

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Sebagai negara berkembang terbesar di dunia, Indonesia terus berupaya meningkatkan pertumbuhan ekonomi dan mencapai status negara industri maju. Transformasi industri telah menjadi faktor penting dalam mencapai tujuan ini selama beberapa dekade terakhir (Nugroho dkk, 2023). Dalam kegiatan produksi, pemeliharaan mesin merupakan salah satu faktor penting yang berpengaruh terhadap kelancaran operasional perusahaan. Setiap mesin perlu mendapatkan perawatan yang memadai agar mampu beroperasi secara optimal dan mendukung tercapainya target produksi. Namun, pada banyak perusahaan berskala kecil dan menengah, aspek pemeliharaan peralatan, fasilitas, maupun mesin produksi sering kali belum menjadi prioritas utama. Kondisi tersebut dapat meningkatkan risiko terjadinya gangguan atau kerusakan yang berpotensi menghambat proses produksi. Oleh sebab itu, diperlukan sistem pemeliharaan yang terencana dan terorganisasi dengan baik untuk memastikan seluruh mesin dapat beroperasi secara efektif dan mendeteksi potensi kerusakan sejak dini (Akbar & Wideasih, 2022). Dibutuhkan pencegahan untuk menjaga agar sebuah mesin memiliki performa terbaik dalam proses operasional, salah satunya dengan *preventive maintenance*. *Preventive maintenance* adalah perawatan yang ditujukan untuk mencegah kerusakan yang tidak terduga, sedangkan *corrective maintenance* adalah perawatan yang dilakukan setelah terjadinya kerusakan pada peralatan. *Preventive maintenance* merupakan kegiatan pemeliharaan yang dilakukan secara terencana untuk mencegah terjadinya

kerusakan atau kegagalan fungsi peralatan secara tiba-tiba. Sementara itu, *corrective maintenance* adalah tindakan perbaikan yang dilakukan setelah suatu kerusakan atau gangguan terjadi pada peralatan. Penerapan *preventive maintenance* bertujuan untuk meminimalkan frekuensi kerusakan pada peralatan yang bersifat kritis, menjaga dan meningkatkan kinerja operasional peralatan, serta menentukan waktu yang tepat untuk penggantian komponen sehingga keandalan sistem dapat tetap terjaga (Suryani dkk, 2023). Hal tersebut yang mendorong hadirnya PT Sumber Organik sebagai perusahaan yang bergerak di bidang pengolahan hasil dekomposisi sampah berupa gas metana untuk dimanfaatkan menjadi energi listrik, untuk terus meningkatkan proses perawatan mesin dalam upaya menjaga kelancaran produksi.

PT Sumber Organik yang berdiri sejak tahun 2012 merupakan perusahaan yang memegang tanggung jawab di TPA Benowo, merupakan perusahaan pengelola sampah perkotaan energi terbarukan yang bermitra dengan Pemerintah Kota Surabaya. Kemitraan dilaksanakan melalui sebuah kontrak kerja berupa *Build Operate Transfer* (BOT) antara DKRTH Kota Surabaya dan PT Sumber Organik dalam mengolah hasil dekomposisi sampah perkotaan menjadi sumber energi listrik sebagai solusi mengatasi penumpukan sampah perkotaan (Safi dan Ekowanti, 2022). PT Sumber Organik sebagai pengelola TPA Benowo melalui sistem *landfill* yang memanfaatkan proses dekomposisi sampah organik Secara anaerobik, sampah organik mengalami proses penguraian oleh mikroorganisme sehingga menghasilkan gas metana. Gas metana yang terbentuk dan terkumpul selanjutnya dimanfaatkan sebagai bahan bakar untuk mengoperasikan generator dalam proses pembangkitan energi listrik. Pendapatan operasional diperoleh dari penjualan listrik

yang dihasilkan serta kegiatan pengelolaan sampah yang terintegrasi (Putra dan Sarasi, 2025). PT Sumber Organik berperan dalam mengolah sampah perkotaan menjadi energi listrik melalui teknologi *waste-to-energy* yang terdiri atas sistem *Landfill Gas Recovery* (LFG) dan *Gasification Power Plant*. TPA Benowo sebagai tempat pembuangan akhir akan mendapat kiriman 1.500 ton sampah per hari, yang kemudian diolah menjadi energi listrik melalui pemanfaatan gas metana hasil dekomposisi sampah serta proses gasifikasi. Sistem *Landfill Gas Recovery* mampu menghasilkan energi listrik sekitar 2 MW, sedangkan sistem gasifikasi menghasilkan energi listrik hingga 9–12 MW. Penelitian ini berfokus pada sistem *Landfill Gas Power Plant* karena keandalan operasional mesin sangat berpengaruh terhadap kontinuitas produksi listrik dan memerlukan strategi perawatan yang optimal untuk mencegah terjadinya kerusakan komponen (Affandi dkk, 2024).



Gambar 1.1 Sistem *Landfill Gas Power Plant*

(Sumber : PT Sumber Organik)

Dalam proses pengolahan sampah menjadi energi di PT Sumber Organik pada TPA Benowo Surabaya, *LFG Power Plant* berperan sebagai sistem utama yang mengkonversi hasil dekomposisi sampah untuk dijadikan sumber energi listrik. Pada *Landfill Gas Power Plant*, terdapat 3 bagian utama yaitu *Gas engine*, *Heat Exchanger*, dan *Generator*. Setiap bagian dalam *flow process* LFG (*Landfill Gas*)

Power Plant memiliki peran dan fungsi yang saling mendukung dalam proses pembangkitan listrik. Salah satu komponen utama adalah *Gas engine*, yang berfungsi mengonversi energi kimia yang terkandung dalam gas *landfill*, terutama gas metana (CH_4), menjadi energi mekanik melalui proses pembakaran di dalam mesin. Energi mekanik yang dihasilkan kemudian diteruskan ke generator untuk diubah menjadi energi listrik yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber tenaga. Generator merupakan bagian yang berfungsi sebagai pengelola energi mekanik dari putaran silinder *Gas engine* menjadi sumber energi listrik. *Heat exchanger* berfungsi untuk memanfaatkan panas buangan dari *Gas engine* agar tidak terbuang percuma. Penelitian ini berfokus pada *Gas engine*, dimana mesin ini merupakan poros utama dari sistem *Landfill Gas Power Plant*. *Gas engine* memiliki peran yang sangat vital karena tanpa *Gas engine*, gas metana dari *landfill* hanya akan menjadi limbah yang tidak dapat diolah dan dapat mencemari lingkungan. *Gas engine* bekerja dengan prinsip sebagai mesin pembakaran berbahan bakar gas dimana pada TPA Benowo, gas tersebut berasal dari gas metana yang berasal dari sumur gas hasil dekomposisi sampah. Proses dimulai ketika *Landfill Gas* yang sudah dibersihkan dari air, H_2S , dan partikel lainnya kemudian dicampur dengan udara dalam rasio tertentu, dan pada tahap akhir akan masuk ke ruang bakar. Campuran ini dikompresi oleh piston hingga mencapai tekanan dan suhu tinggi sesuai standar yang ditentukan. Selanjutnya, busi memicu pembakaran sehingga terjadi ekspansi gas untuk menggerakkan piston. Piston akan bergerak naik turun yang kemudian diubah menjadi putaran poros. Putaran ini bersifat kontinu dan menjadi sumber energi mekanik untuk menggerakkan generator. Siklus ini berlangsung berulang secara cepat dalam setiap silinder mesin sehingga menghasilkan daya yang stabil

untuk menghasilkan energi listrik. *Gas engine* beroperasi secara *continuous* untuk terus menghasilkan energi listrik yang kemudian dialirkan ke generator. Dapat diketahui bahwa umur *Gas engine* di PT Sumber Organik, khususnya pada sistem *Landfill Gas Power Plant* telah memasuki tahun ke-11 sejak beroperasi pertama kali pada Tahun 2015. *Gas engine* terus beroperasi secara *continuous* dalam periode waktu tersebut, sehingga banyak mengalami kegagalan komponen akibat usia dan kapasitas mesin yang telah terpengaruh oleh umur. Untuk mengatasi hal tersebut dilakukan penjadwal secara optimal dan terjadwal dengan baik.

Dalam operasional sistem *Landfill Gas Power Plant* di PT Sumber Organik, kegiatan *maintenance* yang dilakukan saat ini umumnya masih menggunakan pendekatan *corrective maintenance* dan terdapat *maintenance* rutin yang dihitung berdasarkan *maintenance record sheet*. Permasalahan yang dihadapi oleh perusahaan adalah terjadinya kerusakan komponen diluar jadwal perawatan yang ditetapkan oleh perusahaan. Hal ini menyebabkan terjadinya penurunan *availability* dan peningkatan *downtime* yang menyebabkan terjadinya penurunan pendapatan perusahaan. Perusahaan memiliki ukuran atau panduan untuk pergantian *sparepart* dan inspeksi mesin berdasarkan *maintenance record sheet Gas engine*, namun pada kenyataannya di lapangan terdapat beberapa komponen yang mengalami *unexpected failure* diluar jadwal perawatan. Salah satu penyebab utamanya adalah kondisi mesin yang telah cukup berumur dan fluktuasi kualitas gas, yang menyebabkan komponen sering mengalami kegagalan diluar estimasi *manual book* dan jadwal perawatan rutin perusahaan. Pada bagian *Gas engine* terdapat beberapa komponen dan sub komponen penyusun yang memiliki jadwal dan metode perawatan yang bervariasi. *Gas engine* memiliki beberapa sub komponen kritis

yaitu *Spark plug*, *Ignition coil*, *Gas valve*, *Piston ring*, *Turbine blade*, dan *Thermostat valve*. Berikut ini terdapat data histori frekuensi kegagalan *Gas engine* sepanjang Tahun 2025:

Rumus:

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Frekuensi Kegagalan}}{\text{Total Kegagalan}} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{Persentase Spark plug} = \frac{14}{51} \times 100\% = 27,4\%$$

Tabel 1. 1 Data Histori Frekuensi Kegagalan *Gas engine* Periode Tahun 2025 di
PT Sumber Organik

Data Histori			
Komponen	Sub Komponen	Frekuensi Kegagalan	Persentase
<i>Ignition system</i>	<i>Spark plug</i>	14	27,4%
	<i>Ignition coil</i>	11	21,6%
<i>Combustion system</i>	<i>Gas valve</i>	7	13,7%
	<i>Piston ring</i>	6	11,8%
<i>Turbocharger system</i>	<i>Turbine blade</i>	7	13,7%
<i>Cooling system</i>	<i>Thermostat valve</i>	6	11,8%
Total		51	100%

Sumber : PT Sumber Organik

Dapat dilihat pada Tabel 1.1, terdapat variasi frekuensi kegagalan pada tiap komponen. Sebagai contoh pada 6 Sub komponen tersebut dimana terjadi 51 kejadian kegagalan mesin dalam rentang 1 tahun, terutama pada sub-komponen *Spark plugs* atau busi yang sering rusak sebelum jadwal pergantian atau perawatan komponen. Berdasarkan *maintenance record sheet*, busi memerlukan pergantian ketika *Gas engine* telah memasuki *operation hours* tiap 2000 jam, tetapi dalam praktik di PT Sumber Organik, *Spark plug* seringkali rusak lebih awal (pada

rentang 1500 jam - 1800 jam) dari jadwal pergantian atau perawatan (2000 jam). Variasi tersebut dapat terjadi karena kondisi lingkungan dan *sparepart* yang bervariasi. Perusahaan tentunya berusaha mendapatkan *sparepart* yang murah namun berkualitas, tetapi di lain sisi hal ini terkadang berdampak pada umur *sparepart* yang dapat rusak di luar prediksi (*unexpected failures*). Rekap data tersebut dapat dilihat pada tabel 1.2, dimana terdapat data jumlah frekuensi kegagalan dan *downtime* mesin sepanjang Tahun 2025:

Tabel 1. 2 Data Jumlah Kegagalan & *Downtime Gas engine* pada Periode Tahun 2025 Pada PT Sumber Organik

No	Bulan	Frekuensi Kegagalan	<i>Downtime</i> (Jam)
1	Januari	4 Kali	18,8 Jam
2	Februari	3 Kali	16,5 Jam
3	Maret	3 Kali	15,5 Jam
4	April	4 Kali	21 Jam
5	Mei	4 Kali	25,5 Jam
6	Juni	4 Kali	18,5 Jam
7	Juli	5 Kali	38,5 Jam
8	Agustus	5 Kali	31 Jam
9	September	5 Kali	19,17 Jam
10	Oktober	5 Kali	24 Jam
11	November	4 Kali	22 Jam
12	Desember	5 Kali	29 Jam
Total	1 Tahun	51 Kali	279,47 Jam

Frekuensi kegagalan dan *downtime* yang terjadi sepanjang Tahun 2025, salah satunya disebabkan oleh mesin yang beroperasi secara terus menerus dalam menghasilkan energi listrik ke generator. Terjadi Proses produksi yang bekerja secara *continous*, menyebabkan *Gas engine* sering mengalami kendala seperti *overheat temperature*, silinder mesin yang perlu perbaikan, pergantian pada

lubrication system (oli mesin), dan pergantian komponen lainnya yang rusak sebelum jadwal perawatan rutin dilakukan. Pada proses perawatan mesin atau penggantian komponen, *Gas engine* harus dimatikan selama perawatan berlangsung. Gangguan ini tidak hanya menyebabkan *downtime* / waktu henti mesin yang dapat menghambat proses produksi, tetapi juga meningkatkan biaya operasional akibat perbaikan darurat. Oleh karena itu, penerapan strategi penjadwalan dalam perawatan mesin yang efektif menjadi kebutuhan utama bagi PT Sumber Organik untuk meningkatkan *availability Gas engine*. Dalam hal ini, metode RCM dan RCA dipilih untuk membantu dalam melakukan analisis terhadap jadwal *preventive maintenance* yang optimal bagi PT Sumber Organik.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa analisis keandalan mesin dan sistem perawatan industri umumnya dilakukan dengan pendekatan yang berbeda antara analisis kuantitatif dan kualitatif. Penelitian oleh Purnomo dkk (2021) menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* untuk menganalisis tingkat keandalan mesin berdasarkan data historis kerusakan, dimana metode ini menghitung rata-rata waktu antar kegagalan sebagai dasar dalam menentukan interval perawatan yang optimal. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa nilai MTBF, MTTR, dan *availability* dapat digunakan sebagai indikator kinerja mesin serta mampu meningkatkan efektivitas jadwal *preventive maintenance* dalam mengurangi frekuensi kerusakan dan *downtime*. Sementara itu, penelitian oleh Sitinjak dkk (2024) menggunakan metode *Root Cause Analysis* (RCA) untuk mengidentifikasi penyebab utama kegagalan mesin melalui analisis sebab-akibat dengan mempertimbangkan faktor manusia, mesin, metode, dan lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kegagalan mesin tidak hanya disebabkan oleh

faktor teknis, tetapi juga dipengaruhi oleh aspek operasional dan sistem perawatan yang belum optimal. Namun demikian, kedua penelitian tersebut masih memiliki keterbatasan karena menggunakan metode RCM dan RCA secara terpisah, sehingga belum mampu mengintegrasikan analisis interval kegagalan dengan penyebab utama kerusakan secara menyeluruh. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan mengkombinasikan metode RCM dan RCA pada *Gas engine* di TPA Benowo PT Sumber Organik, dimana RCM digunakan untuk menganalisis keandalan mesin meliputi interval kegagalan, perbaikan, dan ketersediaan mesin secara kuantitatif, sedangkan RCA digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab kegagalan sebagai dasar dalam penyusunan jadwal *preventive maintenance* yang lebih efektif. Pendekatan kombinasi ini diharapkan dapat menghasilkan sistem perawatan yang lebih efektif karena tidak hanya menentukan kapan perawatan dilakukan, tetapi juga mengapa kegagalan terjadi, sehingga strategi *maintenance* yang diusulkan menjadi lebih tepat sasaran sesuai dengan kondisi operasional mesin yang bekerja secara kontinu.

1.2. Perumusan masalah

Perumusan masalah pada penelitian ini dapat diketahui dalah sebagai berikut:

“Bagaimana menganalisis inteval waktu preventive maintenance Gas engine pada sistem Landfill Gas Power Plant di PT Sumber Organik untuk meningkatkan availability mesin berdasarkan metode RCM dan RCA?”

1.3. Batasan masalah

Batasan masalah pada penelitian ini dapat diketahui adalah sebagai berikut:

1. Analisis pada penelitian ini hanya membahas *Gas engine* yang digunakan dalam sistem pengolahan gas metana menjadi energi listrik di PT Sumber Organik.
2. Catatan perawatan kegagalan mesin yang digunakan merupakan data *valid* sepanjang Tahun 2025 (Bulan Januari – Bulan Desember).
3. Penelitian berfokus pada penjadwalan *preventive maintenance* menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan *Root Cause Analysis* (RCA) hanya memberikan usulan siklus perawatan tidak sampai ke aspek biaya perawatan.

1.4. Asumsi

Asumsi pada penelitian ini dapat diketahui adalah sebagai berikut:

1. Dengan menentukan jadwal dan metode perawatan yang tepat, keandalan *Gas engine* pada sistem *Landfill Gas Power Plant* dapat ditingkatkan tanpa menimbulkan biaya operasional yang berlebihan.
2. Analisis dilakukan berdasarkan manual book *Gas engine* yang ada pada PT Sumber Organik.
3. Data kegagalan mesin yang diperoleh merupakan data *valid* dari PT Sumber Organik.

1.5. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian dapat diketahui adalah sebagai berikut :

1. Melakukan pengukuran interval waktu kegagalan *Gas engine* di PT Sumber Organik
2. Menganalisis akar penyebab kegagalan mesin sebagai upaya untuk mengidentifikasi permasalahan pada *Gas engine*.
3. Memberikan usulan jadwal *preventive maintenance* untuk meningkatkan *availability Gas engine* pada sistem *Landfill Gas Power Plant*.

1.6. Manfaat penelitian

Manfaat penelitian ini dapat diketahui adalah sebagai berikut:

a) Teoritis

1. Untuk memberikan informasi mengenai optimalisasi *preventive maintenance* pada *Gas engine* dalam sistem *Landfill Gas Power Plant*.
2. Penelitian ini dapat berkontribusi sebagai referensi tambahan dalam dunia akademik, untuk diterapkan secara nyata dalam menyelesaikan permasalahan operasional di lingkungan industri secara nyata.
3. Penelitian ini dapat membantu perusahaan sebagai landasan dalam memperbaiki *downtime* dan meningkatkan *availability* mesin.

b) Praktis

1. Dengan memastikan *Gas engine* berfungsi dengan optimal, sistem pengolahan gas metana untuk menghasilkan energi listrik dapat bekerja lebih efisien, sehingga meningkatkan efektivitas proses pengolahan limbah dan mengurangi risiko pencemaran lingkungan akibat gas metana.

2. Dapat menjadi pedoman penjadwalan mesin berupa rekomendasi menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (MTBF) dan *Root Cause Analysis* (RCA) di PT. Sumber Organik
3. Menjadi dasar pertimbangan perbaikan penjadwalan perawatan mesin di masa mendatang agar terjadi penurunan *downtime* dan peningkatan *availability* mesin dengan bentuk *preventive maintenance*.

1.7. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada penelitian ini merupakan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang yang menjadi dasar pelaksanaan penelitian, permasalahan yang akan dikaji, ruang lingkup dan batasan penelitian, serta asumsi-asumsi yang digunakan selama proses penelitian. Selain itu, bab ini juga memaparkan tujuan yang ingin dicapai, manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian, dan gambaran umum mengenai sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan laporan penelitian secara keseluruhan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan landasan teori yang digunakan sebagai dasar dalam penelitian. Materi yang dibahas meliputi konsep dan prinsip pemeliharaan mesin, metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) yang mencakup analisis Mean Time Between Failure (MTBF), metode Root Cause Analysis (RCA), serta berbagai

penelitian terdahulu yang memiliki keterkaitan dengan topik penelitian sebagai acuan dan pembanding dalam penyusunan penelitian ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metodologi yang digunakan dalam penelitian, meliputi lokasi dan waktu pelaksanaan penelitian, identifikasi serta definisi variabel penelitian, teknik pengumpulan dan pengolahan data, serta tahapan-tahapan yang dilakukan selama proses penelitian. Selain itu, bab ini juga menyajikan diagram alur (flowchart) yang menggambarkan urutan kegiatan penelitian secara sistematis sebagai pedoman dalam menyelesaikan permasalahan yang diteliti.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini memaparkan hasil pengolahan data yang telah diperoleh dari penelitian, kemudian dianalisis dan dibahas secara komprehensif untuk menjawab permasalahan yang diteliti. Analisis dilakukan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM), khususnya melalui perhitungan Mean Time Between Failure (MTBF), serta metode Root Cause Analysis (RCA) untuk mengidentifikasi akar penyebab terjadinya kegagalan atau kerusakan pada sistem. Hasil analisis tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar penyusunan usulan perbaikan yang sesuai.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menyajikan kesimpulan dan saran yang diperoleh

berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan. Kesimpulan berisi rangkuman temuan utama penelitian yang disusun untuk menjawab tujuan penelitian secara menyeluruh. Sementara itu, saran memuat rekomendasi dan masukan yang dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan bagi penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN