasarkan hasil observasi di Pabrik XYZ terjadi *waste excessive transportation*, penyebab adanya transportasi berlebih yaitu Pabrik XYZ tidak memperhatikan aspek tata letak dalam penempatan material, alat, dan stasiun kerja. Dalam proses pengerjaan GRC Krawangan, sering terjadi aliran produksi yang bolak-balik karena perlu adanya penambahan pada cetakan sampai sesuai standar dan keinginan *customer* sehingga dilakukan pengulangan proses yang sebelumnya seperti mengadon, mencetak, dan *finishing* kembali. Hal ini membuat operator melakukan transportasi berulang pada beberapa stasiun kerja yang berkaitan. Perlu adanya perbaikan dalam tata letak Pabrik XYZ agar perpindahan alat dan material efisien dan *transport time* lebih efektif.

b. *Unnecessary Motion*

Pemborosan gerakan ini terjadi pada operator, *waste* ini berkaitan dengan penyebab *waste excessive transportation* akibatnya operator banyak melakukan gerakan yang tidak perlu dalam menjangkau dan mencari alat. Kemudian, operator juga membungkuk 30-45° selama proses pengukiran sampai pembuatan cetakan.

c. *Waiting*

Pemborosan *waiting* sebagian besar terjadi pada proses menunggu cetakan GRC Krawangan kering sempurna, proses menunggu ini memakan waktu lebih dari 24 jam. Kemudian, setelah itu ketika sudah kering harus menunggu produk selesai *finishing* pengacian lalu menunggu kering lagi dan masuk ke *finishing* pengamplasan. Selain itu, proses menunggu terjadi pada tahapan awal yaitu menunggu ukiran selesai dibuat dan menunggu pembuatan cetakan selesai dibuat

## 6. Failure Mode Effect and Analysis

Setelah identifikasi dan analisis *waste* pada proses produksi Pabrik XYZ, langkah berikutnya adalah menghitung *Risk Priority Number* (RPN) menggunakan metode *Failure Modes and Effects Analysis* (FMEA). Dalam *Failure Modes and Effects Analysis* (FMEA) ini modus kegagalan dan dampak kegagalan dianalisis dari *waste* yang telah dipilih dan ditentukan *subwaste* untuk masing-masing *waste*. Kemudian dicari nilai *Risk Priority Number* (RPN) yang bertujuan untuk menentukan *subwaste* yang akan diprioritaskan untuk diperbaiki.:

Tabel 5. Perhitungan FMEA

Waste	Sub Waste	Severity	Occurance	Detection	RPN Rata-Rata	RPN Kritis
Excessive Transportation	Transportasi berlebih karena penempatan lokasi antara bahan baku, bahan bangunan, dan alat yang diperlukan saling berjauhan	3	3	7	63	88.33
	Pemindahan produk jadi ke tempat penyimpanan sementara yang tidak efisien karena ruang terbatas	3	5	6	90	
	Pemindahan material dan alat yang dibutuhkan tidak efisien karena jarak antara stasiun kerja berjauhan	4	4	7	112	
Unnecessary Motion	Operator membungkuk 30° - 45° selama proses pengukiran sampai pembuatan cetakan ( <i>moulding</i> )	6	3	7	126	79.5
	Operator mengalami kesulitan mencari alat ukir seperti pulpen, <i>cutter</i> , dan penggaris	4	5	6	120	
	Operator mengalami kesulitan mencari wadah botol bekas sebagai media menyimpan lem untuk melakukan pengeleman pada spons	2	2	8	32	

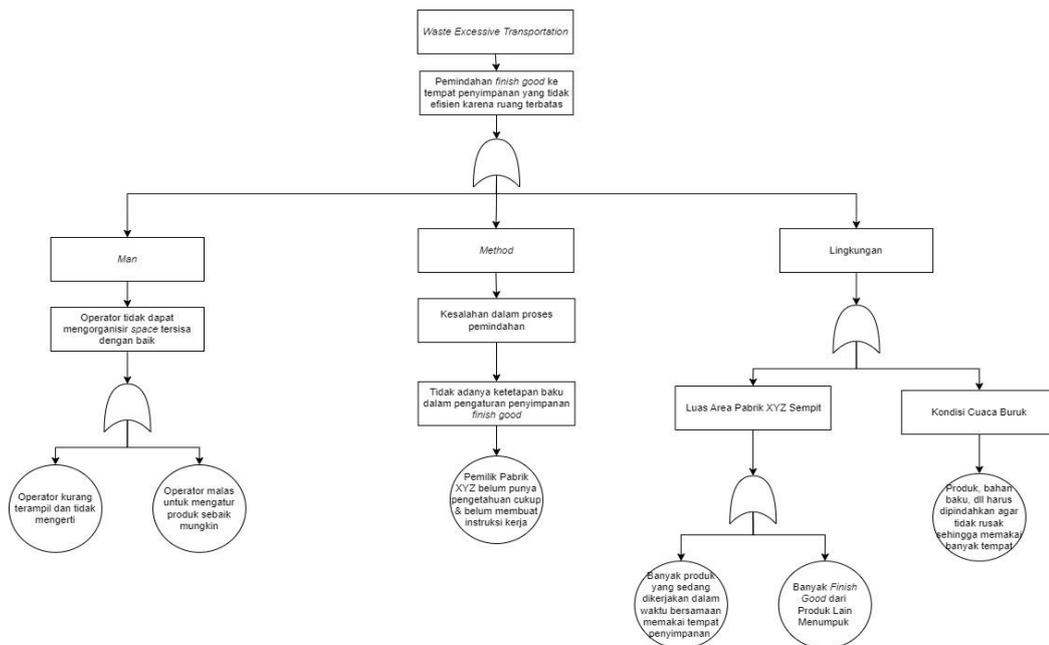
	Operator merokok dan menyalakannya disela-sela proses produksi berlangsung	2	2	10	40	
Waiting	Menunggu pola desain selesai diukir	5	3	7	105	100.25
	Menunggu cetakan ( <i>moulding</i> ) selesai dibuat	5	3	8	120	
	Menunggu adonan cetak GRC Krawangan kering	2	4	7	56	
	Menunggu GRC Krawangan selesai proses <i>finishing</i>	3	5	8	120	

Berdasarkan analisis tabel dan perhitungan RPN yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa pada *waste excessive transportation*, terdapat *subwaste* dengan skor RPN yang melebihi nilai RPN kritis 88.33 adalah *subwaste* (1) pemindahan produk jadi ke tempat penyimpanan sementara yang tidak efisien karena ruang terbatas; (2) pemindahan material dan alat yang dibutuhkan tidak efisien karena jarak antara stasiun kerja berjauhan. Pada *waste unnecessary motion*, *sub waste* dengan skor RPN diatas 79.5 dalah *subwaste* (1) Operator membungkuk 30° - 45° selama proses pengukiran sampai pembuatan cetakan (*moulding*); (2) Operator mengalami kesulitan mencari alat ukir seperti pulpen, cutter, dan penggaris. Pada *waste waiting*, *subwaste* dengan skor RPN diatas 100.25 adalah *sub waste* (1) Menunggu pola desain selesai diukir; (2) Menunggu cetakan (*moulding*) selesai dibuat; (3) Menunggu GRC Krawangan selesai proses *finishing*. *Subwaste* yang memiliki nilai di atas RPN Kritis tersebut akan dipilih untuk identifikasi untuk perbaikan.

7. Fault Tree Analysis

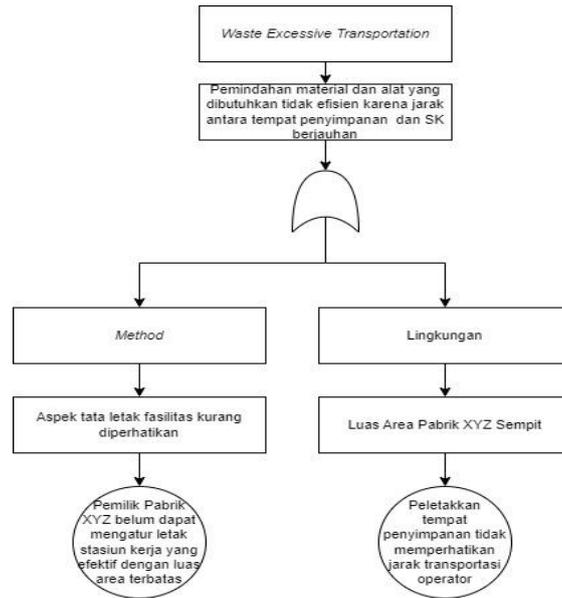
Akar permasalahan tiap *sub waste* pada *Fault Tree Analysis* (FTA) ditentukan berdasarkan hasil observasi di Pabrik XYZ dan diskusi bersama dengan Pemilik Pabrik XYZ sebagai validator dan pemberi masukan untuk analisis akar permasalahan yang terjadi. Berikut analisis dari *subwaste* terpilih yaitu sebanyak 7 *subwaste* analisis:

a. Subwaste Pemindahan Produk Jadi Tidak Efisien



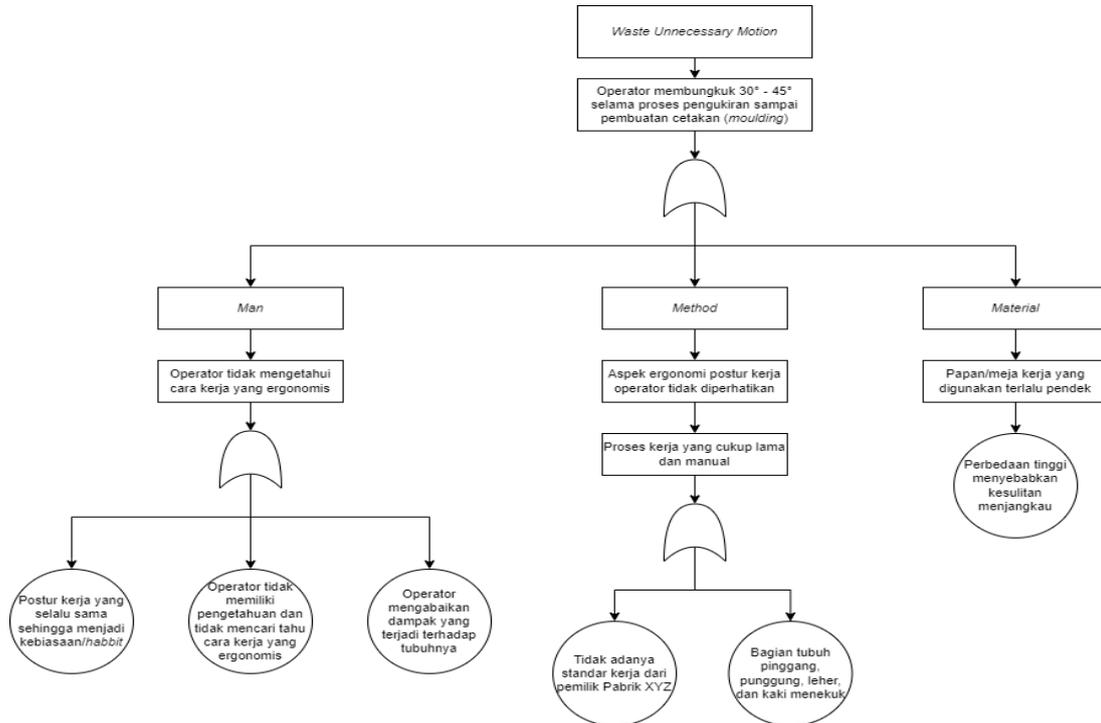
Gambar 6. FTA Subwaste 1

b. Subwaste Pemindahan Alat Dan Material Yang Tidak Efisien



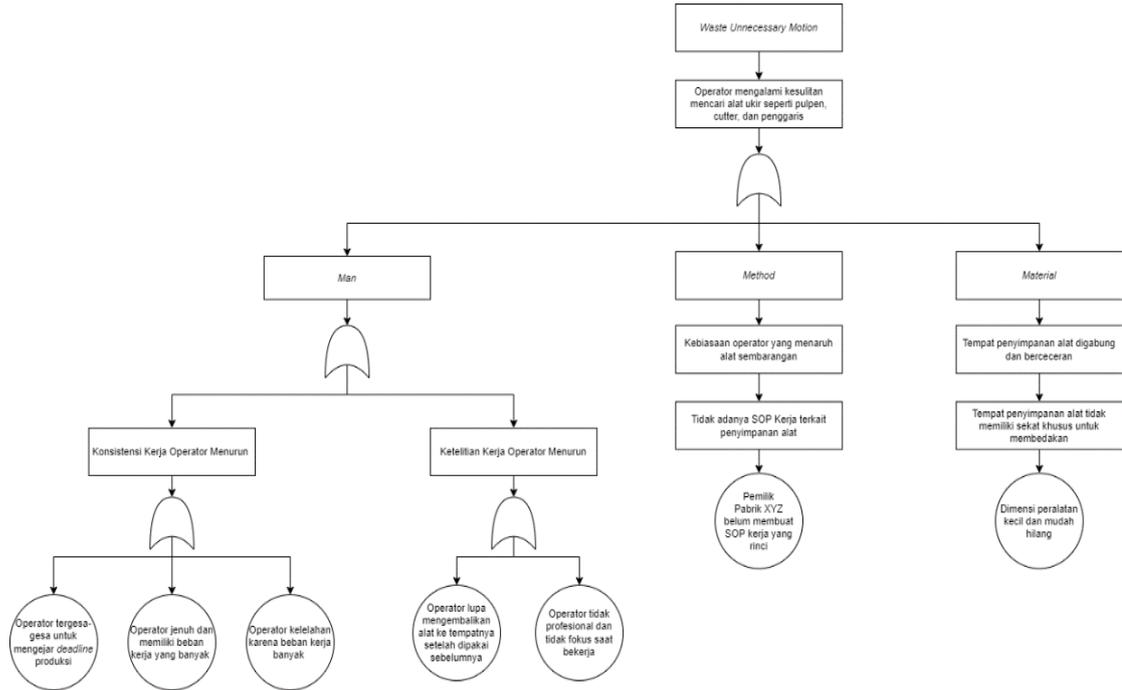
Gambar 7. FTA Subwaste 2

c. Subwaste Operator Membungkuk Selama Proses Pengukuran Sampai Pembuatan Cetakan (Moulding)



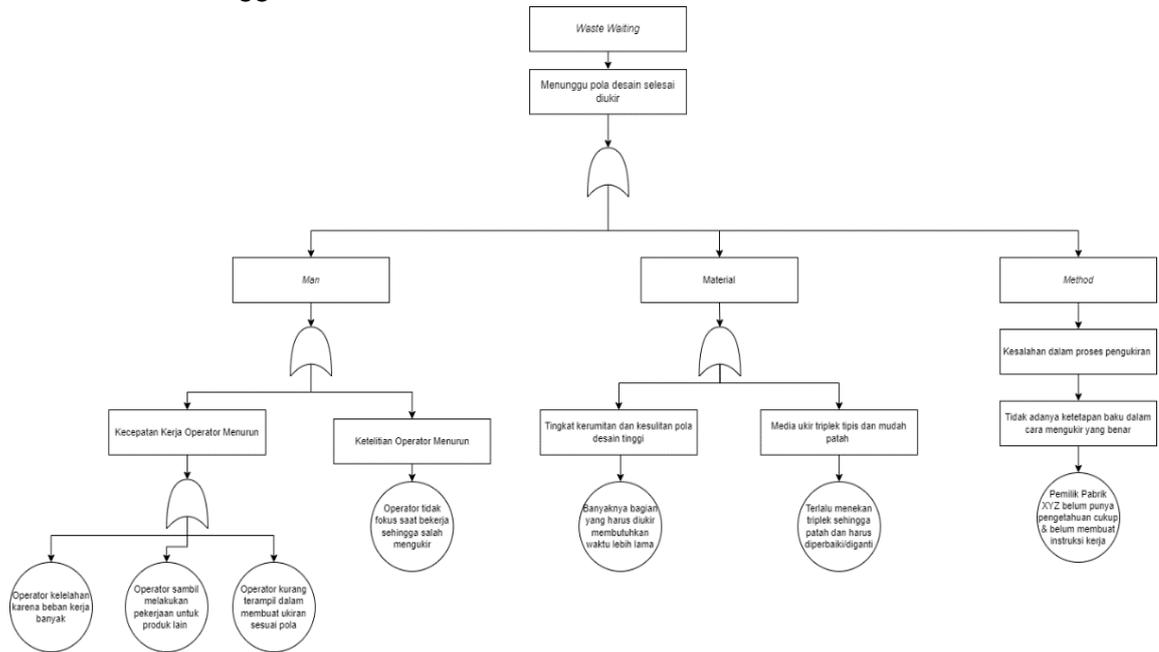
Gambar 8. FTA Subwaste 3

d. Subwaste Operator Kesulitan Mencari Alat Ukir



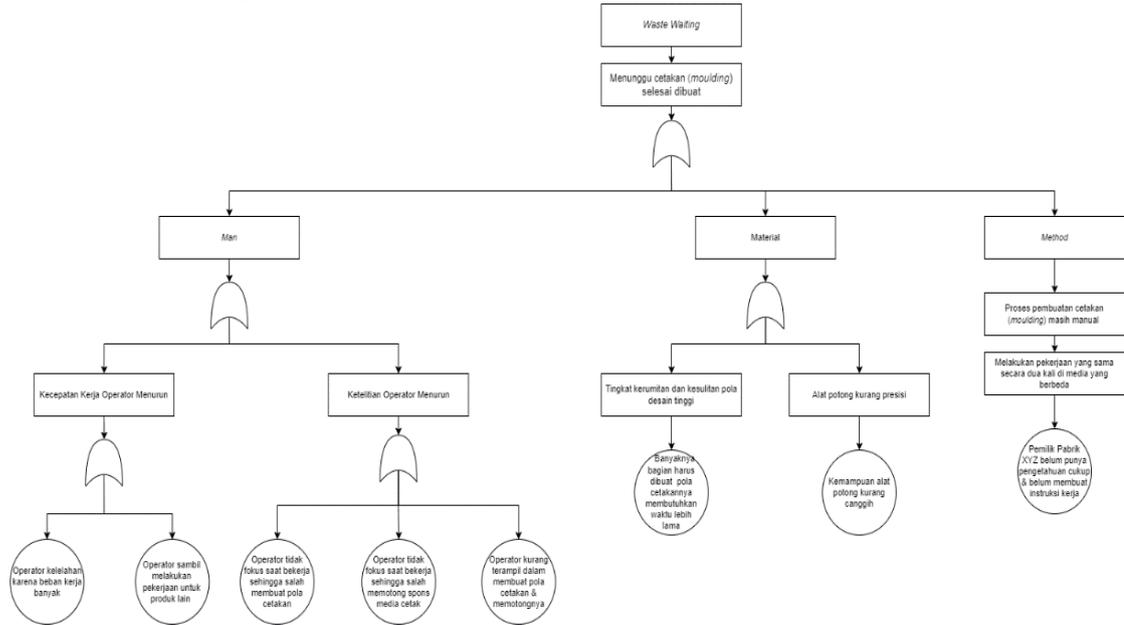
Gambar 9. FTA Subwaste 4

e. Subwaste Menunggu Pola Desain Selesai Diukir



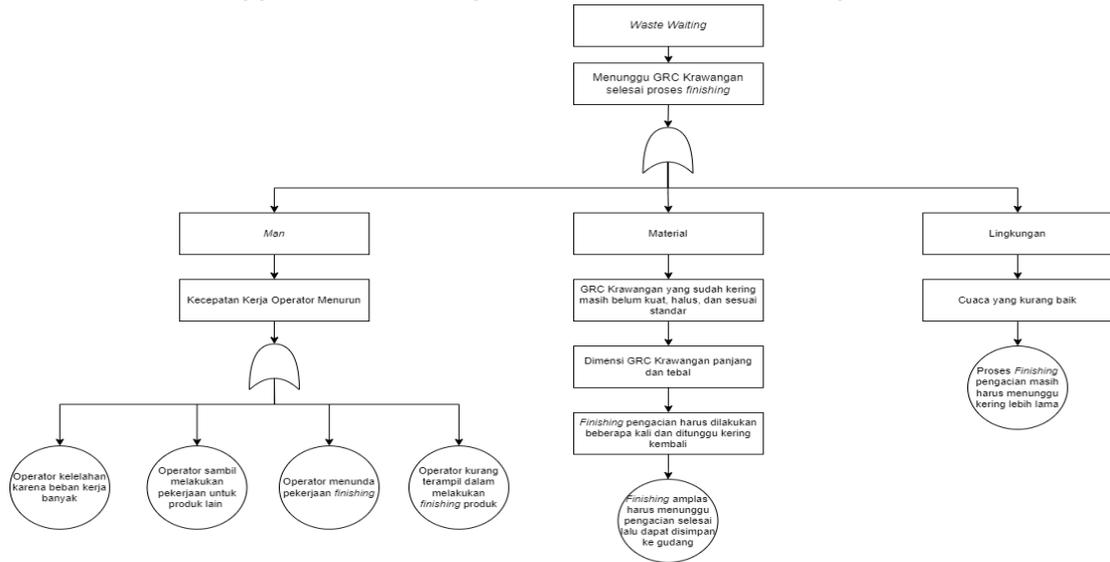
Gambar 10. FTA Subwaste 5

f. Subwaste Menunggu Cetakan (Moulding) Selesai Dibuat



Gambar 11. FTA Subwaste 6

g. Subwaste Menunggu GRC Krawangan Selesai Proses Finishing



Gambar 12. FTA Subwaste 7

8. Analisis Usulan Perbaikan

Melalui analisis FTA, telah diidentifikasi akar penyebab *waste* yang terjadi di Pabrik XYZ. Berikut adalah beberapa usulan perbaikan untuk mengatasi *waste* tersebut:

a. *Waste Excessive Transportation*

Berdasarkan analisis penyebab *waste excessive transportation*, faktor utama pemborosan adalah tata letak Pabrik XYZ yang tidak rapih dengan *space* yang terbatas juga. Perbaikan yang dilakukan adalah dengan mengubah tata letak produksi Pabrik XYZ menggunakan pendekatan Perancangan Tata Letak Fasilitas (PTLF)

dengan *tools Activity Relationship Chart (ARC)*, *Activity Relationship Diagram (ARD)* dengan bantuan *software BLOCLPLAN*.

b. *Waste Unnecessary Motion*

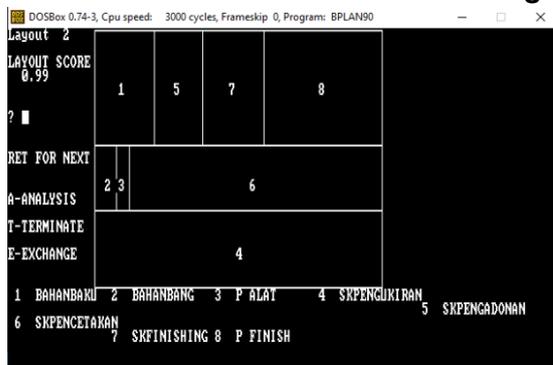
Berdasarkan analisis penyebab *waste unnecessary motion* ada beberapa faktor pemborosan *motion* yaitu operator membungkuk hampir 30-45° selama proses pengukuran dan pembuatan cetakan. Lalu operator kesulitan mencari alat ukir seperti pulpen, penggaris, dan *cutter*. Perbaikan yang dilakukan adalah dengan merancang meja *adjustable* naik turun dan *adjustable* sudut agar proses pengukuran dan pembuatan cetakan bisa berada pada satu SK yang sama yaitu SK Pengukuran. Hal ini juga harus diukur postur kerja sebelum perbaikan dan sesudah perbaikan dengan *worksheet Rapid Entire Body Assessment (REBA)* apakah nilainya menurun atau tidak. Perhitungan REBA (*Rapid Entire Body Assessment*) adalah suatu metode evaluasi ergonomi yang digunakan untuk menilai risiko cedera muskuloskeletal yang dapat timbul akibat postur tubuh kerja yang buruk. Metode ini dirancang untuk mengevaluasi pekerjaan atau tugas tertentu dengan memperhatikan berbagai aspek postur tubuh, kekuatan yang diperlukan, dan kegiatan kerja. Pada *waste unnecessary motion*, perhitungan *Rapid Entire Body Assessment (REBA)* ini dilakukan untuk menghitung seberapa besar perubahan yang didapatkan dari usulan perbaikan perancangan alat kerja meja *adjustable* serta untuk mengukur perbaikan yang diberikan dapat diimplementasikan dan dapat secara signifikan mengurangi dampak dari postur kerja yang tidak ergonomis sebagai salah satu *subwaste* operator membungkuk sebesar 30-45° selama proses produksi berlangsung. Selain itu, untuk *subwaste* operator kesulitan mencari alat diberikan usulan perbaikan pada tempat penyimpanan alat dibuat sekat-sekat agar barang mudah dicari dan tidak mudah hilang.

c. *Waste Waiting*

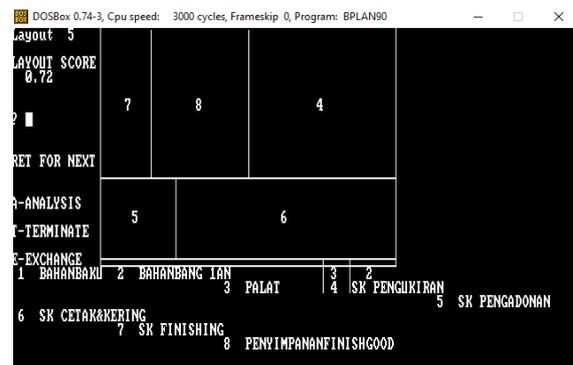
Berdasarkan analisis penyebab *waste waiting* menunggu pola ukir selesai di desain, menunggu cetakan (*moulding*) selesai dibuat, dan menunggu proses *finishing* selesai dilakukan. Perbaikan yang dilakukan adalah dengan mencari alternatif ukir menggunakan mesin CNC Milling. Hal ini bisa mengurangi waktu proses ukir sehingga bisa langsung masuk ke proses pencetakan. Kemudian, usulan yang diberikan dengan mencari alternatif amplas dengan mesin amplas. Jadi, mengganti alat manual ke mesin yang lebih terautomasi

## 9. Analisis Usulan Perbaikan

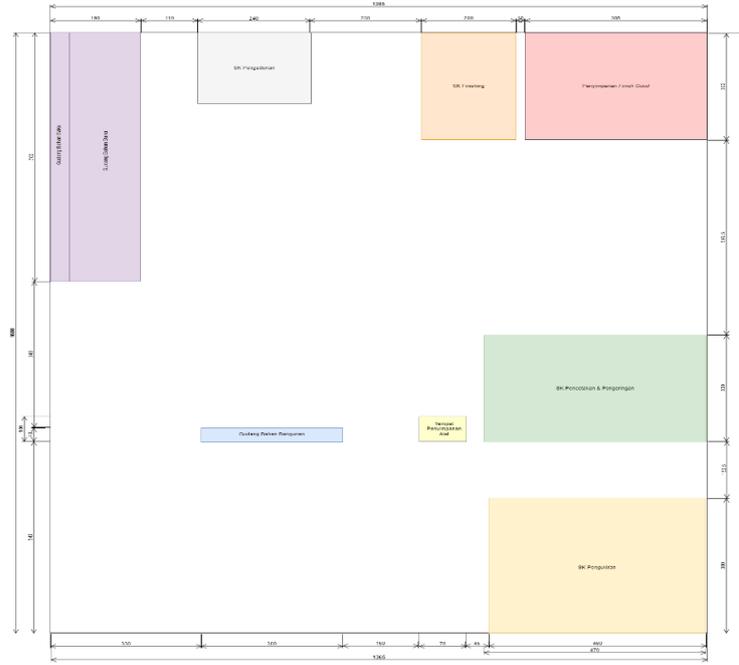
### a. Perbaikan Tata Letak Fasilitas dengan Software BLOCLPLAN



Gambar 12. Layout Usulan BLOCLPLAN

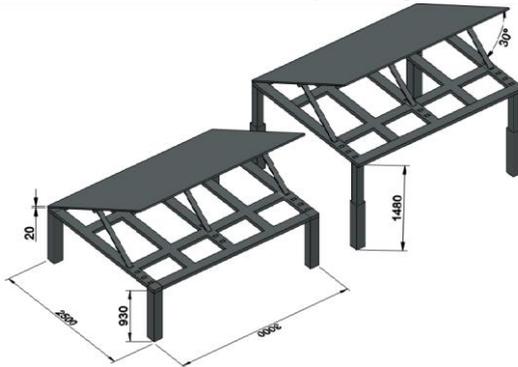


Gambar 13. Layout Aktual BLOCLPLAN

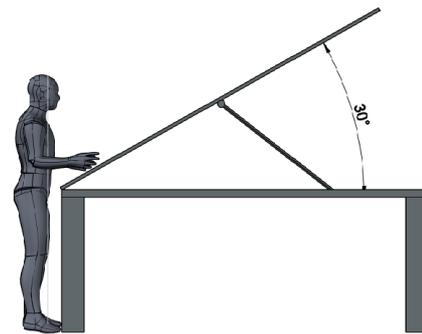


Gambar 14. Visualisasi Layout Usulan

**b. Perbaikan Sistem Kerja dengan Perancangan Meja Adjustable**



Gambar 15. Model Meja Adjustable



Gambar 16. Visualisasi Model Meja Adjustable

**Tabel 6. Perhitungan REBA Aaktual**

A. Neck Trunk Leg Analysis					
Operator/Penilaian	Op 1	Op 2	Op 3	Op 4	Op 5
Neck Score	3	3	3	2	3
Trunk Score	3	4	3	3	2
Leg Score	2	3	3	3	3
Posture Score A	6	8	7	6	6
Force Load	0	0	0	0	0
Score A	6	8	7	6	6
B. Arm and Wrist Analysis					
Upper Arm	2	2	2	2	2
Lower Arm	1	1	1	1	1
Wrist	1	1	1	1	1
Posture Score B	1	1	1	1	1
Coupling Score	0	1	0	0	1
Score B	1	2	1	1	2
Table C	6	8	7	6	6
Activity Score	3	2	2	2	3
Total Score	9	10	9	8	9
Rata-Rata	9				

**Tabel 7. Perhitungan REBA Perbaikan**

A. Neck Trunk Leg Analysis					
Operator/Penilaian	Op 1	Op 2	Op 3	Op 4	Op 5
Neck Score	2	1	2	2	1
Trunk Score	3	2	3	3	2
Leg Score	1	1	1	1	1
Posture Score A	4	2	4	4	2
Force Load	0	0	0	0	0
Score A	4	2	4	4	2
B. Arm and Wrist Analysis					
Upper Arm	2	3	3	3	2
Lower Arm	1	2	2	2	1
Wrist	1	1	1	1	1
Posture Score B	1	4	4	4	1
Coupling Score	0	0	0	0	0
Score B	1	4	4	4	1
Table C	3	3	4	4	3
Activity Score	3	3	2	2	3
Total Score	6	6	6	6	6
Rata-Rata	6				

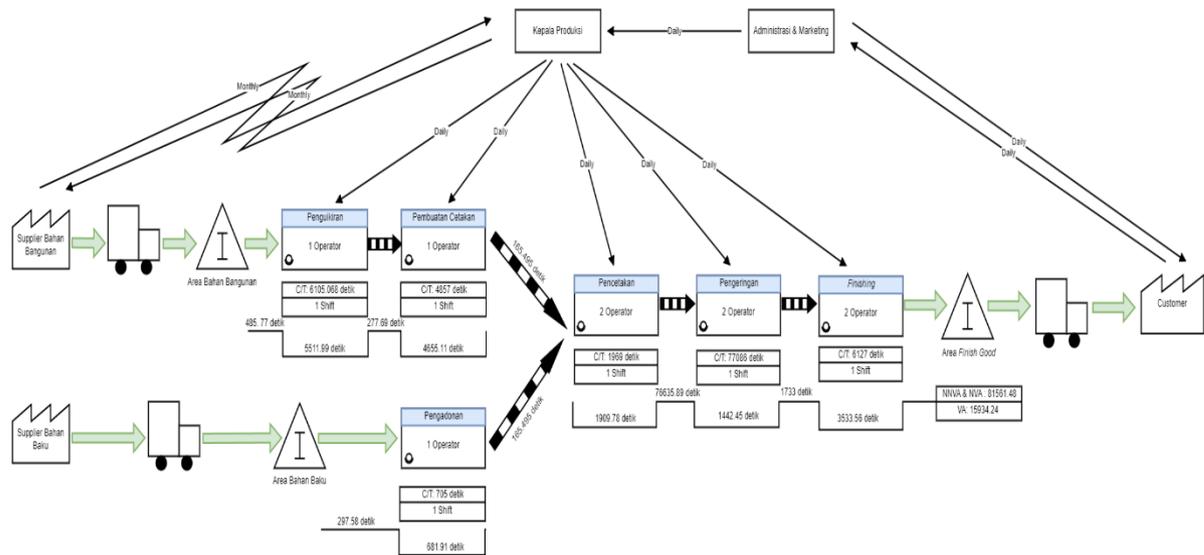
### 10. Process activity mapping Perbaikan

Tabel 8. Rekapitulasi Perbedaan Aktivitas

Aktivitas	Aktual		Perbaikan		Perbedaan	
	Jumlah	Waktu (detik)	Jumlah	Waktu (detik)	Jumlah	Waktu (detik)
VA	58	15934.24	58	15934.24	0	0
NVA	16	1109.78	15	809.89	1	299.89
NNVA	64	81818.67	56	80751.59	8	1067.08
<b>Total</b>	<b>138</b>	<b>98862.69</b>	<b>129</b>	<b>97495.72</b>	<b>9</b>	<b>1366.97</b>

Dapat dilihat pada tabel di atas waktu yang lebih banyak diminimasi adalah waktu pada aktivitas NNVA karena aktivitas tersebut sifatnya tidak dibutuhkan dan dapat dihilangkan sebanyak 8 aktivitas dengan waktu yang dihilangkan 1067.08 detik. Kemudian waktu pada aktivitas NVA menghilangkan 1 aktivitas dengan waktu 299.89. Total waktu yang dapat dihilangkan adalah sebanyak 1366.97 detik.

### 11. Future Value Stream Mapping



Gambar 17. Future Value Stream Mapping (FVSM)

### KESIMPULAN

- Berdasarkan kuesioner 7 waste pada tabel di atas ini, diambil 3 jenis waste teratas sebagai fokus utama untuk perbaikan. 3 waste dengan skor dan persentase waste tertinggi ada pada waste excessive transportation dengan skor 2.5 dan persentase 20.27%, waste unnecessary motion dengan skor 2.5 dan persentase 20.27%, dan waste waiting dengan skor 2 dan persentase 16.22%. Berdasarkan kuesioner tersebut jumlah waste yang ada dalam perusahaan sebanyak 56.76% yang mana hampir sebagian besar kegiatan yang dilakukan ternyata masih tidak efisien dan menimbulkan waste. Waste excessive transportation dibagi menjadi beberapa subwaste terpilih yaitu pemindahan produk jadi ke tempat penyimpanan sementara yang tidak efisien karena ruang terbatas dan pemindahan material dan alat yang dibutuhkan tidak efisien karena jarak antara stasiun kerja berjauhan. Waste unnecessary motion dibagi menjadi beberapa subwaste terpilih yaitu Operator membungkuk 30° - 45° selama proses pengukuran sampai pembuatan cetakan (moulding) dan operator mengalami kesulitan mencari alat ukur seperti pulpen, cutter, dan penggaris. Waste waiting yaitu menunggu cetakan (moulding) selesai dibuat, menunggu adonan cetak GRC Krawangan kering, dan menunggu GRC Krawangan selesai proses finishing

2. Berdasarkan analisis *fault tree analysis*, ditemukan faktor-faktor penyebab terjadinya pemborosan dalam proses produksi GRC Krawangan. Pada *subwaste* pemindahan produk jadi tidak efisien terjadi karena faktor manusia, metode, dan lingkungan. *Subwaste* perpindahan alat dan material tidak efisien karena ruang terbatas terjadi karena faktor metode dan lingkungan. *Subwaste* operator membungkuk terjadi karena manusia, metode, dan material. *Subwaste* operator kesulitan mencari alat terjadi karena faktor manusia, metode, material. *Subwaste* menunggu pola desain selesai diukir terjadi karena faktor manusia, material, metode. *Subwaste* menunggu cetakan selesai terjadi karena faktor manusia, material, metode. *Subwaste* menunggu proses GRC Krawangan kering terjadi karena manusia, material, lingkungan.
3. Usulan perbaikan yang dapat diberikan yaitu untuk *waste excessive transportation* dengan memperbaiki tata letak fasilitas didapatkan *layout score* usulan dengan *score* 0.99 meningkat 0.18 dibanding dengan *layout score* eksisting 0.72. Lalu, dilakukan perbaikan *waste unnecessary motion* dengan merancang meja usulan, skor rata-rata REBA seluruh operator sebelum model usulan adalah 9 dan skor rata-rata REBA seluruh operator setelah ada perancangan meja adalah 6 menurun sebanyak 3 poin. *Waste waiting* diberikan perbaikan menggunakan mesin CNC Milling & Mesin Amplas Otomatis. Lalu berdasarkan PAM Perbaikan didapatkan total aktivitas berjumlah 129 mengeliminasi 9 aktivitas lainnya waktu aktivitas menurun dari 98862.69 menjadi 97495.72 detik.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ardiansyah Odi, A. N. (2019). ANALISIS PENGURANGAN WASTE PADA PROSES PERAWATAN KERETA. Jurnal Asimetrik: Jurnal Ilmiah Rekayasa Dan Inovasi, Vol. 1 No. 1, 34-42.
- [2] Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas), Economic Research Institute for ASEAN and East Asia (ERIA). (2021). Kajian Sektor Manufaktur Indonesia 2021. Jakarta: Bappenas dan ERIA.
- [3] Badan Pusat Statistik. (2023). Jumlah Perusahaan IBS (KBLI 2020), 2008-2021. Diambil kembali dari <https://www.bps.go.id/indicator/9/200/1/jumlah-perusahaan-ibs-kbli-2020-.html>
- [4] Badan Pusat Statistik. (2023). Jumlah Perusahaan Industri Mikro dan Kecil Menurut Provinsi 2013-2021. Diambil kembali dari [bps.go.id: https://www.bps.go.id/indicator/170/440/1/jumlah-perusahaan-menurut-provinsi.html](https://www.bps.go.id/indicator/170/440/1/jumlah-perusahaan-menurut-provinsi.html)
- [5] Gaspersz, V. (2007). Lean six sigma for manufacturing and service industries : strategi dramatik reduksi cacat /kesalahan, biaya, inventori, dan lead time dalam waktu kurang dari 6 bulan. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- [6] Herujito, Yayat M. (2001). Dasar-Dasar Manajemen. Gramedia Widiasarana Indonesia.
- [7] James P. Womack, D. T. (2003). Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. New York: Free Press.
- [8] Liker, J. (2004). The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer. New York: McGraw Hill Book Company Inc.
- [9] Muter, R. (1970). Practical Plant Layout. New York: McGraw-Hill Book Company Inc.
- [10] Peter Hines, N. R. (1997). The seven value stream mapping *tools*. International Journal of Operations & Production Management Volume 17 Issue 1, 46-64.
- [11] Peter L. King, J. S. (2017). Value Stream Mapping for the Process Industries. New York: Productivity Press.
- [12] Stamatis, D. H. (2003). Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution. Milwaukee USA: ASQ Quality Press.
- [13] Sukirno, S. (2000). Makroekonomi Teori Pengantar. Depok: Raja Grafindo Persada.
- [14] Taiichi Ohno. (1988). Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production. Florida: CRC Press.
- [15] Wilson, L. (2009). How To Implement Lean Manufacturing. New York: McGraw Hill Book Company Inc.

**BIOGRAFI PENULIS**

Penulis 1	
	<b>Ester Maria Elizabeth</b>     merupakan seorang lulusan baru dan meraih gelar Sarjana Teknik (ST) pada tahun 2024 di Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta. Ester memiliki ketertarikan di bidang keteknikan meliputi Manajemen Industri, Supply Chain Management, dan bidang ilmu Teknik Industri lainnya. Ester memiliki beberapa pengalaman selama berkuliah yaitu Anggota Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) UPN Veteran Jakarta, Asisten Laboratorium Praktikum Dasar Pemrograman Komputer, dan Penerima Program Magang Bersertifikat Kampus Merdeka (MBKM) <i>Batch</i> 4 Tahun 2023.
Penulis 2	
	<b>Ir. Siti Rohana Nasution, ST, MT</b>     merupakan seorang Dosen Tetap Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta. Beliau meraih gelar insinyur (Ir) dan Sarjana Teknik (ST) pada tahun 1993 di Universitas Indonesia. Kemudian, beliau melanjutkan Studi Magister S2 dan meraih gelar (MT) pada tahun 2000 di Universitas Indonesia. Keahlian beliau dalam bidang keteknikan meliputi Manajemen Industri, <i>Operational Research</i> , Perancangan Sistem Kerja, Perancangan Tata Letak Fasilitas, Ekonomi Teknik, dan Sistem Produksi. Beliau berstatus dosen aktif di Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta sampai sekarang.
Penulis 3	
	<b>Donny Montreano ST, MT, IPM</b>     merupakan seorang Dosen Tetap Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta. Beliau meraih gelar Sarjana Teknik (ST) pada tahun 2003 di Universitas Trisakti. Kemudian, beliau melanjutkan Studi Magister S2 dan meraih gelar (MT) pada tahun 2011 di Universitas Trisakti. Keahlian beliau dalam bidang keteknikan meliputi Pemrograman Komputer, Menggambar Teknik, Perancangan dan Pengembangan Produk, Pemodelan Sistem, dan Sistem Produksi. Beliau berstatus dosen aktif di Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta sampai sekarang.