

Vol. 1, No.2, Juni 2022

P-ISSN 2809-7807  
E-ISSN 2963-6655

# JIE

## Journal of Industrial Engineering

Program Studi Teknik Industri, Universitas PGRI Yogyakarta

Journal of Industrial Engineering

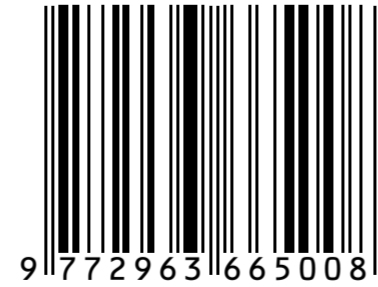
Vol 1, No 2 Juni 2022



**Publisher:**

Program Studi Teknik Industri  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas PGRI Yogyakarta  
Jl. IKIP PGRI I Sonosewu No. 117, Sonosewu, Kasihan, Bantul  
Yogyakarta 55128

ISSN 2963-6655



9 772963 665008

 Journal of Industrial Engineering	Vol. 1	No. 2	Page 1 - 68	Juni 2022	P-ISSN: 2809-7807 E-ISSN: 2963-6655
--	--------	-------	-------------	-----------	--

## **Editor in Chief**

Theofilus Bayu Dwinugroho

## **Editorial Board**

Rahayu Khasanah  
Dyah Ari Susanti  
Yaning Tri Hapsari  
Kurniawanti  
Hasti Hasanati M.  
Guntur Samodro

## **Mitra Bestari**

V. Reza Bayu Kurniawan  
Andrean Emaputra  
Vikha Indira Asri  
Theofilus Bayu Dwinugroho  
Tri Andi

## **Ilustrator dan Layout**

Rianto

## **Administrasi**

Ilma Ifa Nisa

Diterbitkan oleh: Program Studi Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas PGRI Yogyakarta

Periode Terbit : 2 kali setahun (Desember dan Juni)

Terbit Perdana : Desember 2021

Alamat Redaksi : Program Studi Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas PGRI Yogyakarta, JL. PGRI no. 1 Sonosewu no. 117 Kotak Pos 1123 Yogyakarta, Email: [jieupy.2021@gmail.com](mailto:jieupy.2021@gmail.com)

## DAFTAR ISI

1. USULAN PERENCANAAN PERAWATAN DAN ANALISIS KELAYAKAN  
PENGANTIAN MESIN HOIST MENGGUNAKAN METODE MARKOV CHAIN  
DAN THERBOGH MODEL  
Oleh Rizky Wahyudi, Andrean Emaputra dan Cyrilla Indri Parwati .....1- 12
  
2. PENDEKATAN VALUE STREAM MAPPING (VSM) UNTUK MEMINIMALKAN  
WASTE OF PRODUCTION DI LINI PRODUKSI  
Oleh Emmy Nurhayati .....13-18
  
3. USABILITY TESTING PADA SISTEM E-LEARNING  
UNIVERSITAS TEKNOLOGI YOGYAKARTA  
Oleh Restu Nurraudah, Citra Nurmalita, Desi Ayu Rahmadani,  
Niken Irma Nuryani, Khayatul Ilma Ainnelsa, Hesti Hersinta,  
dan Ferida Yuamita .....19-30
  
4. ANALISIS FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KECELAKAAN KERJA  
PADA PT. ANUGERAH INDOFOOD BAROKAH MAKMUR  
Oleh Yusuf Nur Ahmad dan Ferida Yuamita .....31-40
  
5. ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK DENGAN MENGGUNAKAN  
METODE SIX SIGMA (STUDI KASUS PT. PETROGAS PRIMA SERVICE)  
Oleh Dessy Sutisno Putri dan Ferida Yuamita .....41-52
  
6. PENENTUAN KONSTANTA PEGAS DALAM HUKUM HOOKE PADA  
RANGKAIAN TUNGGAL, SERI DAN PARALEL  
Oleh Richo Fenda Refiantoro dan Kurniawanti .....53-60

## 7. DISPENSER OTOMATIS HANDSANITIZER BERBASIS ARDUINO MENGGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK DAN INFRAMERAH

Oleh Elsa Salsabila, Fadian Candra Sari, Muhammad Ahyar Zulfikar,  
Richo Fenda Refiantoro, Ade Ulwan Prastyo, Pradika Hermawan,  
dan Theofilus Bayu Dwinugroho .....61-68

**JIE.UPY**

Journal of Industrial Engineering  
Universitas PGRI Yogyakarta

p-ISSN 2809-7809

e-ISSN 2963-6655

## Usulan Perencanaan Perawatan dan Analisis Kelayakan Penggantian Mesin Hoist Menggunakan Metode Markov Chain dan Therbogh Model

Rizky Wahyudi, Andrean Emaputra\* dan Cyrilla Indri Parwati

Program Studi Teknik Industri, Institut Sains & Teknologi AKPRIND

[\\*andrea.emaputra@akprind.ac.id](mailto:andrea.emaputra@akprind.ac.id)

**Abstract.** PT. XYZ merupakan perusahaan swasta nasional yang bergerak dalam bidang pengecoran logam. Mesin hoist di pabrik tersebut sudah beroperasi selama 14 tahun yang menyebabkan mesin tersebut sudah sering mengalami kerusakan, sehingga perlu dilakukan perawatan mesin yang terencana dan analisis kelayakan dalam penggantian mesin untuk menghindari pabrik mengalami kerugian akibat kerusakan mesin. Saat ini, pabrik masih menerapkan sistem perawatan korektif pada mesin hoist, belum ada penjadwalan perawatan mesin yang terorganisir serta belum mulai untuk mempertimbangkan kelayakan penggantian mesin baru, sehingga mesin lama masih sangat berpeluang untuk terjadi kerusakan pada saat proses produksi. Tujuan penelitian ini adalah memberikan usulan kebijakan pemeliharaan yang optimal sehingga pemborosan biaya perawatan mesin hoist dapat dikurangi serta menganalisis kelayakan dalam melakukan penggantian mesin berdasarkan perbandingan dari biaya mesin lama dan mesin baru sehingga perusahaan mulai dapat menentukan kebijakan penggantian mesin untuk periode selanjutnya. Metode yang digunakan adalah markov chain untuk mengetahui usulan perencanaan perawatan yang tepat, dan therbogh's model untuk mengetahui waktu kelayakan penggantian mesin hoist. Hasil dari metode markov chain adalah diperoleh kebijakan alternatif ke-2, kebijakan tersebut merupakan kebijakan pemeliharaan korektif pada status 3 (rusak sedang) dan preventif pada status 2 (rusak ringan), biaya pemeliharaan sebesar Rp. 2.858.072 yang lebih rendah dari kebijakan perawatan perusahaan yang dilakukan. Dan metode thebogh's model diperoleh hasil UAE (Uniform Annual Equivalent) mesin baru sebesar Rp. 9.064.970 yang lebih rendah apabila perusahaan tetap mempertahankan mesin lama pada periode ke-15 (2020) dengan biaya sebesar Rp. 12.109.125.

### 1. Pendahuluan

Dalam suatu perusahaan seringkali mesin produksi mengalami kerusakan ringan sampai kerusakan berat. Kegiatan pemeliharaan mesin terkadang dilakukan setelah kondisi mesin mengalami kerusakan dan tidak dapat beroperasi, sehingga akan sangat merugikan pabrik karena menimbulkan biaya downtime dan biaya perbaikan mesin. Selain sistem manajemen pemeliharaan mesin yang kurang baik, Salah satu faktor yang mempengaruhi sering terjadi kerusakan mesin adalah umur mesin yang sudah beroperasi sangat lama

Metode markov chain juga dipakai dalam pemeliharaan. Metode tersebut digunakan untuk penjadwalan dan pengurangan biaya perawatan mesin *spinning* [1]. Metode tersebut digunakan untuk merencanakan perawatan dan biaya perawatan dari mesin mill 303 di PT. Steel Pipe Industry of Indonesia Unit 3 [2]. Metode tersebut digunakan untuk merencanakan pemeliharaan mesin *stitching* di PT. Karyamitra Budisentosa yang membuat sepatu wanita dengan bahan baku kulit [3].

Perawatan yang optimal pada mesin Oerlicon di PT Dirgantara Indonesia dilakukan dengan metode tersebut [4]. Perencanaan perawatan *welding machine*, *lathe machine* dan *over head crane* untuk meminimumkan biaya perawatan di PT Mencast Offshore and Marine Batam juga dengan metode tersebut [5].

PT. XYZ merupakan perusahaan swasta nasional yang berdiri tahun 1968 dan saat ini bergerak dalam bidang pengecoran logam. Mesin hoist di pabrik tersebut sudah beroperasi selama 14 tahun sehingga mesin tersebut sering mengalami kerusakan dan sangat mengganggu dalam memenuhi kebutuhan produksi. Data kerusakan mesin hoist pada tahun 2019 menunjukkan bahwa frekuensi kerusakan mesin hoist sebanyak 45 kali kerusakan dan waktu kerusakan mencapai 52 jam/tahun. Kerusakan mesin hoist tersebut lebih besar dibanding dengan beberapa mesin lain yang ada pada departemen produksi. Oleh karena itu, perencanaan pemeliharaan mesin hoist dilakukan dengan metode markov chain, perhitungan didasarkan pada perbandingan ketiga usulan matriks probabilitas dan matriks probabilitas awal yang dilakukan perusahaan. Penentuan penerapan kelayakan penggantian mesin hoist dilakukan dengan menggunakan metode *therbog model* dengan perhitungan didasarkan pada nilai anuitas mesin baru. Metode *markov chain* dan *therbog model* digunakan agar biaya yang dikeluarkan dalam perbaikan mesin hoist dapat diminimalisir dan juga untuk mulai memikirkan kebijakan penggantian mesin baru apabila sudah tidak menguntungkan lagi jika mempertahankan mesin yang lama..

## 2. Metode Penelitian

Peneliti melakukan wawancara secara langsung dengan pihak-pihak yang berkompeten dan terkait secara langsung untuk melakukan pengambilan data sesuai dengan kebutuhan penelitian. Peneliti mengobservasi objek penelitian untuk memperoleh data serta gambaran secara lebih jelas terhadap permasalahan yang terjadi. Data mesin hoist yang dikumpulkan selama 1 tahun (2019).

### 2.1. Markov Chain

Rantai Markov (Markov Chain) adalah suatu teknik matematika yang biasa digunakan untuk melakukan pembuatan model (modelling) bermacam-macam sistem dan proses bisnis. Rantai markov merupakan sebuah teknik yang berhubungan dengan probabilitas akan state di masa mendatang dengan menganalisa probabilitas saat ini. Setelah *state* dari sistem atau proses yang akan diteliti telah diidentifikasi, langkah selanjutnya adalah menentukan probabilitas sistem berada dalam *state* tertentu dengan menggunakan vektor probabilitas *state*,  $n(i) = (n_1, n_2, n_3, \dots, n_m)$  [6].

Perilaku jangka panjang dari suatu proses markov ditandai ketidakbergantungannya pada state awal dari sistem, dalam proses operasi suatu item akan mengalami beberapa kemungkinan transisi status yang berubah dari satu status ke status yang lain [7]. Oleh karena itu, untuk mengubah kondisi status yang dialami dilakukan beberapa tindakan keputusan pemeliharaan yang sesuai dengan status kondisi mesin dan tindakan keputusan yang dilakukan.

Policy keputusan pemeliharaan mesin hoist dapat dilihat pada Tabel 1. P<sub>0</sub> adalah tindakan pemeliharaan korektif yang dilakukan perusahaan, yang merupakan matrik transisi awal sedangkan P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, dan P<sub>4</sub> adalah usulan pemeliharaan yang didapat dari perubahan pada matrik awal.

Tabel 1. Keputusan pemeliharaan mesin hoist

<i>Policy</i>	Keterangan	D <sub>1</sub> (P)	D <sub>2</sub> (P)	D <sub>3</sub> (P)	D <sub>4</sub> (P)
P <sub>0</sub>	Pemeliharaan korektif pada status 4	1	1	1	3
P <sub>1</sub>	Pemeliharaan korektif pada status 3 dan 4	1	1	3	3
P <sub>2</sub>	Pemeliharaan korektif pada status 3, serta pemeliharaan pencegahan pada status 2	1	2	3	1
P <sub>3</sub>	Pemeliharaan korektif pada status 4 dan pemeliharaan pencegahan pada status 2	1	2	1	3

$P_4$	Pemeliharaan korektif pada status 3 dan 4, pemeliharaan pencegahan pada status 2	1	2	3	3
-------	---	---	---	---	---

Tabel 2 menunjukkan jenis keputusan perbaikan pada mesin hoist. Terdapat 3 keputusan, yaitu tidak dilakukan perbaikan, *preventive maintenance*, dan *corrective maintenance*.

Tabel 2. Tindakan Keputusan

Keputusan	Tindakan
1	Tidak dilakukan perbaikan
2	Dilakukan <i>preventive maintenance</i>
3	Dilakukan <i>corrective maintenance</i>

Kondisi pada Tabel 3 adalah tingkat kesiapan mesin saat dilakukan perawatan periodik terhadap mesin tersebut. Setelah pemeriksaan dilakukan, maka kondisi mesin dapat digolongkan menjadi 4 status.

Tabel 3. Status pada kondisi mesin hoist

Status	Kondisi
1	Baik
2	Rusakan ringan
3	Rusakan sedang
4	Rusakan berat

Dalam menentukan nilai probabilitas, terlebih dahulu ditentukan besar transisi probabilitas. Transisi probabilitas dapat dihitung dari jumlah masing-masing keadaan kondisi mesin melalui tabel perubahan probabilitas transisi, selanjutnya matriks transisi awal dibentuk yang merupakan pemeliharaan sarana produksi yang dilakukan perusahaan [8]. Kemudian penentuan nilai probabilitas yang dihitung dari jumlah masing-masing keadaan mesin melalui tabel probabilitas transisi (Tabel 4).

Tabel 4. Probabilitas Transisi

Bulan	Status									
	$P_{11}$	$P_{12}$	$P_{13}$	$P_{14}$	$P_{22}$	$P_{23}$	$P_{24}$	$P_{33}$	$P_{34}$	$P_{41}$
1										
2										
...										
N										
Jumlah										

Matrik transisi awal yang merupakan pemeliharaan yang dilakukan perusahaan dibuat (Tabel 5). Tabel probabilitas transisi merupakan pemeliharaan yang dilakukan oleh perusahaan dan akan menjadi matriks probabilitas transisi awal [9]. Untuk mendapatkan pemeliharaan yang lebih baik sehingga biaya pemeliharaan dapat dikurangi, maka 4 (empat) perencanaan pemeliharaan mesin diusulkan yang didapat dari perubahan matrik transisi awal.



Tabel 5. Matriks probabilitas transisi awal

I \ J	1	2	3	4
1	P <sub>11</sub>	P <sub>12</sub>	P <sub>13</sub>	P <sub>14</sub>
2	0	P <sub>22</sub>	P <sub>23</sub>	P <sub>24</sub>
3	0	0	P <sub>33</sub>	P <sub>34</sub>
4	P <sub>41</sub>	0	0	0

2.2. *Analysis Biaya Markov Chain*

Penentuan biaya pemeliharaan dalam *markov chain* meliputi biaya perawatan pencegahan dan perawatan korektif yang dilakukan pada saat mesin berhenti dan berdasarkan pada biaya *downtime*. Biaya *downtime* merupakan profit atau keuntungan perusahaan yang hilang akibat dari sistem atau mesin yang tidak produktif karena dalam perbaikan. Biaya *downtime* dihitung dengan Persamaan 1.

$$Bd = \frac{rd}{jk} \times op \dots\dots\dots(1)$$

- dengan:
- Bd = biaya *downtime*
- Rd = rata-rata *downtime* mesin
- Jk = jumlah tahun
- Op = biaya operator

Biaya pemeliharaan pencegahan adalah biaya yang dikeluarkan setiap kali melakukan perawatan pada mesin (Persamaan 2).

$$C_1 = waktu\ pemeliharaan\ pencegahan \times biaya\ downtime \dots\dots\dots(2)$$

Biaya pemeliharaan korektif adalah biaya yang timbul akibat kondisi mesin yang tidak berfungsi untuk menghasilkan *output* sehingga menyebabkan adanya biaya perbaikan. Biaya pemeliharaan korektif dihitung dengan Persamaan 3.

$$C_2 = waktu\ pemeliharaan\ korektif \times biaya\ downtime \dots\dots\dots(3)$$

Biaya rata-rata ekspektasi berdasarkan pada biaya pemeliharaan pencegahan dan biaya korektif sehingga mendapatkan biaya pemeliharaan mesin, dan apabila dikalikan dengan probabilitas status maka akan didapatkan biaya rata-rata ekspektasi untuk tiap pemeliharaan [10]. Biaya rata-rata ekspektasi dihitung dengan Persamaan 4.

$$E = \sum^M \pi_j C(j)^{j-1} = \pi_1(\dots) + \pi_2(\dots) + \dots + \pi_m(\dots) \dots\dots\dots(4)$$

2.3. *Therbogh Model*

Analisa kelayakan penggantian mesin hoist menggunakan metode *therbogh model*. Model tersebut untuk menilai apakah penggantian mesin lama layak apabila manajemen perawatan mesin yang dilakukan dengan metode *markov chain* kurang efektif dalam menekan biaya pemeliharaan mesin.

Depresiasi adalah penurunan nilai suatu properti atau aset karena waktu dan pemakaian. Salah satu metode yang dapat dipakai untuk menentukan beban depresiasi tahunan dari suatu aset

adalah metode garis lurus (*straight line*). Metode depresiasi garis lurus didasarkan pada asumsi bahwa pengurangan nilai suatu aset berlangsung secara linier terhadap waktu atau umur dari aset tersebut. Perhitungan metode garis lurus adalah dengan Persamaan 5.

$$D_t = \frac{P-S}{N} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:

- D<sub>t</sub> = besar depresiasi pada tahun ke-t
- P = ongkos awal dari aset yang bersangkutan
- S = nilai sisa dari mesin
- N = masa pakai mesin

**3. Hasil dan Pembahasan**

*3.1. Penentuan Usulan Perawatan Mesin dengan Markov Chain*

Pengumpulan data kerusakan mesin hoist di PT. XYZ selama 1 tahun (2019) memiliki frekuensi kerusakan mesin sebanyak 45 kali dengan total lama waktu perbaikan 52 jam/tahun. Data kerusakan disederhanakan kedalam tabel data perubahan status mesin untuk mengetahui nilai probabilitas setiap kondisi, data ini akan menjelaskan perubahan status mesin saat dilakukan perawatan korektif. Data transisi perubahan status mesin dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Data perubahan status mesin

Bulan	B/B	B/Rr	B/Rs	B/Rb	Rr/Rr	Rr/Rs	Rr/Rb	Rs/Rs	Rs/Rb	Rb/B
Januari	1	3				1				
Februari	2	1	2			1		1	1	1
Maret	2	2	1			1				
April	1	1	1	1			1			1
Mei	1		1	2				1		2
Juni	1	2	1		1	1				
Juli	1	2	2		1		1	1		1
Agustus	2	1		2			1			3
September	1	1	1	1		1			1	1
Oktober	1	1	1	1			1			2
November	2		3	2			1		1	2
Desember	1	1	1			1			1	1
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>15</b>	<b>14</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>14</b>
	0,296	0,277	0,259	0,166	0,153	0,461	0,384	0,428	0,571	1

Penentuan nilai probabilitas didapatkan dari perubahan status kondisi dibagi dengan total status kondisi, perhatikan bahwa total nilai tiap probabilitas kondisi baik, rusak ringan, rusak sedang dan rusak berat tidak boleh lebih dari 1.

*3.2. Data Waktu Perawatan*

Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pemeliharaan preventif pada mesin hoist di perusahaan oleh pihak *maintenance* adalah 30 menit perbulan, maka total waktu yang dibutuhkan dalam 1 tahun pemeliharaan adalah 30 menit/bulan x 12 bulan = 360 menit = 6 jam/tahun. Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pemeliharaan korektif berdasarkan data waktu kerusakan, yaitu 52 jam/tahun.

3.3. Data Biaya Pemeliharaan

Hasil perhitungan biaya pemeliharaan mesin hoist yang meliputi biaya *downtime*, biaya pemeliharaan preventif, dan biaya pemeliharaan korektif dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Data biaya pemeliharaan

Tindakan yang dilakukan	Biaya
Tidak melakukan pemeliharaan	0
Dilakukan pemeliharaan preventif	Rp. 1.932.000
Dilakukan Pemeliharaan korektif	Rp. 16.744.000
Biaya <i>Downtime</i>	Rp. 322.000

3.4. Matrix Probabilitas Transisi

Perhitungan transisi probabilitas dilakukan dengan memasukan probabilitas yang sudah ditentukan ke dalam tabel tiap kolom berdasarkan perubahan dari status awal ke status akhir (Tabel 8-12).

Tabel 8. Probabilitas perusahaan P0

Status Akhir (j)				
	1	2	3	4
Status Awal (i)				
1	0,296	0,277	0,259	0,166
2	0	0,153	0,461	0,384
3	0	0	0,468	0,571
4	1	0	0	0
$\pi_1 = 0,364$	$\pi_2 = 0,119$	$\pi_3 = 0,260$	$\pi_4 = 0,254$	

Tabel 9. Probabilitas usulan P1 (korektif pada status 3 dan 4)

Status Akhir (j)				
	1	2	3	4
Status Awal (i)				
1	0,296	0,277	0,259	0,166
2	0	0,153	0,461	0,384
3	1	0	0	0
4	1	0	0	0
$\pi_1 = 0,493$	$\pi_2 = 0,161$	$\pi_3 = 0,201$	$\pi_4 = 0,143$	

Tabel 10. Probabilitas usulan P2 (korektif pada status 3 dan preventif pada status 2)

Status Akhir (j)				
	1	2	3	4
Status Awal (i)				
1	0,296	0,277	0,259	0,166
2	1	0	0	0
3	1	0	0	0
4	0	0	0	1
$\pi_1 = 0,587$	$\pi_2 = 0,162$	$\pi_3 = 0,152$	$\pi_4 = 0,097$	

Tabel 11. Probabilitas usulan P3 (korektif pada status 4 dan preventif pada status 2)

Status Akhir (j)		Status Awal (i)			
		1	2	3	4
1	0,296	0,277	0,259	0,166	
2	1	0	0	0	
3	0	0	0,428	0,571	
4	1	0	0	0	
$\pi_1 = 0,464$		$\pi_2 = 0,128$	$\pi_3 = 0,209$	$\pi_4 = 0,196$	

Tabel 12. Probabilitas usulan P4 (korektif pada status 3 dan 4, serta preventif pada status 2)

Status Akhir (j)		Status Awal (i)			
		1	2	3	4
1	0,296	0,277	0,259	0,166	
2	1	0	0	0	
3	1	0	0	0	
4	1	0	0	0	

### 3.5. Data Biaya Ekspektasi

Berdasarkan pada biaya-biaya pemeliharaan preventif dan pemeliharaan korektif maka akan didapatkan biaya-biaya pemeliharaan untuk masing-masing mesin dan apabila dikalikan dengan probabilitas status ( $\pi$ ) maka akan didapatkan biaya rata-rata ekspektasi (biaya rata-rata yang diharapkan) untuk masing-masing pemeliharaan. Biaya ekspektasi dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Biaya ekspektasi pemeliharaan

P0 (kebijakan yang dilakukan perusahaan berdasarkan pemeliharaan korektif)  $E_0 = \text{Rp. } 4.252.976$

P1 (Kebijakan 1. Korektif pada status 3 dan status 4)  $E_1 = \text{Rp. } 5.759.936$

P2 (Kebijakan 2, Korektif pada status 3 dan preventif pada status 2)  $E_2 = \text{Rp. } 2.858.072$

P3 (Kebijakan 3, Korektif pada status 4 dan preventif pada status 2)  $E_3 = \text{Rp. } 3.529.120$

P4 (Kebijakan 4, Korektif pada status 3 dan 4, Preventif pada status 2)  $E_4 = \text{Rp. } 4.446.820$

Sehingga didapatkan alternatif biaya yang optimal adalah usulan P2 dengan tindakan kebijakan yang dilakukan adalah preventif pada kondisi mesin hoist mengalami rusak ringan dan dilakukan korektif pada kondisi mesin hoist mengalami rusak sedang, dengan dilakukan perencanaan perawatan mesin hoist sebanyak 2 kali dalam sebulan. Jika dilakukan usulan P2 maka akan menghemat biaya perawatan mesin sebesar Rp. 1.394.904.

### 3.6. Penentuan Waktu Penggantian Mesin dengan Therbogh's Model

Perhitungan kebijakan waktu penggantian mesin dilakukan karena masa pakai mesin hoist saat ini (tahun 2019) adalah 14 tahun dan mesin ini dibeli pada tahun 2005. Berdasarkan faktor tersebut dilakukan perhitungan penggantian mesin dengan perbandingan nilai UAE mesin baru. Perkiraan nilai sisa 6 tahun mesin lama ditasir sebesar 30% dari harga mesin lama.

### 3.7. Perhitungan Depresiasi dengan Metode Garis Lurus (Straight Line)

Tabel 14. Data mesin hoist lama

Harga Mesin Lama (P)	Rp. 21.000.000
Masa Pakai Ekonomis (N)	20 tahun
Perkiraan Nilai Sisa (S)	Rp. 6.300.000

Perhitungan besar depresiasi pada tahun ke-t adalah:

$$Dt = \frac{P-S}{N}$$

$$Dt = \frac{21.000.000 - 6.300.000}{20}$$

$$Dt = Rp. 735.000$$

Besar depresiasi (biaya penyusutan) untuk mesin hoist lama setiap tahun adalah Rp. 735.000.

### 3.8. Perhitungan Nilai Buku (Book Value)

Perhitungan nilai mesin untuk periode keempat belas adalah:

$$BV_t = P - t.Dt$$

$$BV_{14} = 21.000.000 - 14 \times 735.000$$

$$BV_{14} = Rp. 10.710.000$$

### 3.9. Perhitungan dengan Therbogh's Model

Data yang diperlukan untuk perhitungan dengan therbogh model dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Data Mesin Lama dan Mesin Baru

Jenis Mesin	Harga (Rp)	Biaya Operasional (Rp)
Mesin Lama	21.000.000	4.252.976
Mesin Baru	28.500.000	1.200.000

#### Taksiran Nilai Sisa Mesin

$$s = \frac{1}{2}(\text{biaya operasional lama} - \text{biaya operasional baru})$$

$$s = \frac{1}{2}(4.252.976 - 1200.000)$$

$$s = 1.526.488$$

#### Taksiran Umur Ekonomis Mesin

$$n^* = \sqrt{\frac{2C}{s}}$$

$$n^* = \sqrt{\frac{2(28.500.000)}{1.526.488}}$$

$$n^* = 6,11 \text{ atau } 6 \text{ tahun}$$

**Biaya Anuitas Mesin**

$$UAE = \frac{s(n^*-1)}{2} + \frac{C}{n^*} + \frac{iC}{2}$$

$$UAE = \frac{1.526.488(6-1)}{2} + \frac{28.500.000}{6} + \frac{0,035(28.500.000)}{2}$$

$$UAE = 3.816.220 + 4.750.000 + 498.750$$

$$UAE = Rp. 9.064.970$$

*3.10. Perhitungan Total Biaya Mesin Lama*

Pemakaian mesin lama hingga sekarang adalah 14 tahun. Bunga modal mesin lama ditaksir sebesar 3.5% setiap tahun. Perhitungan biaya total mesin lama untuk periode 14 (2019) adalah:

**Akumulasi penyusutan**

$$14 \times 735.000 = Rp. 10.290.000$$

**Periode nilai sisa untuk tahun depan (2020)**

$$(10.710.000 - 9.975.000) = Rp. 735.000$$

**Bunga nilai sisa pada periode 14**

$$3,5\% \times 10.710.000 = Rp. 374.850$$

**Biaya total mesin lama**

$$10.290.000 + 735.000 + 374.850 = Rp. 11.399.850$$

Tabel 16. Rekapitulasi total biaya mesin lama

Tahun	T	Nilai sisa mesin lama (Rp)	Periode nilai sisa (Rp)	Akumulasi penyusutan (Rp)	Bunga nilai sisa (Rp)	Biaya total (Rp)
2015	10	13.650.000	735.000	7.350.000	477.750	8.562.750
2016	11	12.915.000	735.000	8.085.000	452.025	9.272.025
2017	12	12.180.000	735.000	8.820.000	426.300	9.981.300
2018	13	11.445.000	735.000	9.555.000	400.575	10.690.575
2019	14	10.710.000	735.000	10.290.000	374.850	11.399.850
2020	15	9.975.000	735.000	11.025.000	349.125	12.109.125

Berdasarkan hasil rekapitulasi perhitungan dengan metode therbogh model tersebut jika mempertahankan mesin pada periode selanjutnya, biaya total mesin lama pada periode selanjutnya ke-15 (2020) sebesar Rp. 12.690.575 lebih besar dari nilai UAE mesin baru sebesar Rp. 9.064.970. Terlihat lebih menguntungkan jika mesin lama diganti pada saat 6 tahun yang lalu yaitu 2015, sebab anuitas mesin baru lebih murah yaitu Rp. 8.562.750.

#### 4. Kesimpulan

Dari keempat kebijakan alternatif yang diusulkan diperoleh kebijakan alternatif ke-2 yang memberikan biaya pemeliharaan minimal. Kebijakan tersebut adalah kebijakan pemeliharaan korektif pada status 3 dan preventif pada status 2 dengan biaya sebesar Rp. 2.858.072. Ketentuan pemeliharaan yang sebaiknya dilakukan yaitu korektif apabila kondisi mesin berada pada rusak sedang dan dilakukan preventif apabila kondisi mesin berada pada rusak ringan dan perusahaan akan mendapatkan penghematan biaya pemeliharaan apabila kebijakan pemeliharaan dilakukan dibanding kebijakan pemeliharaan perusahaan yaitu sebesar Rp. 1.394.904. Berdasarkan perhitungan metode therbogh model didapat nilai UAE mesin baru sebesar Rp. 9.064.970 dan biaya total mesin periode 15 (2020) sebesar Rp. 12.109.125, maka selisih kerugian yang ditimbulkan mesin lama sebesar Rp. 3.044.155 jika mempertahankan mesin lama. Apabila perusahaan memilih untuk melakukan kebijakan penggantian mesin dibanding melakukan perencanaan usulan perawatan kebijakan alternatif ke-2 dengan metode markov chain, maka waktu yang tepat adalah pada periode 6 tahun yang lalu yaitu 2015, sehingga pada tahun ini sebaiknya perusahaan mulai memikirkan untuk melakukan penggantian mesin agar menghindari kerugian yang semakin besar.

#### References

- [1] P. Puspitasari and A. J. Pratama, 2015, "Spinning Machine Maintenance Scheduling and Cost Planning Unit Using Markov Chains Method at Argo Pantes," in *Proceeding 8th International Seminar on Industrial Engineering and Management*, 2015, pp. 88–93.
- [2] I. Irdianto and Suhartini, 2019, "Penggunaan Metode Markov Chain dalam Penjadwalan Perawatan Mesin untuk Meminimalkan Biaya Kerusakan Mesin dan Perawatan Mesin Mill 303 di PT. Steel Pipe Industry of Indonesia Unit 3," *JISO J. Ind. Syst. Optim.*, vol. 2, no. 1, pp. 11–17, 2019.
- [3] D. S. Maulana, 2019, "Perencanaan Perawatan Mesin dengan Menggunakan Metode Markov Chain di PT . Karyamitra Budisentosa Pandaan," *J. Valtech*, vol. 2, no. 3, pp. 30–33, 2019.
- [4] A. W. Prastya and R. Ferdian, "Penerapan Metode Markov Chain dalam Penjadwalan Perawatan Mesin Oerlicon untuk Mengoptimalkan Biaya dan Waktu Perawatan di PT
- [5] Sanusi, T. Saputra, and H. Hidayat, 2020, "Perencanaan Perawatan Mesin Menggunakan Metode Markov Chain untuk Meminimumkan Biaya Perawatan di PT Mencast Offshore and Marine Batam," *J. Tek. Ibnu Sina*, vol. 5, no. 2, pp. 57–65, 2020.
- [6] A. R. Eliyus, J. Alhilman, and Sutrisno, 2014, "Estimasi Biaya Maintenance dengan Metode Markov Chain dan Penentuan Umur Mesin serta Jumlah Maintenance Crew yang Optimal dengan Metode Life Cycle Cost (Studi Kasus: PT TOA GALVA)," *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 1, no. 2, pp. 48–54, 2014.
- [7] Suparjo, 2014, "Perencanaan Kebijakan Perawatan Mesin Guna Mencapai Ekspektasi Pendapatan Maksimum dengan Pendekatan Rantai Markov Di CV . Alextra Travel," in *Seminar Nasional IDEC 2014*, 2014, pp. 612–618.
- [8] Sunyoto, 2012, "Analisis Aplikasi Markov Chain Guna Menghemat Biaya Pemeliharaan Sarana Produksi," *J. Ilmu-Ilmu Tek.*, vol. 11, no. 3, pp. 46–57, 2012.
- [9] E. Pudji W and F. Ilma, 2012, "Perencanaan Pemeliharaan Mesin dengan Menggunakan Metode Markov Chain untuk Mengurangi Biaya Pemeliharaan di PT. Philips Indonesia," in

Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) Periode III, 2012, no. November, p. A-45-A-54.

- [10] R. Rochmoeljati, 2013, "Perencanaan Perawatan Mesin Menggunakan Metode Markov Chain untuk Meminimumkan Biaya Perawatan," J. Tekmapro, vol. 8, no. 1, pp. 63–76, 2013.



# JIE.UPY

Journal of Industrial Engineering Universitas PGRI Yogyakarta  
Volume 1 No. 2, Juni 2022

p-ISSN 2809-7809  
e-ISSN 2963-6655

## Pendekatan *Value Stream Mapping (VSM)* Untuk Meminimalkan *Waste Of Production* di Lini Produksi

**Emmy Nurhayati**

Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa  
[emmy.nurhayati@ustjogja.ac.id](mailto:emmy.nurhayati@ustjogja.ac.id)

**Abstract.** Nilai suatu produk sangat penting bagi perusahaan agar produk yang dihasilkan dapat bersaing dengan kompetitor. Menambah nilai produk dapat dilakukan dengan merancang proses produksi yang lebih efektif dan efisien. Salah satu metode yang dapat meminimalkan pemborosan dalam proses produksi adalah dengan pendekatan *Lean Manufacturing* melalui *Value Stream Mapping (VSM)*. Berdasarkan hasil identifikasi *waste*, terdapat 5 jenis *waste* pada lini produksi, yaitu *defect*, proses yang tidak sesuai, transportasi yang berlebihan, *waiting* dan gerakan yang tidak perlu. Pengurangan *waste* yang terjadi dapat dilakukan dengan beberapa perbaikan yaitu penerapan budaya *Seiri, Seito, Seiso, Seiketsu, Shitsuke (5S)* di perusahaan, perawatan mesin secara rutin, penambahan alat penunjang produksi, mengadakan pelatihan bagi tenaga kerja baru untuk meningkatkan tenaga kerja, keterampilan dan pengawasan dan arahan kepada tenaga kerja. Dengan perbaikan yang dilakukan, terjadi pengurangan aktivitas yang tidak bernilai tambah terutama pada bagian pemotongan, penjahitan dan *finishing*, sehingga mengakibatkan penurunan *lead time* produksi sebesar 68,54 menit dan aktivitas yang tidak bernilai tambah sebesar 68 menit yang mengakibatkan penurunan peningkatan output produksi per hari menjadi 1.100 pcs

### 1. Introduction

Nilai tambah (*value*) bagi suatu perusahaan perlu menjadi perhatian agar produk yang dihasilkan dapat bersaing di pasaran. Memberikan nilai tambah pada produk dapat dilakukan dengan mendesain proses produksi yang lebih efektif dan efisien. Salah satu caranya adalah dengan meminimalkan atau menghilangkan *waste* atau pemborosan pada proses produksi. Apabila hal tersebut dapat dicapai maka perusahaan dapat memenuhi *value* yang diinginkan oleh konsumen dengan sumber daya yang minimal. Untuk menghilangkan *waste* atau pemborosan yang terjadi di perusahaan, perusahaan dapat menggunakan konsep *lean*.

*Lean* adalah suatu upaya terus menerus untuk menghilangkan pemborosan (*waste*) dan meningkatkan nilai tambah (*value added*) produk (barang atau jasa) agar memberikan nilai kepada pelanggan [1]. Tujuan *lean* adalah meningkatkan terus-menerus *customer value* melalui peningkatan terus-menerus rasio antara nilai tambah terhadap *waste (the value to waste ratio)* [2]. Hilangnya pemborosan dapat membuat semakin efektifnya lini produksi yang dapat berdampak pada peningkatan *income* perusahaan. *Tools* yang dapat digunakan untuk mengurangi atau bahkan menghilangkan masalah tersebut dalam konsep *Lean Manufacturing* salah satunya adalah dengan menggunakan pendekatan *Value Stream Mapping (VSM)*.

CV. KLM merupakan sebuah perusahaan manufaktur yang memproduksi berbagai macam sarung tangan dan juga keperluan berkendaraan motor serta peralatan *outdoor*. Pada CV. KLM terdapat enam stasiun produksi diantaranya gudang, *cutting, sewing, finishing, quality control* dan *packing*.

Dari stasiun produksi yang ada di CV. KLM banyak ditemukan pemborosan (*waste*) terutama pada bagian *sewing*.

## 2. Method

### 2.1 Metode Lean Manufacturing

Merupakan metode yang pada awalnya diadaptasi dari sistem produksi perusahaan otomotif Jepang yang sangat sukses yaitu Toyota. Di dalam menerapkan diperlukan 5 prinsip utama [3] yaitu:

- 1) *Define value precisely*  
Menentukan apa yang menjadi value dari sudut pandang pelanggan.
- 2) *Identify the entire value stream*  
Mengidentifikasi semua tahapan yang diperlukan untuk *design, order* dan produksi barang ke dalam seluruh aliran lini (*value stream*) untuk mencari *non-value adding activity*.
- 3) *Value creating steps flow*  
Membuat *value flow*, yaitu semua aktivitas yang memberikan nilai tambah disusun kedalam suatu aliran yang tidak terputus (*continuous*).
- 4) *Design and provide what the consumer wants only when consumes wants it (pull)*  
Mengetahui aktivitas-aktivitas penting digunakan untuk membuat apa yang diinginkan *customer*.
- 5) *Pursue perfection*  
Perbaikan yang dilakukan secara terus-menerus sehingga *waste* yang terjadi dapat dihilangkan secara total dari proses yang ada.

Dalam upaya menghilangkan *waste*, maka sangatlah penting untuk mengetahui apakah *waste* itu dan dimana ia berada. Ada tujuh macam *waste* [4] yaitu:

- 1) *Overproduction*
- 2) *Defect*
- 3) *Unnecessary inventory*
- 4) *Inappropriate processing*
- 5) *Excessive transportation*
- 6) *Waiting*
- 7) *Unnecessary motion*

### 2.2 Value Stream Mapping (VSM)

*Value Stream Mapping* merupakan salah satu *tool* dari *lean manufacturing* yang pada awalnya berasal dari *Toyota production system* (TPS) yang dikenal dengan istilah "*Material and Information Flow Mapping*". *Value Stream Mapping* (VSM) sebagai sebuah *powerfull tool* yang tidak hanya dapat mengidentifikasi inefisiensi proses tetapi juga dapat menjadi panduan dalam melakukan perbaikan [5]. Melalui penerapan *Value Stream Mapping* (VSM) dapat terjadi perubahan jumlah aktivitas pada proses operasi [6]. *Value Stream Mapping* merupakan proses pemetaan secara visual aliran informasi dan material yang bertujuan untuk menyiapkan metode dan *performance* yang lebih baik dalam sebuah usulan *future state map* [7]. Dari *tool* ini, informasi tentang aliran informasi dan fisik dalam sistem dapat diperoleh. Selain itu kondisi sistem produksi seperti *lead time* yang dibutuhkan juga dapat digambarkan dari masing-masing karakteristik proses yang terjadi.

*Value Stream Mapping* (VSM) dibagi menjadi tiga bagian utama [8] antara lain:

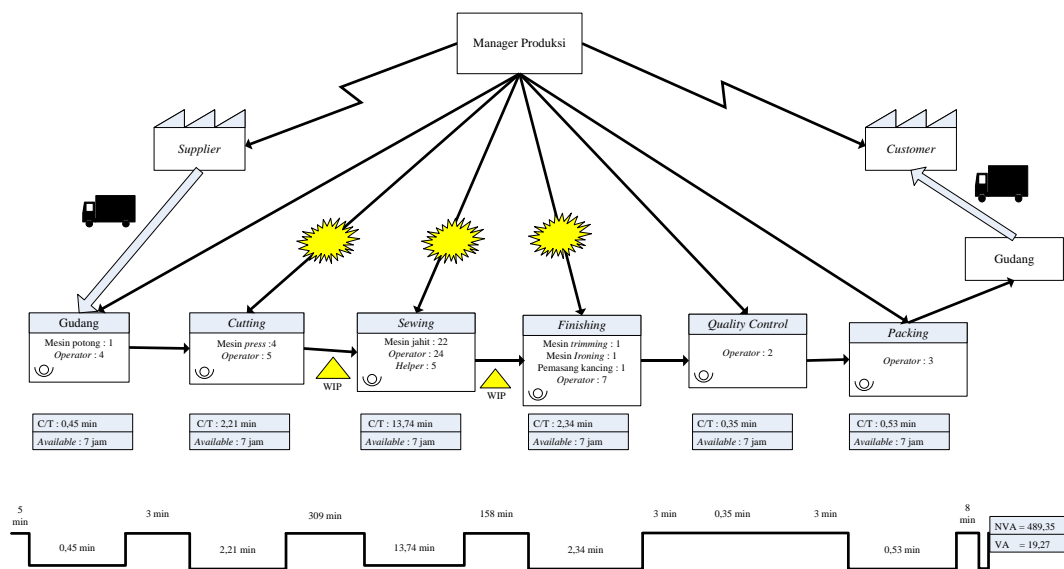
- 1) Aliran proses produksi atau aliran material
- 2) Aliran komunikasi atau informasi
- 3) Garis waktu atau jarak tempuh

Dalam merancang *value stream mapping* ada 4 tahap yang harus dilalui [9] yaitu:

- 1) Menentukan produk atau keluarga produk.
- 2) Menggambar current state mapping.
- 3) Menggambar future state mapping.
- 4) Merancang rencana improvement.

### 3. Result and Discussion

Hasil pengolahan data dibuat untuk membuat aliran proses nilai (*value*) pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Current State Map

#### 3.1 Identifikasi pemborosan

##### A. Identifikasi waste (Pemborosan)

Identifikasi pemborosan dilakukan untuk mengetahui pemborosan (*waste*) yang terjadi dengan melakukan observasi di lini produksi sarung tangan di CV. KLM selama 1 bulan. Berikut adalah *waste* yang terjadi di lini produksi sarung tangan CV. KLM yang diklasifikasikan sesuai dengan metode 7 *waste*:

##### 1) Defect

*Defect* pada sarung tangan sering terjadi karena disebabkan oleh beberapa faktor. Adapun penyebab *defect* pada sarung tangan diantaranya:

- a) Kesalahan operator dalam proses menjahit seperti misalnya dalam proses menjahit machi, operator kurang teliti sehingga jahitan kurang oval.
- b) Kurangnya *skill* operator dalam menjahit sehingga jahitan tidak rapi dan meleset.

##### 2) Inappropriate processing

Pemborosan ini terjadi pada beberapa proses produksi diantaranya:

- a) Pada proses leres pergelasan sarung tangan, gunting yang digunakan untuk merapikan pergelasan sarung tangan tidak berfungsi dengan baik sehingga dapat mengganggu dan

memperpanjang *lead time* produksi. Hal yang sama juga terjadi pada proses *trimming* karena gunting benang sudah tidak baik lagi untuk digunakan.

- b) Terjadi kerusakan pada mesin jahit ditengah proses produksi sehingga proses produksi harus berhenti sementara.
- 3) *Excessive transportation*  
*Layout* pada lini produksi sarung tangan di CV. KLM kurang tertata dengan baik yang menyebabkan aliran proses produksi susah dipahami sehingga menyebabkan pergerakan yang tidak perlu oleh para *helper* yang berada di *sewing*.
- 4) *Waiting*  
Banyak penumpukan *work in process* (WIP) terutama di *sewing* dan *finishing*, khususnya pada proses *trimming* yang disebabkan oleh ketidakaktifan operator sehingga dapat menyebabkan panjangnya *lead time* produksi.
- 5) *Unnecessary motion*  
Pemborosan *unnecessary motion* terjadi karena operator melakukan aktivitas yang tidak perlu seperti:
  - a) Berbincang dengan operator lain saat proses produksi sedang berlangsung
  - b) Petugas *cleaning* melakukan tugasnya pada saat proses produksi sedang berlangsung sehingga mengganggu efektifitas proses produksi.

## B. Usulan perbaikan

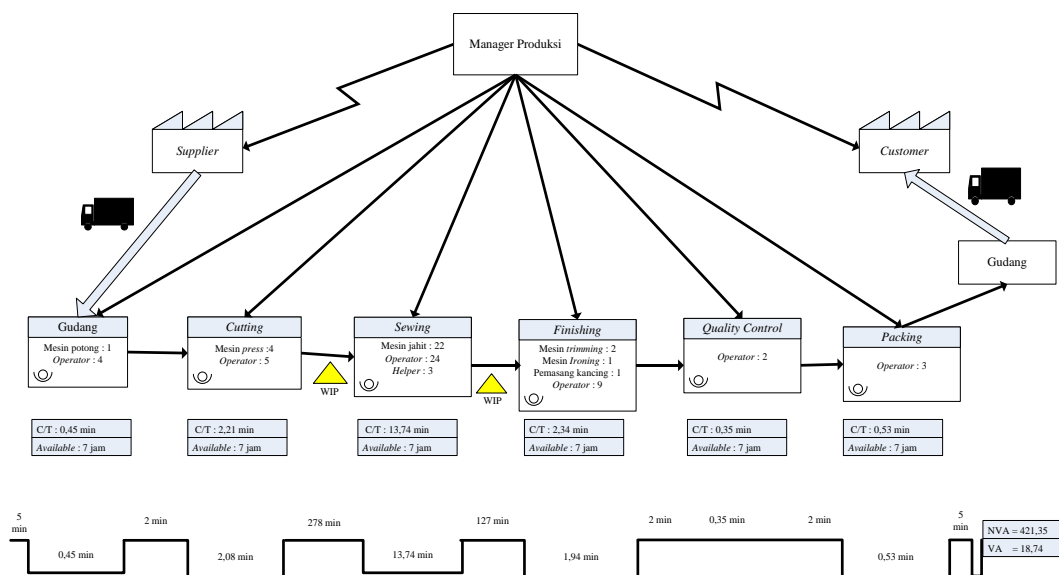
Setelah mengidentifikasi *waste* yang ada di lini produksi sarung tangan CV. KLM maka dapat diusulkan perbaikan agar *waste* dapat berkurang. Adapun perbaikan tersebut diantaranya:

- 1) Menerapkan budaya 5S  
Penerapan budaya 5S yaitu *Seiri, Seito, Seiso, Seiketsu, Shitsuke* diharapkan dapat meningkatkan produktivitas di perusahaan. Penerapan 5S bisanya juga dilakukan bersamaan dengan *kaizen* (perbaikan terus menerus) agar mendorong pelaksanaan efektivitas 5S.
- 2) Maintenance alat secara rutin  
Kegiatan *maintenance* alat khususnya mesin jahit dan mesin *press* dilakukan untuk menghindari kerusakan mesin yang tiba-tiba pada saat proses produksi sedang berlangsung. Kegiatan *maintenance* bisa dilakukan dalam bentuk *preventive maintenance* atau perawatan mesin secara berkala dengan perawatan mesin satu kali dalam satu minggu yaitu pada hari Sabtu.
- 3) Penambahan alat penunjang proses produksi  
Penambahan alat penunjang proses produksi dilakukan untuk mengurangi *waste waiting* dan *transportation* sehingga diharapkan tidak ada penumpukan *work in process* (WIP) yang dapat menyebabkan *bottle neck*. Penambahan alat penunjang proses produksi dapat dilakukan dengan menambah alat dan mesin seperti mesin *trimming*, gunting dan juga gunting benang.
- 4) Memberikan pelatihan pada tenaga kerja  
Memberikan pelatihan atau pengetahuan kepada karyawan dilakukan untuk meningkatkan keterampilan dan standar kerja khususnya kepada karyawan baru. Pelatihan atau *training* untuk karyawan baru dilakukan selama 2 minggu di awal masa kerja sehingga semua karyawan bisa mempunyai *skill* yang sama.
- 5) Melakukan pengawasan dan pengarahan pada tenaga kerja  
Pengawasan dilakukan untuk mengurangi *waste unnecessary motion* agar tenaga kerja tetap fokus dengan pekerjaannya dan tidak saling berbincang dengan karyawan lain sehingga tidak *mengganggu lead time* produksi. Pengarahan juga dilakukan agar tenaga kerja memahami aliran proses produksi.
- 6) Pemindahan tenaga kerja  
Pemindahan tenaga kerja dilakukan dengan memindahkan 2 orang *helper* yang berada di stasiun kerja *sewing* ke stasiun kerja bagian *finishing* untuk mengerjakan proses *trimming*. Hal ini

dilakukan karena setelah adanya perubahan *layout* lantai produksi, aliran proses produksi yang berada di *sewing* lebih tertata sehingga tidak membutuhkan banyak *helper*.

3.2 Future state mapping

Setelah dilakukan identifikasi *waste* dan penggambaran *current state mapping*, dapat diketahui bagian yang perlu dilakukan *improvement* agar lini produksi sarung tangan bisa menjadi lebih baik. Berikut merupakan perbaikan yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Gambar 2 sebagai berikut:



Gambar 2. Future State Mapping

3.3 Perbandingan current state mapping dengan future state mapping

Perbandingan dari hasil *current state mapping* dengan *future state mapping* dapat dilihat dalam Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Perbandingan Hasil CSM dan FSM

	CSM	FSM	Gap
Waktu Non Value Added (NVA)	489,35 Menit	421,35 Menit	68 Menit
Waktu Value Added (VA)	19,27 Menit	18,74 Menit	0,53 Menit
Lead Time	508,63 Menit	440,09 Menit	68,54 Menit
Output Produksi per Hari	1070 pcs	1100 pcs	30 pcs

Pada *future state mapping* terdapat penurunan *lead time* sebesar 68,54 menit dan kegiatan *Non Value Added* sebesar 68 menit. Pengurangan waktu tersebut disebabkan oleh perbaikan *layout* pada bagian *sewing* sehingga aliran proses produksi lebih tertata, penambahan alat dan mesin seperti mesin *trimming* dan gunting, pemindahan tenaga kerja (*helper*) dari bagian *sewing* ke bagian *finishing* untuk mengerjakan proses *trimming* serta mengurangi kegiatan *non value added*.

Perbandingan *output* produksi perhari dapat dilihat dari perhitungan waktu siklus *current* dan *future value state mapping*. Waktu efektif bekerja di perusahaan adalah 7 jam atau selama 420 menit. Pada *current state mapping* didapatkan waktu siklus sebesar 19,62 menit untuk membuat satu buah sarung tangan, sehingga dalam satu hari dapat diproduksi 1070 pcs sarung tangan. Setelah dilakukan perbaikan, pada *future state mapping* menunjukkan penurunan waktu siklus menjadi 19,09 menit sehingga *output* produksi perhari mengalami peningkatan sebesar 30 pcs sehingga *output* produksi menjadi 1100 pcs sarung tangan per hari.

Upaya yang dapat dilakukan oleh CV. KLM untuk dapat mengurangi *waste* diantaranya dengan:

1. Melakukan perawatan mesin secara rutin (*preventive maintenance*) satu kali dalam satu minggu yaitu pada hari sabtu untuk menunjang kelancaran proses produksi.
2. Memberikan pelatihan dan pengarahan tenaga kerja, terutama kepada karyawan baru sehingga standar kerja bisa tercapai selama 2 minggu di masa awal bekerja.
3. Melakukan *countinuous improvement* seperti penerapan *Plan, Do, Check, Action* (PDCA), untuk meningkatkan produktivitas dan mengurangi *waste*.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Terdapat 5 jenis pemborosan (*waste*) yang berada di lini produksi sarung tangan CV. KLM yaitu *defect, innappropriate processing, exessive transportation, waiting* dan *unnecessary motion*.
2. Untuk mengurangi *waste* yang terjadi di lini produksi sarung tangan, diusulkan beberapa perbaikan yaitu penerapan budaya *Seiri, Seito, Seiso, Seiketsu, Shitsuke* (5S) di perusahaan, *maintenance* mesin secara rutin, penambahan alat penunjang produksi, melakukan pelatihan tenaga kerja baru untuk meningkatkan *skill* tenaga kerja, yang terakhir adalah melakukan pengawasan dan pengarahan kepada tenaga kerja.
3. Terjadi pengurangan kegiatan *non value added* terutama pada bagian *cutting, sewing* dan *finishing* sehingga terjadi pengurangan *lead time* produksi sebesar 68,54 menit dan kegiatan *non value added* sebesar 68 menit yang menyebabkan peningkatan *output* produksi per hari menjadi 1100 pcs.

#### References

- [1] Gaspersz, V. & Fontana, A., 2011, "Lean Six Sigma for Manufacturing and Service Industries" Bogor: Vinchristo.
- [2] Gaspersz, 2007, *Lean Six Sigma for manufacturing and service industries*". Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- [3] Womack, J. P., Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D., 1990, "Machine that changed the world". Simon and Schuster.
- [4] Hines, P. & Taylor, D., 2000, "Going Lean. Cardiff: Lean Enterprise Research Center."
- [5] Rother M and Shook J, 1999, "Learning to See: Value Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda", LeanEnterprise Institute, Cambridge, MA..
- [6] Yunitasari, E., W., & Nurhayati, E., 2017, "Peningkatan Produktivitas Wedang Uwuh Instan Sruput Sebagai Minuman Tradisional Untuk Memajukan Industri Mikro, Kecil dan Menengah di Wilayah Kota Yogyakarta." Jurnal IEJST. Vol. 1 No.1.
- [7] Womack, J. P., & Jones, D. T., 2003, "Lean thinking. Simon & Schuster."
- [8] Nash, Mark and Polling, Seila. ,2008, "Mapping the Total Value Stream. Taylor and Francis Group."
- [9] Magnier, Ph., 2003, "Value Stream Mapping. The Lean Enterprise"

## Usability Testing Pada Sistem E-Learning Universitas Teknologi Yogyakarta

**Restu Nurraudah, Citra Nurmalita, Desi Ayu Rahmadani, Niken Irma Nuryani, Khayatul Ilma Ainnelsa, Hesti Hersinta dan Ferida Yuamita\***

Teknik industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Teknologi Yogyakarta  
[\\*feridayuamita@uty.ac.id](mailto:*feridayuamita@uty.ac.id)

**Abstract.** E-learning merupakan aplikasi yang menghubungkan antara pendidik dan peserta didik dalam sebuah ruang belajar online, akan tetapi penggunaan elearning saat submit melalui *website* masih terdapat kesulitan dikarenakan tampilan yang kompleks sehingga pengguna baru mengalami kesulitan dalam mengakses elearning. Pengukuran laman website elearning saat submit bertujuan agar mengetahui kualitas website dari sisi pengguna. Pengukuran yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan metode *usability testing*, pengujian dengan *usability testing* (pengujian kegunaan) terdapat lima komponen dasar yaitu *learnability* artinya tingkatan yang dapat dipelajari, *efficiency* artinya efisien, *memorability* artinya mudah diingat, *error* artinya kesalahan yang dilakukan oleh pengguna, dan *satisfaction* artinya tingkat kepuasan. Hasil yang didapat dalam penelitian ini yaitu website elearning pada saat submit berada pada kriteria baik karena keseluruhan jawaban responden adalah sebesar 70,54% pertanyaan yang mampu dijawab oleh para responden, dan responden tidak dapat menjawab pertanyaan sebesar 29,46%

### 1. Pendahuluan

Fakultas Sains dan Teknologi (FST) Universitas Teknologi Yogyakarta adalah sebuah fakultas yang terdiri dari beberapa program studi diantaranya adalah S1 Teknik Industri. Dalam bidang pengelolaan akademik yaitu dalam mengelola proses pembelajaran secara online, ditengah masa pandemi yang sedang melanda negara sehingga perlu adanya evaluasi dan perbaikan pada bagian pengelolaan proses kegiatan belajar mengajar secara online untuk menunjang penyampaian materi secara baik kepada setiap entitas mahasiswa yang menempuh program studi pada fakultas tersebut.

Dalam menunjang proses pendidikan di Universitas Teknologi Yogyakarta, menyediakan beberapa sarana dan prasarana, di antaranya: ruang kelas, wifi area, laboratorium, perputakaan, elearning, Sia, dll. Dengan fasilitas yang cukup lengkap, sudah semestinya Univeristas Teknologi Yogyakarta memiliki informasi akademik yang menunjang pada setiap program studinya. Namun demikian dari salah satu penunjang tersebut menemui beberapa kendala saat penggunaannya yaitu elearning. Elearning saat pandemi sangat dibutuhkan oleh semua dosen maupun mahasiswa dikarenakan 95% dosen menggunakan elearning sebagai wadah untuk mengumpulkan tugas E-learning (Elektronic Learning) yaitu aplikasi penghubung antar pengajar dan siswa di ruang belajar online. Elearning hadir untuk mengatasi keterbatasan dalam penyampaian materi oleh pengajar serta mengumpulkan tugas oleh siswa dalam kondisi, ruang, keadaan serta waktu yang lebih banyak dibanding waktu pembelajaran konvensional.



Melalui e-learning, siswa dan pengajar dapat berinteraksi di ruang diskusi selain itu siswa dapat mengumpulkan tugas dalam beberapa format seperti doc, pdf, dll. Selain itu pengajar dapat membagikan materi yang berisi video atau power point [1] Konsep pembelajaran dengan metode online atau e-learning bukanlah hal yang baru. Ketersediaan akses Internet yang murah dan berkecepatan tinggi, bersama dengan kemajuan yang dibuat dalam teknologi cloud telah membantu mempromosikan fleksibilitas prosedur pembelajaran dan melengkapinya dengan metode pembelajaran konvensional. [2] usability testing pada Google Classroom ditinjau dari fungsionalitas, fitur, dan tingkat kepuasan siswa. Selain itu Google Classroom (elearning) sangat berguna dalam pemahaman, daya tarik, dan pengoperasian dan biaya menjadi alasan utama untuk mengadopsi Google Classroom, sehingga disarankan agar institusi yang mempraktikkan blended learning dapat memanfaatkan platform sebagai alat untuk eLearning. [3] kursus e-learning di AU sebagai mudah digunakan, mudah dipelajari dengan antarmuka yang ramah pengguna. Namun, mahasiswa tahun pertama ragu untuk menyatakan pendapat yang tegas tentang kegunaan kursus e-learning di AU. Perspektif siswa bervariasi menurut jenis kelamin (dengan wanita menunjukkan pendapat yang lebih baik) dan jenis perguruan tinggi (dengan siswa di Sekolah Tinggi Administrasi Bisnis menunjukkan pendapat yang lebih positif). Selain itu dari hasil penelitian yang telah dilakukan, penggunaan usability testing pada website sekolah, yang dimana penggunaannya guru, staff, dan siswa ialah dapat dikatakan baik apabila pengguna merasa cukup mengerti dan memahami saat akan mengakses website. Hasil tersebut dilihat dari variabel efficiency yang cukup baik, learnability yang cukup baik, satisfaction yang cukup baik, memorability yang baik, dan error yang baik [4]. Penelitian lainnya evaluasi Website menggunakan usability menunjukkan bahwa usability mampu menjabarkan secara lebih rinci terkait pengalaman pengguna dalam menggunakan aplikasi atau sistem tertentu. Tentunya beberapa hal yang diuntungkan dengan mengetahui kondisi pengalaman dan kepuasan pengguna dalam memakai aplikasi atau sistem diantaranya adalah mampu meningkatkan efisiensi dari sistem itu sendiri [5]. Usability testing yang dilakukan pada website KRS online untuk mengetahui keefektifan dan efisiensi sistem menggunakan metode uji validitas tersebut mendapatkan hasil Website KRS Online memiliki nilai paling tinggi pada indikator memorability sebesar 3.97 ini berarti bahwa Website KRS Online mudah diingat navigasi dan tata letaknya untuk mendapatkan informasi. Sedangkan untuk nilai terendah dari kelima indikator adalah pada indikator error dengan nilai sebesar 3 ini berarti bahwa pada Website KRS Online masih ditemukan banyak kesalahan atau error baik itu pada brokenlink, atau pada navigasi yang ada [6]. Pada penelitian yang sudah ada mengenai penggunaan aplikasi halodoc penilaian pada aplikasi tersebut sangatlah buruk dikarenakan penggunaannya yang sangat membingungkan sehingga dilakukan usability testing dan User Experience Questionnaire pada aplikasi tersebut dengan hasil Evaluasi UEQ menunjukkan sesuai dengan tolok ukur UEQ sudah tingkat UX yang baik. Namun, uji kegunaan menemukan beberapa area konkret untuk perbaikan [7]. Hasil dari penelitian yang ada pembelajaran menggunakan elearning sangat berguna dan memiliki kelebihan dibandingkan sistem pembelajaran konvensional kelebihan tersebut materi mudah untuk dibagikan, dapat menyertakan gambar, video, serta animasi untuk menunjang pembelajaran akan tetapi penggunaan elearning memiliki kekurangan seperti kurangnya interaksi antara pengajar dan peserta didik [8]. Tujuan utama pembelajaran online tidak hanya untuk meningkatkan jangkauan dan akses pendidikan pada peserta didik, tetapi juga meningkatkan kualitas pembelajaran serta mengurangi biaya penyelenggaraan pendidikan [9].

Penggunaan elearning sangatlah fleksibel dalam melakukan pembelajaran baik secara luring maupun daring karena materi, tugas, diskusi, dll. Baik yang sudah dikumpulkan maupun belum dikumpulkan dapat terlihat dengan tenagga waktu yang diebrikan dosen. Meskipun lebih fleksibel dan mudah diakses, terdapat beberapa mahasiswa yang sulit untuk mengakses elearning saat akan submit disebabkan tampilan elearning yang kompleks menyebabkan pengguna baru banyak yang belum terbiasa dalam mengakses, sehingga banyak terjadi kesalahan saat akan mengumpulkan tugas, selain itu terdapat beberapa kendala yang dialami oleh siswa lainnya. Sehingga untuk mengetahui kendala apa saja yang dihadapi yaitu melakukan pengukuran. Pengukuran ini menggunakan metode usability

testing atau uji ketergunaan. Menurut Nielson [10] pengujian ketergunaan (usability testing) memiliki lima indikator usability yaitu Learnability, Efficiency, Memorability, Errors, dan Satisfaction

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1. E-Learning

E-Learning merupakan salah satu bentuk dari konsep Distance Learning. Bentuk e-Learning itu luas, berupa sebuah portal yang berisikan informasi serta ilmu pengetahuan yang dapat dikatakan sebagai situs e-Learning, jadi e-Learning atau Internet enabled learning menggabungkan metode pengajaran dan teknologi sebagai sarana dalam belajar. E-Learning merupakan proses belajar secara efektif yang dihasilkan dengan cara menggabungkan penyampaian materi secara digital yang terdiri dari dukungan dan layanan dalam belajar. Lebih detail lagi e-Learning dikategorikan dalam tiga kriteria dasar yaitu:

- a. E-Learning bersifat jaringan, yang membuatnya mampu memperbaiki secara cepat, menyimpan atau memunculkan kembali, mendistribusikan dan sharing pembelajaran serta informasi. Kriteria ini sangatlah penting dalam e-learning, sehingga Rosenberg menyebutnya sebagai persyaratan absolute.
- b. E-Learning dikirimkan kepada pengguna melalui teknologi komputer dengan menggunakan standar teknologi internet.
- c. E-Learning terfokus pada pandangan pembelajaran yang paling luas, solusi pembelajaran yang mengungguli paradigma tradisional dalam pembelajaran.

Pembelajaran elektronik atau e-Learning telah dimulai pada tahun 1970-an berbagai istilah digunakan untuk mengemukakan pendapat/gagasan tentang pembelajaran elektronik, antara lain adalah: on-line learning, internet-enabled learning, virtual learning, atau web-based learning.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa e-learning merupakan media pembelajaran yang melibatkan penggunaan elektronik dalam mencipkakan, perkembangan, menyampaikan, menilai dan memudahkan saat proses belajar mengajar dimanapun dan kapanpun

### 2.2. Usability Testing

Usability merupakan pengalaman pengguna dalam berinteraksi dengan aplikasi atau situs web sampai pengguna dapat mengoperasikannya dengan mudah dan cepat, atau sejauh mana produk dapat digunakan oleh pengguna untuk mencapai tujuan yang telah ditentukan dengan efektif, efisien, dan mencapai kepuasan pengguna dalam konteks tertentu. Artinya usability adalah suatu metode untuk mengukur sejauh mana kinerja dan performa suatu website untuk membantu pengguna dalam mengoperasikannya sehingga membuat pengguna merasa mudah, puas dan nyaman dalam menggunakannya. Parameter tersebut harus dipenuhi agar suatu sistem mencapai tingkat usability yang ideal [11], yaitu:

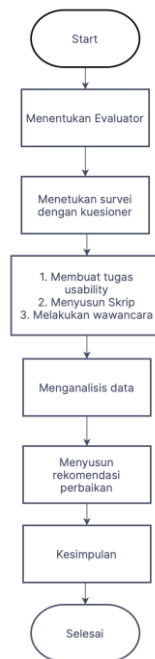
- a. *Easy to learn*: Pengguna dapat dengan cepat untuk mengerti tampilan dan perintah sistem yang paling dasar dan cepat memahami fitur-fitur navigasi dari setiap aspek yang ada pada website walaupun saat menggunakannya pertama kali.
- b. *Efficient to use*: Tingkat penguasaan kemampuan pengguna saat menggunakan website apakah berbanding lurus dengan performa website dalam keadaan website berjalan atau saat melaksanakan tugas.
- c. *Easy to remember*: Keterampilan pengguna saat kembali menggunakan sistem setelah beberapa lama tidak menggunakannya, tanpa harus lagi mempelajari tampilan sistem kembali. Tampilan sistem sangat gampang dipahami dan tidak rumit pada tampilannya.
- d. *Few Errors*: Sistem tidak membuat banyak kesalahan selama digunakan atau jika pada saat menggunakannya pengguna mendapat kesalahan maka dengan mudah dapat mengatasinya.
- e. *Pleasant to Use*: Pengguna merasa nyaman saat menggunakan sistem tersebut, tidak terdapat banyak kendala dalam mengoperasikannya yang membuat pengguna menjadi malas dalam menggunakannya, penampakan tampilan sistem terlihat baik sehingga membuat pengguna tidak

merasa bosan saat menoperasikannya, ketika menggunakan sistem tersebut pengguna mendapatkan pengalaman yang baik.

### 3. Metode Penelitian

#### 3.1. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir

#### 3.2. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan beberapa cara, yaitu sebagai berikut:

- Wawancara yaitu pengumpulan informasi dengan metode bertanya langsung kepada pihak yang terkait dan data dapat dikumpulkan melalui pertanyaan langsung sehingga diperoleh data kualitatif, kuantitatif maupun keduanya. Wawancara dilakukan dengan mahasiswa 2020-2018
- Kuesioner yaitu Teknik pengumpulan data dengan cara memberikan pertanyaan secara tertulis kepada responden dengan cara dijawab secara tertulis
- Observasi yaitu pengamatan terhadap objek yang dijadikan penelitian, objek tersebut adalah website elearning untuk submit
- Literature yaitu pengumpulan data dengan cara mencari informasi baik dari jurnal, buku, dan lain-lain terkait penelitian ini.

#### 3.3. Pengumpulan Data

Metode ini menggunakan beberapa tahapan, tahapan pertama yaitu menentukan evaluator (penilai), melakukan survei menggunakan kuesioner, pemilihan fungsi, selanjutnya membuat tugas usability, menyusun skrip, lalu melakukan usability testing dengan cara wawancara, kemudian menganalisis

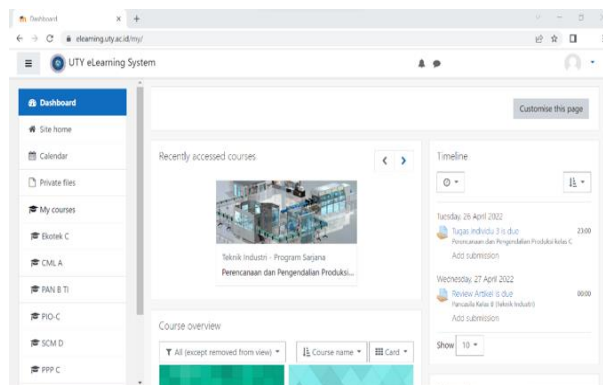
data dari hasil survei, menyusun rekomendasi perbaikan, dan yang terakhir pengumpulan data dengan cara observasi secara langsung. Tahapan-tahapan yang dilakukan sebagai berikut:

1. Menentukan Evaluator

Evaluator pada penelitian ini adalah mahasiswa jurusan Teknik Industri Universitas Teknologi Yogyakarta sebagai pengguna elearning yang terdiri dari beberapa angkatan yaitu angkatan 2020-2018, baik mahasiswa perempuan dan laki-laki sehingga pengguna awam pengguna aktif dakan terlihat kemahirannya dalam menggunakan elearning. Dibawah ini merupakan interface dari website elearning untuk submit yang beralamat pada <https://elearning.uty.ac.id/>:

a. Halaman Dashboard

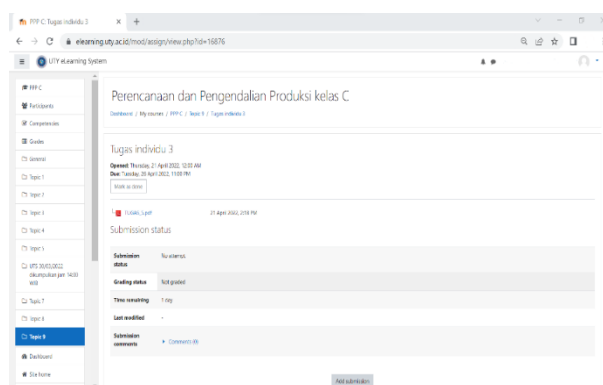
Halaman dashboard merupakan halaman pertama yang akan muncul setelah berhasil login. Pada halaman dashboard berisi aktivitas yang dapat dilakukan mahasiswa, seperti mendownload materi, mengirimkan tugas, diskusi, dll. Dapat dilihat pada Gambar 2



Gambar 2. Dashboard Eleraning

b. Halaman Kursus

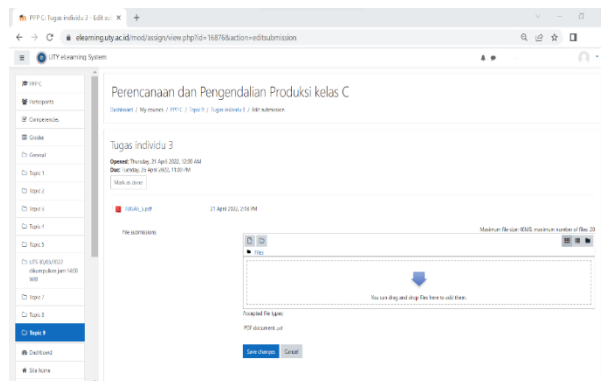
Halaman kursus yaitu halaman yang menunjukkan tugas yang tersedia, yang selanjutnya akan menjadi tempat pengumpulan tugas. Dari halaman ini akan diketahui batas waktu pengumpulan tugas, kapasitas dokumen yang harus diupload, dan format dokumen



Gambar 3. Halaman kursus

c. Submit

Halaman submit merupakan halaman yang menunjukkan tempat pemilihan dokumen yang akan diupload



Gambar 4. Laman Submit

2. Melakukan Survei Dengan Kuesioner  
Kuesioner yang disebar sebanyak 44 responden. Responden tersebut merupakan responden terpilih, karena dilihat dari keaktifan di kelas, sehingga dapat dibagi 3 kategori responden yaitu responden dengan kategori aktif, biasa saja, dan awam
3. Tugas Usability Testing  
Tugas yang diberikan kepada responden berdasarkan learnability, efficiency, memorability, errors dan satisfaction. Selain kuesioner pada tabel 1, yaitu melakukan percobaan submit pada sistem elearning yang dapat dilihat pada gambar 2-4, percobaan tersebut menggunakan stopwatch untuk menghitung berapa detik sampai file tersubmit, selain itu mencatat kesalahan yang dilakukan oleh responden saat mengakses elearning sampai ke tahap submit. Dari 44 responden rata-rata menyelesaikan tugas selama 31,32 detik
4. Menyusun Skrip Usability Testing  
Skrip yang dibuat berdasarkan learnability, efficiency, memorability, errors dan satisfaction. Skrip dibagikan kepada responden yang sudah terpilih, pertanyaan yang dibagikan sebanyak 18 dan terbagi dalam 6 sub bab
5. Melaksanakan Usability Testing dan Melakukan Wawancara  
Rekapitulasi jawaban dari setiap responden yang terpilih sebanyak 44 dari 3 angkatan dan merkap kemampuan dan kecakapan dalam mengakses elearning saat submit

#### 4. Hasil dan Pembahasan

Hasil dari usability testing dan survei Perhitungan dengan presentase pada hasil kuesioner submit tugas elearning. hasil yang diperoleh akan dirubah menjadi angka “satu” jika jawaban responden “iya” dan “nol” jika jawaban responden “tidak”. Setiap poin yang ada pada setiap aspek dapat diketahui persentase iya dan tidak. Setiap poin yang berasal dari sub aspek kemudian dihitung sub total dari nilai persentase, Langkah terakhir akan dihitung total persentase dari seluruh jawaban dari responden Hasil kuesioner dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Persentase Jawaban Responden

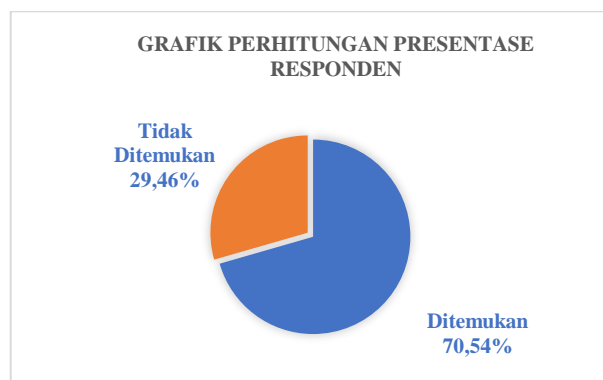
No	Pertanyaan	Ditemukan (%)	Tidak Ditemukan (%)
<i>Effectiveness</i>			
1	Apakah dapat mengumpulkan tugas dengan mudah?	88,60%	11,40%
2	Secara keseluruhan elearning (submit)membantu dalam memberikan informasi mengenai tugas?	86,40%	13,60%
3	Elearning (submit) membantu dalam mencari file?	72,70%	27,30%
Total		83,77%	17,43%
<i>Efficiency</i>			
1	Apakah menu yang ada pada web dapat menampilkan dengan cepat?	70,50%	29,50%
2	Saat ingin meng-upload file yang ada pada web elerning, apakah di berikan informasi tentang format file dan ukuran?	81,80%	18,20%
3	Apakah semua menu fitur yang ada diweb mudah digunakan?	70,50%	29,50%
Total		74,27%	25,73%
<i>Learnability</i>			
1	Apakah font yang digunakan dalam halaman submit e-learning tersebut mudah dan jelas untuk dibaca?	86,40%	13,60%
2	Apakah menu – menu pada halaman submit e – learning mudah untuk dipahami?	84,10%	15,90%
3	Apakah anda menemukan menu untuk mengupload dokumen yang ingin di submit pada halaman e-learning?	88,60%	11,40%
Total		86,37%	13,63%
<i>Memorability</i>			
1	Apakah halaman web mengandung timeline?	76,20%	28,60%
2	Apakah anda menemukan file submission pada saat melakukan submit tugas?	86,00%	14,00%
3	Apakah dalam melakukan submit tugas terdapat batasan kapasitas submission?	81,80%	18,20%
Total		81,33%	20,27%
<i>Error Handling</i>			
1	Apakah terdapat kesalahan dalam upload file?	38,63%	61,37%
2	Apakah terdapat kesalahan dalam klik menu?	9,09%	90,91%
3	Apakah dalam pengumpulan tugas masih didalam draft?	9,09%	90,91%
Total		24,03%	75,97%
<i>User Satisfaction</i>			
1	Apakah anda menemukan pendukung file dengan format word, pdf, excel?	81,80%	18,20%
2	Apakah ada menu yang anda butuhkan tetapi tidak ditemukan dalam web?	50,00%	50,00%

3	Apakah informasi yang tercantum dalam halaman submit e-learning faktual?	88,60%	11,40%
Total		73,47%	26,53%
Total Keseluruhan		70,54%	29,46%

Tabel 2. Kuantitatif

Skor	Kualifikasi	Hasil
85 % - 100 %	Sangat Baik (SB)	Berhasil
65 % - 84 %	Baik (B)	Berhasil
55 % - 64 %	Cukup (C)	Tidak Berhasil
0 % - 54 %	Kurang (K)	Tidak Berhasil

Dari hasil perhitungan persentase jawaban oleh responden terkait usability testing pada elearning pada bagian submit ialah pertanyaan yang dapat dijawab oleh responden (jawaban ditemukan) sebesar 70,54%, sedangkan pertanyaan yang tidak dijawab oleh responden (jawaban tidak ditemukan) sebesar 29,46%. Dapat dilihat pada Gambar grafik perhitungan presentase responden



Gambar 5. Grafik Perhitungan

Berdasarkan data yang dihasilkan, maka dapat dibuat rekomendasi yang tidak ditemukan dalam perbaikan elearning bagian submit dengan penilaian yang telah dilakukan oleh 44 responden

Dari pertanyaan ke 6 aspek diperoleh 2 jawaban dengan pilihan “iya” dan “tidak” hasil yang diperoleh sebagai berikut:

1. Efektif (Effectiveness)

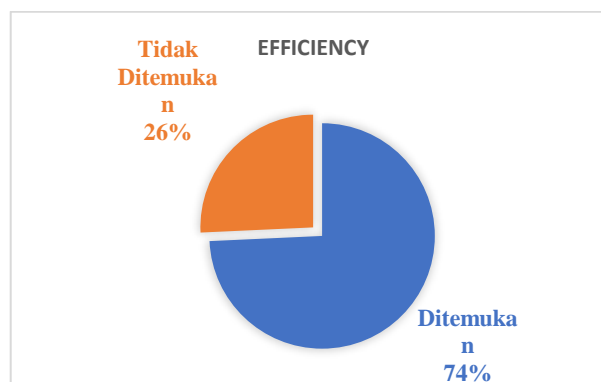
Aspek efektif memperoleh nilai sebanyak 83.77% untuk jawaban “iya” dan 17,43% untuk jawaban “tidak”



Gambar 6. Grafik efektif

2. Efisien (Efficient)

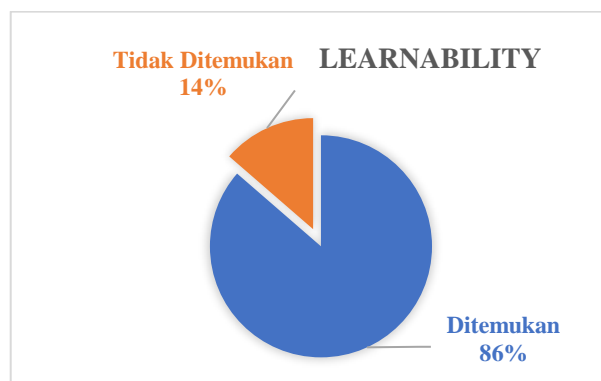
Aspek efisien memperoleh nilai sebanyak 74,27% untuk jawaban “iya” dan 25.73% untuk jawaban “tidak”



Gambar 7. Diagram efisiensi

3. Kemudahan (Learnability)

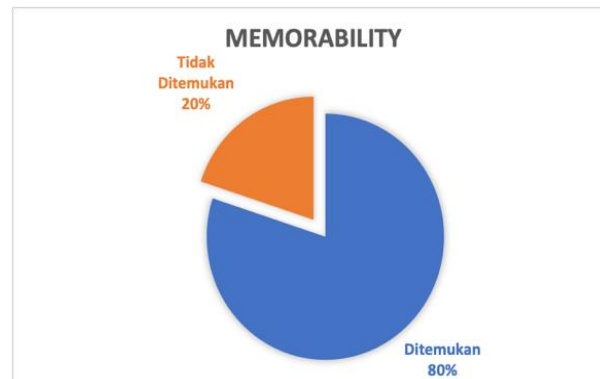
Aspek kemudahan memperoleh nilai sebanyak 86.37% untuk jawaban “iya” dan 13.63% untuk jawaban "tidak"



Gambar 8. Diagram Learnability



4. Mudah diingat (Memorability)  
Aspek Memorability memperoleh nilai “iya” sebanyak 81,33% dan untuk jawaban “tidak” sebanyak 20,27%



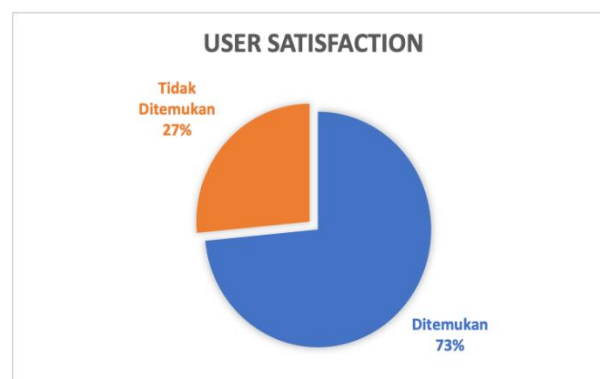
Gambar 9. Diagram Memorability

5. Tingkat kesalahan (Error handling)  
Aspek Error Handling memperoleh nilai “iya” sebanyak 69,70% dan “tidak” sebanyak 30,30%

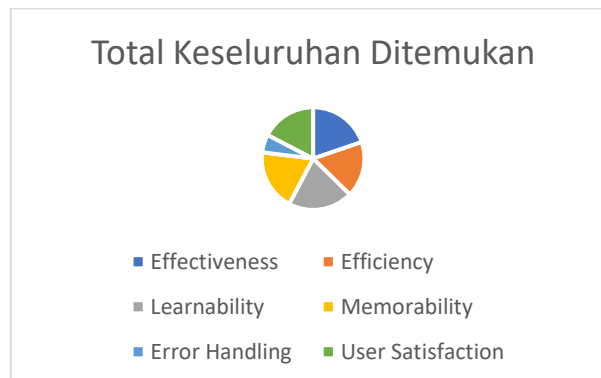


Gambar 10. Diagram Error Handling

6. Tingkat kepuasan (User Satisfaction)  
Aspek User Satisfaction mendapatkan nilai “iya” sebanyak 73,47% dan jawaban “tidak” sebanyak 26,53%



Gambar 11. Grafik hasil User Satisfaction



Gambar 12. Grafik hasil keseluruhan ditemukan

## 5. Kesimpulan

Dalam penelitian yang dilakukan ini diperoleh hasil persentase usability testing untuk mengukur pengguna dalam submit tugas. Learnability sebesar 86,37% pertanyaan mampu dijawab, 13,63 % pertanyaan tidak dapat dijawab oleh responden, efficiency yang didapat dari penelitian ini sebesar 74,27% pertanyaan yang mampu dijawab oleh responden dan 25,73% pertanyaan tidak mampu dijawab oleh responden, untuk memorability mendapatkan 81,33% untuk pertanyaan yang mampu dijawab oleh responden dan 20,27 % pertanyaan tidak mampu dijawab oleh responden, untuk kriteria error sebesar 24,03% pertanyaan mampu di jawab oleh responden, dan 75,97% pertanyaan tidak bisa di jawab oleh responden, satisfaction memperoleh 73,47% pertanyaannya mampu dijawab oleh responden, dan 26,53% responden tidak dapat menjawab pertanyaan, effectiveness sebesar 83,77% pertanyaan mampu dijawab, 17,43% pertanyaan tidak dapat dijawab oleh responden. Pada penelitian yang dilakukan keseluruhan jawaban responden adalah sebesar 70,54% pertanyaan yang mampu dijawab oleh para responden, dan persentase 29,46 % responden tidak dapat menjawab pertanyaan. Dari hasil tersebut website e-learning pada bagian submit Universitas Teknologi Yogyakarta dapat dikatakan baik.

## References

- [1] Wang, L.-Y.-K., Lew, S.-L., Lau, S.-H., & Leow, M.-C., 2019, "Usability factors predicting continuance of intention to use cloud e-learning application". *Heliyon* 5. 2019
- [2] Ventayen, R. J., Estira, K. L., Guzman, M. J., Cabaluna, C. M., & Espinosa, N. N., 2017, "Usability Evaluation of Google Classroom: Basis for the Adaptation of GSuite E-Learning Platform.", *Asia Pacific Journal of Education, Arts and Sciences*, 5, 47-51. 2017.
- [3] Eltahir, M. E., Al-Qatawneh, S., Al-Ramahi, N., & Alsahhi, N., 2019, "THE PERSPECTIVE OF STUDENTS AND FACULTY MEMBERS ON THE EFFICIENCY AND USABILITY OF E-LEARNING COURSES AT AJMAN UNIVERSITY: A CASE STUDY.", *Journal of Technology and Science Education*, 9, 388-403. 2019.
- [4] Purnamasari, S., & Syakti, F., 2020, "Implementasi Usability Testing dalam Evaluasi Website Sekolah, Studi Kasus: SMK Negeri Sumsel.", *Jurnal SISFOKOM (Sistem Informasi dan Komputer)*, Volume 09, Nomor 03, PP 420 – 426. 2020.
- [5] Zhevlwh, W. K. H., Ehhq, K. D. V, Dqg, G., Ghshqgv, G., Lwv, R. Q., Dwwulexwhv, L. , 2016, "Analysis of Website Usability Evaluation Methods", 1043–1046. 2016.
- [6] Sukmasetya, P., Setiawan, A., Arumi, E., R., 2020, "Penggunaan Usability Testing Sebagai Alat Evaluasi Website KRS Online Pada Perguruan Tinggi.", *Jurnal Sains dan Teknologi*. Vol. 9. 58-67. 2020
- [7] Kushendriawan, M. A., Santoso, H. B., Putra, P. O. H., & Schrepp M., 2021, "Evaluating User

- Experience of a Mobile Health Application Halodoc using User Experience Questionnaire and Usability Testing.”, *Jurnal Sistem Informasi (Journal of Information System)*, Volume 17, Issue 1, pp. 59-71. April 2021
- [8] Fauzi, A., 2020, “E-LEARNING BERBASIS MOODLE SEBAGAI MEDIA INFORMASI DAN KOMUNIKASI GUNA MENCEGAH PENYEBARAN COVID-19.” *Jurnal Kajian Perempuan & Keislaman*, 13, 28-39. 2020.
- [9] Hamidi, H., & Chavoshi, A., 2019, “Analysis of the essential factors for the adoption of mobile learning in higher education: A case study of students of the University of Technology.”, *Telematics and Informatics*, Volume 35, Issue 4, 1053-1070. 2018.
- [10] Nielson, J., 2013, “Usability 101: Introduction to usability.” *Jacob Nielsen's Alertbox*. 2013.
- [11] Nielsen, J., 1995. “Severity ratings for usability problems.” *Papers and Essays*

## Analisis Faktor yang Mempengaruhi Kecelakaan Kerja pada PT. Anugerah Indofood Barokah Makmur

Yusuf Nur Ahmad dan Ferida Yuamita\*

Teknik Industri Universitas Teknologi Yogyakarta  
[\\*feridayuamita@uty.ac.id](mailto:*feridayuamita@uty.ac.id)

**Abstract.** PT. Anugerah Indofood Barokah Makmur merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang produksi minuman. PT. Anugerah Indofood Barokah Makmur merupakan salah satu perusahaan yang dalam proses kerjanya tidak terlepas dari kecelakaan di tempat kerja baik yang berasal dari peralatan, bahan, lingkungan yang dapat pula menimbulkan penyakit akibat kerja. Analisis ini dilaksanakan untuk dapat mengenal variabel yang memengaruhi kecelakaan kerja (Y). Variabel-variabel tersebut adalah penerapan program kesehatan dan keselamatan kerja (X1), kesadaran kerja (X2), lingkungan kerja (X3), rambu-rambu K3 (X4). Populasi pada analisis ini yaitu pekerja di PT. Anugerah Indofood Barokah Makmur. Strategi pengumpulan informasi dilakukan dengan menggunakan survei. Sampel yang dipakai pada survei ini yaitu 29 responden dengan menggunakan teknik sampling bertarget. Pemeriksaan yang dipakai pada eksplorasi ini yaitu analisis regresi linear berganda. Konsekuensi pada analisis ini menyatakan yaitu penerapan program kesehatan dan keselamatan kerja (X1) tidak ada pengaruh kecelakaan kerja (Y), faktor kesadaran kerja (X2) berdampak kecelakaan kerja (Y), faktor lingkungan kerja (X3) berdampak kecelakaan kerja (Y), dan faktor rambu-rambu K3 (X4) tidak mempengaruhi kecelakaan kerja (Y).

### 1. Pendahuluan

Bidang industri perakitan, pelaksanaan kata terkait kesejahteraan dan keamanan dalam organisasi bertujuan untuk menjaga dan menjamin kesejahteraan semua perwakilan dan bahwa setiap sumber daya yang dibuat dapat digunakan dengan aman dan menguntungkan, kata kesejahteraan dan kesejahteraan harus mengikuti pendekatan struktur dengan melaksanakan Sistem Manajemen K3 (SMK3). SMK3 berarti membuat sistem kata yang berkaitan dengan kesejahteraan dan keamanan di tempat kerja dengan mengikutsertakan orang-orang dari pimpinan, tenaga kerja, keadaan kerja dan lingkungan yang terencana, dapat membuatnya lebih efektif dan produktif.

Kecelakaan kerja yang terjadi disebabkan oleh beberapa komponen, baik dari kesalahan manusia maupun dari lingkungan kerja dan kantor-kantor kerja yang ada, terjadi di bawah pelaksanaan yang ideal. Kenyamanan saat bekerja sangat penting bagi buruh untuk bekerja pada sifat pekerjaan agar tidak merugikan organisasi yang telah memberikan komitmen. Untuk membatasi frekuensi kata-kata kecelakaan di tempat kerja, penting untuk memiliki kepala risiko kerja dengan persiapan termasuk: mengenali potensi bahaya yang menyebabkan kecelakaan kerja, membedah kesempatan, memberikan penilaian bahaya dan menilai.

Meskipun K3 yang digambarkan di atas sudah diterapkan, potensi kecelakaan kerja bisa saja terjadi. Faktor yang bisa memengaruhi terjadinya kecelakaan kerja adalah *work mindfulness*. Kewaspadaan kerja di tempat kerja sangat kuat dalam mengantisipasi kejadian yang akan terjadi mulai sekarang dan melindungi diri dari bahaya kecelakaan kerja [1]. Dengan asumsi tidak ada perhatian

khusus, potensi kecelakaan kerja tinggi. Komponen berikut yang dapat memengaruhi kecelakaan kerja adalah tempat kerja, karena tempat kerja merupakan tempat dimana pekerja bersifat dinamis dan tempat kerja mempengaruhi konsekuensi presentasi perwakilan. Selain faktor kesadaran kerja dan tempat kerja, tanda-tanda K3 juga dapat mempengaruhi kecelakaan kerja jika diabaikan. Tanda keamanan dan kesejahteraan kerja adalah tanda-tanda yang diperkenalkan di lingkungan kerja/pusat penelitian, untuk memberitahu atau membedakan gerakan-gerakan dari segala jenis yang dilakukan di sekitar tempat kondisi dan bahaya yang berhubungan dengan kata terkait keamanan dan kesejahteraan terjadi [2].

Dalam ulasan ini, pencipta memusatkan penelitian kecelakaan kerja pada segmen ciptaan, dengan alasan bahwa organisasi yang diteliti adalah pabrik ciptaan dan terlebih lagi wilayah yang paling potensial untuk kecelakaan kerja. Sebagai gambaran, dapat dilihat informasi tentang kecelakaan kerja yang terjadi dari 2019-2022. Tahun 2019 ada 2 kecelakaan kerja dengan karakterisasi ringan, tahun 2020 ada 1 kecelakaan kerja dengan pesanan ringan, tahun 2021-2022 tidak ada kecelakaan kerja. PT. Anugerah Indofood Barokah Makmur mencirikan tingkat kecelakaan kerja. Tingkat kecelakaan kerja ringan yang diakui adalah kecelakaan kerja yang terjadi dengan waktu pemulihan yang cepat atau tidak terlalu lama sampai perwakilan dapat kembali bekerja. Kecelakaan sedang adalah kecelakaan kerja yang terjadi ketika perwakilan yang menjadi korban kecelakaan kerja pada batas waktu hari setelah diberikan perawatan, kemudian dapat kembali bekerja. Kecelakaan kerja serius adalah kecelakaan kerja yang terjadi ketika perwakilan yang menjadi korban kecelakaan kerja tidak dapat mengisi sesuai yang diharapkan dalam beberapa x 24 jam setelah diberikan perawatan atau sebaliknya menganggap pekerja yang selamat dari kecelakaan kerja mengalami cacat yang mengakar. Karena kecelakaan kerja yang terjadi bisa mengakibatkan kemalangan bagi organisasi maupun pekerja. Dengan begitu pencipta menganalisis variabel-variabel yang mempengaruhi kecelakaan kerja di wilayah ciptaan.

Eksplorasi ini diarahkan untuk menentukan variabel-variabel yang mempengaruhi kecelakaan kerja, selain itu organisasi memiliki kontrol terhadap kejadian kecelakaan kerja dari unsur kehati-hatian untuk membatasi kejadian kecelakaan kerja.

## 2. Landasan Teori

Kata terkait keamanan dan kesejahteraan memiliki beberapa definisi dari beberapa ahli yang berkonsentrasi di bidangnya. Kata kesejahteraan dan kesejahteraan menggabungkan semua elemen yang berhubungan dengan latihan kerja [3].

Kecelakaan kerja adalah suatu kejadian yang dapat disebabkan oleh banyak unsur, mulai dari aktivitas seseorang, kurangnya perhatian dalam menjalankan bisnis, hingga pelanggaran terhadap keputusan-keputusan kerja yang telah ditetapkan dalam organisasi.

Kesadaran sangat penting untuk semangat. Perhatian penuh adalah sikap seseorang yang dengan sengaja tunduk pada setiap pedoman dan mengetahui tentang kewajiban dan kewajibannya [4]. Sementara itu, Kesan perilaku K3 adalah kesadaran dalam diri untuk menerapkan siklus K3 [5]. Kesadaran harus disampaikan kepada semua perwakilan untuk menjamin kesejahteraan dan keamanan perwakilan serta menjamin kesejahteraan dan keamanan kantor dan yayasan penting di dalam organisasi. Perhatian terhadap perilaku K3 dapat diciptakan, salah satunya adalah kesan terhadap K3. Selanjutnya, perwakilan yang memiliki pengetahuan luas tentang K3 seringkali memiliki perasaan untuk mengelola K3 karena mereka memahami bahaya apa yang akan terjadi jika mereka ceroboh dengan K3.

Tempat kerja juga merupakan salah satu elemen yang mempengaruhi pelaksanaan [6]. Tempat kerja adalah salah satu elemen penting yang membuat kecakapan kerja representative [7]. Untuk berdirinya suatu organisasi, organisasi pengurus harus fokus pada tempat kerja para wakil dalam organisasi tersebut.

### 3. Metode Penelitian

#### 3.1. Jenis Penelitian

Studi yang dilakukan adalah korelasi. Metode korelasional merupakan salah satu dari sekian banyak metode penelitian. Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi variabilitas pada satu faktor dan variabilitas pada faktor lainnya.

#### 3.2. Pengumpulan Data

##### a. Sumber

Data primer menggunakan hasil kuesioner. Data sekunder diperoleh dari referensi jurnal dan website.

##### b. Populasi

Populasi pada survei ini yaitu para pekerja PT. Anugerah Indofood Barokah Makmur.

##### c. Sampel

Dilakukan dengan metode purposive sampling yaitu kriteria pemilihan sampel adalah karyawan di PT. Anugerah Indofood Barokah Makmur dan karyawan yang bekerja pada area produksi.

### 4. Hasil dan Pembahasan

Data yang digunakan yaitu data kuesioner dari variabel dependen yaitu kecelakaan kerja (Y) dan variabel independen yaitu penerapan program kesehatan dan keselamatan kerja (X1), kesadaran kerja (X2), lingkungan kerja (X3), serta rambu-rambu K3 (X4) yang berjumlah 29 responden.

#### 4.1. Uji Validasi

4.1.1. Uji Validitas . Perhitungan uji validasi didasarkan pada perbandingan nilai-r terhitung dengan r-tabel. Pada tingkat kepercayaan 5% (2 tail) dari 29 sampel diperoleh r tabel dengan nilai 0.367. Apabila r hitung > r tabel dinyatakan valid, tetapi apabila r hitung < r tabel dinyatakan unvalid. Hasil pengujian dipaparkan pada tabel 1 di bawah ini:

Tabel 1. Hasil Pengujian Uji Validitas Penerapan Program Kesehatan Dan Keselamatan Kerja

No Soal	R Hitung	R Tabel	Ket
X1_1	0.930	0.367	Valid
X1_2	0.608	0.367	Valid
X1_3	0.930	0.367	Valid
X1_4	0.853	0.367	Valid
X1_5	0.943	0.367	Valid

Hasil pengujian diatas menunjukkan bahwa r hitung > r tabel (0.367). Maka membuktikan bahwa seluruh pertanyaan pada variabel penerapan program kesehatan dan keselamatan kerja tersebut adalah valid.

Tabel 2. Hasil Pengujian Uji Validitas Kesadaran Kerja

No Soal	R Hitung	R Tabel	Ket
X2_4	0.943	0.367	Valid
X2_5	0.945	0.367	Valid

Hasil pengujian mengenai variabel kesadaran kerja disimpulkan bahwa nilai  $r$  hitung diatas  $r$  tabel (0.367). Maka membuktikan bahwa variabel kesadaran kerja valid.

Tabel 3. Hasil Pengujian Uji Validitas Lingkungan Kerja

No Soal	R Hitung	R Tabel	Ket
X3 1	0.919	0.367	Valid
X3 2	0.796	0.367	Valid
X3 4	0.796	0.367	Valid
X3 5	0.919	0.367	Valid

Dari hasil pengujian pada tabel 3. mengenai variabel lingkungan kerja disimpulkan bahwa  $r$  hitung  $>$   $r$  tabel (0.367). Dengan itu membuktikan yaitu variabel lingkungan kerja tersebut valid.

Tabel 4. Hasil Pengujian Uji Validitas Rambu-rambu K3

No Soal	R Hitung	R Tabel	Ket
X4 1	0.757	0.367	Valid
X4 2	0.632	0.367	Valid
X4 3	0.680	0.367	Valid
X4 4	0.869	0.367	Valid
X4 5	0.687	0.367	Valid

Dari hasil pengujian pada tabel 4. mengenai variabel rambu-rambu K3 disimpulkan bahwa  $r$  hitung  $>$   $r$  tabel (0.367). Hal ini membuktikan bahwa seluruh pertanyaan pada variabel rambu-rambu K3 tersebut adalah valid.

Tabel 5. Hasil Pengujian Uji Validitas Kecelakaan Kerja

No Soal	R Hitung	R Tabel	Ket
Y1 1	0.913	0.367	Valid
Y1 2	0.853	0.367	Valid
Y1 3	0.980	0.367	Valid
Y1 4	0.951	0.367	Valid
Y1 5	0.962	0.367	Valid

Hasil pengujian diatas mengenai variabel kecelakaan kerja disimpulkan bahwa  $r$  hitung diatas  $r$  tabel (0.367). Maka membuktikan semua pertanyaan pada variabel kecelakaan kerja tersebut adalah valid.

4.1.2. *Uji Realibilitas* . Untuk memverifikasi bahwa kuesioner dapat diandalkan untuk berbagai pengumpulan data perlu menjalankan uji reliabilitas. Disebut reliabel ketika memiliki nilai koefisien dari Cronbach's alpha  $>$  r tabel, tetapi Cronbach's alpha  $<$  r tabel dikatakan unreliable.

Tabel 6. Hasil Pengujian Uji Reliabilitas

Var	Cronbach's Alpha	R tabel	N of Items	Hasil
X1	0.910	0.367	5	Reliabel
X2	0.984	0.367	2	Reliabel
X3	0.883	0.367	4	Reliabel
X4	0.752	0.367	5	Reliabel
Y1	0.962	0.367	5	Reliabel

Berdasarkan tabel 6. diatas diperoleh bahwa variabel kesehatan dan keselamatan kerja, kesadaran kerja, lingkungan kerja, rambu-rambu k3, dan kecelakaan kerja dikategorikan reliable sebagai alat ukur. Hal itu dibuktikan bahwa nilai Cronbach's Alpha  $>$  r table.

## 4.2. Uji Asumsi Klasik

4.2.1. *Uji Normalitas* . Dalam penelitian ini, uji Kolmogorov-Smirnov dipakai untuk mengenal apakah data tersebut normal. Jika uji normalitas menunjukkan angka probabilitas sig lebih dari 0.05, dengan itu data tersebut dianggap normal. Berikut ini adalah hasil uji yang dilakukan:

Tabel 7. Hasil Pengujian Uji Asumsi Klasik  
**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

		Unstandardized Residual
N		29
Normal	Mean	.0000000
Parameters <sup>a,b</sup>	Std. Deviation	2.60694718
Most Extreme	Absolute	.194
Differences	Positive	.194
	Negative	-.117
Test Statistic		.194
Asymp. Sig. (2-tailed)		.007 <sup>c</sup>
Exact Sig. (2-tailed)		.198
Point Probability		.000

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. Lilliefors Significance Correction.

Exact Sig 0.198 menunjukkan bahwa data yang digunakan terdistribusi normal, seperti yang ditunjukkan pada hasil normalitas Kolmogorov Smirnov.



4.2.2. Uji Multikolinearitas . Penghitungan ini dapat membantu mengidentifikasi apakah variabel independen dalam model regresi terkait. Variance Inflation Factors (VIF) dan nilai toleransi digunakan untuk mengidentifikasi variabel independen. Ketika nilai (VIF) di bawah 10 serta nilai toleransi lebih dari 0.1 maka ada gejala. Hasil uji dipaparkan sebagai berikut:

Tabel 8. Hasil Pengujian Uji Multikolinearitas

Coefficients <sup>a</sup>							
Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	T	Sig.	Collinearity Statistics	
	B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
(Constant)	-24.020	14.879		-1.614	.120		
X1	.250	.395	.080	.633	.533	.489	2.047
X2	1.866	.216	.918	8.653	.000	.695	1.439
X3	1.940	.828	.250	2.342	.028	.690	1.450
X4	-.808	.439	-.222	-1.842	.078	.537	1.861

a. Dependent Variable: Kecelakaan kerja

Hasil analisis uji multikolinearitas yang telah dipaparkan, untuk semua variabel bebas nilai VIF di bawah 10 dan toleransi di atas 0.1. Akibatnya, semua variabel independen ditentukan bebas dari gejala.

4.2.3. Uji Heteroskedastisitas. Telah ditunjukkan bahwa uji heteroskedastisitas model regresi dapat dipakai untuk mengevaluasi apakah residual pengamatan mempunyai varians yang berbeda atau tidak. Heteroskedastisitas ditentukan dengan menggunakan uji Spearman's rho. Uji ini merupakan salah satu cara untuk mendeteksi gejala Heteroskedastisitas secara akurat yang dilakukan dengan cara mengkorelasi variabel independen dengan residual. Hasil uji akan dipaparkan sebagai berikut:

Tabel 9. Hasil Pengujian Uji Heteroskedastisitas

			X1	X2	X3	X4	Unstandardized Residual
X1	Correlation Coefficient		1.000	-.660**	.511**	.661**	.146
	Sig. (2-tailed)		.	.000	.005	.000	.449
	N		29	29	29	29	29
X2	Correlation Coefficient		-.660**	1.000	-.288	-.354	-.231
	Sig. (2-tailed)		.000	.	.130	.060	.228
	N		29	29	29	29	29
X3	Correlation Coefficient		.511**	-.288	1.000	.510**	.043
	Sig. (2-tailed)		.005	.130	.	.005	.826

	N	29	29	29	29	29
X 4	Correlation Coefficient	.661**	-.354	.510**	1.000	.169
	Sig. (2-tailed)	.000	.060	.005	.	.379
	N	29	29	29	29	29
	Correlation Coefficient	.146	-.231	.043	.169	1.000
	Sig. (2-tailed)	.449	.228	.826	.379	.
	N	29	29	29	29	29

\*\* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Analisis output spss dengan uji Spearmans Ro menunjukkan nilai sig (2-tailed) X1: 0.449 > (0.05), X2: 0.228 > (0.05), X3: 0.826 > (0.05), dan X4: 0.379 > (0.05). Oleh karena itu, tidak ada gejala heterogenitas karena nilai sig yang diperoleh diatas dari 0.05.

4.2.4. Uji Autokorelasi . Durbiun-watson digunakan dalam penelitian ini. Jika skor Durbin-Watson terletak antara du dan (4-du), tidak terdapat gejala autokorelasi. Akan dijelaskan di bawah ini:

Tabel 10. Hasil Pengujian Uji Autokorelasi

**Model Summary<sup>b</sup>**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.901 <sup>a</sup>	.812	.781	2.816	2.066

a. Predictors: (Constant), X4, X2, X3, X1

b. Dependent Variable: Kecelakaan kerja

Nilai du didasarkan pada k (4) dan N (29), yang memiliki signifikansi 5%. Nilai Durbin-Watson untuk uji autokorelasi adalah 2.066. Nilai du (1.743) < Durbin-Watson (2.066) < 4-du (2.257). Oleh karena itu, nilai uji autokorelasi terletak antara du serta (4-du), dengan itu tidak adanya gejala.

4.3. Uji Analisis Regresi Linear Berganda

Analisis regresi berganda yaitu salah satu variabel yang diteliti dengan tiga variabel atau lebih, satu variabel terikat dengan beberapa variabel bebas.

4.3.1. Uji T (Parsial). Uji-T dipakai menggunakan ANOVA dua arah untuk menentukan apakah variabel independen mempunyai pengaruh yang signifikan secara statistik terhadap variabel dependen. Ketika nilai sig dibawah 0.05 dengan itu adanya pengaruh variabel bebas kepada variabel terikat. Untuk nilai sig diatas 0.05 serta t hitung dibawah untuk t tabel, variabel bebas tidak berpengaruh terhadap variabel terikat.  $T \text{ tabel} = t(\alpha/2 ; n-k-1) = t(0.025 ; 29) = 2.045$ .

Tabel 11. Hasil Pengujian Uji T (Parsial)

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	T	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	-24.020	14.879		-1.614	.120
1 X1 (Penerapan program K3)	.250	.395	.080	.633	.533
X2 (Kesadaran kerja)	1.866	.216	.918	8.653	.000
X3 (Lingkungan kerja)	1.940	.828	.250	2.342	.028
X4 (Rambu-rambu K3)	-.808	.439	-.222	-1.842	.078

a. Dependent Variable: Kecelakaan kerja (Y)

Terlihat bahwa nilai signifikansi (X1) terhadap (Y) dengan nilai 0.533 > 0.05 serta nilai t hitung sebesar 0.633 < Dari tabel 2.045, kita dapat menyimpulkan yaitu H1 ditolak. Artinya tidak ada pengaruh X1 terhadap Y. Kemudian disimpulkan bahwa H2 diterima karena nilai sig pengaruh (X2) terhadap (Y) yaitu 0.000 dibawah 0.05 serta t tabel diatas 2.045. Artinya terdaopat pengaruh (X2) terhadap kecelakaan kerja (Y). Karena signifikansi pengaruh (X3) terhadap (Y) adalah 0.028 < 0.05 dan t tabel diatas 2.045 maka dapat disimpulkan bahwa H3 diterima. Artinya ada pengaruh (X3) terhadap (Y). Dan terakhir, signifikansi pengaruh (X4) terhadap (Y) yaitu 0.078 > 0.05 serta nilai t hitung adalah -1.842 dibawah dari tabel 2.045, kita dapat menyimpulkan bahwa H4 ditolak. Artinya (Y) tidak dipengaruhi oleh (X4).

4.3.2. Uji F (Simultan). Dengan menggunakan uji statistik F, kita dapat menentukan seberapa akurat model penelitian kita dalam menggambarkan hubungan antara variabel independen dan dependen. Jika nilai sig dibawah 0.05, atau F hitung diatas F tabel dengan itu ada pengaruh variabel X secara simultan terhadap variabel Y. Ketika nilai sig diatas 0.05 atau F hitung dibawah F tabel, dengan itu tidak ada pengaruh variabel X terhadap variabel Y secara bersamaan. F tabel = F (k; n-k) = F (4:25) = 2.70.

Tabel 12. Hasil Pengujian Uji F (Simultan)

**ANOVA<sup>a</sup>**

Model	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
1 Regression	822.535	4	205.634	25.935	.000 <sup>b</sup>
Residual	190.293	24	7.929		
Total	1012.828	28			

a. Dependent Variable: Kecelakaan kerja (Y)

b. Predictors: (Constant), X4 (Rambu-rambu K3), X2 (Kesadaran kerja), X3 (Lingkungan kerja), X1 (Penerapan program K3)

Berdasarkan hasil penelitian di atas maka hipotesis diterima karena signifikansi pengaruh simultan variabel independen terhadap variabel dependen yaitu 0.000 dibawah 0.05 dan F hitung diatas F tabel 2.70 yaitu variabel independen terhadap variabel dependen.

4.3.3. *Koefisien Determinasi.* Kemampuan model untuk menjelaskan perubahan variabel dependen dinilai dengan menggunakan koefisien determinasi. Artinya, ketika koefisien determinasi nol sampai satu, R<sup>2</sup> mendekati 0, yang menunjukkan bahwa koefisien determinasi rendah dan kemampuan variabel independen untuk menjelaskan variabel dependen terbatas.

Tabel 13. Hasil Pengujian Uji Koefisien Determinasi  
**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.901 <sup>a</sup>	.812	.781	2.816

a. Predictors: (Constant), X4, X2, X3, X1

Hasil uji terlihat yaitu nilai faktor aproksimasi adalah 0.781. Artinya variabel X1, X2, X3, dan X4 mempunyai pengaruh sebesar 78.1% kepada variabel Y secara bersamaan.

**5. Kesimpulan**

Dari faktor-faktor yang diteliti yaitu meliputi penerapan program kesehatan dan keselamatan kerja (X1), kesadaran kerja (X2), lingkungan kerja (X3), serta rambu-rambu K3 (X4) menyatakan bahwa terdapat dua faktor yang memengaruhi kecelakaan kerja (Y) pada PT. Anugerah Indofood Barokah Makmur. Faktor-faktor tersebut yaitu faktor kesadaran kerja (X2) nilai sig 0.000 dibawah 0.05 serta nilai t hitung 8.653 diatas t tabel 2.045, dengan begitu mempengaruhi kedisiplinan bekerja. Faktor kesadaran kerja (X2) yang dipengaruhi yaitu, waktu, berpakaian, dan tanggung jawab kerja. Kemudian faktor lingkungan kerja (X3) yang menyatakan nilai sig 0.028 < 0.05 serta nilai t hitung 2.432 > t tabel 2.045, ketika lingkungan sesuai akan menciptakan kinerja yang baik serta hasil yang maksimal. Faktor lingkungan kerja (X3) yang dipengaruhi yaitu, area perusahaan yang kurang luas, scrap berserakan, dan penumpukan produk. Hal ini menunjukkan bahwa kedua faktor tersebut mempengaruhi kecelakaan kerja (Y) pada PT. Anugerah Indofood Barokah Makmur.

Cara untuk mengendalikan terjadinya kecelakaan kerja yang dapat dilakukan dengan menerapkan hal-hal berikut: 1) menciptakan suasana yang memotivasi pekerja seperti pemberian penghargaan, bonus, promosi dsb. 2) memberikan hukuman terhadap karyawan yang tidak mentaati aturan, 3) menciptakan lingkungan kerja yang aman serta nyaman dapat membuat keinginan bekerja, dengan begitu kinerja akan tepat serta produktivitas kerja akan meningkat.

**References**

[1] Priatna, H., & Andika, F. , 2018, “Faktor yang Berhubungan dengan Kesadaran Keselamatan dan Kesehatan Kerja di Lingkungan Lanud Maimun Saleh Sabang.”, *Journal of Healthcare Technology and Medicine* Vol. 4 No. 1 April 2018 Universitas Ubudiyah Indonesia.  
 [2] Mashita, S. N. , 2020, “Implementasi Deep Learning Object Detection Rambu K3 Pada Video Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (Cnn) Dengan Tensorflow.”, Yogyakarta: Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.  
 [3] Tasliman, A., 1993, “Keselamatan dan Kesehatan Kerja. Yogyakarta: Fakultas Teknik

- Universitas Negeri Yogyakarta.”
- [4] Prasatya, R., 2017, “Pengaruh Pengetahuan Kesehatan Dan Keselamatan Kerja(K3) Terhadap Sikap Kesadaran Berprilaku K3 Pada Mahasiswa Jurusan Pendidikan Teknik Mesin Universitas Negeri Makassar.”
  - [5] Maksum, H., & Maher, R. M., 2019, “Hubungan Kesadaran Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Terhadap Kebiasaan Menggunakan Alat Pelindung Diri Di Bengkel Teknik Otomotif Smk Negeri 1 Padang.”, *Journal of Multidisciplinary Research and Development* , 1148-1156.
  - [6] Hasibuan, S. M., & Bahri, S., 2018, “Pengaruh Kepemimpinan, Lingkungan Kerja dan Motivasi Kerja Terhadap Kinerja.”, *Jurnal Ilmiah Magister Manajemen* , 71-80.
  - [7] Adha, R. N., Qomariah, N., & Hafidzi, A. H., 2019, “Pengaruh Motivasi Kerja, Lingkungan Kerja, Budaya Kerja Terhadap Kinerja Karyawan Dinas Sosial Kabupaten Jember.” *Jurnal Penelitian Ipteks* , 47-62.

## Analisis Pengendalian Kualitas Produk dengan Menggunakan Metode Six Sigma (Studi Kasus PT. Petrogas Prima Service)

**Dessy Sutisno Putri dan Ferida Yuamita\***

Program Studi Teknik Industri, Universitas Teknologi Yogyakarta  
[\\*feridayuamita@uty.ac.id](mailto:*feridayuamita@uty.ac.id)

**Abstract.** PT Petrogas Prima Service merupakan sebuah perusahaan yang bergerak dalam bidang jasa perbaikan dan pemeliharaan serta perawatan tabung gas LPG 3 kg yang berdiri pada tahun 2010, dimana merupakan perusahaan yang berada di bawah naungan PT Pertamina (Persero). Apakah jenis cacat produk yang dominan pada PT Petrogas Prima Service, Apa saja faktor yang menyebabkan produk cacat pada PT Petrogas Prima Service dan Bagaimanakah upaya perbaikan untuk meminimalisir resiko kecacatan produk. Metode Six sigma merupakan konsep statistik yang mengukur suatu proses yang berkaitan dengan cacat pada level enam Six sigma. Six sigma berfokus untuk menghapus cacat dengan menekankan pemahaman, pengukuran, dan perbaikan proses. Dalam six sigma terdapat 5 siklus fase yaitu Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control serta perhatian yang cermat untuk mengelola, memperbaiki, dan menanamkan kembali bisnis. Dari hasil analisis jenis cacat produk yang paling dominan adalah cacat bocor valve dengan jumlah 977 unit. Dengan menggunakan diagram fishbone atau diagram sebab – akibat maka diketahui empat faktor utama yang menyebabkan terjadinya produk cacat yaitu faktor lingkungan, faktor material, faktor metode dan faktor manusia. Untuk meminimalisir resiko kecacatan produk yaitu menggunakan metode six sigma dengan tahapan define, measure, analyze, improve dan control.

### 1. Pendahuluan

PT Petrogas Prima Service merupakan sebuah perusahaan yang bergerak dalam bidang jasa perbaikan dan pemeliharaan serta perawatan tabung gas LPG 3 kg yang berdiri pada tahun 2010, dimana merupakan perusahaan yang berada di bawah naungan PT Pertamina (Persero). Untuk jam kerja karyawan dimulai pukul 07.30-15.00 WIB dengan 5 hari. Proses produksi di PT Petrogas Prima Service ini dimulai dari uploading sampai dengan leak test akhir. Leak test akhir adalah proses pengujian kebocoran guna memastikan terjadinya kebocoran atau tidak, setelah itu dilakukan penimbangan akhir untuk mengetahui jumlah berat apakah sudah sesuai dengan standar yang sudah ditentukan. Permasalahan yang ada dalam perusahaan yaitu masih terdapatnya 5 macam cacat produk berupa bocor neckring, bocor body, bocor valve dan kurang kencang pada tabung saat melalui proses pengujian akhir.

Berdasarkan presentase cacat produk yaitu sebanyak 2,1 % per hari. Berdasarkan permasalahan tersebut perusahaan membutuhkan analisis penyebab terjadinya produk cacat dan meminimalkan produk cacat pada proses produksi untuk jangka panjang karena tugas suatu perusahaan tidak semata-mata hanya untuk mempertahankan kualitas sebuah produk, akan tetapi selalu berupaya dalam meningkatkan kualitas produk dari waktu ke waktu. Semakin tinggi jumlah produksi, semakin tinggi jumlah cacat produk [1] Pengendalian kualitas merupakan kegiatan yang erat kaitannya dengan proses produksi, dimana kegiatan ini dilakukan pemeriksaan dan pengujian karakteristik kualitas

produk untuk penilaian atas kemampuan proses produksi yang dikaitkan dengan standar spesifikasi produk, dengan mengadakan analisis lebih lanjut atas hasil pengujian serta pemeriksaan yang dilakukan didapatkan sebab-sebab terjadinya penyimpangan untuk kemudian diambil langkah-langkah pencegahan dan perbaikan [2].

Pengendalian kualitas bisa dilakukan dengan menggabungkan metode six sigma untuk menganalisis kecacatan produk sebagai solusi perbaikan berdasarkan kendala produk cacat. Six Sigma adalah konsep statistik yang mengukur suatu proses yang berkaitan dengan cacat pada level enam six sigma. Six sigma juga merupakan metode yang berfokus untuk menghapus cacat dengan cara menekankan pemahaman, pengukuran, dan perbaikan proses [3]. Strategi ini merupakan strategi metode sistematis yang menggunakan pengumpulan menghilangkannya.

**2. Metodologi Penelitian**

Metode Six sigma merupakan konsep statistik yang mengukur suatu proses yang berkaitan dengan cacat pada level enam Six sigma. Six sigma berfokus untuk menghapus cacat dengan menekankan pemahaman, pengukuran, dan perbaikan proses. Dalam six sigma terdapat 5 siklus fase yaitu Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control serta perhatian yang cermat untuk mengelola, memperbaiki, dan menanamkan kembali bisnis [4][5]. Penggunaan metode Six Sigma berpengaruh positif terhadap kualitas produk yang dihasilkan [6] Dalam implementasi six sigma langkah yang harus dilakukan yaitu sebagai berikut :

- a. *Define*, adalah tahap pertama dalam implementasi six sigma. Tahap ini merupakan langkah pertama dalam program peningkatan kualitas Six Sigma dengan cara melakukan identifikasi jumlah produk reject dan jenis-jenis reject yang terjadi. Setelah diketahui maka selanjutnya menentukan karakter kualitas atau disebut dengan Critical to Quality (CTQ) yang digunakan untuk menggambarkan kebutuhan pelanggan mengenai produk tbung gas LPG 3kg.
- b. *Measure*, adalah tahapan pengukuran tingkat kinerja yang ada, dengan tujuan untuk menganalisa berdasarkan target yang telah ditentukan. Langkah measure mendapatkan pengukuran kinerja dan kapabilitas proses yang digunakan untuk membandingkan kinerja suatu proses dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Pada tahapan ini akan diukur nilai sigma untuk mengetahui level perusahaan menurut six sigma dan mengetahui kondisi proses produk saat ini yang dapat digunakan sebagai acuan untuk pengambilan keputusan dan untuk menggambar data kedalam peta kendali perlu dihitung garis tangan proporsi CL dan garis batas bawah (LCL ) dan garis batas atas (UCL ) dengan rumus yaitu sebagai berikut:

- 1. Menghitung CL atau rata-rata produk akhir :

$$CL = \bar{p} = \frac{D}{n} \dots\dots\dots(6.1)$$

- 2. Menghitung batas kendali atas atau Upper Control Limit (UCL) :

$$UCL = CL + \frac{3\sqrt{CL(1-CL)}}{ni} \dots\dots\dots(6.2)$$

- 3. Menghitung batas kendali bawah atau Lower Control Limit (LCL) setiap sampel :

$$LCL = CL - \frac{3\sqrt{CL(1-CL)}}{ni} \dots\dots\dots(6.3)$$

- c. *Analyze*, merupakan operasional ketiga dalam program peningkatan kualitas Six Sigma. Sebenarnya target program Six Sigma adalah membawa proses industri pada kondisi yang memiliki stabilitas (stability) dan kemampuan (capability), sehingga mencapai tingkat

kegagalan nol (zero defect oriented). Tahap pengukuran tingkat Six Sigma dan Defect Per Million Opportunities (DPMO). Untuk mengukur tingkat Six Sigma dari hasil produksi PT Petrogras Prima Service dapat dilakukan dengan cara yang dilakukan oleh Gasperz, langkah-langkahnya yaitu sebagai berikut :

1. Tahap pengukuran Defect Per Unit (DPU)

$$DPU = \frac{\text{Jumlah Cacat}}{\text{Jumlah Produksi} \times \text{Nilai CTQ}} \dots\dots\dots(6.4)$$

2. Tahap pengukuran Defect Per Million Opportunities (DPMO) :

$$DPMO = DPU \times 1000000 \dots\dots\dots(6.5)$$

3. Nilai Six Sigma :

$$\text{Sigma} = \frac{(1000000 - DPMO)}{1000000 + 1,5} \dots\dots\dots(6.6)$$

- d. *Improve*, merupakan langkah yang akan dilakukan perencanaan tindakan atas data yang telah di peroleh dan telah di indentifikasi. Perencanaan mengenai tindakan atas penyebab dan sumber masalah yang telah di temui dan di indentifikasi, dengan memodifikasi proses internal yang dimiliki sehingga banyaknya kegagalan yang dapat ditemui dapat sesuai dengan batas-batas toleransi yang ditetapkan.
- e. *Control*, pada tahap ini prosedur-prosedur serta hasil-hasil peningkatan kualitas didokumentasikan untuk dijadikan pedoman kerja standar guna mencegah masalah yang sama atau praktek - praktek lama terulang kembali, kemudian kepemilikan atau tanggung jawab ditransfer dari tim Six Sigma kepada penanggung jawab proses, dan ini berarti proyek Six Sigma berakhir pada tahap ini.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data ini diperoleh dengan cara wawancara, yaitu pengumpulan data atau informasi dengan tanya jawab secara langsung Bapak Danu Iswara selaku pemimpin produksi atau kepala produksi serta terjun langsung dalam produksi perbaikan tabung LPG 3kg. Pengumpulan data fokus pada objek penelitian yang dibutuhkan dalam analisis pengendalian kualitas kecacatan produk leak test.

Tabel 1. Check Sheet pada bulan September 2021

Tgl	Jumlah Produksi (Unit)	Jenis Cacat					Jumlah Cacat (Unit)
		Bocor Neckring	Bocor Circum	Bocor Body	Bocor Valve	Kurang Kencang	
1	4.560	15	7	7	47	11	87
2	4.657	13	1	5	82	9	119
3	4.862	9	5	3	51	9	77
4	3.788	9	6	2	40	10	67
6	4.548	8	9	2	60	8	87
7	5.298	9	8	1	57	7	82
8	3.780	3	5	0	12	5	25



9	4.548	13	6	5	50	8	82
10	3.799	9	8	4	41	7	69
13	3.786	11	5	4	54	7	81
14	4.029	11	9	4	50	10	84
15	5.142	8	6	4	50	14	82
16	5.687	11	5	6	38	11	71
17	3.824	10	4	3	33	9	59
20	3.824	12	5	3	44	8	72
21	4.548	7	7	6	67	11	98
22	6.003	8	1	7	42	7	74
23	6.075	5	6	4	51	7	73
24	5.027	11	9	8	67	7	102
25	3.799	11	1	5	41	9	78
TOTAL	91.584	193	142	83	977	174	1569

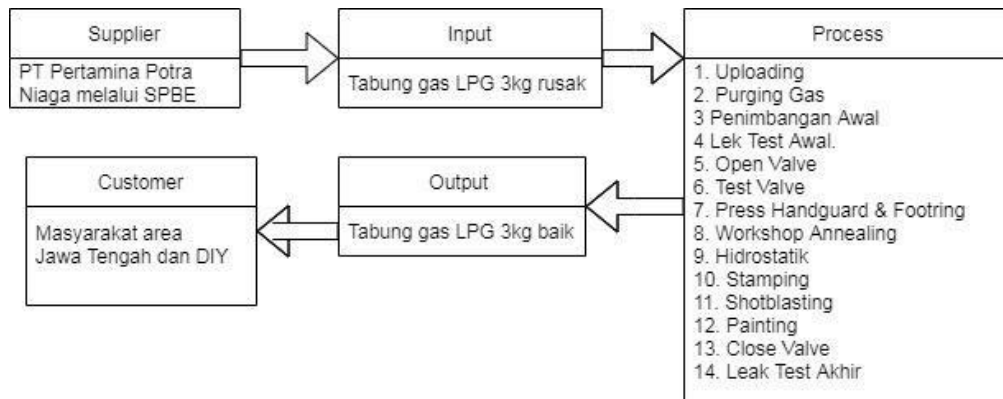
### 3.2. Pengolahan Data

Berikut ini merupakan pengolahan data dengan menggunakan metode six sigma yaitu sebagai berikut :

3.2.1. *DEFINE*. Pada tahap ini mendefinisikan masalah – masalah standar kualitas atau mendefinisikan penyebab – penyebab defect yang menjadi penyebab paling potensial dalam menghasilkan produk tabung gas LPG 3kg. Lima penyebab paling potensial dalam menghasilkan produk akhir yaitu sebagai berikut:

1. Bocor neckring, Faktor usia tabung gas LPG 3kg yang sudah tua atau melebihi dari 5 tahun makan menyebabkan bocor neckring.
2. Bocor circum, Faktor usia tabung gas LPG 3kg yang sudah tua atau melebihi dari 5 tahun makan menyebabkan bocor circum.
3. Bocor valve, Faktor usia tabung gas LPG 3kg yang sudah tua atau melebihi dari 5 tahun makan menyebabkan bocor valve.
4. Bocor body, Faktor usia tabung gas LPG 3kg yang sudah tua atau melebihi dari 5 tahun makan menyebabkan bocor body.
5. Kurang kencang, Faktor human yang menyebabkan kurang kencang saat pemasangan valve pada tabung gas LPG 3kg.

Diagram SIPOC (Supplier-Inputs-Process-Outputs-Curtomer) adalah salah satu tools yang paling sering digunakan dalam penerapan Six Sigma atau peningkatan kualitas. Untuk supplier perusahaan mengambil bahan baku tabung gas LPG 3kg dari 1 PT yang melalui SPBE yang berada didaerah Magelang. Tabung gas LPG 3kg selanjutnya akan melalui beberapa diproses produksi sehingga menghasilkan produk yang baik atau tidak ada kecacatan lagi. Setelah melalui proses produksi maka tabung gas LPG 3kg akan dikirim ke SPBE kembali.



Gambar 1. Diagram SIPOC  
(Sumber : Olah Data 2021)

3.2.2. *MEASURE*. Dalam tahap measure akan dilakukan perhitungan untuk mengambil kondisi produk tbung gas LPG 3kg pada PT Petrogas Prima Service. Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui nilai peta kendali dan nilai sigma.

1. Menghitung peta kendali (CL p) produk akhir :

$$CL = p = \frac{D}{n} \dots \dots \dots (6.7)$$

$$CL = p = \frac{1.569}{91.584} = 0,0172.$$

2. Menghitung batas kendali atas atau Upper Control Limit (UCL) :

$$UCL = CL + \frac{\sqrt[3]{CL(1-CL)}}{ni} \dots \dots \dots (6.8)$$

$$UCL = 0,017 + \frac{\sqrt[3]{0,017(1-0,017)}}{25}$$

$$= 0,05$$

3. Menghitung batas kendali bawah atau Lower Control Limit (LCL) setiap smpel :

$$LCL = CL - \frac{\sqrt[3]{CL(1-CL)}}{ni} \dots \dots \dots (6.9)$$

$$LCL = 0,017 - \frac{\sqrt[3]{0,017(1-0,017)}}{25}$$

$$= -0,025$$

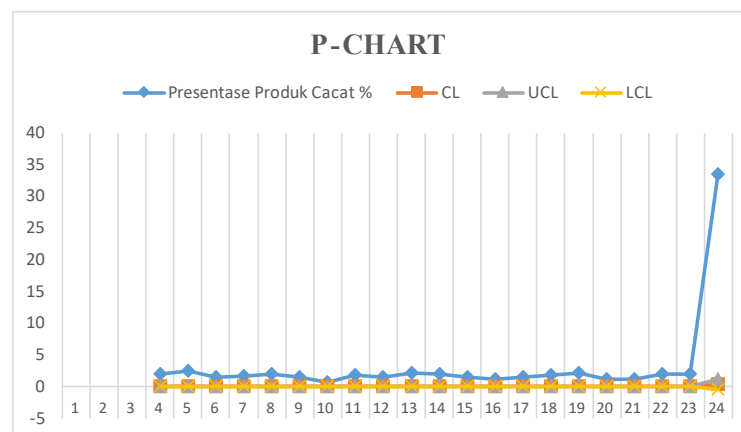
Tabel 2. Peta Kendali Bulan September 2021

Tgl	Jumlah Produksi (Unit)	Jumlah Cacat (Unit)	Presentase Produk Cacat %	CL	UCL	LCL
1	4.560	87	1,9	0,017	0,058	-0,024
2	4.657	119	2,5	0,017	0,058	-0,024
3	4.862	77	1,5	0,017	0,058	-0,024
4	3.788	67	1,7	0,017	0,058	-0,024
6	4.548	87	1,9	0,017	0,058	-0,024
7	5.298	82	1,5	0,017	0,058	-0,024
8	3.780	25	0,6	0,017	0,058	-0,024
9	4.548	82	1,8	0,017	0,058	-0,024
1	3.799	69	1,5	0,017	0,058	-0,024
1	3.786	81	2,1	0,017	0,058	-0,024
1	4.029	84	2	0,017	0,058	-0,024
1	5.142	82	1,5	0,017	0,058	-0,024
1	5.687	71	1,2	0,017	0,058	-0,024
1	3.824	59	1,5	0,017	0,058	-0,024
2	3.824	72	1,8	0,017	0,058	-0,024
2	4.548	98	2,1	0,017	0,058	-0,024
2	6.003	74	1,2	0,017	0,058	-0,024
2	6.075	73	1,2	0,017	0,058	-0,024
2	5.027	102	2	0,017	0,058	-0,024
2	3.799	78	2	0,017	0,058	-0,024
TOTA	91.584	1569	33,5	0,34	1,16	-0,48

(Sumber : Olah Data 2021)

Berikut ini adalah grafik dari hasil perhitungan P-Chart yang akan ditunjukkan dibawah ini

:



Gambar 2. Diagram P-Chart  
(Sumber : Olah Data 2021)

3.2.3. *ANALYZE*. Analyze merupakan tahap pengukuran tingkat Six Sigma dan *Defect Per Million Opportunities* (DPMO). Untuk mengukur tingkat Six Sigma dari hasil produksi PT Petrogras Prima Service dapat dilakukan dengan cara yang dilakukan oleh Gasperz, langkah-langkahnya yaitu sebagai berikut :

1. Tahap pengukuran Defect Per Unit (DPU)

$$DPU = \frac{\text{Jumlah Cacat}}{\text{Jumlah Produksi} \times \text{Nilai CTQ}} \dots\dots\dots(6.10)$$

$$DPU = \frac{87}{4.560 \times 5} = 0,09$$

2. Tahap pengukuran Defect Per Million Opportunities (DPMO) :

$$DPMO = \frac{\text{Jumlah cacat}}{\text{jumlah produksi}} \times 1000000 \dots\dots\dots(6.11)$$

$$DPMO = \frac{87}{4.560} \times 1000000$$

$$= 19078,9$$

3. Nilai Six Sigma :

$$\text{Sigma} = \frac{(1000000 - DPMO)}{1000000 + 1,5} \dots\dots\dots(6.12)$$

$$\text{Sigma} = \frac{(1000000 - 19078,9)}{1000000 + 1,5}$$

$$= 3,57$$

Tabel 3. Kapabilitas Sigma dan Defect Per Miliion Opportunities (DPMO)

Tgl	Jumlah Produksi (Unit)	Jumlah Cacat (Unit)	DPU	DPMO	Sigma
1	4560	87	0,09	19078,9	3,57
2	4657	119	0,12	25552,9	3,45
3	4862	77	0,07	15837,1	3,65
4	3788	67	0,08	17687,4	3,60
6	4548	87	0,09	19129,2	3,57
7	5298	82	0,07	15477,5	3,66
8	3780	25	0,03	6613,7	3,98
9	4548	82	0,09	18029,9	3,60
10	3799	69	0,09	18162,6	3,59
13	3786	81	0,1	21394,6	3,53

14	4029	84	0,1	20848,8	3,54
15	5142	82	0,07	15947,1	3,65
16	5687	71	0,06	12484,6	3,74
17	3824	59	0,07	15428,8	3,66
20	3824	72	0,09	18828,8	3,58
21	4548	98	0,1	21547,9	3,52
22	6003	74	0,06	12327,1	3,75
23	6075	73	0,06	12016,4	3,76
24	5027	102	0,1	20290,4	3,55
25	3799	78	0,1	20531,7	3,54
<b>TOTAL</b>	<b>91584</b>	<b>1569</b>	<b>1,64</b>	<b>347215,4</b>	<b>1,89</b>

(Sumber : Olah Data 2021)

Dari perhitungan Defect Per Miliion Opportunities (DPMO) tingkat Sigma pada proses produksi tabung gas LPG 3kg yaitu sebesar 1,89 Sigma dengan kemungkinan kerusakan yang terjadi yaitu sebanyak 347215,4 unit. PT Petrogas Prima Service masih ada kecacatan selama proses produksi, maka perlu adanya tindakan lanjutan untuk menurunkan tingkat cacat dengan faktor apa saja yang mengakibatkan terjadinya cacat.

Data yang diolah untuk mengetahui presentase jenis produk yang ditolak. Dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

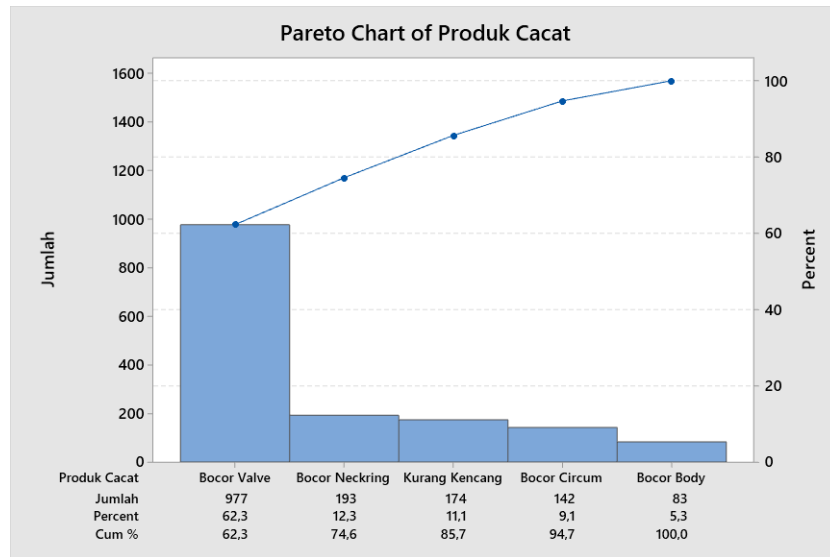
$$\text{Kerusakan} = \frac{\text{jumlah jenis kerusakan}}{\text{jumlah total kerusakan}} \times 100\% \dots\dots\dots (6.13)$$

$$\text{Bocor Neckring} = \frac{193}{1569} \times 100\% = 12,4$$

Tabel 4. Presentase Produk Cacat Bulan September 2021

No.	Produk Cacat	Jumlah	Presentase %	Presentase Komulatif %
1	Bocor Neckring	193	12,4	12,4
2	Bocor Circum	142	9,05	21,45
3	Bocor Body	83	5,29	26,74
4	Bocor Valve	977	62,27	89,01
5	Kurang Kencang	174	11,08	100
	<b>Total</b>	<b>1569</b>	<b>100</b>	

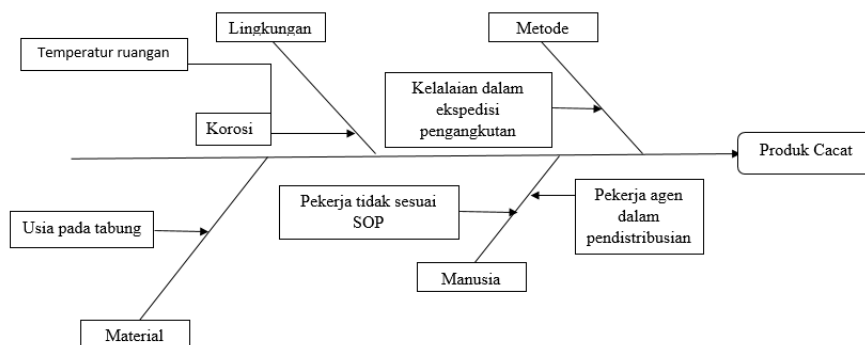
(Sumber : Olah Data 2021)



Gambar 3. Diagram Pareto  
(Sumber : Olah Data 2021)

Berdasarkan diagram pareto 6,4 , penyebab kecacatan dapat dilihat dari 5 jenis cacat produk yaitu bocor neckring, bocor circum, bocor body, bocor valve dan kurang kencang. Penyebab paling utama kecacatan pada bocor body dengan presentase dari total kecacatan yaitu 100 %. Sedangkan jenis kecacatan lainnya seperti bocor circum, bocor neckring, bocor valve dan kurang kencang masing-masing memiliki presentase 94,7%, 74,6%, 62,3% dan 85,7%.

Diagram fishbone yaitu yang dapat digunakan untuk analisis teknologi yang disebut dengan diagram ishikawa atau sebab – akibat adalah teknik grafis untuk menunjukkan beberapa penyebab dari suatu peristiwa dan fenomena tertentu. Berikut ini merupakan diagram sebab – akibat yang mengakibatkan defect produksi tabung gas LPG 3kg yaitu sebagai berikut :



Gambar 4. Diagram Sebab-akibat (fishbone)  
(Sumber : Olah Data 2021)

Penjelasan dari diagram fishbone atau sebab – akibat terjadinya kerusakan yaitu sebagai berikut :

1. Lingkungan, korosi merupakan rusaknya benda – benda besi atau logam yang disebabkan temperatur ruangan 20 – 300 C.

2. Metode, kelalaian dalam ekspedisi pengangkutan, ketika pengangkutan berlangsung tabung gas yang disusun didalam truk angkut saling bergesekan sehingga menyebabkan cacat produk bocor body.
3. Material, usia pada tabung gas LPG 3kg, semakin lama usia tabung digunakan maka akan menyebabkan cacat produk bocor body, bocor circum, bocor neckring dan bocor valve.
4. Manusia, pekerjaan sebagian besar masih dilakukan secara manual seperti pengangkutan tabung gas ke dalam truk menggunakan troli, dari hal tersebut apabila terjadi kelalaian pada saat pengangkutan maka terjadi kerusakan pada tabung gas, seperti tabung gas jatuh saat ditroli menyebabkan cacat produk bocor body.

3.2.4. *IMPROVE*. Pada tahap improve akan diberikan beberapa usulan perbaikan yang bertujuan untuk mengevaluasi penyebab kecacatan produk yang disebabkan oleh beberapa faktor yang telah diketahui. Pada faktor lingkungan, untuk memperhatikan suhu ruangan dengan baik atau dengan temperatur ruangan 20 – 300C. Pada faktor metode, diberikan pengarahannya lagi kepada bagian ekspedisi agar lebih berhati – hati saat pengangkutan atau ekspedisi. Pada faktor material, diharapkan perusahaan dan karyawan selalu melakukan pemeriksaan tabung dengan melihat masa expired dan kondisi tabung agar tidak ada cacat bocor body, bocor neckring, bocor circum dan bocor valve. Pada faktor manusia perlu adanya pengawasan yang lebih ketat lagi dan berikan pengarahannya lebih lagi dalam menjalankan pekerjaan agar tidak terjadi kelalaian pada karyawan atau pekerja.

3.2.5. *CONTROL*. Pada tahap ini merupakan tahap terakhir dari metode six sigma. Pada tahap ini bertujuan untuk mengevaluasi proses perbaikan yang telah dilakukan secara efektif dan efisien supaya kecacatan yang pernah terjadi tidak terulang atau terjadi kembali.

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di PT Petrogas Prima Service, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari hasil analisis dan pembahasan diatas mengenai penelitian. Jenis cacat produk yang paling dominan adalah cacat bocor valve dengan jumlah 977 unit.
2. Dengan menggunakan diagram fishbone atau diagram sebab – akibat maka diketahui empat faktor utama yang menyebabkan terjadinya produk cacat yaitu lingkungan yang terdiri dari korosi faktor penyebabnya temperatur ruangan, metode yang terdiri dari pada saat proses pengangkutan didalam truk saling bergesekan, material usia pada tabung gas LPG 3kg, semakin lama usia tabung digunakan maka akan menyebabkan cacat produk bocor body, bocor circum, bocor neckring dan bocor valve dan manusia yang terdiri dari pekerja yang tidak sesuai dengan SOP dan pekerja agen dalam pendistribusian
3. Untuk meminimalisir resiko kecacatan produk menggunakan metode six sigma dengan tahap define, pada tahap ini mendefinisikan masalah – masalah standar kualitas atau mendefinisikan penyebab – penyebab defect yang menjadi penyebab paling potensial dalam menghasilkan produk tabung gas LPG 3kg, tahap measure, pada tahapan ini akan diukur nilai sigma untuk mengetahui level perusahaan menurut six sigma dan mengetahui kondisi proses produk saat ini yang dapat digunakan sebagai acuan untuk pengambilan keputusan dan untuk menggambar data kedalam peta kendali perlu dihitung garis tengah proporsi CL dan garis batas bawah (LCL ) dan garis batas atas (UCL ), tahap analyze merupakan tahap pengukuran tingkat Six Sigma dan *Defect Per Million Opportunities* (DPMO), tahap improve akan diberikan beberapa usulan perbaikan yang bertujuan untuk mengevaluasi penyebab kecacatan produk yang disebabkan oleh beberapa faktor yang telah diketahui dan tahap control bertujuan untuk mengevaluasi

proses perbaikan yang telah dilakukan secara efektif dan efisien supaya kecacatan yang pernah terjadi tidak terulang atau terjadi kembali.

## References

- [1] Attaqwa, Y., Hamidiyah, A., & Ekoanindyo, F. A., 2021, "Product Quality Control Analysis With Statistical Process Control (SPC) Method In Weaving Section ( Case Study Pt . I )", International Journal of Computer and Information System (IJCIS), Vol : Vol. 02, Issue 03, Agustus 2021
- [2] Supriyadi, 2021, "Pengendalian Kualitas Produk Kemasan Dengan Metode Six Sigma Di Pt. Xyz." 6(November).
- [3] Sirine, H., & Kurniawati, E. P., 2017, "Pengendalian Kualitas Menggunakan Metode Six Sigma ( Studi Kasus Pada Pt Diras Concept Sukoharjo )." 02(03), 254–290.
- [4] Didiharyono, 2018, "Analisis Pengendalian Kualitas Produksi Dengan Metode Six- Sigma Pada Industri Air Minum Pt Asera Tirta Posidonia , Kota Palopo Quality Control Analysis Of Production With Six-Sigma Method In.", Vii(2), 163–176.
- [5] Sirine, H. dan Elisabeth Penti Kurniawati, E.P., 2017, "PENGENDALIAN KUALITAS MENGGUNAKAN METODE SIX SIGMA (Studi Kasus pada PT Diras Concept Sukoharjo)", AJIE - Asian Journal of Innovation and Entrepreneurship, Vol. 02, No. 03, September 2017
- [6] Agustiani, D., Madelan, S., & Saluy, A. B., 2021, "Quality Control Analysis Using Six Sigma Method To Reduce Post Pin Isolator Rject In Natural Drying Pt Xyz. February, International Journal of Innovative Science and Research Technology, Volume 6, Issue 1





## Penentuan Konstanta Pegas dalam Hukum Hooke pada Rangkaian Tunggal, Seri dan Paralel

**Richo Fenda Refiantoro dan Kurniawanti\***

Program Studi Teknik Industri Universitas PGRI Yogyakarta

[\\*wanti.kurnia@upy.ac.id](mailto:*wanti.kurnia@upy.ac.id)

**Abstract.** Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa faktor apa saja yang mempengaruhi nilai konstanta pegas pada konsep elastisitas bahan dan Hukum Hooke. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen menggunakan tiga jenis beban dan menggunakan rangkaian tunggal, seri, dan paralel. Percobaan yang telah dilakukan menghasilkan besar kecil nilai konstanta dipengaruhi oleh jumlah pertambahan panjang pegas atau sifat elastisitas suatu benda. Sedangkan pertambahan panjang atau elastisitas benda dipengaruhi oleh massa atau gaya yang dikenakan pada pegas tersebut. Selain itu rangkaian suatu pegas juga mempengaruhi nilai elastisitas pegas yang secara linear berpengaruh pada nilai konstanta pegas.

### 1. Pendahuluan

Sifat elastis atau elastisitas adalah kemampuan suatu benda untuk kembali ke bentuk awalnya segera setelah gaya luar yang diberikan kepada benda itu dihilangkan (dibebaskan). Berdasarkan sifat elastis ini, benda-benda kertas dan tanah liat disebut sebagai benda yang tidak elastis. dapat digolongkan menjadi dua macam, yaitu benda elastis dan benda plastis (tak elastis). Benda-benda seperti busa spons, karet gelang, dan pegas baja disebut sebagai benda yang elastis. Sedang benda-benda seperti kertas dan tanah liat disebut sebagai benda yang tidak elastis atau plastis [1].

Konstanta pegas adalah besarnya gaya yang dibutuhkan atau yang harus diberikan sehingga terjadi perubahan panjang sebesar satu satuan panjang. Satuan SI untuk konstanta pegas adalah N/m atau  $kg.m/s^2$ . Sebuah gaya pemulih yang ditimbulkan oleh sebuah pegas ditentukan oleh Hukum Hooke [2]. Saat menentukan koefisien elastisitas, pegas dibebani dengan beban. Hal tersebut dilakukan untuk menunjukkan proporsionalitas antara ekstensi pegas dan bobot. Koefisien proporsionalitas adalah koefisien elastisitas pegas [3]. Oleh karena itu diperlukan suatu eksperimen untuk membuktikan faktor apa saja yang mempengaruhi nilai konstanta pegas.

### 2. Landasan Teori

Hukum Hooke adalah hukum atau ketentuan mengenai gaya dalam ilmu fisika yang terjadi karena sifat elastisitas suatu pegas [4]. Semakin besar nilai konstanta maka tingkat elastisitas pegas semakin kecil dan sebaliknya [5]. Hubungan antara gaya (F) yang meregangkan pegas dan pertambahan panjang pegas ( $\Delta x$ ) di daerah yang ada dalam batas kelenturan adalah,

$$F = k \Delta x \quad (1)$$

Persamaan tersebut juga merupakan suatu perbandingan yang disebut sebagai tetapan pegas.

Gerak benda yang terjadi secara berulang dan dalam selang waktu yang sama disebut gerak periodik. Karena gerak ini terjadi secara teratur, maka gerak ini disebut juga sebagai gerak harmonik. Periode (T) suatu gerak harmonik adalah waktu yang dibutuhkan untuk menempuh satu lintasan lengkap dari geraknya, yaitu satu getaran penuh atau satu putaran sehingga dapat ditulis dengan rumus sebagai berikut.

$$T = \frac{t}{n} \quad (2)$$

Dimana :

T = Periode (s)

t = waktu (s)

n = Jumlah getaran

Untuk mencari konstanta pegas dapat dicari menggunakan cara statis dan dengan cara dinamis [6]. Suatu pegas yang digantungkan mempunyai nilai konstanta pegas k, yang merupakan besar gaya tiap pertambahan panjang ( $\Delta x$ ) sebesar satu satuan panjang. Maka jika pegas kita tarik dengan gaya F tangan, maka pada pegas akan terjadi gaya pegas ( $F_p$ ) yang arahnya berlawanan dengan arah gaya ( $\Sigma F$ ). Hal ini sesuai dengan Hukum Hooke, dimana :

$$F_p = -k \Delta x \quad (3)$$

Sehingga untuk mencari nilai k dapat dicari dengan persamaan,

$$k = \frac{f}{\Delta x} = \frac{m \cdot g}{\Delta x} \quad (4)$$

Dimana :

k = Konstanta pegas (N/m),

F = Gaya pada pegas (N/m),

$\Delta x$  = Pertambahan Panjang Pegas (m)

Jika beban yang digantungkan pada pegas dalam keadaan setimbang, kemudian diberi sedikit usikan dengan menarik massa kebawah atau menekannya keatas kemudian melepaskannya kembali, maka pegas akan mengalami getaran. Getaran ini akan menyebabkan adanya periode dan amplitudo dan juga percepatan yang arahnya selalu menuju ketitik setimbang yang dapat diungkapkan dalam persamaan,

$$x = A \cos \omega t \quad (5)$$

$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{d(A \cos \omega t)}{dt}$$

$$v = -A\omega \sin \omega t \quad (6)$$

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d(-A\omega \sin \omega t)}{dt}$$

$$a = -A\omega^2 \cos \omega t$$

$$a = -\omega^2 x \quad (7)$$

Dimana : (x) adalah jarak, (v) kecepatan, dan (a) adalah percepatan.

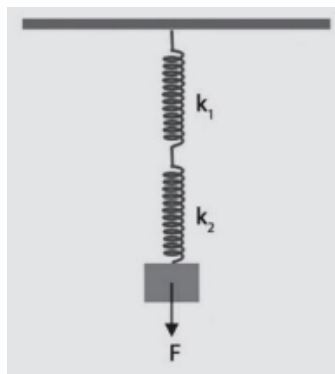
Jika suatu pegas mengalami percepatan maka akan berlaku Hukum 2 Newton dengan persamaan,

$$\begin{aligned} \sum F &= F_p & (8) \\ ma &= -k \Delta x \\ m(-\omega^2 x) &= -k \Delta x \\ -\omega^2 m x &= -k \Delta x \\ -\omega^2 m &= -k \omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \omega^2 &= \frac{k}{m} \\ \omega &= \sqrt{\frac{k}{m}} \\ \frac{2\pi}{T} &= \sqrt{\frac{k}{m}} \\ T &= 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \\ T^2 &= 4\pi^2 \frac{m}{k} \\ K &= 4\pi^2 \frac{m}{T^2} & (9) \end{aligned}$$

Dari penurunan rumus di atas dapat digunakan untuk mencari nilai tetapan pegas dengan cara dinamis. Rangkaian pegas terdiri dari rangkaian pegas seri dan rangkaian pegas paralel.

2.1. Rangkaian Pegas Seri

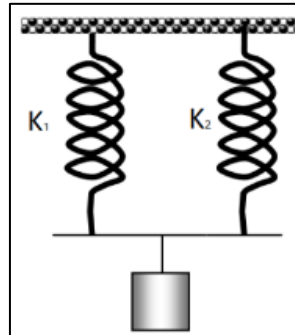


Gambar 1. Rangkaian Pegas Seri

Untuk susunan seri yang terdiri atas n buah pegas berlaku:

$$\frac{1}{K_s} = \frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2} + \dots + \frac{1}{K_n} \quad (10)$$

## 2.2. Rangkaian Pegas Paralel



Gambar 2. Rangkaian Pegas Paralel

Untuk susunan paralel yang terdiri atas n buah pegas berlaku :

$$k_{\text{tot}} = k_1 + k_2 + \dots + k_n \quad (11)$$

## 3. Metodologi

Eksperimen ini menggunakan metode eksperimen dengan alat dan bahan serta prosedur sebagai berikut:

### a. Alat dan Bahan

1. Pegas
2. Penggaris
3. Beban
4. Neraca
5. Statif

### b. Prosedur

1. Merangkai alat peraga sesuai dengan ketentuan.
2. Mengukur panjang pegas sebelum diberi beban ( $x_0$ ).
3. Menambahkan beban yang sudah diketahui massanya pada ujung pegas.
4. Mengukur panjang pegas setelah diberi beban ( $x_1$ ).
5. Menghitung pertambahan panjang pegas ( $\Delta x$ ) dengan cara mengurangkan  $x_0$  terhadap  $x_1$ .
6. Mengulangi langkah 3-5 dengan massa beban pegas yang berbeda.
7. Kemudian merangkai dua pegas membentuk rangkaian seri kemudian ulangi langkah 6.
8. Merangkai kembali dua pegas membentuk rangkaian paralel kemudian ulangi langkah 6.
9. Menuliskan hasil pengukuran di tabulasi data.

Pelaksanaan eksperimen menggunakan tiga jenis beban dengan massa 30 gram, 100 gram, dan 125 gram. Kemudian toleransi massa beban, panjang awal, panjang akhir, dan pertambahan panjang secara berturut-turut :  $\pm 0,05$ gram,  $\pm 0,05$ cm,  $\pm 0,05$ cm,  $\pm 0,0005$ m. Hasil pengukuran diperoleh pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran pada Jenis Pegas Rangkaian Tunggal, Seri dan Paralel

Jenis Rangkaian	Massa Beban (gr)	Panjang Awal (cm)	Panjang Akhir (cm)	Pertambahan Panjang (m)
Tunggal	30	16	22,5	0,065
Tunggal	100	16	35	0,190
Tunggal	125	16	48	0,320
Seri	30	18,5	27	0,085
Seri	100	18,5	35	0,165
Seri	125	18,5	39	0,205
Paralel	30	10	12	0,020
Paralel	100	10	13	0,030
Paralel	125	10	14,5	0,045

Data-data yang diperoleh dari eksperimen yang telah dilakukan, selanjutnya dilakukan perhitungan menggunakan metode perhitungan Hukum Hooke dan setelahnya dilakukan analisis hasil.

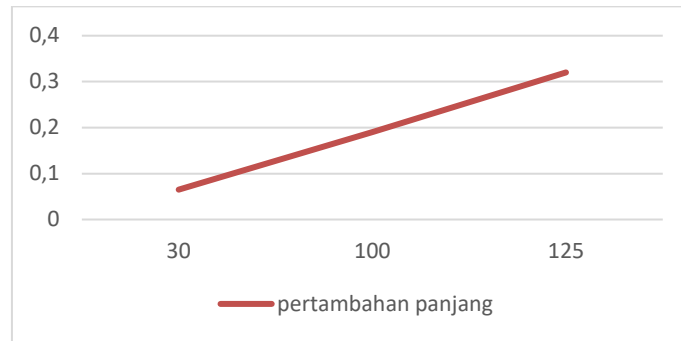
#### 4. Pengumpulan dan Pengolahan Data

Data yang telah diperoleh, kemudian dilakukan proses perhitungan nilai konstanta pegas menggunakan persamaan (4) untuk masing-masing jenis rangkaian. Adapun hasil perhitungan yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 2.

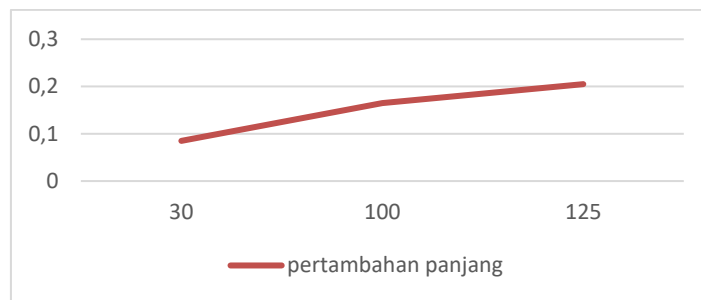
Tabel 1. Hasil Pengukuran pada Jenis Pegas Rangkaian Tunggal, Seri dan Paralel

Jenis Pegas	Massa Beban (gr)	Konstanta Pegas (N/m)
Rangkaian tunggal	30	4,52
Rangkaian tunggal	100	5,15
Rangkaian tunggal	125	3,82
Rangkaian seri	30	1,72
Rangkaian seri	100	2,96
Rangkaian seri	125	2,98
Rangkaian paralel	30	29,4
Rangkaian paralel	100	65,32
Rangkaian paralel	125	54,44

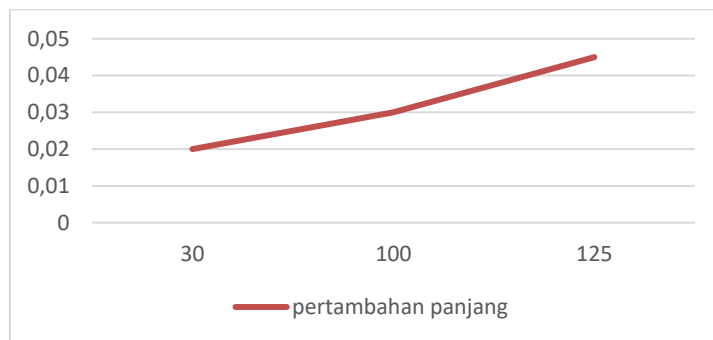
Dari hasil perhitungan nilai konstanta pegas diperoleh analisis diantaranya, terdapat hubungan yang linear antara massa beban dengan pertambahan panjang pegas yang dapat dilihat pada Gambar 1, Gambar 2, dan Gambar 3. Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa semakin besar massa beban, maka terjadi peningkatan panjang pegas. Hal tersebut disebabkan berat beban membuat pegas menjadi semakin merenggang. Selain itu terdapat hubungan antara pertambahan panjang pegas terhadap nilai konstanta pegas pada setiap rangkaian yang dapat dilihat pada Gambar 4, Gambar 5, dan Gambar 6. Pada grafik menggambarkan bahwa semakin besar pertambahan panjang pegas, menyebabkan nilai konstanta pegas juga memiliki nilai yang semakin besar pula. Sehingga kedua hubungan tersebut juga memiliki hubungan yang linear.



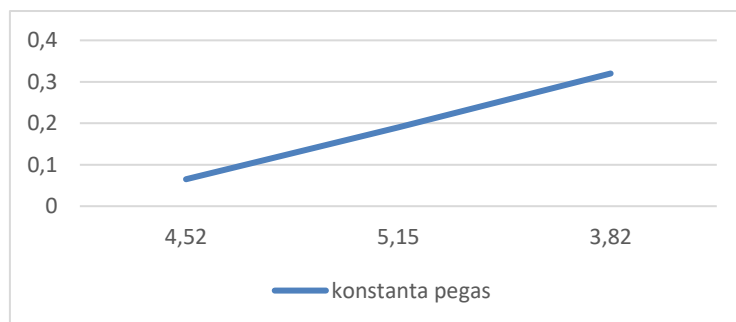
Gambar 1. Hubungan Massa Beban terhadap Pertambahan Panjang Pegas pada Rangkaian Tunggal



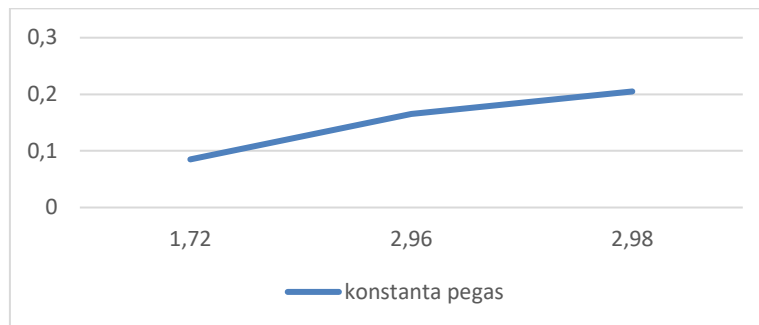
Gambar 2. Hubungan Massa Beban terhadap Pertambahan Panjang Pegas pada Rangkaian Seri



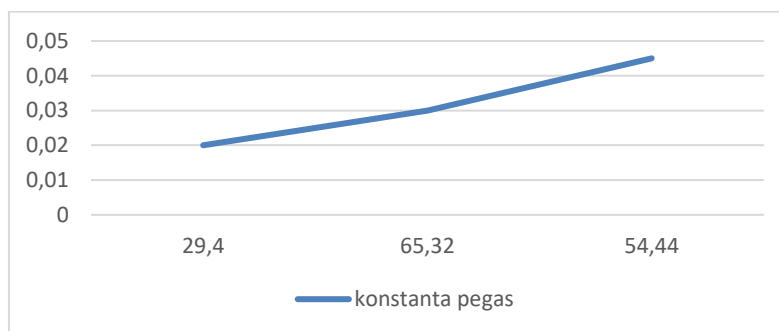
Gambar 3. Hubungan Massa Beban terhadap Pertambahan Panjang Pegas pada Rangkaian Paralel



Gambar 4. Hubungan Pertambahan Panjang Pegas terhadap Nilai Konstanta Pegas pada Rangkaian Tunggal



Gambar 5. Hubungan Pertambahan Panjang Pegas terhadap Nilai Konstanta Pegas pada Rangkaian Seri



Gambar 6. Hubungan Pertambahan Panjang Pegas terhadap Nilai Konstanta Pegas pada Rangkaian Paralel

Konstanta pegas juga dipengaruhi bentuk dari rangkaian pegas. Hal ini juga dijelaskan dengan persamaan yang digunakan. Konstanta pegas pada rangkaian tunggal memiliki nilai lebih besar dibanding nilai konstanta pegas pada rangkaian seri. Sedangkan pada rangkaian pegas paralel memiliki nilai konstanta pegas tertinggi. Hal ini disebabkan karena rangkaian tunggal hanya terdapat 1 pegas sehingga konstantanya lebih stabil atau normal. Pada rangkaian seri karena pegas disusun bertingkat mengakibatkan tekanan pada pegas menjadi  $n$  kali lipat tergantung jumlah pegasnya yang kemudian menjadikan konstantanya bernilai kecil. Sedangkan pada rangkaian paralel kebalikan dari rangkaian seri. Karena posisi pegas sejajar maka tekanan beban menjadi berkurang, mengakibatkan gayanya juga mengecil sehingga nilai konstanta menjadi lebih besar. Selain itu, massa benda juga mempengaruhi konstanta sebab massa benda merupakan aspek persamaan dari gaya pegas. Sehingga dapat disimpulkan bahwa suatu konstanta jika elastisitasnya baik maka konstantanya juga tidak terlalu besar. Sedangkan jika elastisitas suatu benda kaku, maka konstantanya akan mengecil.

**5. Kesimpulan**

Dari eksperimen yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan antara lain, pertambahan panjang pegas dipengaruhi oleh massa benda. Semakin besar massa benda maka semakin besar juga pertambahan panjang pegas. Semakin besar pertambahan panjang pegas, maka nilai konstanta pegas juga semakin besar. Sehingga gaya pegas dan pertambahan panjang pegas berbanding lurus atau linear. Bentuk rangkaian pegas juga mempengaruhi nilai konstanta pegas yang berpengaruh terhadap elastisitas suatu pegas. Rangkaian pegas paralel memiliki nilai konstanta yang lebih besar dibanding dengan rangkaian pegas seri, sedangkan rangkaian pegas tunggal memiliki nilai konstanta pegas lebih besar dibanding nilai konstanta pegas seri dan lebih kecil dibanding nilai konstanta pegas paralel. Sebagai saran untuk penelitian selanjutnya adalah perlu dilakukan pengukuran nilai konstanta pegas yang dipengaruhi faktor lain seperti material/bahan pegas.



## 6. Ucapan Terimakasih

Penelitian ini dibimbing dan diberikan materi oleh Dosen mata kuliah Praktikum Fisika Dasar, oleh karena itu penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada Dosen mata kuliah Praktikum Fisika Dasar atas bimbingan dan saran yang diberikan.

## References

- [1] L. A. Kharida , A. Rusilowati , K. Pratiknyo, 2009, “Penerapan Model Pembelajaran Berbasis Masalah Untuk Peningkatan Hasil Belajar Siswa Pada Pokok Bahasan Elastisitas Bahan.” *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia* No 5 : 83-89.
- [2] Vivi E.O., Miftachul K., Putri A.R., 2015, “Tetapan Pegas.”, Universitas Negeri Surabaya : *Jurnal fisika Dasar*.
- [3] Norac, Z., Knezevic, S., Ruzic, J., & Mardesic, J., 2019, “Determining the elasticity constant of a spring using a microcomputer.”, 1–12.
- [4] David Halliday, Robert Resnick, and J. W., 2014, “Fundamentals of Physics. In Wiley.”
- [5] Irawan, D.M., Iswantoro, G., Furqon, M.H. dan Hastuti, S., 2018, “Pengaruh Nilai Konstanta Terhadap Pertambahan Panjang Pegas Pada Rangkaian Tunggal, Seri dan Paralel”, *JURNAL MER-C NO.5/VOL.1/2018*
- [6] Tipler, P. A., 1998, “Fisika untuk Sains dan Teknik Jilid 1, terjemahan Lea Prasetio dan Rahmad W. Adi.”, Jakarta: Erlangga.

## Dispenser Otomatis Handsanitizer berbasis Arduino menggunakan Sensor Ultrasonik dan Inframerah

**Elsa Salsabila, Fadian Candra Sari, Muhammad Ahyar Zulfikar, Richo Fenda Refiantoro, Ade Ulwan Prastyo, Pradika Hermawan, Theofilus Bayu Dwinugroho\***

Program Studi Teknik Industri, Universitas PGRI Yogyakarta

[\\*theofilus@upy.ac.id](mailto:*theofilus@upy.ac.id)

**Abstract.** Seluruh negara di dunia saat ini sedang mengalami masa transisi menuju new era pasca darurat pandemi Covid-19. Virus corona mampu menyebar dengan sangat cepat dan sangat mematikan. Penularan tersebut terjadi melalui kontak fisik seperti halnya berjabat tangan ataupun dengan terkena droplet dari si penderita Covid-19. Kegiatan Pencegahan 5 M yang dicanangkan pemerintah Indonesia diantaranya mencuci tangan yang dalam hal ini dapat menggunakan Hand Sanitizer. Penggunaan Hand sanitizer adalah hal yang sangat krusial pada masa pandemic COVID-19, karena handsanitizer bisa membunuh kuman mencegah perkembangan bakteri dalam tangan. Dispenser handsanitizer yang tersedia dan digunakan di tempat umum dioperasikan secara manual menggunakan tangan, dengan menekan kepala dispenser untuk mengeluarkan cairan handsanitizer yang ada di dalamnya, karena dispenser ini digunakan di tempat umum, frekuensi sentuhan pada kepala dispenser ini cukup tinggi yang dapat berakibat pada kemungkinan penularan melalui bidang sentuh yang terkontaminasi droplet yang mengandung virus COVID-19. Dalam project ini dibuat dua jenis dispenser otomatis handsanitizer dengan masing-masing dispenser menggunakan salah satu jenis sensor. Dispenser otomatis handsanitizer dapat bekerja dengan optimal pada bacaan gerak jarak 0 sampai dengan 10 cm untuk kedua sensor. Dengan mengurangi pengoperasian manual dispenser handsanitizer dalam rangka 5M, diharapkan dapat mengurangi dan mencegah penyebaran virus Covid-19.

### 1. Pendahuluan

Seluruh negara di dunia saat ini sedang mengalami masa transisi menuju new era pasca darurat pandemi Covid-19. Virus corona mampu menyebar dengan sangat cepat dan sangat mematikan. Penularan tersebut terjadi melalui kontak fisik seperti halnya berjabat tangan ataupun dengan terkena droplet dari si penderita Covid-19. Seperti yang dipaparkan oleh Kementerian Kesehatan RI, menegaskan bahwa Pedoman dan Pencegahan *Corona Virus Disease* (Covid-19) sebagai upaya pembelajaran kepada masyarakat agar terhindar dari penularan Covid-19 [1]. Kasus Covid-19 ditemukan di 125 negara. Pada tanggal 12 Maret 2020 World Health Organization (WHO) mengubah status Covid-19 menjadi pandemi. Di Indonesia Covid-19 pertama kali di publikasikan pada tanggal 2 Maret 2020 sebanyak 2 kasus, dan terus bertambah sampai tanggal 9 Januari 2022 dengan kasus 6.108 kasus aktif [2][3].

Pemerintah pada dasarnya secara proaktif berupaya untuk mencegah dan meningkatkan kesadaran masyarakat akan bahaya virus COVID-19 di Indonesia. Salah satu upaya pemerintah secara aktif untuk mencegah penyebaran virus adalah dengan diberlakukannya berbagai kebijakan dan peraturan dalam beraktivitas di luar rumah seperti penerapan protokol kesehatan 5M (Mencuci tangan,

menggunakan masker, menjaga jarak, menjauhi kerumunan, mengurangi mobilitas) [4] Selain itu juga pemerintah berupaya untuk meningkatkan imunitas masyarakat baik dari obat-obatan dan/atau vaksinasi. Hal ini dilakukan sebagai upaya pencegahan virus COVID-19 di berbagai klaster [5].

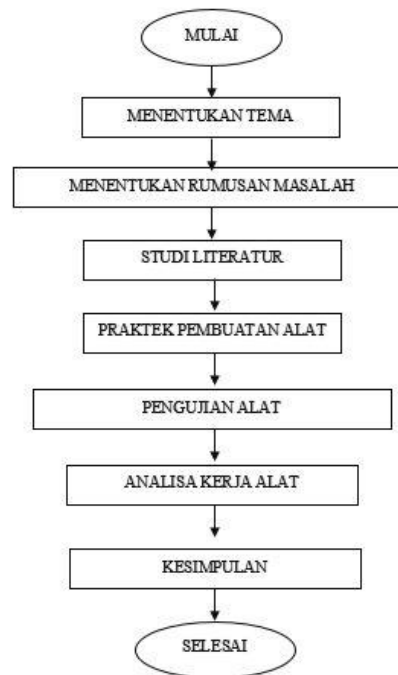
Penggunaan handsanitizer sebagai pengganti sementara kegiatan mencuci tangan dalam salah satu penerapan 5M adalah hal yang sangat krusial pada masa pandemic COVID-19, karena handsanitizer bisa membunuh kuman mencegah dan perkembangan bakteri pada permukaan tangan. Penggunaan handsanitizer ini praktis dan bisa dibawa kemana-mana dan dapat membersihkan tangan secara menyeluruh tanpa perlu membilasnya.

Dispenser handsanitizer memiliki bermacam-macam ukuran dan jenis mengikuti merk handsanitizer tersebut. Dispenser handsanitizer yang tersedia dan digunakan di tempat umum dioperasikan secara manual menggunakan tangan, dengan menekan kepala dispenser untuk mengeluarkan cairan handsanitizer yang ada di dalamnya, karena dispenser ini digunakan di tempat umum, frekuensi sentuhan pada kepala dispenser ini cukup tinggi yang dapat berakibat pada kemungkinan penularan melalui bidang sentuh yang terkontaminasi droplet yang mengandung virus COVID-19.

Dispenser otomatis handsanitizer adalah suatu dispenser yang dapat mengeluarkan cairan handsanitizer tanpa perlu menyentuh atau menekan secara manual dispenser tersebut. Otomasi dispenser disini menggerakkan kepala dispenser tanpa perlu menekan secara manual menggunakan tangan, otomasi ini menggunakan controller berbasis Arduino Uno yang menggunakan sensor ultrasonik dan sensor inframerah. Controller untuk otomasi secara umum dapat menggunakan Programmable Logic Control (PLC) [6], Raspberry Pi [7], Arduino Uno [8] maupun piranti lain yang memiliki kemampuan memproses data dari input dan menghasilkan tindakan pada output. Arduino Uno dipilih terkait dengan keterjangkauan pengadaan controller tersebut beserta komponen-komponennya.

## **2. Metode**

Dalam project ini dibuat dua jenis dispenser otomatis handsanitizer dengan masing-masing dispenser menggunakan salah satu jenis sensor. Untuk dispenser pertama menggunakan sensor ultrasonik dan dispenser kedua menggunakan sensor inframerah. Dari dua dispenser ini akan dikomparasi kemampuan kerjanya berdasarkan jenis masing-masing sensor tersebut. Project ini menitikberatkan pada sumber referensi dan praktek pembuatan alat secara langsung, dilaksanakan dengan alur seperti pada flowchart berikut:



Gambar 1. Flowchart Project

## 2.1. Arduino

Arduino merupakan sebuah perangkat elektronik yang bersifat open source dan sering digunakan untuk merancang dan membuat perangkat elektronik serta software yang mudah untuk digunakan. Arduino ini dirancang sedemikian rupa untuk mempermudah penggunaan perangkat elektronik di berbagai bidang. Arduino ini memiliki beberapa komponen penting di dalamnya, seperti pin, mikrokontroler, dan konektor. Selain itu, Arduino juga sudah menggunakan bahasa pemrograman Arduino Language yang sedikit mirip dengan bahasa pemrograman C++. Biasanya Arduino digunakan untuk mengembangkan beberapa sistem seperti pengatur suhu, sensor untuk bidang agrikultur, pengendali peralatan pintar. Arduino UNO memiliki 14 pin input/output digital (0-13) yang berfungsi sebagai input atau output, dapat diatur oleh program. Khusus untuk 6 buah pin 3, 5, 6, 9, 10 dan 11, dapat juga berfungsi sebagai pin analog output dimana tegangan output-nya dapat diatur. Nilai sebuah pin output analog dapat diprogram antara 0 – 255, dimana hal itu mewakili nilai tegangan 0 – 5V.

## 2.2. Sensor HCSR-04

Sensor ultrasonik adalah sebuah sensor yang mengubah fisis (bunyi) menjadi besaran listrik. Pada sensor ini gelombang ultrasonic dibangkitkan melalui sebuah benda yang disebut piezoelektrik. Piezoelektrik ini akan menghasilkan gelombang ultrasonic dengan frekuensi 40 kHz Ketika sebuah isolator diterapkan pada benda tersebut. Sensor ultrasonic secara umum digunakan untuk pengungkapan tak sentuh beragam seperti aplikasi pengukuran jarak.

## 2.3. Sensor Inframerah

Sensor inframerah (IR) adalah perangkat elektronik yang mengukur dan mendeteksi radiasi infra merah di lingkungan sekitarnya. Radiasi inframerah secara tidak sengaja ditemukan oleh seorang astronom bernama William Herchel pada tahun 1800. Saat mengukur suhu setiap warna cahaya (dipisahkan oleh prisma), diperlihatkan bahwa suhu yang berada tepat di luar lampu merah adalah yang tertinggi. IR tidak terlihat oleh mata manusia, karena panjang gelombangnya lebih panjang dari pada cahaya tampak (meskipun masih pada spektrum elektromagnetik yang sama).

## 2.4. Mini Servo SG90/91

Motor servo Tower Pro SG90 merupakan sebuah motor servo kecil yang banyak digunakan untuk berbagai hobi, seperti hobi remote control, robotic, dll. Aplikasi: Bagi Anda yang ingin membuat robot ataupun ber eksperimen menggunakan servo dengan ukuran kecil, motor servo ini sangat cocok untuk anda

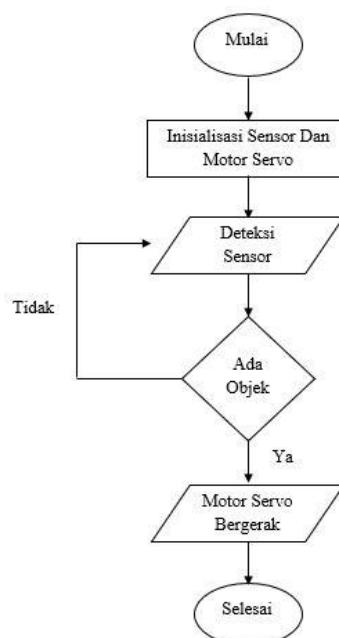
## 2.5. Kabel Jumper

Kabel dupont arduino merupakan kabel jumper yang digunakan untuk proyek rangkaian komponen elektronik yang dikerjakan dengan menggunakan breadboard. Dimensi 40mm x 19mm x 43mm Operating speed 0.17sec / 60 degrees (4.8V no load) – 0.13sec / 60 degrees (6.0V no load) Stall torque 13kg/cm at 4.8 V – 15kg/cm at 6V Suhu Kerja 0 - 55C Operation Voltage 4.8 – 6 Votts Gears Metal Gear Mode Digital Panjang kabel 150mm. Fungsi Produk: Kabel dupont biasa digunakan untuk menghubungkan kabel dengan PCB dan juga komponen-komponen elektronik pada proyek breadboard.

## 2.6. Breadboard

Sebuah board atau papan yang berfungsi untuk merancang sebuah rangkaian elektronik sederhana. Breadboard tersebut nantinya akan dilakukan prototipe atau uji coba tanpa harus melakukan solder. Bagian tengah papan breadboard terdapat ruang kosong yang masingmasing pinggirannya terdapat ujung jalur vertikal. Fungsi dari ruang kosong ini adalah untuk menancapkan langsung ic component

## 2.7. Flowchart Prinsip Kerja Dispenser Otomatis Handsanitizer



Gambar 2. Flowchart Prinsip Kerja

## 3. Pembahasan

### 3.1. Prinsip Kerja Hand Sanitizer Otomatis dengan Menggunakan Arduino UNO R3

Prinsip kerja dari alat ini adalah sebagai penggerak kepala dispenser handsanitizer secara otomatis tanpa perlu disentuh secara langsung (menekan) oleh manusia.. Pada saat power alat tersebut dihidupkan motor servo aktif dan siap menerima perintah dari Arduino. Apabila terdapat sinyal input

dari sensor, kemudian diteruskan ke Arduino Uno selanjutnya diteruskan ke motor servo untuk menggerakkan motor servo tersebut. Dua Motor servo di sisi kanan dan kiri dispenser, yang terhubung dengan kawat atau tali, ketika beroperasi akan menarik kepala dispenser ke bawah (menekan) sehingga cairan handsanitizer dapat keluar.



Gambar 3. Dispenser otomatis handsanitizer dengan sensor ultrasonik (kiri) dan sensor inframerah (kanan)

### 3.2. Analisis Rangkaian Hand Sanitizer Otomatis dengan Menggunakan Arduino UNO R3

Pada sistem alat pengendali ini dengan menggunakan Arduino Uno, semua sistem bekerja apabila pada Arduino Uno sudah di upload programnya.

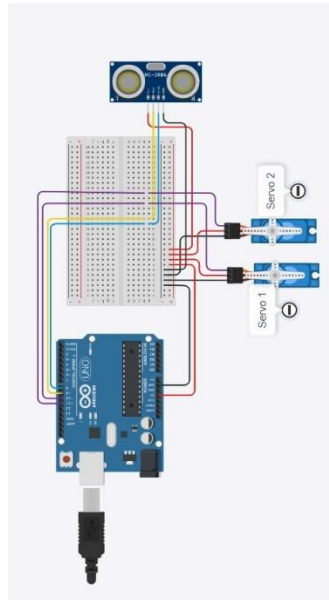
Tabel 1. Pengujian sensor ultrasonik

No	Sensor HCSR-04	Motor Servo	Cairan
1	Membaca gerakan jarak 8 cm	Bergerak menekan tutup hand sanitizer	Keluar
2	Membaca gerakan jarak 10 cm	Bergerak menekan tutup hand sanitizer	Keluar
3	Membaca gerakan jarak 12 cm	Motor servo tidak bergerak	Tidak keluar

Tabel 2. Pengujian sensor inframerah

No	Sensor Inframerah	Motor Servo	Cairan
1	Membaca gerakan jarak 0-5 cm	Bergerak menekan tutup hand sanitizer	Keluar
2	Membaca gerakan jarak 6-10 cm	Bergerak menekan tutup hand sanitizer	Keluar
3	Membaca gerakan jarak 11-15cm	Motor servo tidak bergerak	Tidak keluar

### 3.3. Contoh Rangkaian Dispenser Otomatis handsanitizer dengan menggunakan sensor ultrasonik



Gambar 4. Rangkaian Dispenser Otomatis Handsanitizer

#### Keterangan :

1. Pin 5v arduino ke bread board (+) ke kabel merah servo 1 diseri dengan kabel merah servo 2, diseri dengan vcc sensor HCSR-04
2. Pin GND arduino ke bread board (-) ke kabel coklat servo 1 diseri dengan kabel coklat servo 2, diseri dengan GND sensor Hcsr-04.
3. Pin 11 arduino ke bread board ke kabel oren servo 2.
4. Pin 10 arduino ke bread board ke kabel oren servo 1.
5. Pin 9 arduino ke bread board ke TRIG sensor HCSR-04.
6. Pin 8 arduino ke bread board ke ECHO sensor HCSR-04.

### 3.4. Kelebihan dan Kekurangan Dispenser Otomatis Hand Sanitizer dengan Menggunakan Arduino UNO R3

#### a. Kelebihan

1. Mempermudah mencuci tangan.
2. Tidak terjadinya kontak fisik.

#### b. Kekurangan

1. Susah untuk mengisi ulang handsanitizer.
2. Penarikan kurang maksimal saat moror servo menarik tutup dispenser.

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil analisis dan pengujian terhadap perancangan alat hand sanitizer otomatis berbasis arduino uno R3, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dispenser otomatis handsanitizer dapat bekerja dengan optimal pada bacaan gerak jarak 8 – 10 cm pada sensor ultrasonik dan 0 - 10 cm pada sensor infrared.
2. Dengan memanfaatkan sensor ultrasonik dan inframerah, aktuator motor servo dan controller arduino, sistem otomasi ini dapat menggerakkan (menekan) kepala dispenser secara otomatis.

3. Dispenser otomatis handsanitizer ini dapat dikembangkan terkait variasi desain maupun pemosisian sensor untuk hasil bacaan gerak baca yang lebih akurat, dan dapat dikembangkan dengan menghubungkannya pada alat cek temperatur suhu tubuh maupun piranti lain dalam rangka mencegah penularan Covid-19.
4. Dengan memanfaatkan dispenser otomatis handsanitizer ini untuk menghindari pengoperasian manual dalam rangka 5M, diharapkan dapat mengurangi dan mencegah penyebaran virus Covid-19

### References

- [1] M. F. Hidayattullah, M. Nishom, T. Abidin, D. S. Wibowo, and Y. Hapsari, "Hand Sanitizer Otomatis Untuk Pencegahan Persebaran Pandemi Covid-19 Di Kota Tegal," *J. Penelit. dan Pengabd. Kpd. Masy. UNSIQ*, vol. 8, no. 1, pp. 107–110, 2021, doi: 10.32699/ppkm.v8i1.1384.
- [2] A. Setiawan and O. C. Pritiwi, "Sprayer Hand Sanitizer Nirsentuh Menggunakan Infra Red ( IR ) Obstacle Avoidance Sensor Berbasis Arduino Uno," *Pros. Semin. Nas. Fis. 6.0*, vol. 0, pp. 222–226, 2020.
- [3] Analisis Data COVID-19 Mingguan Satuan Tugas per 09 Januari 2022, <https://covid19.go.id/artikel/2022/01/16/analisis-data-covid-19-indonesia-update-9-januari-2022>
- [4] Z. Nabilah, "Gambaran Epidemiologi Covid-19 Dan Hubungannya Dengan Perilaku Pencegahan Di Kota Semarang," *J. Kesehat. Masy.*, vol. 10, no. 1, pp. 75–82, 2022, doi: 10.14710/jkm.v10i1.31817.
- [5] N. M. Ikmal and M. Noor, "Kebijakan Pemerintah Indonesia Dalam Penanganan Covid-19," *J. Litbang Provinsi Jawa Teng.*, vol. 19, no. 2, pp. 155–167, 2022, doi: 10.36762/jurnaljateng.v19i2.910.
- [6] T. B. Dwinugroho, Y. T. Hapsari, and Kurniawanti, "Greenhouse automation: Smart watering system for plants in greenhouse using programmable logic control (PLC)," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1823, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1823/1/012014.
- [7] A. Zikri, E. Yuniarti, and D. Lestari, "Rancang Bangun Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis Raspberry Pi 3 dengan Memanfaatkan Thingspeak dan Interface Android Sebagai Kendali," *J. Fis. Unand*, vol. 11, no. 1, pp. 44–49, 2022, doi: 10.25077/jfu.11.1.44-49.2022.
- [8] J. Lesmana, A. Halim, and A. P. Irawan, "Design of automatic hand sanitizer with ultrasonic sensor," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1007, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/1007/1/012164.



# JIE.UPY

Journal of Industrial Engineering Universitas PGRI Yogyakarta  
Volume 1 No. 2, Juni 2022

p-ISSN 2809-7809  
e-ISSN 2963-6655