

Analisis Efisiensi Proses Pemotongan *Wrapping Tape* dengan Menggunakan Metode *Value Stream Mapping (VSM)* dan Pendekatan *Lean Manufacturing*

Muhammad Ibnu Rusydi¹⁾

Teknik Mesin-Politeknik Gajah Tunggal
irusydi3@gmail.com

I Gusti Ngurah Irsyad Damawan²⁾

Teknik Mesin-Politeknik Gajah Tunggal
igustiirsyad@gmail.com

Keywords :

DMAIC

PVC

Six Sigma

Abstract :

This study aims to design and develop an automatic weighing system for PVC colourant material at the PT XYZ warehouse to overcome the issue of inaccurate weighing, which leads to material waste and reduced process efficiency. Additionally, the study seeks to determine the Defect Per Million Opportunities (DPMO) value and sigma level before and after the implementation of the automatic weighing system. The research method used is Six Sigma with the DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) approach. Data was collected through observation, interviews, and field studies, and then analyzed using tools such as fishbone diagrams, FMEA, and DPMO calculations to measure performance and the effectiveness of the designed system. The results show that the automatic weighing system successfully reduced the DPMO value from 17,369.71 to 5,144.36 and increased the sigma level from 3.61 to 4.07. The defect percentage also decreased from 3.50% to 1.03%. Thus, the automatic weighing system effectively improves the accuracy, efficiency, and quality of the PVC colourant weighing process at the PT XYZ warehouse

I. PENDAHULUAN

Dalam industri manufaktur di dunia, efektivitas dan efisiensi proses produksi sangat bergantung pada sistem manajemen *material* yang baik. Salah satu aspek penting adalah proses penimbangan bahan baku di gudang, yang menjadi tahap awal dalam menentukan kualitas dan konsistensi produk akhir [1]. Ketidaktepatan dalam proses penimbangan dapat menyebabkan ketidaksesuaian komposisi bahan baku di *warehouse* yang berdampak pada kualitas produk serta meningkatkan biaya produksi. Oleh karena itu, sistem penimbangan yang akurat dan terotomasi menjadi kebutuhan utama dalam industri modern [2].

Gudang memiliki peran penting dalam suatu perusahaan. Untuk mendukung kelancaran proses produksi serta aktivitas pergudangan, sistem penyimpanan yang terorganisir dengan baik sangat diperlukan. Efektivitas dan efisiensi sebuah gudang dapat dinilai dari berbagai aspek, salah satunya adalah bagaimana material atau produk disimpan. Gudang dan sistem pergudangan memiliki peran krusial dalam suatu perusahaan karena berdampak pada pendapatan

perusahaan. Pengelolaan gudang yang kurang optimal dapat mengakibatkan barang kadaluwarsa, kehilangan stok, dan permasalahan lainnya yang pada akhirnya dapat menurunkan pendapatan perusahaan [3]. Aktivitas manajemen pegudangan di gudang PT XYZ terbagi menjadi 5 bagian utama yaitu penerimaan (*receiving*), penyimpanan (*storage*), pengambilan (*pick up*), pemuatan (*loading*), pengiriman (*shipping*).

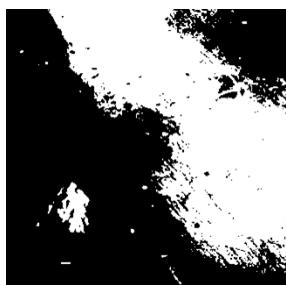
Manajemen pergudangan saat ini memiliki peran yang krusial dalam industri, terutama dalam sektor manufaktur kabel yang menggunakan *material* Polyvinyl Chloride (PVC) *colouran* yang digunakan pada proses *Inner Sheating (IS)* dan *Outer Sheating (OS)*. *Material* PVC *colouran* harus ditimbang dengan presisi untuk memastikan formulasi bahan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan [4]. Namun, di *warehouse* PT XYZ, proses penimbangan *material* PVC *colouran* masih dilakukan secara manual. Proses ini memiliki beberapa kelemahan, seperti ketidaktepatan hasil timbangan, waktu proses yang lebih lama sehingga menghambat efisiensi produksi, serta potensi *human error* dalam pencatatan data timbangan yang berpengaruh terhadap

manajemen stok dan produksi [5]. Berdasarkan data yang diperoleh dari observasi selama tiga minggu di departemen *warehouse*, proses penimbangan *material PVC colouran* di PT XYZ menunjukkan tingkat kesalahan yang tinggi serta waste material

Tanggal	Operator	Jumlah Penimbangan	Material Terbuang
29/01/2025	A	10 unit	9 kali
04/02/2025	B	10 unit	8 kali
10/02/2025	C	10 unit	8 kali
Total		30 unit	25 kali

Tabel 1. Data Penimbangan Material PVC
(Sumber : Kajian Penulis)

Dari data tabel yang diambil secara observasi langsung pada bulan Januari sampai Februari 2025 bahwa lebih dari 80% proses penimbangan mengalami kesalahan, baik dari segi ketidaktepatan berat maupun pemborosan *material*. Proses manual yang diterapkan saat ini menyebabkan ineffisiensi, keterlambatan, *material return* (bahan baku yang dikembalikan oleh pihak produksi) serta berpotensi menimbulkan kesalahan pencatatan dalam manajemen stok.



Gambar 1. Material Terbuang
(Sumber : Kajian Penulis)

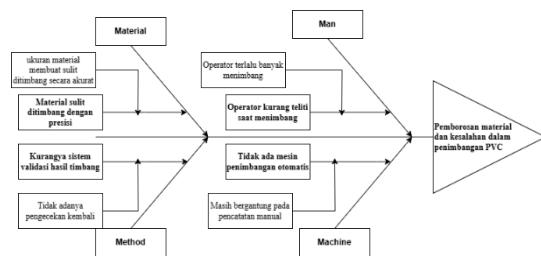
Gambar 1 menunjukkan kondisi nyata di lapangan, di mana banyak *material PVC colouran* yang tercecer dan tidak termanfaatkan akibat proses penimbangan manual. Hal ini merupakan bukti nyata adanya pemborosan bahan baku (*material waste*) yang secara langsung berdampak pada biaya produksi. Hal tersebut searah dengan hasil penelitian [6] juga menunjukkan bahwa ketidakakuratan dalam proses *material handling* seringkali menjadi penyebab utama terjadinya pemborosan bahan.



Gambar 2. Mesin Timbang Manual
(Sumber : Kajian Penulis)

Gambar 2 memperlihatkan penggunaan timbangan digital sederhana yang dikombinasikan dengan kardus sebagai wadah, tanpa adanya integrasi sistem pencatatan atau sensor otomatis. Penggunaan alat bantu seadanya seperti ini menunjukkan potensi besar terjadinya kesalahan pencatatan dan pembacaan, terutama pada volume kerja yang tinggi. Sistem penimbangan manual rentan terhadap kesalahan pengukuran serta tidak efektif dalam pencatatan data *real-time* [7].

Analisis lebih lanjut terhadap faktor penyebab masalah ini menggunakan diagram *fishbone* (Ishikawa), yang mengidentifikasi bahwa kesalahan dalam penimbangan disebabkan oleh faktor manusia (*human error*), mesin yang tidak presisi, metode kerja yang tidak baku, serta lingkungan kerja yang kurang mendukung. Berikut adalah *fishbone* diagram dari masalah tersebut.



Gambar 3. Analisa Fishbone Diagram

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, perlu dilakukan otomasi dalam sistem penimbangan, yang memungkinkan proses timbang lebih cepat, akurat, serta terdokumentasi secara otomatis. Selain itu, penerapan metode *Six Sigma* dapat membantu dalam menganalisis, mengidentifikasi, dan mengurangi variasi serta kesalahan dalam proses penimbangan. Metode *Six Sigma* telah terbukti efektif dalam meningkatkan kualitas proses produksi di berbagai industri. Misalnya, penelitian oleh [8] menunjukkan bahwa penerapan metode *Six Sigma* dengan

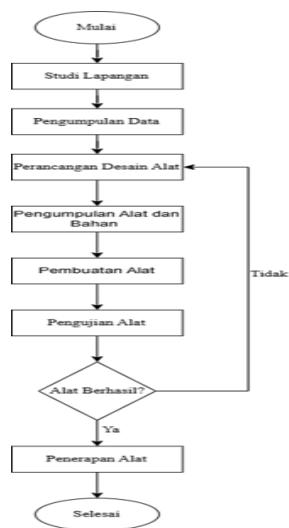
pendekatan *Define, Measure, Analyze, Improve, Control* (DMAIC) terbukti efektif dalam mengurangi jumlah cacat pada produk pipa PVC 4 inci. Adapun penelitian lain yang dilakukan oleh [9] menjelaskan bahwa penerapan alat penakar material berbasis mikrokontroler dan android dapat mengatasi masalah dalam penimbangan *material* yang kurang presisi dan keterlambatan pengiriman *material* ke bagian produksi serta mampu melakukan penimbangan secara otomatis dengan $error \pm 10$ gram.

Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem timbang *material* PVC *colouran* di *warehouse* PT XYZ dengan pendekatan *Six Sigma*, sehingga dapat meningkatkan akurasi, efisiensi, serta kualitas dalam proses produksi kabel.

II. METODE PENELITIAN

A. Alur Penelitian

Berikut pada bagian ini akan dipaparkan bagaimana alur penelitian yang dilakukan penelitian saat ini.



Gambar 4. Alur Penelitian

Berdasarkan gambar 4, penjelasan secara detail mengenai alur penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

B. Studi Lapangan

Tahap studi lapangan dilakukan untuk mengidentifikasi kondisi atau situasi pada area lapangan untuk mempertimbangkan desain alat yang akan dibuat agar dapat beroperasi dengan baik dan efektif. Selain itu, studi lapangan juga bertujuan untuk mengambil sampel data di lapangan. Pada tahap ini, dilakukan pengamatan terhadap proses penimbangan *material* PVC *colouran* yang di lakukan secara manual di *warehouse raw material* PT XYZ. Pengamatan meliputi proses pada saat penimbangan dan cara kerja penimbangan secara manual.

C. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan beberapa metode. Observasi dilakukan secara langsung di *warehouse* PT XYZ untuk memahami proses penimbangan *material* PVC *colouran* yang sedang berjalan. Data yang dikumpulkan meliputi waktu penimbangan, tingkat akurasi timbangan manual, serta tingkat *material* yang terbuang. Wawancara dilakukan dengan operator *warehouse* untuk mengetahui kendala serta kebutuhan sistem penimbangan.

D. Perancangan Desain Alat

Dalam proses perancangan desain alat yaitu dengan menggunakan *software* desain sebagai alat untuk merancang dan memodelkan komponen mekanik. Penggunaan *software* ini, untuk menentukan berbagai *part* yang diperlukan untuk konstruksi alat, dengan ukuran yang telah disesuaikan secara tepat berdasarkan kondisi di lapangan. Dimulai dengan melakukan analisis mengenai konsep alat yang akan dibuat, kemudian merancang berbagai *part* penting dari alat tersebut. Hal tersebut mencakup kerangka, *hopper*, timbangan, panel kontrol, pipa distribusi, dan plat untuk pembuatan *drop door*. Dengan menggunakan perangkat lunak dalam pembuatan desain, dapat membantu memastikan bahwa setiap bagian saling berfungsi dengan baik dalam sistem keseluruhan, sehingga menghasilkan alat yang sesuai dengan kebutuhan di lapangan.

E. Pengumpulan Alat dan Bahan

Sesuai dengan perancangan alat yang telah dibuat, diperlukan komponen baik mekanik maupun elektrik. Untuk komponen mekanik yang diperlukan yaitu besi siku, baut dan mur, dan besi plat. Untuk komponen elektrik yaitu arduino Uno, *load cell*, *double actuating cylinder*, *solenoid valve*, LCD, kabel *jumper*, *keypad*, dan adaptor.

F. Pembuatan Alat

Pada tahap ini, desain yang telah disusun diubah menjadi alat. Proses pembuatan alat timbang otomatis *material PVC colouran* ini dilakukan di area workshop TM, di mana dalam pembuatan berkolaborasi dengan mentor lapangan dan departemen *technical maintenance* untuk mendapatkan saran teknis serta koordinasi mengenai bahan-bahan yang diperlukan dalam pembuatan alat.

G. Pengujian Alat

Pengujian dilakukan untuk memvalidasi kinerja sistem. Pengujian mencakup akurasi pada sistem yang telah diberikan beban tertentu dengan membandingkan hasil timbangan sistem dengan timbangan digital yang telah distandarisasi. Pengujian ini untuk memastikan *output* berat sesuai dengan alat timbang yang telah distandarisasi untuk mencapai akurasi yang diinginkan.

H. Penerapan Alat

Implementasi alat di area penimbangan *material PVC colouran*. Di mana proses penimbangan yang sebelumnya dilakukan dengan cara manual. Hasil yang didapat masih banyak yang belum sesuai dengan permintaan dari pihak produksi, sehingga banyak *waste material*. Dengan alat ini, operator dapat melakukan timbangan dengan cepat dan tepat, serta hasil yang didapat sesuai permintaan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengambilan Data

Langkah awal yang dilakukan sebelum mengaplikasikan metode DMAIC yaitu berupa pengambilan data jumlah permintaan *material PVC colouran* dan jumlah cacat produk (*material terbuang*). Data permintaan dan *defect material PVC colouran* yang diambil periode Januari-Desember 2024

1. Data Permintaan *Material PVC Colouran*

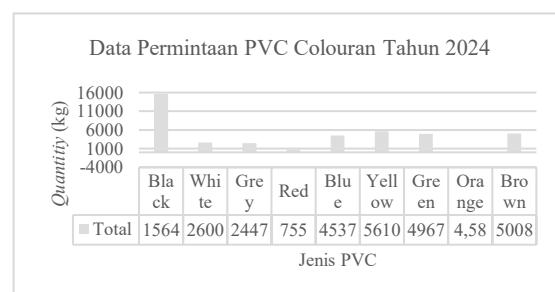
Berikut adalah data permintaan *material PVC colouran* yang di peroleh selama penulisan yang dilakukan di PT XYZ.

Tabel 2. Data Permintaan

No	Bulan/Tahun	PVC Colouran								Total Permintaan /Bulan
		Black	White	Grey	Red	Blue	Yellow	Green	Orange	
1	Jan-24	1583	263,	247,	76,	459,	567,	502,	506,	4208,4
		,81	21	68	44	21	86	83	0,46	6
2	Feb-24	1821	302,	284,	87,	528,	653,	578,	583,	4839,6
		,35	68	83	90	09	03	24	0,53	6
3	Mar-24	1340	222,	209,	64,	388,	480,	425,	429,	3561,2
		,25	73	59	68	60	53	50	0,39	9
4	Apr-24	571,	94,9	89,3	27,	165,	204,	181,	182,	1517,8
		23	3	3	57	62	81	35	0,17	6
5	Mei-24	1041	173,	162,	50,	301,	373,	330,	333,	2767,3
		,47	08	87	26	97	41	65	0,30	8
6	Jun-24	972,	161,	152,	46,	282,	348,	308,	311,	2584,7
		75	66	12	95	04	77	83	0,28	6
7	Jul-24	1703	283,	266,	82,	493,	610,	540,	545,	4525,3
		,07	03	33	20	79	62	69	0,50	5
8	Agu-24	895,	148,	139,	43,	259,	320,	284,	286,	2378,6
		18	77	99	20	55	96	20	0,26	4
9	Sep-24	590,	98,2	92,4	28,	171,	211,	187,	189,	1570,2
		93	0	1	52	34	87	61	0,17	15
10	Okt-24	1621	269,	253,	78,	470,	581,	514,	519,	4309,7
		,94	54	64	28	27	53	93	0,47	17
11	Nov-24	1818	305,	287,	88,	533,	659,	583,	588,	4886,3
		,91	60	57	75	18	32	81	0,54	0
12	Des-24	1665	276,	260,	80,	482,	597,	528,	533,	4425,8
		,63	80	48	39	94	20	80	0,49	7
Total	al	1564	260	244	755	453	5610	4967	500	41575,
		6,52	0,23	6,85	,15	16,58	9,91	7,44	4,58	8,29

(Sumber : PT. XYZ)

Berdasarkan Tabel di atas, untuk mempermudah pembacaan penulis selanjutnya membuat diagram, yaitu data permintaan *material PVC colouran/jenis tahun 2024*.



Gambar 5. Diagram Permintaan

Berdasarkan Tabel dan diagram di atas, terlihat bahwa jumlah permintaan *material PVC colouran* di PT XYZ secara keseluruhan berjumlah 41575,55 kg. Data permintaan jenis *material PVC colouran* yang paling tinggi adalah PVC colouran berwarna *black*.

2. Data Defect Material PVC Colouran

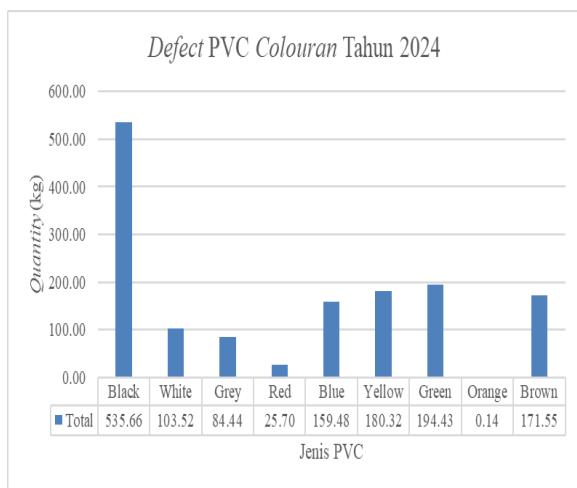
Berikut adalah data *defect* PVC colouran yang diperoleh selama penulisan yang dilakukan di PT XYZ.

Tabel 3. Data Defect

No	Bulan /Tahun	PVC Colouran									Total Defect
		Black	White	Grey	Red	Blue	Yellow	Green	Orange	Brown	
1	Jan-24	33,26	8,42	12,14	1,68	12,40	15,33	20,11	0,02	21,80	125,16
2	Feb-24	43,71	13,62	10,82	2,99	17,95	22,20	24,86	0,01	20,99	157,17
3	Mar-24	54,95	6,68	8,17	2,39	12,44	11,53	13,62	0,02	9,44	119,24
4	Apr-24	18,85	3,89	3,75	1,38	4,80	4,30	6,89	0,01	4,02	47,90
5	Mei-24	52,07	7,96	6,03	2,51	9,36	17,92	12,56	0,01	8,00	116,43
6	Jun-24	34,05	4,85	7,30	1,13	13,54	11,86	10,81	0,01	11,52	95,06
7	Jul-24	69,83	9,91	5,33	3,29	22,71	28,09	27,03	0,02	21,81	188,01
8	Agu-24	36,70	5,21	3,36	1,25	10,64	8,67	7,96	0,01	7,16	80,96
9	Sep-24	13,00	4,52	2,50	0,71	5,83	7,42	5,44	0,00	7,76	47,17
10	Okt-24	34,06	10,51	10,91	3,91	9,88	15,12	25,75	0,02	18,69	128,84
11	Nov-24	73,56	14,67	6,33	2,84	23,99	21,76	14,01	0,01	15,30	172,47
12	Des-24	71,62	13,29	7,81	1,61	15,94	16,12	25,38	0,01	25,06	176,85
Total		535,66	103,53	84,44	25,70	159,48	180,32	194,43	0,14	171,55	1455,25

(Sumber: PT. XYZ)

Berdasarkan tabel di atas, untuk mempermudah pembacaan penulis selanjutnya membuat diagram yaitu, data *defect material PVC colouran/jenis Tahun 2024*.



Gambar 6. Diagram Defect

Berdasarkan tabel dan diagram di atas, terlihat bahwa jumlah *defect material PVC colouran* di PT XYZ secara keseluruhan berjumlah 1455,25 kg. Data defect jenis *material PVC colouran* yang paling tinggi adalah PVC colouran berwarna *black*.

B. Pengolahan Data

Berikut merupakan penjabaran dalam melakukan analisa menggunakan metode DMAIC.

1. Tahap Define

Tahap *Define* terdiri dari 3 tahap yaitu pendefinisian *persentase defect*, menentukan *critical to quality*, dan pemetaan proses.

a. Pendefinisian Persentase Defect

Langkah awal pada tahap *Define* adalah mengidentifikasi seberapa besar permasalahan *defect* yang terjadi dalam proses penimbangan *material PVC colouran*. Berdasarkan data yang di peroleh dari *warehouse* PT XYZ selama periode Januari hingga Desember 2024

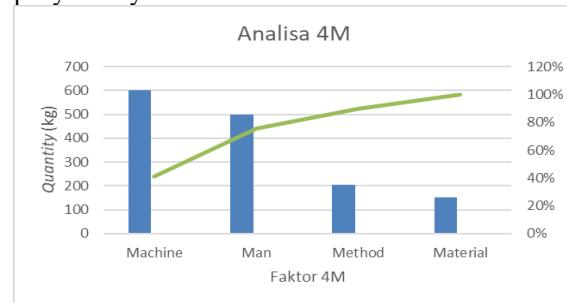
Tabel 4. Persentase Defect

No	Keterangan	Nilai
Total Permintaan Material		
1	PVC Colouran	41575.55 kg
Total Material Terbuang		
2	(Defect)	1455.25 kg
3	Persentase Defect	3.50%

Dalam tabel diatas dapat dilihat bahwa angka *persentase defect* sebesar 3,50 %. Hal ini menjelaskan bahwa dalam 100 kg *material* yang ditimbang, rata-rata 3,50% menghasilkan *defect*.

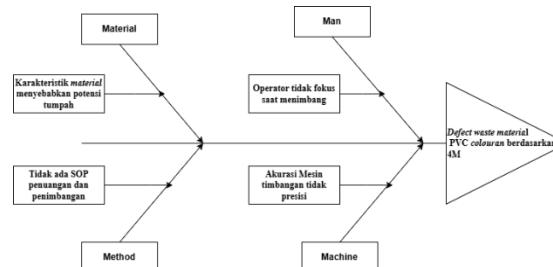
b. Critical to Quality (CTQ)

Tahap ini sebelum ditentukannya CTQ, penulis menganalisa hal yang menyebabkan terjadinya *defect waste material PVC colouran* berdasarkan faktor penyebabnya.



Gambar 7. Diagram Pareto Analisa 4M

Dari hasil diagram *paretto* di atas, dapat diketahui bahwa faktor *machine* merupakan faktor penyebab dominan terhadap terjadinya *defect* dalam proses penimbangan *material*. Hal ini menunjukkan bahwa ketidakakuratan alat dan penimbangan *material* secara manual memiliki kontribusi signifikan terhadap pemborosan dan cacat proses. Untuk memperdalam analisis terhadap akar penyebab terjadinya *defect*, dilakukan pemetaan menggunakan diagram sebab-akibat (*fishbone diagram*) berdasarkan faktor 4M.



Gambar 8. Fishbone Diagram

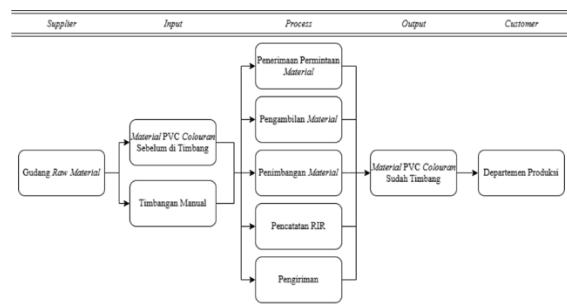
Setelah dilakukan analisis faktor 4M dan *fishbone* diagram, langkah selanjutnya adalah menentukan *Critical to Quality* (CTQ). CTQ adalah karakteristik penting yang harus dipenuhi agar proses penimbangan dianggap berhasil dan sesuai dengan kebutuhan pelanggan internal (divisi produksi). Berdasarkan kebutuhan proses dan pengamatan di lapangan, CTQ utama dalam proses ini antara lain.

Tabel 5. Critical to Quality

No	Critical to Quality	Keterangan
1	Ketidakakuratan Penimbangan	Hasil timbang <i>material</i> tidak sesuai atau tidak tepat dengan jumlah permintaan <i>material</i>
2	Material Terbuang	<i>Material</i> berceceran saat proses penuangan <i>material</i> yang dilakukan secara manual

Dalam tabel diatas, terdapat dua CTQ yang akan menjadi fokus utama karena berkontribusi terhadap tingginya tingkat *defect*. Penetapan ini akan menjadi dasar pengukuran performa dan perbaikan proses pada tahap berikutnya.

c. Pemetaan Proses



Gambar 9. Diagram SIPOC

Dapat dilihat pada diagram SIPOC pada gambar di atas, terdapat lima proses dalam penimbangan *material PVC colouran* pada PT XYZ. Proses pengaplikasian sistem timbang otomatis dilakukan pada proses pengambilan dan penimbangan *material*.

2. Tahap Measure

Dalam tahap ini penulis melakukan perhitungan menentukan prioritas perbaikan, menentukan nilai RPN, perhitungan nilai DPMO dan *sigma level*.

a. Menentukan Prioritas Perbaikan

Penyebab *defect* dominan dapat diidentifikasi dengan melihat persentase penyebab *defect* yang paling tinggi. Berdasarkan CTQ yang telah dianalisis sebelumnya, dilakukan pengumpulan data *defect* yang terjadi pada proses penimbangan *material PVC colouran* berdasarkan masing-masing penyebab

utamanya. Berikut ini adalah jumlah *defect* berdasarkan CTQ.

Tabel 6. Quantity Defect Berdasarkan CTQ

No	Penyebab Defect (CTQ)	Quantity (kg)	Persentase
1	Ketidaktepatan Penimbangan	950,00	65,29%
2	Material Terbuang	505,25	34,71%

Dapat dilihat dari tabel 11, dapat diketahui bahwa penyebab *defect* terbesar adalah akurasi penimbangan, yaitu sebesar 65,29% dari total keseluruhan *defect* sebesar 1.455,25 kg. Hal ini menunjukkan bahwa fokus utama perbaikan proses sebaiknya diarahkan pada peningkatan akurasi dalam penimbangan *material*. Perbaikan terhadap sistem timbang akan memberikan dampak yang signifikan terhadap pengurangan *defect* secara keseluruhan sebelum dilakukan perbaikan pada penyebab lainnya seperti penuangan *material* manual yang menyebabkan *material* tersebut.

b. Menentukan Nilai RPN

Analisa untuk mencari nilai *Risk Priority Number* (RPN) adalah dengan menggunakan FMEA.

Tabel 7. FMEA

Jenis Defect	Potensi Efek	Penyebab Kegagalan	Severity (S)	Occurrence (O)	Deterioration (D)	RPN=SxOx
						6
						6
Materi al return	Proses ulang (rework)	Ketidaktepatan Penimbangan	6	6	5	180
Materi al terecer	Pemborosan material	Material terbuang	6	5	4	120

Dapat dilihat pada Tabel di atas, untuk penyebab kegagalan berupa akurasi penimbangan manual mendapat nilai sebesar 180 RPN dan hasil yang didapatkan untuk penyebab kegagalan berupa *material* terbuang mendapat nilai sebesar 120 RPN. Tingginya nilai RPN yang didapat maka dapat disimpulkan bahwa harus dilakukan tindakan untuk mengurangi atau bahkan menghilangkan *defect waste material* PVC colouran yang terjadi.

c. Perhitungan Nilai DPMO & Level Sigma

Berikut adalah perhitungan nilai DPMO dan tingkat sigma pada *waste material* PVC colouran menggunakan bantuan microsoft excel.

Perhitungan pada bulan Januari 2024

- Jumlah unit (U) = 4.208,46 kg
- Jumlah *defect* (D) = 125,16 kg
- Opportunity (OP) = 2
- Total Opportunity (TOP)

$$\begin{aligned} \text{TOP} &= \text{Unit (U)} \times \text{Opportunity (OP)} \\ &= 4.208,46 \times 2 \\ \text{TOP} &= 8416,92 \end{aligned}$$

- *Defect Per Unit* (DPU)

$$\begin{aligned} \text{DPU} &= (\text{Jumlah Defect (D)}) / (\text{Jumlah Unit (U)}) \\ &= \frac{125,16}{4.208,46} \\ \text{DPU} &= 0,02974 \end{aligned}$$

- *Defect Per Opportunity* (DPO)

$$\begin{aligned} \text{DPO} &= (\text{Jumlah Defect (D)}) / (\text{Total Opportunity (TOP)}) \\ &= \frac{125,16}{8416,92} \\ \text{DPO} &= 0,01487 \end{aligned}$$

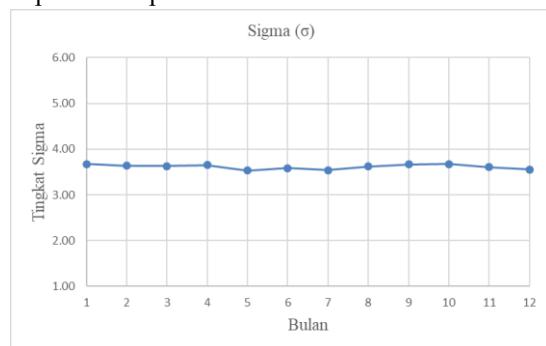
- *Defect Per Milion Opportunity* (DPMO)
- $$\begin{aligned} \text{DPMO} &= \text{DPO} \times 1.000.000 \\ \text{DPMO} &= 0,01487 \times 1.000.000 \\ \text{DPMO} &= 14870,24 \end{aligned}$$
- Tingkat Sigma = Nilai DPMO dikonversi sesuai tabel sigma
= 3,67 sigma

*Dan seterusnya sampai pada bulan Desember 2024 Perhitungan sigma telah selesai dilakukan maka dapat diketahui nilai DPMO dan tingkat sigma yang didapat pada *material* PVC colouran PT XYZ, lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel di bawah ini

Tabel 8. DPMO & Nilai Sigma

Bulan	Ukuran sampel	Banyak caca	O P	TOP	DPU	DPO	DPMO	Sigma (σ)
Jan	4208.46	125.16	2	8416.92	0.02974	0.01487	14870.24	3.67
Feb	4839.66	157.17	2	9679.32	0.03248	0.01624	16237.67	3.64
Mar	3561.29	119.24	2	7122.58	0.03348	0.01674	16740.72	3.63
Apr	1517.86	47.90	2	3035.71	0.03156	0.01578	15778.27	3.65
Mei	2767.38	116.43	2	5534.75	0.04207	0.02104	21036.78	3.53
Jun	2584.76	95.06	2	5169.53	0.03678	0.01839	18388.16	3.59
Jul	4525.35	188.01	2	9050.71	0.04155	0.02077	20772.61	3.54
Agu	2378.64	80.96	2	4757.28	0.03404	0.01702	17018.07	3.62
Sep	1570.20	47.17	2	3140.41	0.03004	0.01502	15019.33	3.67
Okt	4309.78	128.84	2	8619.56	0.02990	0.01495	14947.66	3.67
Nov	4886.30	172.47	2	9772.60	0.03530	0.01765	17648.19	3.60
Des	4425.87	176.85	2	8851.75	0.03996	0.01998	19978.79	3.55
Rata-Rata DPMO dan nilai sigma						17369.7	3.6	
						1	1	

Perhitungan DPMO dan nilai sigma pada periode bulan Januari sampai Desember tahun 2024 telah dilakukan, maka penulis membuat grafik nilai sigma berdasarkan Tabel di atas yang telah dibuat, dapat dilihat pada Gambar di bawah ini.

**Gambar 10.** Grafik Sigma

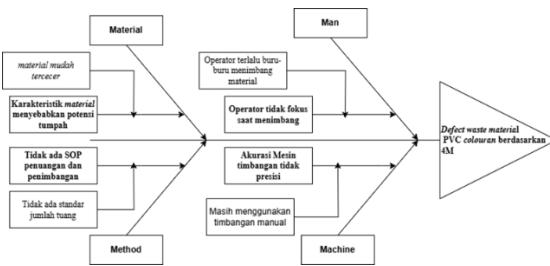
Berdasarkan Tabel dan Gambar di atas, dapat dilihat bahwa rata-rata *Defect Per Million Opportunity* (DPMO) sebesar 17369,71 yang diartikan *warehouse* PT XYZ mengalami *material PVC colouran* yang terbuang sebanyak 17.369,71 kg dalam setiap 1.000.000 kg *material* ditimbang dan dikirim ke produksi. Nilai sigma rata-rata yang didapatkan adalah sebesar 3,61 sigma.

3. Tahap Analyze

Setelah dilakukan tahap *define* dan *measure*, selanjutnya adalah tahap *analyze*. Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap akar penyebab dari tingginya angka *defect* dalam proses penimbangan *material PVC colouran*. Analisis dilakukan untuk mengetahui faktor-faktor dominan yang memengaruhi terjadinya pemborosan *material*, serta untuk menentukan area mana yang paling membutuhkan perbaikan. Proses ini menggunakan pendekatan diagram sebab-akibat (*fishbone diagram*) dengan kategori 4M (*Man, Machine, Method, Material*).

a. Analisa Diagram Fishbone

Fishbone diagram digunakan untuk mengidentifikasi penyebab utama dari permasalahan *defect waste material* yang terjadi dalam proses penimbangan dan penuangan *material*. Berdasarkan hasil observasi dan data yang telah dikumpulkan, diketahui bahwa proses masih dilakukan secara manual dan belum memiliki standar operasional yang jelas. Hal ini menyebabkan inefisiensi dan tingginya tingkat pemborosan.

**Gambar 11.** Diagram Fishbone

Berdasarkan Gambar 27, penyusunan diagram *fishbone* dilakukan dengan mengelompokkan setiap akar penyebab ke dalam empat kategori utama yaitu 4M. setiap kategori kemudian dianalisis untuk mengetahui detail penyebab yang memengaruhi munculnya *defect*. Berikut uraian hasil analisis *fishbone* diagram :

- *Man* : faktor manusia berperan penting dalam proses penimbangan dan penuangan *material*. Berdasarkan hasil observasi, ditemukan bahwa beberapa operator cenderung terburu-buru dan tidak fokus dalam menimbang *material*, terutama saat permintaan *material* tinggi dari bagian produksi. Hal ini menyebabkan ketidaktepatan dalam proses penimbangan dan adanya *material* terbuang.
 - *Machine* : Timbangan yang digunakan dalam proses ini masih bersifat manual dan tidak memiliki sistem penunjang seperti sensor dan *hopper* yang sudah ada pengunci penutup otomatis. Hal ini membuat timbangan cenderung tidak stabil, terutama saat digunakan untuk menimbang *material* yang berbobot ringan seperti *material PVC colouran*. Akurasi mesin timbangan yang rendah menyebabkan kesalahan dalam pengukuran berat, yang kemudian berdampak pada kelebihan atau kekurangan *material*, serta berpotensi menyebabkan pemborosan.
 - *Method* : Metode kerja yang diterapkan dalam proses penimbangan dan penuangan *material* belum memiliki standar baku. Tidak terdapat SOP (*Standard Operating Procedure*) tertulis yang mengatur prosedur pengambilan, penimbangan, dan penuangan *material PVC colouran* secara konsisten.
 - *Material* : *Material PVC colouran* memiliki karakteristik berupa partikel kecil dan ringan, sehingga sangat mudah tercecer terutama saat dituangkan secara manual ke plastik. Sifat fisik *material* tersebut menyebabkan *material* berpotensi tumpah jika tidak ditangani dengan hati-hati. Dalam proses yang tidak terstandar, karakteristik *material* ini memperbesar peluang terjadinya *defect waste*, baik berupa kelebihan maupun kehilangan *material* saat penimbangan dan penuangan berlangsung.
4. Tahap *Improve*

Perancangan alat timbang otomatis *material PVC colouran* menggunakan *hopper* sebagai wadah *material*, silinder pneumatik untuk membuka *drop door hopper*, sensor *load cell* untuk membaca berat timbang *material*, *keypad* untuk memasukkan *input* dan *LCD* untuk menampilkan proses yang sedang berlangsung.

5. Tahap *Control*

Tahap *control* ini dilakukan pengkajian hasil penulisan setelah dilakukan perbaikan dengan rancang bangun alat sistem timbang otomatis.

a. Pencapaian *Defect*

Defect waste material PVC colouran yang didapat pada bulan Juni 2025 setelah rancang bangun alat timbang otomatis dapat dilihat pada tabel.

Tabel 9. Pencapaian Defect

No	Total Permintaan an (kg)	Jenis Defect	Quanti- ty (kg)	Percent- ase
1	3173,38	Ketidaktepatan Penimbangan	26,12	0,82%
2		Material Tercecer	6,53	0,21%
Total			32,65	1,03%

Mengacu pada tabel di atas, bahwa terdapat 2 *defect* pada *material PVC colouran* pada bulan Juni. *Defect* yang terdapat pada bulan Juni 2025 yaitu ketidaktepatan penimbangan sebanyak 26,12 kg dengan persentase 0,82% dari total produksi dan *material* tercecer sebanyak 6,53 kg dengan persentase 0,21 % dari total produksi.

b. Perhitungan Nilai DPMO dan Level Sigma

Tabel 10. Nilai DPMO dan Sigma

Bul	Unit	Defect	O	TOP	DPU	DPO	DPMO	Sig ma (σ)
Jun i	3173 ,38	32, 65	2	6346 ,76	0,01 029	0,00 514	5144 ,36	4,0 7

Berikut adalah perhitungan nilai DPMO dan tingkat sigma pada proses penimbangan *material PVC colouran*, dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Berdasarkan perhitungan *level sigma* pada tabel di atas, dapat dilihat nilai DPMO yang didapat pada bulan Juni 2025 sebesar 5144,36 dan nilai sigma yang didapat sebesar 4,07 sigma. Hal ini menunjukkan peningkatan *level sigma* yang berarti menurunnya jumlah *defect* yang terjadi setelah adanya rancang bangun.

c. Selisih Persentase Jumlah *Defect*

Tabel 11. Selisih Jumlah Defect

Item	Quantity		Selisih
	Sebelum	Sesudah	
Total Produksi Rata-Rata	3464,62	3173,38	291,24
Defect Rata-Rata	121,27	32,65	88,62
Persentase <i>Defect</i> Terhadap Total Produksi	3,50%	1,03%	2,47%

Langkah ini merupakan langkah guna membandingkan data pencapaian *defect*. Perbandingan dapat dilihat pada tabel di bawah ini

Berdasarkan tabel di atas, *persentase defect* yang terjadi sebelum perbaikan adalah sebesar 3,50% dari total unit rata-rata. Sedangkan persentase *defect* setelah dilakukan perbaikan mengalami penurunan yakni berada pada angka 1,03%. Selisih persentase *defect* yang didapat adalah sebesar 2,47%. Hasil tersebut menunjukkan penurunan jumlah *defect* dan peningkatan kualitas *material*.

d. Selisih Nilai DPMO dan Level Sigma

Tabel 12. Selisih DPMO dan Level Sigma

Item	Sebelum Perbaikan	Setelah Perbaikan	Selisih
DPMO	17369,71	5144,36	12225,35
Level Sigma (σ)	3,61	4,07	0,46

Perbandingan *sigma level* sebelum dan setelah perbaikan, dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Berdasarkan pada tabel di atas, DPMO rata-rata sebelum perbaikan sebesar 17.369,71 dengan *level sigma* adalah sebesar 3,61 sigma. Sedangkan hasil DPMO setelah perbaikan adalah sebesar 5144,36 dengan *level sigma* sebesar 4,07 sigma. Selisih DPMO yang didapat adalah sebesar 12.225,35 dan

selisih *level sigma* sebesar 0,46 sigma. Hal ini menunjukkan setelah adanya rancangan bangun dapat menurunkan nilai DPMO dan menaikkan *level sigma*.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai *Defect Per Million Opportunities* (DPMO) dan *level sigma* pada proses penimbangan *material PVC colouran* serta membandingkan tingkat cacat sebelum dan sesudah perancangan sistem timbang otomatis. Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode *Six Sigma* dengan pendekatan DMAIC, diketahui bahwa sebelum dilakukan perbaikan, nilai DPMO sebesar 17.369,71 dan *level sigma* sebesar 3,61 dengan persentase *defect* mencapai 3,50%. Setelah diterapkannya sistem timbang otomatis berbasis mikrokontroler, nilai DPMO menurun drastis menjadi 5.144,36 dan *level sigma* meningkat menjadi 4,07 dengan penurunan persentase *defect* menjadi 1,03%. Dengan demikian, perancangan sistem timbang otomatis terbukti efektif dalam meningkatkan akurasi penimbangan, mengurangi pemborosan *material*, serta meningkatkan efisiensi proses kerja di *warehouse* PT XYZ.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Khoeruddin and D. Indrasti, "Analisis Lean Manufacturing Produksi Saus Gulai dengan Metode Value Stream Mapping," *J. Mutu Pangan Indones. J. Food Qual.*, vol. 10, no. 1, pp. 15–23, 2023, doi: 10.29244/jmpi.2023.10.1.15.
- [2] O. Ardhan Nugroho and C. Angel Tandiawan, "Sistem Predictive Maintenance Bearing Pada Mesin Super Mixer Granula Dengan Menggunakan Sensor Accelerometer MPU-6050," *Manutech J. Teknol. Manufaktur*, vol. 14, no. 02, pp. 47–54, 2022, doi: 10.33504/manutech.v14i02.242.
- [3] H. W. W. Pitoy, A. B. H. Jan, and J. S. B. Sumarauw, "Analisis Manajemen Pergudangan pada Gudang Paris Superstore Kotamobagu," *J. Ekon. Manajemen, Bisnis dan Akutansi*, vol. 8, no. 3, pp. 252–260, 2020.
- [4] I. Nurisusilawati and S. Bahari, "Pengukuran Keseimbangan Lintasan Produksi Kabel Low Voltage NYM di PT. XYZ," *J. TRINISTIK J. Tek. Ind. Bisnis Digit. dan Tek. Logistik*, vol. 1, no. 2, pp. 65–71, 2022, doi: 10.20895/trinistik.v1i2.666.

- [5] C. Febryan, N. Luh, P. Lilis, S. Setiawati, F. Teknik, and U. Udayana, "Jurnal Taguchi," pp. 31–41, 2024.
- [6] N. A. Sandy, Y. Z. Yasrin, and S. Suhanto, "Analisis Waste pada produksi pembuatan meja dengan pendekatan Lean Manufacturing," *Jumantara J. Manaj. dan Teknol. Rekayasa*, vol. 3, no. 1, pp. 35–44, 2024, doi: 10.28989/jumantara.v3i1.1913.
- [7] G. Supriyanto and A. Kumara, "Rancang Bangun Timbangan Menggunakan Sensor Load Cell dan Mikrokontroler Berbasis Internet of Things (IoT)," vol. 2, no. 01, pp. 62–68, 2024, doi: 10.55180/aei.v2i1.1024.
- [8] P. Hadi, Suwaryo Nugroho, and K. Mulyono, "Implementasi Pengendalian Kualitas Proses Pembuatan Pipa Pvc D 4" Dengan Metode Six Sigma," *JENIUS J. Terap. Tek. Ind.*, vol. 2, no. 1, pp. 20–29, 2021, doi: 10.37373/jenius.v2i1.94.
- [9] R. Listiana and D. S. Nurmuldiyanto, "Rancang Bangun Alat Penakar Material Dengan Mikrokontroler Berbasis Android," *J. TEDC*, vol. 14, no. 1, pp. 82–87, 2020, [Online]. Available: <http://ejournal.poltekdedc.ac.id/index.php/tedc/article/view/353>