

METODE *RISK-BASED INSPECTION* (RBI) PADA ANALISIS RISIKO KOMPONEN KRITIK *HYDRAULIC AXIAL PUMP 2000 LPS*

* Fadel Muhammad Diwonsyah¹, Gunawan Dwi Haryadi², Ismoyo Haryanto²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: fadelmuhammaddiowans@students.undip.ac.id

Abstrak

Metode Inspeksi Berbasis Risiko (RBI) pada analisis komponen kritis pomp 2000 LPS, metode RBI digunakan untuk menentukan jadwal inspeksi berdasarkan tingkat risiko komponen dalam sistem, metode ini mengidentifikasi komponen yang memiliki potensi korosi lebih tinggi dan menentukan jadwal perawatan sesuai. Dalam analisis pomp 2000 LPS, metode RBI menunjukkan bahwa 3 komponen memiliki nilai risiko tinggi, 11 komponen memiliki nilai risiko sedang, dan 8 komponen memiliki nilai risiko rendah. Metode RBI digunakan untuk menentukan jadwal perawatan tangki TK-5203 dengan interval 10 tahun dari data terakhir inspeksi. Metode RBI menggunakan dokumen sumber daya API 581 sebagai dasar untuk menentukan tingkat risiko, metode, dan penjadwalan inspeksi. Hasil analisis menunjukkan bahwa pipa dengan diameter 0,75", 2", dan 3" memiliki tingkat risiko rendah dan tidak perlu dilakukan inspeksi selanjutnya, tetapi dilakukan reparasi. Pipa dengan diameter 4" memiliki tingkat risiko sedang dan harus segera dilakukan reparasi karena ketebalan dinding yang kurang.

Ringkasan: Metode RBI digunakan untuk mengidentifikasi komponen yang memiliki potensi korosi lebih tinggi dan menentukan jadwal perawatan berdasarkan tingkat risiko komponen dalam sistem.

Kata kunci: *hydraulic axial pump; mttf; periodic maintenance; reliability; risk based inspection*

Abstract

Risk-Based Inspection (RBI) method on critical component analysis of hydraulic axial pump 2000 LPS, the RBI method is used to determine the inspection schedule based on the risk level of a component in a system, it identifies components with a higher potential for corrosion and determines the maintenance schedule accordingly. In the analysis of the hydraulic axial pump 2000 LPS, the RBI method shows that 3 components have high risk values, 11 components have medium risk values, and 8 components have low risk values. The method is used to determine the maintenance schedule for tank TK-5203 with a 10-year interval from the last inspection data. The RBI method uses the API 581 Base Resource Document as a basis for determining risk levels, methods, and inspection scheduling. The results show that pipes with diameters of 0.75", 2", and 3" have low risk levels and do not require further inspection, but rather repair. Pipes with a diameter of 4" have medium risk levels and must be repaired immediately due to the thin wall. In summary, the RBI method is used to identify components with a higher potential for corrosion and determine the maintenance schedule based on the risk level of a component in a system.

Keywords: *hydraulic axial pump; mttf; periodic maintenance; reliability; risk based inspection*

1. Pendahuluan

Pompa adalah suatu jenis mesin yang digunakan untuk memindahkan fluida dari suatu tempat yang rendah ketempat yang lebih tinggi atau dari tempat yang bertekanan lebih rendah menuju tempat yang bertekanan lebih tinggi. Dimana dalam memindahkan fluida membutuhkan gaya untuk mengatasi perbedaan tekanan tertentu [1]. Dalam memastikan bahwa suatu pompa dapat beroperasi secara efisien dan optimal, diperlukan sistem perawatan yang efektif karena kinerja produksi sangat dipengaruhi oleh tingkat perawatan yang diterapkan. Perawatan, yang sering disebut sebagai pemeliharaan, adalah tindakan yang dilakukan untuk memastikan bahwa kondisi suatu fasilitas (termasuk mesin, peralatan, dan sistem) tetap dalam kondisi di mana sistem tersebut dapat berfungsi dengan baik. Ini melibatkan upaya untuk membatasi dan mengatasi kerusakan yang mungkin terjadi pada sistem tersebut [2]. Analisis kegagalan adalah langkah pemeriksaan kegagalan atau kerusakan pada suatu bagian, yang mencakup keadaan dan kondisi kegagalan atau kerusakan tersebut, sehingga dapat diidentifikasi sumber kegagalan atau kerusakan pada bagian tersebut [3]. Sehubungan dengan adanya kegagalan yang terjadi pada pompa maka perlu dilakukan analisis terhadap komponen yang terdapat pada pompa sehingga dapat mengidentifikasi bagaimana pompa mengalami kegagalan. Metode yang digunakan dalam menganalisis kegagalan pada poros dan bearing pompa digunakan metode Risk Based Inspection (RBI).

Risk Based Inspection (RBI) adalah metode untuk menentukan program atau rencana inspeksi berdasarkan risiko kegagalan dan akibat konsekuensi kegagalan suatu peralatan. Risiko RBI didefinisikan sebagai hasil kombinasi antara *probability of failure* dengan *consequence of failure*. RBI dapat mengklasifikasikan yang berisiko tinggi, sedang dan rendah, dan kemudian memfokuskan pemeriksaan pada risiko tinggi [4]. Salah satu usaha mendasar untuk merencanakan kegiatan maintenance adalah dengan cara memberikan perlakuan dan perhatian khusus terhadap komponen-komponen kritis pada suatu fasilitas atau peralatan. Komponen kritis merupakan kondisi dari suatu komponen yang berpotensi untuk mengalami kerusakan yang dapat mempengaruhi keandalan operasi unit *system* [5]. Suatu komponen dari sebuah fasilitas atau peralatan dapat dinyatakan sebagai komponen kritis apabila komponen tersebut bila rusak dapat mengancam keselamatan atau membahayakan kesehatan dari operator, kerusakan komponen tersebut dapat mempengaruhi kualitas dari produk yang dihasilkan dan juga menyebabkan kemacetan produksi, serta biaya investasi terhadap komponen tersebut cukup mahal [6]. *Mean time to failure* rata-rata kegagalan atau nilai yang diharapkan dari distribusi kegagalan suatu komponen atau sistem [7]. Hal ini berbeda dengan *Risk-Based Inspection* (RBI) adalah metode pengendalian berbasis risiko dimana bahaya menjadi dasar untuk menentukan prioritas dan mengelola program pengendalian. Dalam instalasi operasional, persentase yang relatif besar dikaitkan dengan risiko kelompok peralatan.

Dalam pelaksanaannya, RBI menggunakan pendekatan kuantitatif, kualitatif, dan semi kuantitatif. Ketiga pendekatan ini tidak saling bersaing, namun saling melengkapi. Misalnya, pendekatan kualitatif yang canggih digunakan untuk menemukan entitas dengan risiko tertinggi. Ketiga pendekatan/metode tersebut merupakan hubungan kualitatif dan kuantitatif dengan hubungan ekstrim dengan ketiga pendekatan semi kualitatif tersebut [8]. Untuk *downtime* adalah waktu yang diperlukan suatu mesin untuk mengalami kerusakan dan dihentikan hingga waktu perbaikan dan mesin tersebut siap digunakan kembali. *Downtime* mesin dapat terjadi apabila terdapat permasalahan pada peralatan seperti kerusakan yang dapat menghambat kinerja secara keseluruhan termasuk kualitas produk yang dihasilkan atau kecepatan produksi sehingga diperlukan waktu tertentu untuk mengembalikan peralatan agar dapat berfungsi kembali barang ke kondisi aslinya [9].

Berdasarkan uraian di atas bisa menentukan komponen yang termasuk komponen kritis pada *Hydraulic Axial Pump* 2000 LPS, mengidentifikasi kerusakan komponen kritis menggunakan *riskbased inspection*, dan Menentukan *periodic Maintenance* komponen pada *Hydraulic Axial Pump* 2000 LPS.

2. Bahan dan Metode Penelitian

Waktu yang diperlukan untuk melakukan penelitian ini adalah 6 Bulan, kegiatan ini dilakukan di berbagai tempat yaitu Reliability Analysis & Engineering Measurement Laboratory, Universitas Diponegoro, Rumah Pompa Pasar Waru, Kota Semarang, Jawa Tengah. Pada penelitian ini dipilih oleh para peneliti karena metode ini menjelaskan kondisi dari suatu peristiwa dan fenomena dengan pengamatan yang dilakukan. Pada kesempatan kali ini, penulis mengamati kondisi dari *Hydraulic Driven Axial Pump* berkapasitas 2000 liter per detik.

2.1 Studi Literatur dan Lapangan

Studi literatur merupakan metode yang digunakan untuk memperoleh informasi berdasarkan sumber-sumber yang relevan sebagai dasar acuan pada pelaksanaan penelitian. Studi literatur dilakukan dengan mencari literasi mengenai *reability* pada komponen kritis suatu pompa. Selain itu, untuk memperoleh informasi lebih lanjut mengenai pompa dan *reability*. Sedangkan studi lapangan merupakan kajian yang dilakukan berdasarkan fakta aktual yang terjadi di lapangan. Dalam pelaksanaannya, studi lapangan akan dilakukan bersama mitra industri dalam melaksanakan survei lapangan mengenai pengoperasian pompa *hydraulic axial*. Selain itu, informasi dan data mengenai spesifikasi dan data kerusakan pompa *hydraulic axial* dapat diperoleh dari mitra industri yang telah berpengalaman di bidang tersebut.

2.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan fungsi dari *hydraulic driven axial pump*, yaitu unit yang berguna untuk memindahkan banjir serta genangan-genangan yang berada di kotakota besar dan salah satunya Kota Semarang, Jawa Tengah. Salah satu upaya untuk mencegah dan mengurangi dampak banjir adalah menyiapkan satu unit pompa dengan kapasitas besar yang dapat mengisap air yang tergenang dengan cepat. Jika unit tersebut tidak beroperasi secara maksimal maka akan sangat mengganggu proses penyerapan air-air tersebut yang menggenang dan mendatangkan bencana banjir serta sangat merugikan banyak pihak terutama karena dapat melumpuhkan kegiatan ekonomi masyarakat di sekitar wilayah yang terdampak banjir.

Gejala yang timbul pada *hydraulic driven axial pump* tidak beroperasi secara maksimal adalah penanganan terhadap kerusakan unit yang tidak cepat pada saat terhentinya proses produksi secara tiba-tiba karena adanya unit yang mengalami gangguan. Berdasarkan gejala ini maka dapat diidentifikasi bahwa sistem perawatan terencana yang belum ada penerapannya pada perusahaan ini terlihat dari kerusakan mesin yang terjadi secara tiba-tiba serta perbaikan unit dan peralatan dilakukan setelah adanya kerusakan (*correction maintenance*).

2.3 Objek Penelitian

Objek yang diteliti adalah komponen *hydraulic driven axial pump* berkapasitas 2000 liter per detik sebanyak 2 unit yang berperan vital dalam kelancaran proses permesinan di Rumah Pompa Pasar Waru, Kota Semarang, Jawa Tengah. Alasan

pemilihan hydraulic driven axial pump karena unit ini memiliki peranan besar, hal ini terlihat dari fungsi hydraulic driven axial pump adalah suatu unit yang vital untuk memindahkan banjir serta genangan-genangan yang ada di wilayah Kota Semarang khususnya di daerah Semarang Timur, jika unit ini mengalami breakdown maka akan sangat mengganggu proses permesinan dan sangat merugikan perusahaan, masyarakat Kota Semarang, serta pemerintah Kota Semarang.

2.4 Metode Pengujian

Metode atau langkah-langkah yang dilakukan dalam proses pengujian pada hydraulic driven axial pump berkapasitas 2000 liter per detik adalah sebagai berikut. Mempersiapkan alat dan bahan, melakukan pengukuran pada diameter pipa, melakukan proses input kondisi kerja, metode yang digunakan, ukuran pipa, material pipa, dan material fluida pada flowmeter. Data yang didapatkan dari hasil pengujian pompa hydraulic driven axial berkapasitas 2000 liter per detik tersebut kemudian akan dibuat ke dalam bentuk grafik. Data ini menampilkan performa yang harus mampu dicapai oleh *hydraulic driven axial pump* berkapasitas 2000 liter per detik bila bekerja dalam kondisinya.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengumpulan Data Kerusakan Pompa

Salah satu penyebabnya ialah terjadinya kerusakan pada komponen-komponen pada pompa sehingga data kerusakan dianalisis untuk mengetahui komponen kritis pada pompa. Pengumpulan data dilakukan dengan melakukan observasi dan wawancara langsung di lapangan. Data yang diperoleh oleh penulis berupa data kerusakan komponen mesin dari catatan waktu pemakaian setiap komponen *hydraulic driven axial pump* dengan kapasitas 2000 liter per detik. Adapun data kerusakan komponen *hydraulic axial pump* kapasitas 2000 liter per detik dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah.

Tabel 1. Data Kerusakan Komponen *Hydraulic Driven Axial Pump* 2000 LPS

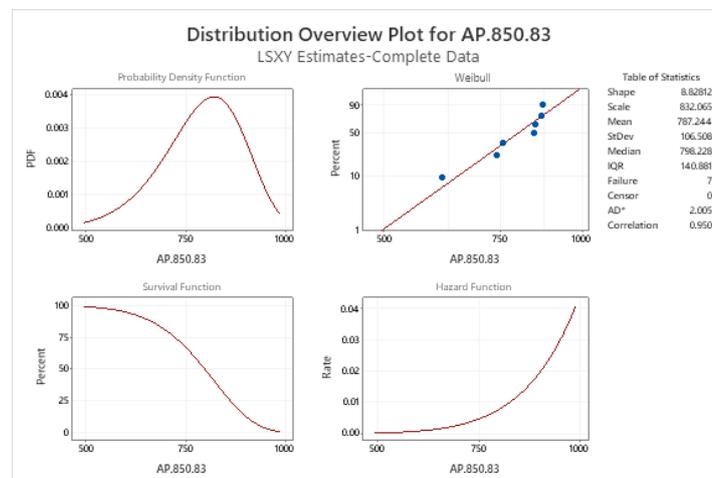
No	Part Number	Part	Frekuensi Kerusakan
1	AP.850.83	Hose	7
2	AP.850.85	Hose	7
3	AP.850.86	Hose	7
4	AP.850.84	Hose	5
5	AP.850.87	Hose	5
6	AP.850.88	Hose	5
7	AP.850.70	Oil Seal	3
8	AP.850.6	Seal Ring	3
9	AP.850.33	Seal Ring	3
10	AP.850.38	Carbon Brush	3
11	AP.850.60	O - Ring	2
12	AP.850.75	O - Ring	2
13	AP.850.76	O - Ring	2
14	AP.850.80	O - Ring	2
15	AP.850.43	Out Ring	2
16	AP.850.44	Wear Ring	2
17	AP.850.42	Bellmouth	2
18	AP.850.20	Bearing	2
Total			64

3.2 Perhitungan manual Nilai MTTF (*Mean Time to Failure*) pada Pompa

Mean time to failure rata-rata kegagalan atau nilai yang diharapkan dari distribusi kegagalan suatu komponen atau sistem [10]. Untuk mendapatkan distribusi yang sesuai untuk komponen Hose – AP.850.83 adalah Distribusi *Weibull* dengan parameter bentuk (β) dan parameter skala (θ) maka perhitungan nilai MTTF pada komponen tersebut adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\beta &= 8,82821 \\ \theta &= 832,065 \\ \text{MTTF} &= \theta \Gamma(1+1/\beta) \\ \text{MTTF} &= 832,065 \Gamma(1+1/8,8281) \\ \text{MTTF} &= 832,065 \Gamma(1,11) \\ \Gamma(1,11) &= 0,946133 \\ \text{MTTF} &= 832,065 \times 0,946133 \\ \text{MTTF} &= 787,244 \text{ jam}\end{aligned}$$

Maka nilai MTTF dari komponen hose – AP.850.83 adalah 787,244 jam. Grafik probability plot komponen tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.3.



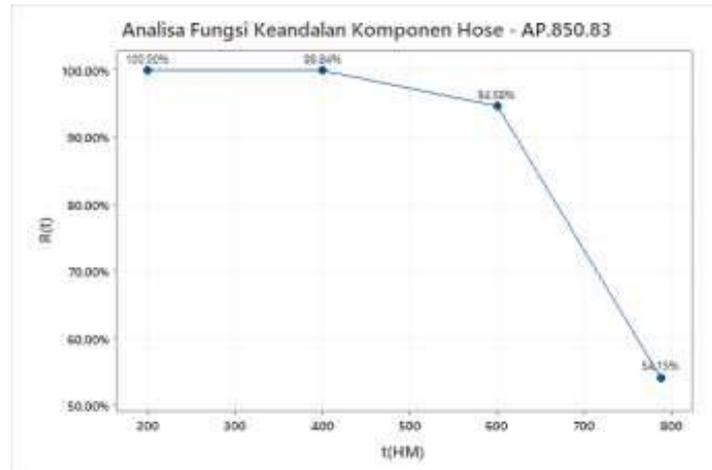
Gambar 1 Grafik Probability Hose – AP.850.83

3.3 Analisis Fungsi *Reliability* Kerusakan Komponen

Dilakukan analisis fungsi keandalan untuk mengetahui nilai keandalan dari masing-masing komponen. Berdasarkan pengujian (*goodness of fit*) sebelumnya maka didapatkan dua probability plot yang paling sesuai dengan data-data kerusakan yang ada, yaitu Distribusi Weibull dan Distribusi Lognormal. Melalui hasil analisis perhitungan maka didapatkan nilai *reliability* dari hose – AP.850.83 adalah 0,5415 atau 54,15% pada saat berada di MTTF 787,244 jam. Kemudian dilakukan perhitungan nilai *reliability* untuk beberapa HM (Hour Meter)

$$\begin{aligned}\beta &= 8,82821 \\ \theta &= 832,065 \\ \text{MTTF} &= 787,244 \text{ jam} \\ R(t) &= e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \\ R(787,244) &= \exp - \left(\frac{787,244}{832,065}\right)^{8,82821} \\ R(787,244) &= 0,5415\end{aligned}$$

Melalui hasil analisis perhitungan maka didapatkan nilai *reliability* dari hose – AP.850.83 adalah 0,5415 atau 54,15% pada saat berada di MTTF 787,244 jam. Kemudian data nilai *reliability* yang terdapat pada Tabel 4.13 dibuat ke dalam bentuk grafik. Grafik nilai *reliability* untuk komponen hose – AP.850.83 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Analisa Fungsi Keandalan Komponen *Hose* – AP.850.83

3.4 Penyusunan *Periodic Maintenance* Komponen Kritis

Salah satu tujuan utama dari kegiatan *maintenance* adalah menjaga kesiapan (*readiness*) suatu alat agar dapat tetap menjalankan fungsinya secara optimal agar terhindar dari kerusakan secara tiba-tiba. Jadwal *periodic maintenance* dibuat untuk menentukan kegiatan perawatan yang dilakukan secara berkala dalam suatu jangka waktu tertentu pada setiap komponen kritis dan komponen lainnya yang mengalami kerusakan berdasarkan nilai MTTF masing-masing komponen.

Penentuan jangka waktu *periodic maintenance* dapat dilakukan berdasarkan interval waktu dan lamanya jam kerja mesin pompa tersebut. Jadwal *periodic maintenance* untuk masing-masing komponen pada *hydraulic driven axial pump* dengan kapasitas 2000 liter per detik dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Jadwal *Periodic Maintenance* Komponen Berdasarkan MTTF

No	Part Number	Part	MTTF	Interval Pergantian
1	AP.850.83	<i>Hose</i>	787.244	750
2	AP.850.85	<i>Hose</i>	787.244	750
3	AP.850.86	<i>Hose</i>	787.244	750
4	AP.850.84	<i>Hose</i>	962.637	950
5	AP.850.87	<i>Hose</i>	962.637	950
6	AP.850.88	<i>Hose</i>	962.637	950
7	AP.850.70	<i>Oil Seal</i>	1224.09	1200
8	AP.850.6	<i>Seal Ring</i>	1224.09	1200
9	AP.850.33	<i>Seal Ring</i>	1224.09	1200
10	AP.850.38	<i>Carbon Brush</i>	1426.03	1400
11	AP.850.60	<i>O - Ring</i>	1826.57	1800
12	AP.850.75	<i>O - Ring</i>	1826.57	1800
13	AP.850.76	<i>O - Ring</i>	1826.57	1800
14	AP.850.80	<i>O - Ring</i>	1826.57	1800
15	AP.850.43	<i>Out Ring</i>	1826.57	1800
16	AP.850.44	<i>Wear Ring</i>	1826.57	1800
17	AP.850.42	<i>Bellmouth</i>	2204.11	2200
18	AP.850.20	<i>Bearing</i>	2626.83	2600

4. Kesimpulan

Pemilihan komponen kritis dengan menggunakan metode critical analysis melalui pembobotan (*weighting factor*) menghasilkan 6 komponen kritis dari total 18 komponen yang mengalami kerusakan. Berdasarkan Risk Based Inspection terdapat faktor penyebab komponen kritis, yaitu faktor mesin, material, metode, dan manusia. Terdapat dua distribusi kerusakan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu Weibull dan Lognormal. Dengan menggunakan dua distribusi, kerusakan tersebut didapatkan lifetime prediction pada setiap komponen dengan menghitung MTTF (*Mean Time to Failure*). Berdasarkan nilai MTTF setiap komponen, maka didapatkan jadwal *periodic maintenance* untuk setiap

komponen, yaitu pada interval 600 HM adalah *hose* – AP.850.83, *hose* – AP.850.85, dan *hose* – AP.850.86. Pada interval 900 HM adalah *hose* – AP.850.84, *hose* – AP.850.87, dan *hose* – AP.850.88. Pada interval 1200 HM adalah *oil seal* – AP.850.70, *seal ring* – AP.850.6, *seal ring* – AP.850.33, dan *carbon brush* – AP.850.70.

5. Daftar Pustaka

- [1] Ubaedilah. (2016). Analisa Kebutuhan Jenis dan Spesifikasi Pompa Untuk Suplai Air Bersih Di Gedung Kantin Berlantai 3 PT Astra Daihatsu Motor. *Jurnal TeknikMesin*, Vol.05, No.3
- [2] Rosa, Y. (2005). Perencanaan dan Penerapan Preventive Maintenance Peralatan Laboratorium. *Jurnal Teknik Mesin*, 2(2), 108-116.
- [3] Surtpto, D. (2014). ANALISA KEGAGALAN PADA PIPA ULIR DI LINGKUNGAN PERMINYAKAN= FAILURE ANALYSIS OF TUBING-DRILL PIPES UNDER OIL ENVIRONMENT. *Jurnal Material Komponen dan Konstruksi*, 14(2).
- [4] Ratnasari, P., Alhilman, J., & Pamoso, A. (2019). Penilaian Risiko, Estimasi Interval Inspeksi, dan Metode Inspeksi pada Hydrocarbon Piping Menggunakan Metode Risk Based Inspection (RBI). *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, 5(2), 67-74.
- [5] Tupan, J. M., Camerling, B. J., & Amin, M. (2019). Penentuan Jadwal Perawatan Komponen Kritis pada Mesin MTU 12V2000G65 di PLTD Tersebar PT PLN (Persero) Area Tual. *Arika*, 13(1), 33-48.
- [6] Purba, Hendra Tongam Maraden, Masdania Zurairah, and M. Fiza Lubis. "Potensi Penurunan Downtime Pompa Bran Luebbe Dalam Pengolahan Minyak Kelapa Sawit Dengan Metode Reliability Centered Maintenance Di Pt X." *Jurnal Ilmiah Hospitality* 12.1 (2023): 335-340.
- [7] Ratnasari, P., Alhilman, J., & Pamoso, A. (2019). Penilaian Risiko, Estimasi Interval Inspeksi, dan Metode Inspeksi pada Hydrocarbon Piping Menggunakan Metode Risk Based Inspection (RBI). *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, 5(2), 67-74.
- [8] Adigama, A. S. (2011). Penyusunan Schedule Perawatan Sepeda Motor Honda Supra X 125 Sub-Assembly Rem Berbasis Reliability Centered Maintenance (RCM). Diss Diponegoro University.
- [9] Adigama, A. S. (2021). Analisis Keanalan Berbasis Penentuan Komponen Kritis dan Prediksi Umur Komponen Menggunakan Metode Weibull Pada Hauler Articulated Dump Truck 40 Ton. Diss Diponegoro University. [10] Nurhajatisri, D. W., Brotoningsih, P. L. (2012). Pengaruh Nano-Precipitated Calcium Carbonate Terhadap Kualitas Komposit Polivinil Klorida. *Jurnal Riset Industri*, 6(2), 13-20.
- [10] Ebeling, C. E. (1997). *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. New York: McGraw-Hill Companies Inc.