

# REKAYASA ULANG SISTEM PEMELIHARAN LINI BODY SHOP GUNA MENINGKATKAN KEANDALAN (STUDI KASUS INDUSTRI MOBIL CHINA)

**BASUKI ARIANTO**

Program Studi Teknik Industri, Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma, Jakarta.

## ABSTRAK

*Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menilai seberapa dapat diandalkan peralatan atau fasilitas, jadwal pemeliharaan peralatan, serta tingkat ketersediaan peralatan fasilitas di lini body shop. Metode yang diterapkan dalam studi ini adalah Pemeliharaan Berbasis Keandalan. Welding gun manual memiliki tingkat keandalan terendah di fasilitas body shop dengan waktu operasi 300 jam sebesar 28,67%, sementara lifter material memiliki tingkat keandalan tertinggi sebesar 66,90%. Pengaturan jadwal pemeliharaan peralatan fasilitas di lini body shop dilaksanakan dengan mempertimbangkan tingkat keandalan minimal 60%. Pemeliharaan manual welding gun dilakukan setiap 100 jam, sementara pemeliharaan material lifter dilakukan setiap 300 jam. Ketersediaan peralatan di fasilitas lini body shop sangat tinggi, mencapai antara 99,46 hingga 99,85%.*

**Kata kunci:** Lini Body Shop, RCM, Reliability, Availability

## ABSTRACT

*This study aims to determine the level of equipment or facility reliability, the scheduled maintenance period of the equipment and the level of availability of body shop line facilities. The method used in this research is Reliability Centered Maintenance. The smallest level of reliability for body shop line facilities with operating time of 300 hours is manual welding gun at 28.67%, while the largest is material lifter at 66.90%. Scheduled maintenance of body shop line facility equipment is carried out by considering a minimum reliability value of 60% where manual welding gun is carried out every 100 hours, while material lifter is every 300 hours. The level of equipment availability at the body shop line facility is very high ranging from 99.46 to 99.85%.*

**Keywords:** Body Shop Line, RCM, Reliability, Availability

## PENDAHULUAN

Menurut laporan terbaru dari Gabungan Industri Kendaraan Bermotor Indonesia (GAIKINDO), penjualan kendaraan roda empat atau lebih di tahun 2019, 2020, dan 2021 adalah 1,043,017 unit, 578,762 unit, dan 863,348 unit secara berturut-turut. Penurunan sebesar 44,51% terjadi antara tahun 2019 dan 2020,

sementara kenaikan sebesar 49,17% terjadi antara tahun 2020 dan 2021. Pada sisi lain, terdapat penurunan sebesar 54,89% dalam penjualan produk Wuling antara tahun 2019 dan 2020, namun mengalami kenaikan sebesar 151,18% antara tahun 2020 dan 2021. Sepuluh merek mobil yang paling banyak terjual di tingkat ritel sepanjang tahun 2019, 2020, dan 2021 dapat dilihat dalam tabel 1.

**Tabel 1 Jumlah Penjualan Ritel Kendaraan Sepuluh Besar berdasarkan Brand Tahun 2019, 2020 dan 2021**

No	2019		2020		2021	
	Brand	Jumlah	Brand	Jumlah	Brand	Jumlah
1	Toyota	331,004	Toyota	182,665	Toyota	290,499
2	Daihatsu	177,588	Daihatsu	100,026	Daihatsu	151,107
3	Honda	149,439	Honda	79,451	Mitsubishi Motors	104,407
4	Mitsubishi Motors	118,936	Suzuki	72,389	Honda	91,393
5	Suzuki	102,865	Mitsubishi Motors	54,768	Suzuki	89,596
6	Mitsubishi Fuso	41,735	Mitsubishi Fuso	24,000	Mitsubishi Fuso	34,375
7	Hino	31,471	Isuzu	17,855	Isuzu	27,278
8	Isuzu	25,315	Hino	13,038	<b>Wuling</b>	<b>23,920</b>
9	<b>Wuling</b>	<b>21,112</b>	<b>Wuling</b>	<b>9,523</b>	Hino	19,793
10	Nissan	12,570	Nissan	7,408	Nissan	6,185
	<b>Total</b>	<b>1,043,017</b>	<b>Total</b>	<b>578,762</b>	<b>Total</b>	<b>863,348</b>

Sumber: <https://www.gaikindo.or.id/>

Pelaksanaan kegiatan operasional di industri memiliki dampak langsung terhadap kesinambungan industri tersebut. Perusahaan manufaktur selalu menjaga agar sistem atau mesin tetap beroperasi sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Apabila sistem atau mesin tersebut mengalami gangguan, maka akan menghambat kelancaran operasional perusahaan.

Oleh karena itu, penting untuk merawat mesin atau bagian-bagian produksi lainnya agar produksi tidak terhenti karena adanya kegagalan atau kerusakan pada mesin tersebut. Segala jenis rusak dan tanda-tanda rusak yang terjadi pada mesin bisa terdeteksi dan diperbaiki dengan cepat melalui perawatan yang teratur. Salah satu hal yang sangat memengaruhi keputusan pembelian konsumen dalam produk otomotif adalah bagian fisik kendaraan. Tentu saja, hal ini menjadi perhatian utama bagi produsen saat merancang kendaraan dengan desain yang optimal sesuai dengan keinginan konsumen.

Kualitas produk yang prima bergantung pada kemampuan perusahaan dalam merawat peralatan dan fasilitas produksi yang digunakan. Berdasarkan konteks masalah tersebut, fokus penelitian ini adalah mengukur sejauh mana kehandalan peralatan di fasilitas body shop, frekuensi preventive maintenance peralatan lini body shop, dan tingkat ketersediaan peralatan di fasilitas body shop.

## METODE

### Sistem Pemeliharaan

Pemeliharaan atau yang lebih dikenal dengan perawatan mempunyai beragam definisi, antara lain (Fajar Kurniawan, 2013):

- Suatu kombinasi dari berbagai tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang dalam, atau memperbaikinya sampai suatu kondisi yang bisa diterima.
- Suatu penentuan pekerjaan, cara, bahan, alat, mesin dan karyawan pada saat dan waktu yang diperlukan.

Setiap keputusan berhubungan dengan penyebab kegagalan kasus per kasus. Solusi yang kita pilih harus secara teknis mampu mengatasi kegagalan penyebab, dan mereka harus layak dilakukan dari perspektif biaya atau risikomitigasi. Ini berarti bahwa tugas tersebut harus mampu menangani karakteristik kegagalan itu sendiri dan bahwa tugas tersebut harus mengurangi risiko atau biaya konsekuensi kegagalan ke tingkat yang dapat ditoleransi. Strategi pemeliharaan berulang adalah tugas yang dilakukan secara berulang, biasanya pada frekuensi tetap atau interval tugas. Hal tersebut dilakukan oleh pengelola atau operator yang sesuai. Strategi berulang meliputi pemeliharaan prediktif, preventif, dan detektif. (Jesús R.Sifonte et al, 2017)

## Reliability

*Reliability* atau keandalan yaitu keadaan dimana suatu sistem, mesin maupun komponen dapat bekerja secara memuaskan dalam suatu periode waktu tertentu jika digunakan sesuai kondisi operasi standar (*specified operating conditions*) pada lingkungan tertentu dengan tanpa terjadinya kegagalan atau kerusakan.

Mesin atau sistem manufaktur tertentu dapat dianggap sepenuhnya andal ketika mampu menjalankan fungsinya sendiri secara konsisten dan dengan carakoheren dengan penggunaannya yang ditetapkan selama waktu yang diperlukan untuk proyek tertentu. (Marco Gobetto:2013). Fungsi reliability dapat dituliskan dengan rumus berikut:

$$R(t) = e^{-\frac{t}{MTBF}} = e^{-\lambda t}$$

## Tingkat Ketersediaan

Untuk sistem yang dapat diperbaiki, ketersediaan umumnya dianggap sebagai rasio waktu operasi yang sebenarnya, dengan waktu operasi yang dijadwalkan, tidak termasuk pencegahan atau pemeliharaan yang direncanakan. Karena ketersediaan mewakili kemungkinan suatu sistem berada dalam keadaan yang dapat dioperasikan bila diperlukan, pada dasarnya memiliki konotasi yang sama, dari sudut pandang analisis kuantitatif, sebagai keandalan sistem yang tidak dapat diperbaiki. Perbedaannya, bagaimanapun, adalah bahwa keandalan adalah ukuran dari sistem atau peralatan kinerja fungsional tunduk pada kegagalan, sedangkan ketersediaan tunduk pada keduanya kegagalan dan perbaikan (atau restorasi). (Rudolph Frederick Stapelberg, 2009: 302)

$$\begin{aligned} A &= \frac{\text{Operating Time}}{\text{Loading Time}} \\ &= \frac{\text{Loading Time} - \text{Down Time}}{\text{Loading Time}} \\ &= \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \end{aligned}$$

## Reliability Centered Maintenance

*Reliability Centered Maintenance* adalah kerangka kerja terstruktur dan proses logis dari mengoptimalkan sumber daya pemeliharaan untuk aset fisik dalam

konteks operasinya. *Reliability Centered Maintenance* difokuskan pada pemeliharaan fungsi sistem, bukan pemeliharaan aset fisik. *Reliability Centered Maintenance* menganalisis fungsi, potensi kegagalan dari suku cadang dan ini adalah langkah tujuh tinjauan yang meminta untuk mengevaluasi keandalan, dengan manajemen risiko.

Kriteria Evaluasi untuk Proses *Reliability-Centered Maintenance* (RCM) menurut SAE JA1011 menjelaskan lima kemungkinan strategi pemeliharaan yang harus diterapkan untuk mengurangi konsekuensi dari setiap kegagalan yang ada: (Sifonte Jesús R. et al, 2017:30-31)

- Condition-based maintenance tasks* (tugas pemeliharaan berbasis kondisi). Tugas ini ditujukan untuk mendeteksi potensi kegagalan. Deteksi seperti itu harus terjadi cukup dini sehingga tindakan korektif dapat diambil sebelum kehilangan fungsi.
- Scheduled overhaul tasks* (tugas perbaikan terjadwal). Tugas perbaikan berbasis waktu harus dilakukan keluar berdasarkan masa manfaat komponen: yaitu, waktu di mana tingkat kegagalan komponen tidak lagi konstan. Secara teoretis, pada akhir masa manfaat, tingkat kegagalan komponen meningkat melebihi tingkat yang bisa kita toleransi.
- Scheduled replacement tasks* (tugas penggantian terjadwal). Pembuangan dan penggantian terjadwal tugas dipertimbangkan ketika terbukti bahwa mengganti lebih hemat biaya daripada merombak item. Disarankan untuk melaksanakan penggantian tersebut pada akhir umur ekonominya.
- Failure finding tasks* (tugas menemukan kegagalan). Tugas ini dimaksudkan untuk mendeteksi kegagalan tersembunyi yang sering dikaitkan dengan perangkat pelindung atau redundan komponen. Kita harus memastikan bahwa secara fisik memungkinkan untuk melakukan tugas menemukan kegagalan yang direkomendasikan dan frekuensi tugas yang disarankan dapat diterima oleh pemilik aset.

e. *Redesign tasks* (tugas mendesain ulang). Terkadang, waktu, kondisi, atau kegagalan yang tepat menemukan tugas untuk mode kegagalan kritis tidak dapat ditemukan. Kemudian, mungkin menjadi penting bahwa modifikasi (juga disebut perubahan satu kali) adalah diterapkan untuk mengatasi konsekuensi kegagalan dengan benar.

### Uji Instrumen Penelitian

Uji coba instrumen dilakukan untuk melihat apakah pernyataan tersebut layak atau tidak untuk digunakan sebagai

$$r_{xy} = \frac{N \cdot \sum x \cdot y - \sum x \cdot \sum y}{\sqrt{\{(N \cdot \sum x^2 - [\sum x]^2) - (N \cdot \sum y^2 - [\sum y]^2)\}}}$$

### Uji Reliabilitas

Menurut Arikunto, Suharsimi (2013:221), "Reliabilitas menunjukkan pada suatu pengertian bahwa suatu instrumen cukup dapat dipercaya untuk digunakan sebagai alat pengumpul data

$$r_{11} = \left[ \frac{k}{k-1} \right] - \left[ \frac{v_t - \sum pq}{v_t} \right]$$

### Uji Normalitas Menggunakan Metode

#### Kolmogorov Smirnov

Langkah-langkah penyelesaian dan penggunaan rumus sama, namun pada signifikansi yang berbeda. Signifikansi metode Kolmogorov-Smirnov menggunakan tabel pembandingan yaitu Tabel Kolmogorov Smirnov, sedangkan metode Lilliefors menggunakan tabel pembandingan yaitu Tabel Lilliefors. Persyaratan Uji Kolmogorov Smirnov adalah:

$$\begin{array}{ll} H_0 : \mu_1 - \mu_2 = d_0 & H_1 : \mu_1 - \mu_2 < d_0 \\ H_0 : \mu_1 - \mu_2 = d_0 & H_1 : \mu_1 - \mu_2 > d_0 \\ H_0 : \mu_1 - \mu_2 = d_0 & H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq d_0 \end{array}$$

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - d_0}{s_p \cdot \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}; v = n_1 + n_2 - 2,$$

instrumen dalam suatu penelitian. Berdasarkan hasil dari uji coba instrumen, maka diperoleh data validitas dan reliabilitas.

### Uji Validitas

Menurut Sugiyono (2017:121), "Instrumen yang valid berarti berarti instrumen tersebut dapat digunakan untuk mengukur apa yang seharusnya diukur". Koefisien validitas butir soal dapat dicari dengan menggunakan rumus hubungan *Product Moment* yang adalah sebagai berikut:

karena instrumen tersebut sudah baik". Untuk mengukur tingkat keajegan soal ini digunakan perhitungan Alpha Cronbach dengan rumus KR 20 menurut Arikunto, Suharsimi (2013:230) yaitu:

- Data berskala interval atau ratio (kuantitatif)
- Data tunggal / belum dikelompokkan pada tabel distribusi frekuensi
- Dapat untuk n besar maupun n kecil.

### Uji Beda Rata-rata Dua Populasi

Uji terhadap beda dua rata-rata populasi untuk ukuran sampel (n) kecil dan  $\sigma_1 = \sigma_2$  tetapi tidak diketahui dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Daerah Kritis : } t < -t_\alpha$$

$$\text{Daerah Kritis : } t > t_\alpha$$

$$\text{Daerah Kritis : } t < -t_{\alpha/2} \text{ dan } t > t_{\alpha/2}$$

$n < 30$ ,  $\sigma_1 = \sigma_2$  tetapi tidak diketahui dan  $n_1 + n_2 - 2 < 30$ , sedangkan:

$$s_p = \frac{(n_1 - 1).s_1^2 + (n_2 - 1).s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Press Shop merupakan ruangan pertama dimana material yang masih berbentuk lempengan besi dicetak hingga membentuk komponen seperti pintu, sasis, lantai, hingga atap mobil. Pabrik ini memiliki empat alat cetak bertekanan tinggi dan memiliki berat mulai 1.000 ton sampai 2.000 ton. Setelah dicetak, lempengan besi

yang sudah berbentuk itu dipindahkan ke ruang selanjutnya yaitu Body Shop. Tetapi sebelum masuk dilakukan pemeriksaan terlebih dahulu menggunakan metode random dengan mengambil satu sampel saja, tidak semuanya menjalani pemeriksaan.



**Gambar 1 Lini Body Shop Pabrik Otomotif**

Sumber: Wuling Motors

### Lini Body Shop (Welding).

Part hasil proses stamping digabungkan dengan cara dilas. Kebanyakan proses pengelasan dikerjakan dengan robot, walaupun ada juga part yang dilas secara manual. Body Shop dirancang untuk menyatukan seluruh komponen rangka dan bodi dengan proses welding yang akurat. Untuk menyatukan beragam komponen, di Body Shop digunakan proses welding dengan pengukuran 3-dimensi melalui *Coordinate Measuring Machine* (CMM). Pembuatan body kendaraan dimulai dengan pembentukan beberapa jenis sub assy panel sampai menjadi panel utuh.

Pembentukan dilakukan dengan menggunakan peralatan welding gun dengan metode las titik (*spot welding*), las brazing (*oxy-acetilene*), las argon dan las CO<sub>2</sub>, selain itu terdapat pula proses hamming (pelipatan sisi plat untuk jenis pintu).

### Peralatan Fasilitas Lini Body Shop

Peralatan body shop yang dimiliki PT MWM antara lain Robot R200Oib (Robot Weld), Robot M200iB ( Robot hand), Manual Welding Gun, Multifunctional Soldering Machine, Barcode Printer, Material Lifter, Hemming / Press machine dan lain-lain. Daftar lengkap peralatan body shop dapat dilihat pada tabel 2.

**Tabel 2 Daftar Peralatan pada Fasilitas Produksi Body Shop**

No.	Item	Jumlah	Spare Part	
1	Robot R200Oib (Robot Weld)	7	1	Set
2	Robot M200iB ( Robot hand)	1		Set
3	EMS	5		Set
4	Portable Spot Welding (PSW)	156		Set
5	Manual Welding Gun	243		Set
6	Multifunctional Repair Welder	8		set
7	Multifunctional Soldering Machine	4		set
8	Stud Welder	4		Set
9	Autoweld	6		Set
10	Co2 Arc Weld	20		Set
11	EQ Welder split type	9		Set
12	EQ Welding GUN	60		Set
13	Material Lifter	14		set
14	Hemming / Press machine	10		set

Data frekuensi kerusakan fasilitas body shop untuk periode Januari sampai dengan Desember 2021 bagi fasilitas

dengan frekuensi kerusakan enam terbesar diuraikan seperti terlihat pada tabel 3.

**Tabel 3 Data Frekuensi Kerusakan Peralatan Fasilitas Lini Body Shop**

No.	Nama Fasilitas	Frekuensi Kerusakan
1	Manual Welding Gun	13
2	EQ Welding Gun	10
3	CO <sub>2</sub> Arc Welding	9
4	Portable Spot Welding (PSW)	8
5	Hemming / Press machine	6
6	Material Lifter	5
<b>Jumlah</b>		<b>51</b>

Tahap pertama yang dilakukan dalam pengolahan data ini adalah penentuan fasilitas body shop yang kritis. Total downtime dari masing-masing fasilitas dapat diketahui dari data kerusakan fasilitas body shop dari bulan Januari sampai dengan Desember 2021. Penentuan fasilitas yang kritis ditentukan

dengan menghitung besarnya persentase downtime kerusakan masing-masing fasilitas body shop. Fasilitas yang kritis adalah fasilitas body shop dengan persentase downtime terbesar. Persentase downtime kerusakan fasilitas manual welding gun adalah sebesar 31,37%.

**Tabel 4 Persentase Downtime Kerusakan Fasilitas Body Shop**

No.	Nama Fasilitas	Downtime (Menit)	Persentase Downtime	Persentase Downtime Kumulatif
1	Manual Welding Gun	1010	31,37	31,37
2	EQ Welding Gun	580	18,01	49,38
3	CO <sub>2</sub> Arc Welding	470	14,60	63,98
4	Hemming / Press Machine	440	13,66	77,64
5	Portable Spot Welding	380	11,80	89,44
6	Material Lifter	340	10,56	100,00
<b>Jumlah</b>		<b>3220</b>	<b>100,00</b>	

Perhitungan nilai keandalan dilakukan pada enam peralatan pada lini body shop. Untuk menghitung nilai keandalan diperlukan mean time between

failure dari masing-masing peralatan. MTTR dan MTBF dari keenam peralatan fasilitas lini body shop dapat dilihat pada tabel 5.

**Tabel 5 MTTR dan MTBF Enam Peralatan Fasilitas Lini Body Shop**

No.	Nama Fasilitas	MTTR (Menit)	MTBF (Jam)
1	Manual Welding Gun	77,69	240,13
2	EQ Welding Gun	58,00	276,50
3	CO <sub>2</sub> Arc Welding	52,22	344,56
4	Hemming / Press Machine	73,33	505,20
5	Portable Spot Welding	47,50	413,71
6	Material Lifter	68,00	746,38

**Keandalan Manual Welding Gun**

$$R(t) = e^{-\frac{t}{MTBF}}$$

Keandalan manual welding gun pada t = 50 jam dan MTBF = 240,13 jam adalah sebagai berikut:

$$R(50) = e^{-\frac{50}{240,13}} = e^{-0,208} = 0,8120 = 81,20\%$$

Hasil nilai keandalan manual welding gun untuk waktu operasi selama 50 jam, 100 jam, 150 jam, 200 jam, 250 jam dan 300 jam adalah seperti terlihat pada tabel 6.

**Tabel 6 Nilai Keandalan Fasilitas Manual Welding Gun untuk Beberapa Skenario Waktu Operasi**

No.	Waktu Operasi (t) (Jam)	Nilai Keandalan	
1	50	0,8120	81,20%
2	100	0,6594	65,94%
3	150	0,5354	53,54%
4	200	0,4348	43,48%
5	250	0,3531	35,31%
6	300	0,2867	28,67%

**Perhitungan Availability Fasilitas Lini Body Shop**

Availability fasilitas body shop dihitung menggunakan rumus berikut:

$$A = \frac{Loading\ Time - Down\ Time}{Loading\ Time} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Availability (A) manual welding gun dihitung sebagai berikut:

$$A = \frac{240,13}{240,13 + 1,29} = \frac{240,13}{241,42} = 0,9946 = 99,46\%$$

**Tabel 7 Hasil Perhitungan MTTR, MTBF dan Availability Fasilitas Body Shop**

No.	Nama Fasilitas	MTTR (Menit)	MTTR (Jam)	MTBF (Jam)	Availability (A)
1	Manual Welding Gun	77,69	1,29	240,13	0,9946
2	EQ Welding Gun	58,00	0,97	276,50	0,9965
3	CO <sub>2</sub> Arc Welding	52,22	0,87	344,56	0,9975
4	Hemming / Press Machine	73,33	1,22	505,20	0,9976
5	Portable Spot Welding	47,50	0,79	413,71	0,9981
6	Material Lifter	68,00	1,13	746,38	0,9985

### Uji Validitas Instrumen Penelitian Sistem Pemeliharaan Peralatan Lini Body Shop

Hasil pengolahan uji validitas penelitian sistem pemeliharaan peralatan

lini body shop dapat dilihat pada tabel 8 Pengolahan data instrumen penelitian menggunakan IBM SPSS Statistics 25

**Tabel 8 Hasil Uji Validitas Instrumen Sistem Pemeliharaan**

		Total			Total
p <sub>1</sub>	Pearson Correlation	,558 <sup>*</sup>	p <sub>11</sub>	Pearson Correlation	,826 <sup>**</sup>
	Sig. (2-tailed)	,011		Sig. (2-tailed)	,000
	N	20		N	20
p <sub>2</sub>	Pearson Correlation	,713 <sup>**</sup>	p <sub>12</sub>	Pearson Correlation	,680 <sup>**</sup>
	Sig. (2-tailed)	,000		Sig. (2-tailed)	,001
	N	20		N	20
p <sub>3</sub>	Pearson Correlation	,676 <sup>**</sup>	p <sub>13</sub>	Pearson Correlation	,590 <sup>**</sup>
	Sig. (2-tailed)	,001		Sig. (2-tailed)	,006
	N	20		N	20
<b>p<sub>4</sub></b>	<b>Pearson Correlation</b>	<b>,248</b>	p <sub>14</sub>	Pearson Correlation	,617 <sup>**</sup>
	<b>Sig. (2-tailed)</b>	<b>,291</b>		Sig. (2-tailed)	,004
	<b>N</b>	<b>20</b>		N	20
p <sub>5</sub>	Pearson Correlation	,683 <sup>**</sup>	p <sub>15</sub>	Pearson Correlation	,842 <sup>**</sup>
	Sig. (2-tailed)	,001		Sig. (2-tailed)	,000
	N	20		N	20
p <sub>6</sub>	Pearson Correlation	,578 <sup>**</sup>	p <sub>16</sub>	Pearson Correlation	,516 <sup>*</sup>
	Sig. (2-tailed)	,008		Sig. (2-tailed)	,020
	N	20		N	20
p <sub>7</sub>	Pearson Correlation	,540 <sup>*</sup>	<b>p<sub>17</sub></b>	<b>Pearson Correlation</b>	<b>,347</b>
	Sig. (2-tailed)	,014		<b>Sig. (2-tailed)</b>	<b>,134</b>
	N	20		<b>N</b>	<b>20</b>
p <sub>8</sub>	Pearson Correlation	,731 <sup>**</sup>	p <sub>18</sub>	Pearson Correlation	,557 <sup>*</sup>
	Sig. (2-tailed)	,000		Sig. (2-tailed)	,011
	N	20		N	20
p <sub>9</sub>	Pearson Correlation	,618 <sup>**</sup>	p <sub>19</sub>	Pearson Correlation	,520 <sup>*</sup>
	Sig. (2-tailed)	,004		Sig. (2-tailed)	,019
	N	20		N	20
p <sub>10</sub>	Pearson Correlation	,751 <sup>**</sup>	P <sub>20</sub>	Pearson Correlation	,885 <sup>**</sup>
	Sig. (2-tailed)	,000		Sig. (2-tailed)	,000
	N	20		N	20

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

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Hasil uji validitas menunjukkan adanya dua pernyataan yang tidak valid yaitu pernyataan keempat dan ketujuh belas karena nilai signifikansi sebesar 0,291 dan 0,134 yang lebih besar dari nilai batas signifikansi 0,05. Berdasarkan hasil uji validitas, maka uji reliabilitas hanya akan diujikan pada kedelapan belas pernyataan.

### Uji Reliabilitas Instrumen Penelitian Sistem Pemeliharaan Peralatan Lini Body Shop

Hasil pengolahan uji reliabilitas terhadap instrumen penelitian sistem pemeliharaan peralatan lini body shop dapat dilihat pada tabel 9 Pengolahan data instrumen penelitian menggunakan IBM SPSS Statistics 25.



**Tabel 9 Hasil Uji Reliabilitas Instrumen Penelitian Sistem Pemeliharaan Lini Body Shop**

**Reliability Scale: All Variables  
Case Processing Summary**

		N	%
Cases	Valid	20	100,0
	Excluded <sup>a</sup>	0	,0
	Total	20	100,0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

**Reliability Statistics**

Cronbach's Alpha	N of Items
,748	19

Reliability  
/variables=total p1 p2 p3 p5 p6 p7 p8 p9 p10 p11 p12 p13 p14 p15 p16 p18 p19 p20 p4 p17  
/scale('all variables') all  
/model=alpha.

Hasil uji reliabilitas menunjukkan adanya keandalan dari sembilan belas pernyataan yang digunakan dalam kuesioner sistem pemeliharaan lini body shop. Nilai reliabilitas Cronbach's Alpha sebesar 0,748 menunjukkan derajat reliabilitas tinggi.

**Uji Normalitas Data Sistem Pemeliharaan Lini Body Shop**

Uji Normalitas Kondisi Aktual Sistem Pemeliharaan Lini Body Shop dan Kondisi yang Diharapkan Sistem Pemeliharaan Lini Body Shop Menggunakan One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test dapat dilihat pada tabel 10 dan tabel 11.

**Tabel 10 Uji Normalitas Kondisi Aktual Sistem Pemeliharaan Lini Body Shop Menggunakan One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

		Aktual
N		45
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	55,8222
	Std. Deviation	7,48419
Most Extreme Differences	Absolute	,140
	Positive	,140
	Negative	-,104
Test Statistic		,140
Asymp. Sig. (2-tailed)		,028 <sup>c</sup>

a. Test distribution is Normal.  
b. Calculated from data.  
c. Lilliefors Significance Correction.

**Tabel 11 Uji Normalitas Kondisi yang Diharapkan Sistem Pemeliharaan Lini Body Shop Menggunakan One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

		Harapan
N		45
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	69,5556
	Std. Deviation	7,13046
Most Extreme Differences	Absolute	,116
	Positive	,116
	Negative	-,107
Test Statistic		,116
Asymp. Sig. (2-tailed)		,151 <sup>c</sup>

a. Test distribution is Normal.  
b. Calculated from data.  
c. Lilliefors Significance Correction.

**Uji Beda Rata-rata antara Kondisi Aktual dan Kondisi yang Diharapkan Sistem Pemeliharaan Lini Body Shop**

Hasil uji beda rata-rata antara kondisi aktual dan kondisi yang diharapkan sistem pemeliharaan lini body shop dapat dilihat pada tabel 12.

**Tabel 12 Uji Beda antara Kondisi yang Diharapkan dan Kondisi Aktual Sistem Pemeliharaan Lini Body Shop**

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Harapan	69,5556	45	7,13046	1,06295
	Aktual	55,8222	45	7,48419	1,11568

  

Paired Samples Correlations				
		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Harapan & Aktual	45	,974	,000

  

Paired Samples Test									
Paired Differences									
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference	t	df	Sig. (2-tailed)	
			n		Lower	Upper			
Pair 1	Harapan - Aktual	13,73333	1,69759	,25306	13,22332	14,24335	54,269	44	,000

Berdasarkan tabel 7 menunjukkan fasilitas body yang memiliki mean time to repair paling cepat adalah portable spot welding selama 47,50 menit, sedangkan yang paling lama adalah manual welding gun selama 77,69 menit. Mean time between failure yang paling singkat dimiliki oleh fasilitas manual welding gun selama

240,13 jam, sedangkan yang paling lama adalah material lifter selama 746,38 jam.

Berdasarkan tabel nilai keandalan tiap peralatan pada lini body shop untuk beberapa skenario waktu operasi dan waktu operasi selama 300 jam, nilai keandalan enam peralatan fasilitas body shop dapat dilihat pada tabel 13.

**Tabel 13 Nilai Keandalan Fasilitas Body Shop Berdasarkan Waktu Operasi 300 Jam**

No.	Nama Fasilitas	Waktu Operasi (Jam)	Nilai Keandalan
1	Manual Welding Gun	300	28,67%
2	EQ Welding Gun	300	33,79%
3	CO <sub>2</sub> Arc Welding	300	41,87%
4	Hemming Press Machine	300	55,22%
5	Portable Spot Welding	300	48,43%
6	Material Lifter	300	66,90%

Berdasarkan tabel nilai keandalan tiap peralatan pada lini body shop untuk beberapa skenario waktu operasi dan minimal nilai keandalan sebesar 64%,

penentuan periode preventive maintenance enam fasilitas body shop dapat dilihat pada tabel 14.

**Tabel 14 Waktu Operasi Fasilitas Body Shop dengan keandalan minimal 64%**

No.	Nama Fasilitas	Waktu Operasi (Jam)	Nilai Keandalan
1	Manual Welding Gun	100	65,94%
2	EQ Welding Gun	100	69,65%
3	CO <sub>2</sub> Arc Welding	150	64,70%
4	Hemming Press Machine	200	67,31%
5	Portable Spot Welding	150	69,59%
6	Material Lifter	300	66,90%

Berdasarkan hasil analisis sebelumnya, nilai keandalan peralatan lini body shop kondisi awal didasarkan pada waktu operasi yang sesuai dengan *mean time between failure (MTBF)*. Waktu operasi yang akan diusulkan untuk setiap peralatan didasarkan pada keandalan minimal 64%. Waktu operasi tersebut

sesuai dengan kelipatan 50 jam. Lima puluh jam operasi berarti lima hari kerja, di mana satu hari kerja beroperasi selama 10 jam. Hasil lengkap Perbandingan Waktu Operasi dan Nilai Keandalan antara Kondisi Awal (MTBF) dan Kondisi Usulan pada Peralatan Fasilitas Body Shop dapat dilihat pada tabel 15.

**Tabel 15 Perbandingan Waktu Operasi dan Nilai Keandalan antara Kondisi Awal (MTBF) dan Kondisi Usulan pada Peralatan Fasilitas Body Shop**

No.	Nama Fasilitas	Kondisi Awal (MTBF)		Kondisi Usulan	
		Waktu Operasi (Jam)	Nilai Keandalan	Waktu Operasi (Jam)	Nilai Keandalan
1	Manual Welding Gun	240,13	36,79%	100,00	65,94%
2	EQ Welding Gun	276,50	36,79%	100,00	69,65%
3	CO <sub>2</sub> Arc Welding	344,56	36,79%	150,00	64,70%
4	Hemming Press Machine	505,20	36,79%	200,00	67,31%
5	Portable Spot Welding	413,71	36,79%	150,00	69,59%
6	Material Lifter	746,38	36,79%	300,00	66,90%

Manual welding gun yang pada awalnya dipelihara secara korektif setiap 240 jam, diusulkan untuk dipelihara secara terjadwal setiap 100 jam sekali atau setiap sepuluh hari kerja sekali. Pemeliharaan terjadwal setiap 100 jam sekali diharapkan akan memberikan nilai keandalan peralatan sebesar 65,94%. EQ welding gun yang pada awalnya dipelihara secara korektif setiap 276,5 jam, diusulkan untuk dipelihara secara terjadwal setiap 100 jam sekali atau setiap sepuluh hari kerja sekali. Pemeliharaan terjadwal setiap 100 jam sekali diharapkan akan memberikan nilai keandalan peralatan tersebut sebesar 69,65%.

## KESIMPULAN

Kesimpulan merupakan jawaban terhadap permasalahan penelitian. Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa:

- a. Tingkat keandalan peralatan pada fasilitas body shop dengan waktu operasi selama 300 jam adalah

sebagai berikut: manual welding gun 28,67%, EQ welding gun 33,79%, CO<sub>2</sub> arc welding 41,87%, hemming press machine 55,22%, portable spot welding 48,43% dan material lifter 66,90%.

- b. Preventive maintenance peralatan penyusun fasilitas body shop dilaksanakan dengan mempertimbangkan nilai keandalan di atas 64% sehingga penjadwalannya adalah sebagai berikut: manual welding gun setiap 100 jam, EQ welding gun setiap 100 jam, CO<sub>2</sub> arc welding setiap 150 jam, hemming press machine setiap 200 jam, portable spot welding setiap 150 jam dan material lifter setiap 300 jam.
- c. Tingkat ketersediaan peralatan pada fasilitas lini body shop adalah sebagai berikut: manual welding gun 99,46%, EQ welding gun 99,65%, CO<sub>2</sub> arc welding 99,75%, hemming press machine 99,76%, portable spot welding 99,81% dan material lifter 99,85%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustiady, Tina Kanti, and Elizabeth A. Cudney, 2016, **Total Productive Maintenance, Strategies and Implementation Guide**, CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- Amrutha Hippalgaonkar, Ajinkya Joshi dan Surabhi More, 2021, **Application of Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) in Automated Spot Welding Process of an Automobile Industry: A Case Study**, *Journal of Engineering Education Transformations*, Volume 34, January 2021, Special issue, eISSN 2394-1707
- Birolini Alessandro, 2017, **Reliability Engineering Theory and Practice**, 8th Edition, Springer-Verlag GmbH Deutschland.
- Deb Dipankar, Dey Rajeeb and Balas Valentina E., 2019, **Engineering Research Methodology A Practical Insight for Researchers**, Springer Nature Singapore.
- Denton Tom, 2011, **Automobile Mechanical and Electrical Systems Automotive Technology: Vehicle Maintenance and Repair**, Published by Elsevier Ltd, Oxford.
- Devore Jay, 2012, **Probability and Statistics for Engineering and the Sciences**, Brooks/Cole, Cengage Learning, Boston.
- Díaz-Reza, José Roberto, Jorge Luis García-Alcaraz, Valeria Martínez-Loya, 2019, **Impact Analysis of Total Productive Maintenance Critical Success Factors and Benefits**, Springer Nature Switzerland AG.
- Genta Giancarlo, Morello Lorenzo, Cavallino Francesco, and Filtri Luigi, 2014, **The Motor Car Past, Present and Future**, Springer Science+Business Media Dordrecht.
- Gobetto, Marco, 2014, **Operations Management in Automotive Industries From Industrial Strategies to Production Resources Management, Through the Industrialization Process and Supply Chain to Pursue Value Creation**, Springer Science+Business Media Dordrecht.
- Jackson Sherri L., 2009, **Research Methods and Statistics A Critical Thinking Approach**, Third Edition, Cengage Learning, Wadsworth Belmont.
- Kumar, Uday, Alireza Ahmadi, Ajit Kumar Verma, Prabhakar Varde, 2016, **Current Trends in Reliability, Availability, Maintainability and Safety, An Industry Perspective**, Springer International Publishing Switzerland.
- Mobley R. Keith, Lindley R. Higgins and Darrin J. Wikoff, 2008, **Maintenance Engineering Handbook**, Seventh Edition, Mc Graw Hill, New York
- Prasmoro Alloysius Vendhi, 2020, **Analisa Sistem Perawatan pada Mesin Las MIG dengan metode Failure Mode and Effect Analysis: Studi kasus di PT. TE**, *Operations Excellence*, Volume 12, Nomor , UMB, Jakarta. 13-27
- Putri Oktalisa P, Matondang Nazaruddin , dan Ishak Aulia . 2013. **Perancangan Sistem Perawatan Mesin Dengan Pendekatan Reliability Engineering dan Maintenance Value Stream Mapping (MVSM) Pada PT XXX**. *E-Jurnal Teknik Industri FT USU*. III(1).
- Singgih M L, Prasetyawan Y, Sutikno, Hartanto D, Kurniawan F R, dan W T Wicaksana, 2018, **Maintenance Management Improvement Based On Reliability Centered Maintenance II in Energy Generating Industries**, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 528 (2019) 012054 ISIEM IOP Publishing
- Supriyanto H, Kurniati N, dan Supriyanto MFR, 2021, **Maintenance Performance Evaluation of an RCM Implementation: A Functional Oriented Case Study**, Jilid 10, Terbitan 12, *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*.
- Ulugbeka Fayzimatov, Buyuna Sheng, Zhenga Xiao and Ismaela Toure, 2018, **A Reliability-Based Preventive Maintenance Methodology for The Projection Spot Welding Machine**, Growing Science, Canada.