

Optimalisasi Pembuatan Pelet Regular Dari Limbah Biji Kopi Menggunakan Metode *Value Stream Mapping* Di Perusahaan Minuman Kopi Tangerang

Optimization Of Regular Pellet Production From Coffee Bean Waste Using The Value Stream Mapping Method In A Tangerang Coffee Beverage Company

Hartono¹ Huda Arief Anggoro²

^{1,2}. Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Tangerang

¹hartono@umt.ac.id ²huda.99enter@gmail.com

ABSTRACT

This study aims to optimize the production process of regular pellets made from coffee bean waste at a beverage company in Tangerang by applying the Value Stream Mapping (VSM) method. The research was motivated by the low production efficiency rate, which only reached 63% of the target, due to lengthy process flows, significant waiting times, and dominant non-value-added (NVA) activities. VSM was used to map the production flow, identify waste, and propose improvements through a Future State Map. The findings reveal that eliminating the oven process identified as the primary bottleneck and replacing it with a direct air-drying system in the silo significantly improved efficiency. Output productivity increased by 75%, from 3.14 kg/min to 5.49 kg/min, while the Process Efficiency Cycle (PEC) rose from 69% to 86%. The implementation of the Future State Map resulted in a more streamlined and integrated production flow, supporting green industry and circular economy principles.

Keywords: *Value Stream Mapping, coffee bean waste, pellet, production efficiency, lean manufacturing*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan proses produksi pelet regular dari limbah biji kopi pada perusahaan minuman kopi di Tangerang dengan menggunakan metode *Value Stream Mapping* (VSM). Latar belakang penelitian ini adalah rendahnya tingkat efisiensi produksi, yaitu hanya mencapai 63% dari target, yang disebabkan oleh panjangnya alur proses, waktu tunggu yang signifikan, dan aktivitas non-value added (NVA) yang dominan. Metode VSM digunakan untuk memetakan aliran proses produksi, mengidentifikasi pemborosan (*waste*), dan merancang perbaikan melalui *Future State Map*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa eliminasi proses oven sebagai penyebab utama keterlambatan dan penggantian metode pengeringan dengan sistem penganginan langsung pada silo berhasil meningkatkan efisiensi. Produktivitas output meningkat sebesar 75% dari 3,14 kg/menit menjadi 5,49 kg/menit, sementara *Productivity Efficiency Calculation* (PEC) naik dari 69% menjadi 86%. Implementasi *Future State Map* menghasilkan alur produksi yang lebih ringkas dan terintegrasi, sehingga mendukung prinsip *green industry* dan *circular economy*.

Kata kunci: *Value Stream Mapping, limbah biji kopi, pelet, efisiensi produksi, lean manufacturing*

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam beberapa dekade terakhir, isu lingkungan dan pemanfaatan sumber daya secara berkelanjutan semakin menjadi perhatian global. Konsep *sustainability* atau keberlanjutan telah menjadi dasar bagi banyak inisiatif pembangunan industri, terutama dalam menghadapi tantangan seperti perubahan iklim, penipisan sumber daya alam, serta peningkatan jumlah limbah organik dan anorganik. Salah satu bentuk implementasi konsep ini adalah pemanfaatan limbah organik sebagai sumber energi terbarukan. Ampas kopi, yang merupakan limbah padat hasil pengolahan biji kopi, memiliki potensi besar sebagai bahan baku alternatif dalam pembuatan energi. Pemanfaatan ampas kopi menjadi pelet selain membantu mengurangi limbah, juga memberikan nilai tambah secara ekonomi dan mendukung penggunaan energi bersih.

Namun dalam praktiknya, proses produksi pelet dari ampas kopi masih menghadapi beberapa kendala, seperti efisiensi waktu, panjangnya alur proses, serta adanya *waste* dalam bentuk material remukan, waktu tunggu, dan transportasi yang tidak optimal. Hal ini menyebabkan tingkat efisiensi produksi masih rendah, di mana rata-rata hanya mencapai 63%. Kondisi ini tentu bertentangan dengan prinsip *sustainable production*, yang menekankan penggunaan sumber daya secara efisien dan minim limbah.

Berikut data produksi regular pellet selama tahun 2024.

Tabel 1 Data Produksi Pelet Regular Januari-Desember 2024

No	Bulan	Target Produksi	Hasil Produksi Aktual	Persentase Pencapaian
1	Januari	330	207.5	63%
2	Februari	300	187.5	63%
3	Maret	285	177.5	62%
4	April	270	167.5	62%
5	Mei	300	187.5	63%
6	Juni	285	180	63%
7	Juli	345	217.5	63%
8	Agustus	330	207.5	63%
9	September	300	187.5	63%
10	Oktober	345	217.5	63%
11	November	315	197.5	63%
12	Desember	315	197.5	63%
Rata-rata		310	194.375	63%

Sumber : Data produksi divisi pellet 2024

Sehingga dibutuhkan metode untuk mengidentifikasi penyebabnya dengan cara mengidentifikasi dan mereduksi *waste* pada proses produksi di perusahaan agar dapat menghemat waktu, bahan baku, dan energi sehingga meningkatnya hasil produksi sesuai dengan target yang telah diterapkan sehingga produksi dapat menjadi maksimal.

1.2 Tinjauan Pustaka

Produksi

Proses produksi dapat didefinisikan sebagai kegiatan industri yang melibatkan pengangkutan bahan mentah dari inventaris pabrik hingga produk jadi siap untuk didistribusikan. Secara umum, proses ini mencakup metode, teknik, dan cara dalam mengolah sumber daya seperti tenaga kerja, mesin, dan bahan baku untuk menghasilkan barang atau jasa yang memiliki nilai tambah.

Produktivitas

Produktivitas adalah ukuran efisiensi dalam memanfaatkan sumber daya (tenaga kerja, waktu, bahan, energi, dan biaya) untuk menghasilkan output tertentu. Semakin tinggi produktivitas, semakin efisien suatu proses menghasilkan *output* dengan input yang minimal.

Lean manufacturing

Lean manufacturing atau sama dengan *Toyota production system* pada intinya merupakan suatu sistem produksi yang bertujuan untuk mengeliminasi pemborosan (*waste*) disemua aspek produksi, mulai dari aliran bahan baku dari *supplier* sampai dengan aliran produk akhir ke konsumen, melalui metode *continuous improvement* sehingga dapat meningkatkan output dan produktifitas.

Value Stream Mapping (VSM)

Value Stream Mapping adalah semua tindakan (*value added* dan *non value added*) saat ini diperlukan untuk membawa produk melalui aliran utama untuk setiap produk: aliran produksi dari aliran bahan baku sampai ke pelanggan dan aliran design dari konsep sampai kepeluncuran (Rother & Shook, 2003).

Process Efficiency Cycle

Efisiensi Siklus Proses adalah sebuah metrik atau rasio yang digunakan untuk mengukur seberapa efisien suatu proses bisnis atau produksi. Secara spesifik, PCE membandingkan waktu yang benar-benar memberikan nilai tambah (*Value-Added Time*) dengan total waktu siklus atau *lead time* keseluruhan proses.

Green Manufacturing

Green Manufacturing adalah pendekatan dalam proses produksi yang berfokus pada mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, dengan tetap menjaga efisiensi dan kualitas produk. Tujuan utamanya adalah meminimalkan limbah, menghemat energi, dan menggunakan sumber daya secara berkelanjutan

FMEA

FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) adalah metode sistematis yang digunakan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan dalam suatu proses, produk, atau *system* serta menganalisis efek dan penyebabnya, agar dapat dilakukan tindakan pencegahan atau perbaikan.

2. METODOLOGI

Teknik Pengumpulan Data

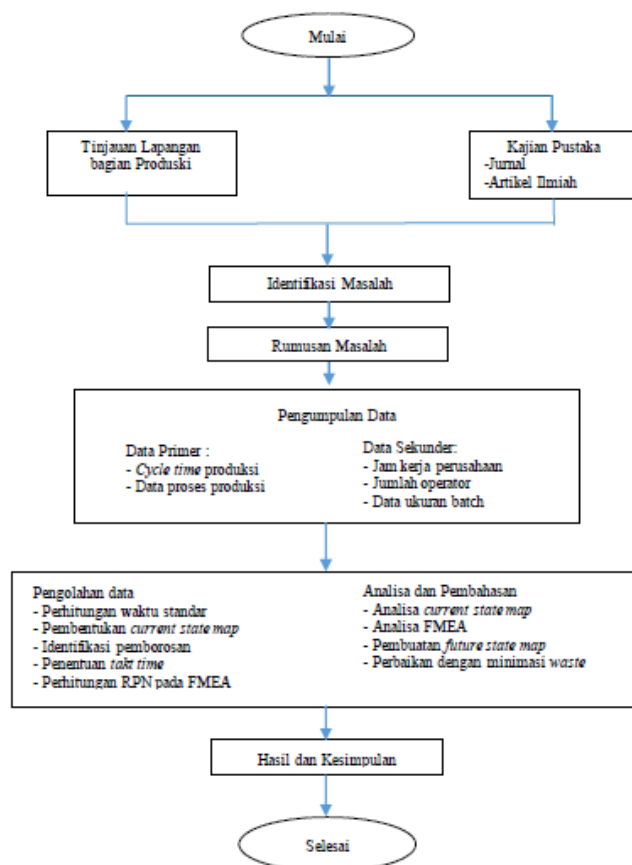
Tahap ini dilakukan untuk mengumpulkan data-data yang dibutuhkan untuk penelitian. Adapun data-data yang dibutuhkan peneliti antara lain:

a. Data Primer

Data primer adalah secara langsung diambil dari objek diantaranya adalah hasil pengamatan, hasil pengukuran, dan hasil wawancara terhadap pihak terkait. Adapun data primer yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah waktu siklus produk dan data proses produksi.

b. Data Sekunder

Adapun data sekunder yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah data tinjauan umum Divisi Pelet, jumlah operator, dan data ukuran batch produksi.



Gambar 1 Flowchart Metodologi Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data proses produksi berdasarkan pada waktu siklus untuk setiap aktivitas proses. Pengambilan data ini dilakukan dengan menggunakan *stopwatch*.

Tabel 2 Waktu Proses Produksi Per-aktivitas

No	Proses	Aktivitas	Kode	Waktu (menit)
1	Penerimaan Ampas	Menuang ampas ke rm	A1	5
		Pengecekan mc	A2	15
2	Proses <i>Drying</i>	Pengisian bucket input	B1	3
		Pengisian <i>bigbag</i>	C1	30
		Perataan ampas	C2	15
		Penumpukan <i>bigbag</i>	C3	2
3	Proses <i>Mixing</i>	Penuangan ampas	D1	1
		Penuangan aci	D2	1
		Pencampuran	D3	10
		Penuangan hasil	D4	5
4	Proses <i>Cooking</i>	Penimbangan tepung	E1	5
		Penimbangan air	E2	2
		Memasak	E3	20
		Pembagian aci	E4	10
No	Proses	Aktivitas	Kode	Waktu (menit)
5	Proses <i>Moulding</i>	Pencetakan hasil mixing	F1	15
		<i>Racking</i> (per 1 rak)	F2	5
		<i>Bigbag</i>	F3	5
		Meratakan(per 1 rak)	F4	5
6	Proses <i>Oven</i>	Memasukan rak (15 rak)	G1	45
		Pengovenan	G2	180
		Mengeuarkan rak	G3	45
7	Proses <i>Unloading</i>	Menuangkan pelet	H1	60
		Penganginan	H2	300
8	Proses <i>Packing</i>	Pengepakan	I1	10
		Pengkodean	I2	1

Data jumlah tenaga kerja masing-masing stasiun kerja pada proses produksi terlihat di tabel berikut.

Tabel 3 Available Time Proses Produksi & Jumlah Tenaga Kerja

No	Stasiun Kerja	Available Time (menit)	Jumlah Operator
1	Penuangan ampas, <i>drying, furnace</i>	480	1
2	<i>Mixing</i> , pengumpulan ampas	480	2
3	<i>Cooking</i>	480	1
4	<i>Moulding</i>	480	1
5	<i>Oven</i>	480	1
6	<i>Unloading</i>	480	1
7	<i>Packing, Quality Control</i>	480	1

3.2. Pengolahan Data

1. Proses Pemetaan Aktivitas

Process activity mapping digunakan untuk memetakan seluruh aktivitas produksi yang dilakukan secara detail dan mencapai tujuan untuk merampingkan proses produksi dan berikut disajikan pada tabel berikut.

Tabel 4 *Process Activity Mapping*

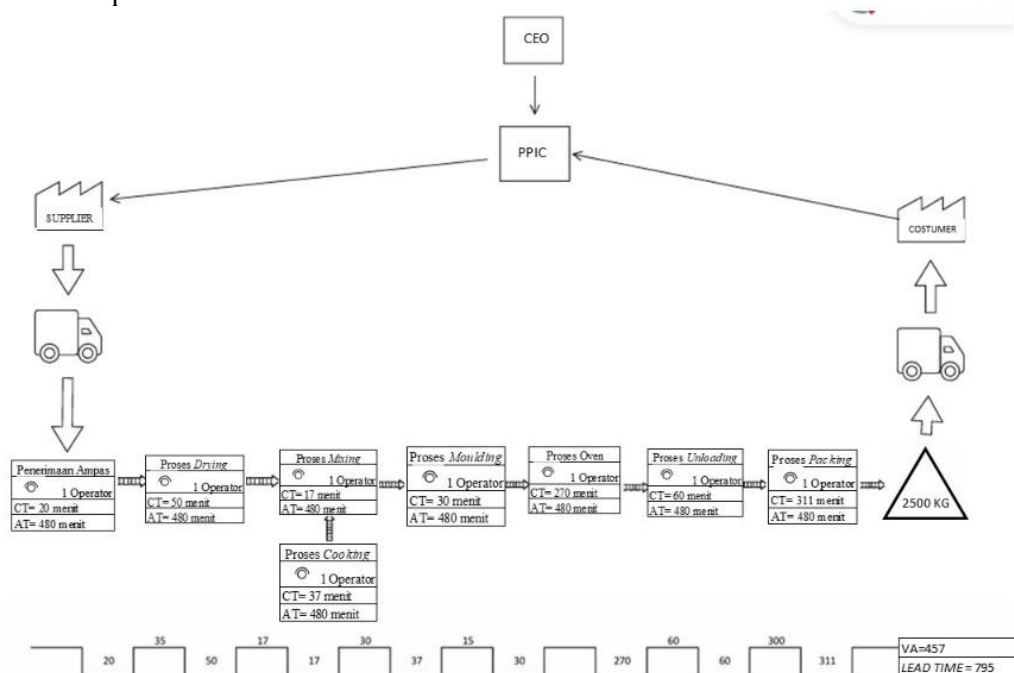
No	Proses	Aktivitas	Mesin/Alat	Kode	Waktu (menit)	Aktivitas					VA/NVA/ N NVA
						O	T	I	S	D	
1	Penerimaan Ampas	Menuang ampas ke rm	Truk	A1	5		T				NNVA
		Pengecekan mc	MC Meter	A2	15			I			NVA
2	Proses drying	Pengisian <i>bucket input</i>	<i>Loader/Forklift</i>	B1	3	O					VA
		Pengisian <i>bigbag</i>	Manual	C1	30				S		VA
		Perataan ampas	Manual	C2	15	O					NVA
		Penumpukan <i>bigbag</i>	<i>Hoist/Forklift</i>	C3	2				S		VA
		Penuangan ampas	<i>Hoist</i>	D1	1	O					VA
3	Proses Mixing	Penuangan aci	Manual	D2	1	O					VA
		Pencampuran	Mixer	D3	10	O					VA
		Penuangan hasil	Manual	D4	5	O					VA
		Penimbangan tepung	Timbangan	E1	5				S		NVA
4	Proses cooking	Penimbangan air	Timbangan	E2	2				S		NVA
		memasak	Kompas	E3	20	O					VA
		Pembagian aci	Manual	E4	10	O					VA
		Pencetakan hasil mixing	<i>Moulding</i>	F1	15	O					VA
5	Proses moulding	Raking(per 1 rak)	<i>Tilting</i>	F2	5	O					NVA
		<i>bigbag</i>	<i>Tilting</i>	F3	5				S		NVA
		Meratakan(per 1 rak)	Manual	F4	5	O					NVA
		Memasukan rak (15 rak)	<i>Forklift</i>	G1	45		T				NNVA
6	Proses oven	Pengovenan	oven	G2	180	O					NVA
		Mengeluarkan rak	<i>Forklift</i>	G3	45		T				NNVA
7	Proses Unloading	Menuangkan pellet	<i>tilting unloading</i>	H1	60	O					VA
8	Proses Packing	penganginan	blower silo	H2	300	O					VA
		Pengepakan	<i>packing</i>	I1	10				S		NVA
		pengkodean	Manual	I2	1			I			NVA

Berikut ini tabel yang menyajikan pengelompokan perhitungan waktu total masing-masing proses dan selanjutnya data tersebut akan diubah ke dalam peta flow proses yang akan ditampilkan pada *current state mapping*.

Tabel 5 Perhitungan Pengelompokan Aktivitas

Proses	Aktivitas	Mesin/Alat	Waktu (menit)	Aktivitas					total (menit)	Total (jam)
				O	T	I	S	D		
Penerimaan Ampas	Menuang ampas ke rm	Truk	5		T				20	0.33
	Pengecekan mc	MC Meter	15			I				
Proses drying	Pengisian bucket input	Loader/Forklift	3	O					35.5	0.59
	Pengisian bigbag	Manual	30				S			
	Perataan ampas	Manual	0.5	O						
	Penumpukan bigbag	Hoist/Forklift	2				S			
Proses Mixing	Penuangan ampas	Hoist	1	O					17	0.28
	Penuangan aci	Manual	1	O						
	Pencampuran	Mixer	10	O						
	Penuangan hasil	Manual	5	O						
Proses cooking	Penimbangan tepung	Timbangan	5				S		37	0.62
	Penimbangan air	Timbangan	2				S			
	memasak	Kompor	20	O						
	Pembagian aci	Manual	10	O						
Proses moulding	Pencetakan hasil mixing	Moulding	15	O					30	0.5
	Raking(per 1 rak)	Tilting	5	O						
	bigbag	Tilting	5				S			
	Meratakan(per 1 rak)	Manual	5	O						
Proses oven	Memasukan rak (15 rak)	Forklift	45		T				270	4.5
	Pengovenan	oven	180	O						
	Mengeluarkan rak	Forklift	45		T					
Proses Unloading	Menuangkan pellet	tilting unloading	60	O					360	6
	penganginan	blower silo	300	O						
Proses Packing	Pengepakan	packing	10				S		11	0.18
	pengkodean	Manual	1			I				

2. Current State Map



Gambar 2 Current State Map

3.3. Pembahasan

1. Identifikasi waste

Berdasarkan data yang diperoleh maka terdapat waste sebagai berikut :

- *Transport*: dari proses memasukan dan mengeluarkan rak dari dalam oven memakan waktu rata-rata 90 menit atau 1,5 jam.
- *Over production*: tidak teridentifikasi
- *Waiting*: Dari hasil pengamatan yang sudah dilakukan terdapat waste waiting pada aktivitas di stasiun kerja proses oven dengan waktu rata-rata sebesar 270 menit atau 4,5 jam. Dan stasiun kerja proses *unloading* dengan waktu rata-rata sebesar 360 menit atau 6 jam.
- *Inventory*: tidak teridentifikasi
- *Defect*: tidak teridentifikasi
- *Over processing*: tidak teridentifikasi
- *Motion*: tidak teridentifikasi

Besarnya efisiensi produksi adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{PEC} &= \frac{\text{Value Added}}{\text{Cycle Time}} \times 100\% \\ &= \frac{457}{795} \times 100\% \\ &= 57\% \end{aligned}$$

Produktivitasnya,

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas} &= \frac{\text{Output}}{\text{Cycle Time}} \\ \text{Produktivitas} &= \frac{2500 \text{ kg}}{795 \text{ menit}} = 3,14 \text{ kg/menit} \end{aligned}$$

2. Analisa FMEA

Tabel 6 Tabel Analisa FMEA

No	Proses	Failure Mode	Efek	Severity (S)	Penyebab	Occurrence (O)	Detection (D)	RPN (SxOxD)	Rekomendasi Perbaikan
1	Proses Oven	Waktu tunggu terlalu lama	Produksi terhambat, efisiensi menurun	8	penggunaan rak dan proses terlalu manual, butuh proses pemasukan dan pengeluaran rak	6	5	240	waktu proses diminimalkan/ pergantian ke proses oven otomatis berbasis conveyo/, mengilangkan proses oven dengan penyesuaian parameter produk
2	Proses Mixing	Campuran tidak homogen	Kualitas pellet menurun	7	Ketidak akuratan takaran aci	5	6	210	dilakukan pengawasan ketat terhadap takaran ampas dan aci dan juga kinerja mesin
3	Proses Moulding	Pellet retak/rusak	Produk reject meningkat	6	Tekanan cetakan tidak stabil	4	7	168	dilakukan preventif pengencangan dan juga pergantian ring pencetak supaya hasil tetap optimal
4	Proses Unloading	Pellet basah	Tidak layak packing	7	Waktu pendinginan kurang	5	6	210	penambahan waktu pendinginan rak di kondisi ruang untuk menghindari kondensasi, atau menghilangkan langkah ini
5	Proses Packing	Ukuran tidak seragam	Keluhan pelanggan	5	Mesin packing rusak	3	8	120	dilakukan kalibrasi rutin

Pada tabel di atas dapat dijelaskan bahwa pada proses produksi pellet regular ini penulis mengambil 5 masalah yang disorot untuk dianalisis menggunakan FMEA yaitu pada proses oven yang mana RPN yang dihasilkan sebesar 240 proses mixing yaitu sebesar 210, proses *moulding* sebesar 168, *unloading* sebesar 210, dan terakhir pada proses *packing* sebesar 120. Dengan nilai RPN tertinggi pada proses oven maka proses inilah yang dinilai sering terjadinya kesalahan dari pada proses yang lain sehingga dalam analisa lanjutnya maka dipilih untuk meniadakan proses ini supaya menjadi lebih ringkas dalam satu baris *line*, dan dengan hilangnya proses oven maka terdapat beberapa proses yang hilang juga seperti proses *racking*, meratakan pellet, pemasukan oven, oven, pengeluaran oven, dan *tilting unloading*.

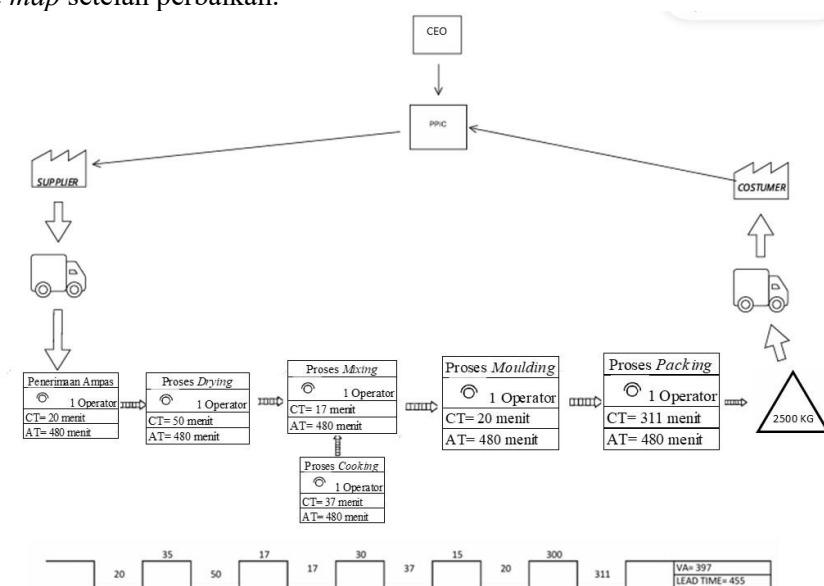
Penjelasan ini akan disajikan dalam tabel Perbandingan *Current Dan Future State map* berikut ini tentang tahapan sebelum *diupdate* dan setelah *diupdate*.

Tabel 7 Tabel Perbandingan *Current Dan Future State map*

No	Proses	Aktivitas	Waktu Sebelum Perbaikan (menit)	Waktu Setelah Perbaikan (menit)
1	Penerimaan Ampas	Menuang ampas ke rm	5	5
		Pengecekan mc	15	15
2	Proses drying	Pengisian <i>bucket input</i>	3	3
		Pengisian <i>bigbag</i>	30	30
		Perataan ampas	15	15
		Penumpukan <i>bigbag</i>	2	2
3	Proses Mixxing	Penuangan ampas	1	1
		Penuangan aci	1	1
		Pencampuran	10	10
		Penuangan hasil	5	5
4	Proses cooking	Penimbangan tepung	5	5
		Penimbangan air	2	2
		memasak	20	20
		Pembagian aci	10	10
5	Proses moulding	Pencetakan hasil mixing	15	15
		Raking(per 1 rak)	5	0
		<i>bigbag</i>	5	5
		Meratakan(per 1 rak)	5	0
6	Proses oven	Memasukan rak (15 rak)	45	0
		Pengovenan	180	0
		Mengeluarkan rak	45	0
7	Proses Unloading	Menuangkan pellet	60	0
8	Proses Packing	penganginan	300	300
		Pengepack an	10	10
		pengkodean	1	1
Total			795	455

3. Future State Map

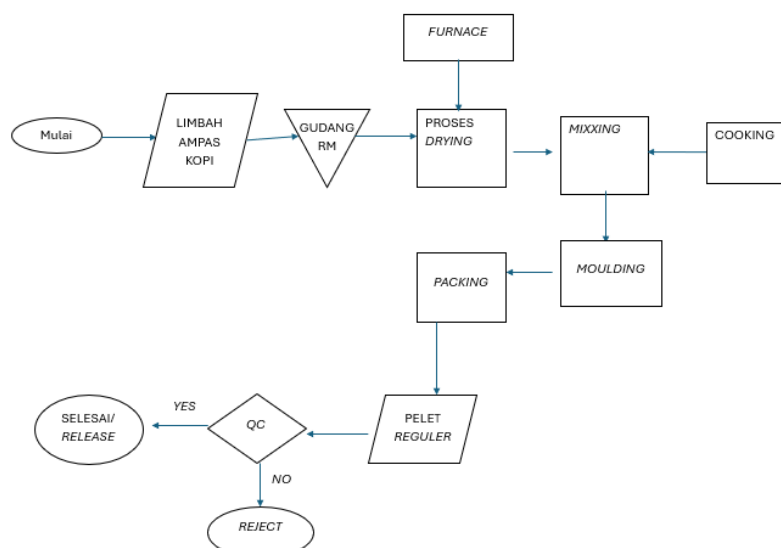
Berikut *future state map* setelah perbaikan.



Gambar 3 *Future State Map*

4. Aliran Proses Baru

Pada alur produksi yang baru ini telah diupdate menjadi alur yang lebih ringkas dimana proses oven yang memakan waktu *waiting* serta *transportation* terbesar telah dieliminasi sehingga aktivitas lebih produktif dengan *lead time* yang optimal. Berikut aliran proses yang baru.



Gambar 4 *Alir Proses Produksi Baru Pelet Reguler*

Setelah terbentuk aliran proses baru selanjutnya perhitungan untuk efisiensi dan produktivitas. Besarnya nilai efisiensi (PEC) adalah 87% dan nilai produktivitasnya 5,49 kg/menit. Dengan demikian maka perbandingan sebelum dan sesudah perbaikan adalah sesuai tabel berikut.

Tabel 8 Perbandingan Current dan *Future State Map*

Jenis Produktivitas	<i>Current State</i>	<i>Future State</i>	Peningkatan
Produktivitas Waktu(Kg/menit)	3,14	5,49	75%
PEC(%)	57%	87%	20%

Pada tabel perbandingan diperlihatkan perbandingan produktivitas *Current* dan *Future State Map* terjadi peningkatan yang signifikan yaitu sebesar 75%, hingga nilai VA atau kegiatan yang produktif juga meningkat sebesar 17%, maka dengan melihat hasil di atas ditarik kesimpulan bahwa proses pada *future state map* lebih optimal yang mempunyai kelebihan dalam produktivitas dan efektifitas.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

1. Pemborosan yang ada dalam proses produksi pelet sebagai berikut :
 - *Transport*: dari proses memasukan dan mengeluarkan rak dari dalam oven memakan waktu rata-rata 90 menit atau 1,5 jam.
 - *Waiting*: Dari hasil pengamatan yang sudah dilakukan terdapat *waste waiting* pada aktivitas di stasiun kerja proses oven dengan waktu rata-rata sebesar 270 menit atau 4,5 jam. Dan stasiun kerja proses unloading dengan waktu rata-rata sebesar 360 menit atau 6 jam.
2. Metode perbaikan yang dilakukan untuk mengatasi pemborosan waktu (*waiting*) dan transportasi yang signifikan, dilakukan perancangan *Future State Map* dengan perbaikan sebagai berikut:
 - Menghilangkan proses oven sebagai aktivitas utama penyebab *delay* dan *transport*.
 - Mengganti proses pengeringan menggunakan metode alternatif (pengangan langsung di silo) sehingga proses lebih cepat dan efisien.
 - Merancang ulang urutan aktivitas agar proses berlangsung dalam satu alur produksi yang ringkas dan lebih terintegrasi.
 - Menyusun ulang pembagian kerja agar tidak ada waktu menganggur pada stasiun kerja setelah proses oven dihilangkan.
3. Berdasarkan perancangan ulang proses produksi *Future State Map* diperoleh hasil sebagai berikut:
 - Total waktu siklus (*Lead time*) berkurang dari 795 menit menjadi 455 menit, atau dari 13,25 jam menjadi 7,5 jam.
 - *Productivity Efficiency Calculation* (PEC) meningkat dari 69% menjadi 86%.
 - Produktivitas *output* waktu meningkat dari 3,14 kg/menit menjadi 5,49 kg/menit, atau naik sebesar $\pm 75\%$.
 - Proses produksi kini dapat diselesaikan dalam 1 shift kerja (8 jam) tanpa tertunda oleh batch sebelumnya.
 - Jumlah aktivitas NVA berkurang dari 11 menjadi 7, dan aktivitas VA menjadi lebih dominan dalam proses produksi.

4.2. Saran

1. Dalam penelitian ini fokus hanya diberikan pada proses produksi pelet regular dari limbah biji kopi. Peneliti menyadari bahwa akan lebih komprehensif jika ruang lingkup diperluas mencakup aspek biaya produksi, konsumsi energi, dan dampak lingkungan agar hasil analisis lebih menyeluruh dan aplikatif.
2. Pengidentifikasian *waste* masih dapat ditingkatkan dengan pendekatan yang lebih terukur, seperti menggunakan metode *time study* yang lebih sistematis atau *observasi berulang* untuk memperkuat validitas data pemborosan dalam proses produksi.
3. Dalam proses penyusunan dan analisis data, peneliti masih menemukan keterbatasan dalam penggunaan perangkat lunak atau alat bantu visualisasi seperti *VSM software* atau *data analytics tools*. Untuk penelitian serupa di masa depan, peneliti perlu mengembangkan keterampilan teknis agar dapat menyajikan data lebih akurat, efisien, dan komunikatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Amien, E.R., Novita, D.D., Tenaumbanua, M. and Wisnu, F.K., 2023. Pengenalan Konsep 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*) dalam Peningkatan Kesadaran Lingkungan di SD Khoiru Ummah Bandar Lampung. *Jurnal Pengabdian Dan Pemberdayaan Masyarakat Inovatif*, 2(1), pp.7-12. <https://doi.org/10.70110/jppmi.v2i1.10>
- Amil, J, & Zaidi, S. M. . (2024). *Implementation of Waste Assessment Matrix for Productivity Improvement in an Automotive Industry*. *Bulletin of Business and Economics (BBE)*, 13(2), 1139-1145. <https://doi.org/10.61506/01.00474>
- Damanik, O.A.R., Afma, V.M. and Siboro, B.A.H., 2017. Analisa Pendekatan Lean Manufacturing Dengan Metode VSM (*Value Stream Mapping*) Untuk Mengurangi Pemborosan Waktu (Studi Kasus UD. Almaida). *PROFISIENSI: Jurnal Program Studi Teknik Industri*, 5(1). <https://doi.org/10.33373/profis.v5i1.1148>
- Kirana, D.H., Kamal, I., Rafiah, K.K. and Revinzky, M.A., 2025. Evaluasi Kinerja *Green Manufacturing* Pada Toyota Indonesia: Dampak Terhadap Pengurangan Emisi Karbon Dan Efisiensi Operasional. *Jurnal Intelek Insan Cendikia*, 2(1), pp.1848-1854. <https://jicnusantara.com/index.php/jiic/article/view/2415>
- Krisnaningsih, E., Gautama, P. and Syams, M.F.K., 2021. Usulan perbaikan kualitas dengan menggunakan metode FTA dan FMEA. *Jurnal Intent: Jurnal Industri Dan Teknologi Terpadu*, 4(1), pp.41-54. https://www.researchgate.net/profile/Erni_risnansih/publication/
- Lim, C. Z. X. & Ahmad, W. N. K. W. (2025). *A conceptual framework of green manufacturing strategies for greenhouse gas emissions reduction in Malaysian manufacturing industry*. *Journal of Technology and Operations Management*, 20(1), 58-76. <https://doi.org/10.32890/jtom2025.20.1.5>
- Marin-Garcia, J.A., Vidal-Carreras, P.I. and Garcia-Sabater, J.J., 2021. *The role of value stream mapping in healthcare services: A scoping review*. *International journal of environmental research and public health*, 18(3), p.951. <https://doi.org/10.3390/ijerph18030951>
- Mudgal, D., Pagone, E. and Salonitis, K., 2020. *Approach to value stream mapping for make-to-order manufacturing*. *Procedia Cirp*, 93, pp.826-831. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.04.084>
- Nallusamy, S., 2016. *Lean manufacturing implementation in a gear shaft manufacturing company using value stream mapping*. *International Journal of Engineering Research in Africa*, 21, pp.231-237. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/JERA.21.231>
- Perdana, S. and Rahman, A., 2020, December. *Waste analysis in the painting process of doll houses using value stream mapping (VSM)*. In *1st International Conference on Folklore, language, education and exhibition (ICOFLEX 2019)* (pp. 113-118). Atlantis Press. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.201230.022>
- Ponda, H., Fatma, N.F. and Siswantoro, I., 2022. Usulan Penerapan *Lean Manufacturing* Dengan Metode *Value Stream Mapping* (VSM) Dalam Meminimalkan *Waste* Pada Proses Produksi Ban Motor Pada Industri Pembuat Ban. *Jurnal Heuristic*, 19(1), pp.23-42. <https://pdfs.semanticscholar.org/da5f>
- Prakoso, E.R. and Bakhtiar, A., 2023. Perbaikan Proses Produksi Coconut Shell Briquete Charcoal Dengan Metode *Cost Integrated Value Stream Mapping*. *Industrial Engineering Online Journal*, 12(3). <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/ieoj/article/view/40290>
- Razouk, H.; Kern, R. *Improving the Consistency of the Failure Mode Effect Analysis (FMEA) Documents in Semiconductor Manufacturing*. *Appl. Sci.* 2022, 12, 1840. <https://doi.org/10.3390/app12041840>
- 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. <https://doi.org/10.28932/jis.v7i2.8694>
- Tabassum, Z. and Khan, A., 2016. *Production line analysis via value stream mapping: A case study in Pakistani manufacturing firm*. *International Journal of Innovative Research, Science and Technology*, 5(12). <https://www.researchgate.net/profile/Alyaan-Khan-2/publication/313249222>

- Vinodh, S., Selvaraj, T., Chintha, S.K. and KEK, V., 2015. *Development of value stream map for an Indian automotive components manufacturing organization*. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 13(3), pp.380-399.<https://doi.org/10.1108/JEDT-08-2010-0054>
- Zelenyuk, V., 2023. *Productivity analysis: roots, foundations, trends and perspectives*. *Journal of Productivity Analysis*, 60(3), pp.229-247.: <https://doi.org/10.1007/s11123-023-00692-1>