



Analisis Kebocoran Seal Crankshaft Terhadap Mesin Caterpillar 3412 Dalam Menggerakkan Unit Top Drive

Mochammad Reza Aniqul Fuad ¹, Mohammad Anshori ², Pelangi Eka Yuwita ³

¹Teknik Mesin, Sains Dan Teknologi, Universitas Nahdlatul Ulama Sunan Giri

¹mochammadreza2002@gmail.com

Abstract

The crankshaft seal plays an important role in maintaining the performance of diesel engines by preventing oil leakage and ensuring stable lubrication pressure. Leakage in this component can lead to disruptions in the lubrication system, increased engine temperature, and decreased engine efficiency. This study aims to analyze the effect of crankshaft seal leakage on the performance of the Caterpillar 3412 engine, particularly based on two main parameters: oil pressure and engine temperature within an engine speed range of 1700–1800 rpm. This research was conducted at PT. Tiga Musim Mas Jaya using an experimental method and paired sample t-test. Data were obtained under two test conditions: when the engine was in normal condition and when a crankshaft seal leakage occurred. The analysis was performed using a paired sample t-test to determine the significance of the differences. The results showed a significant decrease in oil pressure from an average of 70–82 psi to 36–56 psi after the leakage. Meanwhile, the engine temperature increased sharply from 76–88°C to 94–109°C. The calculated t-values for both parameters were much higher than the t-table value at a 5% significance level, indicating a statistically significant difference. Based on these results, it can be concluded that crankshaft seal leakage has a direct negative impact on the engine's lubrication and cooling systems. This disturbance not only reduces engine performance but also increases the risk of widespread component damage.

Keywords: *crankshaft, engine caterpillar, seal crankshaft, drilling.*

Abstrak

Segel poros engkol memiliki peran penting dalam menjaga kinerja mesin diesel dengan mencegah kebocoran oli dan menjaga tekanan pelumasan tetap stabil. Kebocoran pada komponen ini dapat menyebabkan terganggunya sistem pelumasan, peningkatan suhu, dan penurunan efisiensi mesin. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kebocoran segel poros engkol terhadap performa mesin caterpillar 3412, khususnya dilihat dari dua parameter utama yaitu tekanan oli dan temperatur mesin dalam rentang putaran 1700–1800 rpm. Penelitian ini dilaksanakan di PT. Tiga Musim Mas Jaya, dengan metode eksperimen dan uji t dua sampel berpasangan. Data diperoleh melalui dua kondisi pengujian yaitu saat mesin dalam keadaan normal dan saat terjadi kebocoran segel poros engkol. Analisis dilakukan menggunakan uji statistik t dua sampel berpasangan untuk mengetahui signifikansi perbedaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tekanan oli mengalami penurunan signifikan dari rata-rata 70–82 psi menjadi 36–56 psi setelah kebocoran. Sementara itu, temperatur mesin meningkat tajam dari 76–88°C menjadi 94–109°C. Nilai t hitung pada kedua parameter jauh melebihi t tabel pada taraf signifikansi 5%, yang menunjukkan adanya perbedaan yang sangat signifikan secara statistik. Dari hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa kebocoran seal crankshaft secara langsung berdampak negatif terhadap sistem pelumasan dan pendinginan mesin. Gangguan ini tidak hanya mengurangi performa mesin, tetapi juga meningkatkan risiko kerusakan komponen secara menyeluruh.

Kata kunci: *poros engkol, mesin caterpillar, segel poros engkol, pengeboran.*

1. Pendahuluan

Gas alam merupakan sumber energi yang telah berada di bawah bumi selama bertahun-tahun, bahkan mungkin lebih, dan berasal dari tanaman, hewan, dan mikroorganisme. Manfaat utama gas alam adalah produksi bahan bakar kendaraan. Selain itu, gas alam

memiliki kegunaan penting bagi masyarakat Indonesia, seperti energi alternatif untuk rumah tangga, bahan bangunan industri, komersil, dan pembangkit listrik. Sejak 2015, Indonesia telah menjadi salah satu dari sepuluh negara terbesar di

dunia dengan produksi minyak tertinggi. Sebaliknya, Indonesia merupakan negara ketiga dengan cadangan gas alam tertinggi di Asia Pasifik. Daerah penghasil gas alam di Indonesia adalah Sumatera Selatan, Kalimantan Timur, Jambi, Kepulauan Riau, dan Papua Barat [1].

Pengeboran kegiatan perusahaan minyak dan gas (migas) merupakan salah satu kegiatan yang dilakukan untuk mendapatkan sejumlah minyak atau gas yang dapat diproduksi. Kegiatan pengeboran dilaksanakan sesuai dengan standard tinggi, tepat waktu dan efisien. Perencanaan yang matang merupakan komponen kunci keberhasilan proyek pengeboran. Perencanaan ini mencakup aspek geologis, aspek teknis, aspek fasilitas, aspek keselamatan kerja, serta aspek sosial yang berkaitan dengan kehidupan masyarakat di sekitar wilayah operasi [2].

Mesin Caterpillar 3412 merupakan mesin diesel yang banyak digunakan dalam industri berat, termasuk dalam pengoperasian unit *top drive* pada kegiatan pengeboran. Mesin ini dikenal memiliki daya dan keandalan yang tinggi, sehingga sering menjadi pilihan utama dalam mendukung operasi yang membutuhkan tenaga besar dan konsistensi performa. Namun, seperti halnya mesin lainnya, mesin Caterpillar 3412 juga rentan terhadap berbagai masalah mekanis, salah satunya adalah kebocoran seal crankshaft. Masalah kebocoran seal crankshaft yang terjadi pada mesin ini dapat mengganggu pasokan tenaga tersebut, sehingga berdampak pada efisiensi dan produktivitas operasi pengeboran [3]. Tujuan penggunaan seal adalah untuk melindungi objek di dalam mesin dari pengaruh eksternal (seperti kotoran atau kelembapan) dan untuk memecah media dari objek di dalam mesin ke lingkungan sekitar. Ciri khasnya adalah gesekan terkait kehilangan dari bibir dan poros. Konsekuensi gesekan termasuk beban panas, yang menyebabkan penuaan dan merusak cincin penyegel dan media kebocoran mesin [4].

Selama pengoperasian pembakaran mesin piston, sebagian energi panas yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar di ruang kerja diubah menjadi energi mekanik. Bentuk transformasi seperti itu disebut kerja [5]. Efisiensi transformasi energi mempengaruhi mode pengoperasian bantalan poros engkol. Pengoperasian bantalan geser sewenang-wenang seperti itu dapat ditafsirkan sebagai transfer energi selama beberapa waktu tertentu, yang membuat gerakan bolak-balik piston dan secara bersamaan rotasi poros engkol dimungkinkan dalam kondisi dan waktu tertentu [6].

Seal crankshaft, yang sering dikenal sebagai oil seal, terletak di ujung poros engkol, seal crankshaft ini digunakan untuk mengisolasi oli pelumas dan memastikan bahwa oli tersebut tetap berada di dalam sistem mesin. Kegagalan seal ini dapat menyebabkan kebocoran oli yang signifikan, yang tidak hanya

menyebabkan kerugian oli tapi juga potensi kerusakan pada sistem mesin yang lebih luas [7]. Kebocoran seal crankshaft merupakan salah satu masalah yang paling umum namun sering diabaikan dalam perawatan. Seal ini berperan kritis dalam menjaga oli mesin agar tetap berada dalam ruang mesin dan mencegahnya merembes keluar. Jika hal ini dibiarkan dapat menyebabkan kerusakan serius pada mesin [8].

Fungsi utama dari seal crankshaft adalah untuk mencegah debu, kotoran, dan udara masuk ke dalam mesin dan untuk mendeteksi kebocoran pada oli mesin [9]. Oleh karena itu, segel poros engkol perlu memastikan penyegelan statis antara sisi luar cincin segel bibir radial dan rumah (misalnya bak mesin) serta penyegelan dinamis dan statis pada bibir segel dan antarmuka poros. Seal ini sering ditemukan di crankshaft depan dan belakang, yang merupakan bagian dari mekanisme yang mengubah gerakan naik-turun piston menjadi gerakan berputar. Seal crankshaft memiliki fungsi yang sangat penting dalam memastikan kinerja mesin yang tepat. Jika seal crankshaft bocor rusak, oli dapat bergerak dan mengurangi jumlah oli di dalam mesin, yang pada akhirnya dapat menyebabkan kerusakan serius pada komponen mesin lainnya. Tujuannya adalah untuk mencegah kebocoran oli yang dapat mengganggu kinerja mesin dan meningkatkan kegunaan komponen lainnya [10].

Studi kasus ini bertujuan untuk menganalisis dampak kebocoran seal crankshaft terhadap tekanan oli dan temperatur pada mesin Caterpillar 3412. Dengan demikian, diharapkan dapat meningkatkan keandalan mesin caterpillar 3412 dalam menggerakkan unit *top drive*, serta mendukung kelancaran operasi pengeboran di PT. Tiga Musim Mas Jaya.

2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dan metode uji t dua sampel berpasangan (*paired test*) yang diharapkan dapat memberikan data hasil penelitian yang valid sesuai dengan hasil uji. Dalam penelitian ini dilakukan pengujian yaitu berupa uji kebocoran pada seal crankshaft untuk mengetahui dampak kebocorannya yang mempengaruhi tekanan oli dan temperatur pada mesin caterpillar 3412. Penelitian ini dilaksanakan di PT. Tiga Musim Mas Jaya, Desa Banjarsari, Kecamatan Trucuk, Kabupaten Bojonegoro. Waktu pelaksanaan penelitian adalah 8 hari, terhitung mulai Tanggal 5 Mei 2025 hingga 12 Mei 2025. Mesin yang digunakan adalah mesin Caterpillar 3412 dengan spesifikasi mesin 730 tenaga kuda (horse power) pada kecepatan maksimum 1800 rpm. Mesin ini memiliki 12 silinder, empat langkah, dengan berat mesin mencapai 2415 kg, panjang mesin 1,4 m, tinggi mesin 1,6 m, dan kapasitas bahan bakar mencapai 27 liter. Penelitian ini dilakukan menggunakan software microsoft excel dan dilakukan dengan mengambil rata-rata nilai dari pengujian tersebut.

Alat dan bahan yang digunakan adalah pressure guage yang berfungsi untuk mengukur tekanan oli dalam system pelumasan mesin. Alat ini penting untuk mendeteksi adanya penurunan tekanan sebagai indikasi awal kebocoran. Untuk mendukung visualisasi teknis, digunakan juga perangkat lunak autodesk inventor guna melakukan simulasi aliran oli dalam kondisi seal crankshaft bocor, simulasi ini membantu dalam memahami dampak kebocoran terhadap distribusi oli dan suhu mesin secara visual. Dengan kombinasi alat ukur fisik dan juga simulasi digital, penelitian ini memperoleh data yang akurat dan mendalam mengenai efek kebocoran seal crankshaft pada mesin caterpillar 3412. Sebelum kita melakukan pengujian dan pengumpulan data dalam kondisi yang diinginkan, mesin dioperasikan dulu selama 10 menit terlebih dahulu supaya stabil. Kondisi operasional dicapai secara bertahap dengan meningkatkan kecepatan rpm mesin dari 1700, 1710, 1720, 1730, 1740, 1750, 1770, 1780, 1790, 1800 dengan waktu pengujian 10, 15, 20 menit.

2.1 Flowchart Penelitian

Tahapan penelitian ini disusun secara sistematis dan digambarkan melalui Gambar 1, yang menunjukkan alur kerja dari awal hingga akhir proses. Penelitian diawali dengan pengecekan kondisi mesin dan unit top drive secara visual untuk memastikan bahwa seluruh komponen berada dalam keadaan siap operasi. Setelah itu, dilakukan persiapan alat dan bahan yang meliputi pressure gauge, tachometer, stopwatch, termometer, serta pelumas dan seal crankshaft baru.

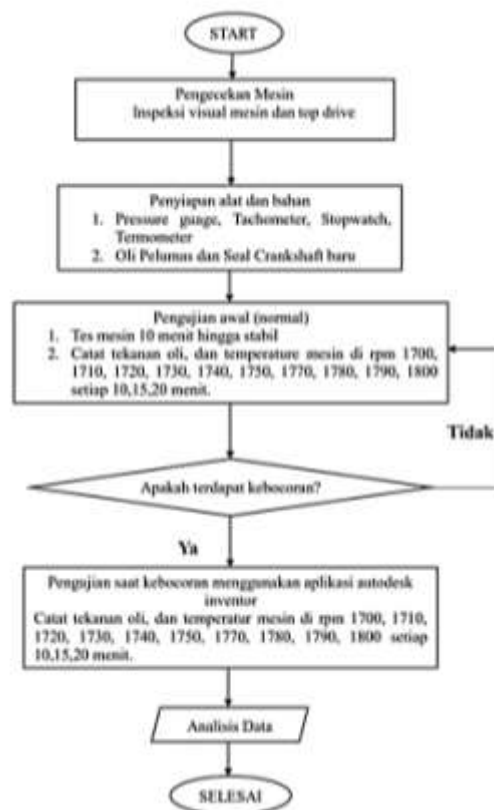
Langkah selanjutnya adalah pengujian mesin dalam kondisi normal. Mesin dijalankan selama 10 menit hingga mencapai kondisi stabil. Setelah stabil, dilakukan pencatatan tekanan oli dan temperatur mesin pada variasi putaran 1700 hingga 1800 rpm dengan interval waktu pengamatan selama 10, 15, dan 20 menit. Data ini menjadi acuan dasar untuk mengetahui performa mesin saat tidak mengalami gangguan.

Setelah pengujian normal dilakukan, dilanjutkan dengan pemeriksaan untuk mengetahui apakah terjadi kebocoran pada seal crankshaft. Jika tidak ditemukan kebocoran, maka proses pengujian dinyatakan selesai. Namun, apabila kebocoran terdeteksi, maka dilakukan pengujian lanjutan menggunakan aplikasi Autodesk Inventor untuk mensimulasikan aliran oli pada kondisi seal crankshaft bocor. Simulasi ini dilakukan pada parameter rpm dan waktu yang sama seperti kondisi normal untuk menjaga kesetaraan pengujian.

Tahap terakhir adalah analisis data. Seluruh data tekanan oli dan temperatur mesin baik dalam kondisi normal maupun bocor dianalisis menggunakan metode statistik uji t dua sampel berpasangan. Tujuannya adalah untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara kondisi mesin sebelum dan sesudah kebocoran terjadi.

Dengan demikian, flowchart ini menjadi pedoman utama dalam pelaksanaan penelitian secara terstruktur dan terukur.

2.2 Teknik Analisis Data



Gambar 1 Flowchart Penelitian

Setelah data diperoleh dari pengujian tekanan oli dan temperatur mesin dalam kondisi normal dan saat terjadi kebocoran seal crankshaft, langkah selanjutnya adalah melakukan analisis statistik untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan. Metode yang digunakan adalah uji t dua sampel berpasangan (paired sample t-test) karena data diambil dari kondisi yang sama sebelum dan sesudah terjadi kebocoran.

Langkah-langkah analisis data adalah sebagai berikut:

1. Menghitung selisih antara data normal dan data kebocoran pada setiap sampel (pada rpm dan waktu yang sama).
2. Menentukan rata-rata selisih sampel $\bar{x}_{diff}$.
3. Menghitung standar deviasi selisih (s_{diff}) dari seluruh sampel.
4. Menghitung estimasi standar error rata-rata dengan rumus:

$$s_{\bar{x}} = \frac{s_{diff}}{\sqrt{n}}$$

Dimana:

$s_{\bar{x}}$ = estimasi standar error rata-rata

s_{diff} = selisih standar deviasi sampel

n = jumlah sampel

5. Menghitung nilai t hitung dengan rumus:

$$t = \frac{\bar{x}_{diff}}{S_{\bar{x}}}$$

6. Membandingkan t hitung dengan t tabel pada derajat kebebasan $d_f = n-1$ dan taraf signifikan 5% ($\alpha = 0.05$) untuk mengetahui apakah perbedaan yang terjadi signifikan secara statistik.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Proses Pengujian Saat Normal

Berdasarkan analisis yang sudah dilakukan didapatkan melalui beberapa tahapan, sehingga mengetahui hasilnya dari dampak kebocoran *seal crankshaft*. Pengujian dilakukan mesin dalam kondisi normal untuk mencatat tekanan oli dan temperatur pada rpm 1700, 1710, 1720, 1730, 1740, 1750, 1760, 1770, 1780, 1790, 1800 setiap 10 menit, 15 menit, dan 20 menit. Dapat dilihat pada Gambar 2-4.



Gambar 2. Pengecekan Mesin Dan Seal Crankshaft



Gambar 3. Pengujian Tekanan Oli

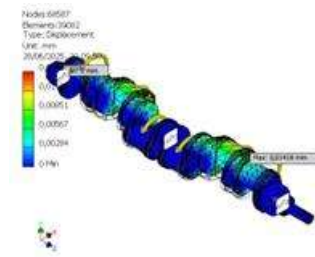


Gambar 4. Pencatatan RPM

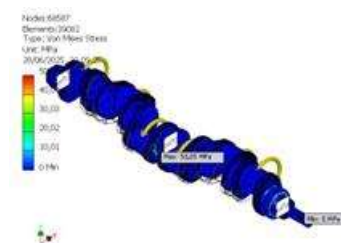
3.2 Pungujian Kebocoran Menggunakan Aplikasi Autodesk Inventor

Membuat desain pemodelan 3D komponen uama dari sistem pelumasan pada mesin caterpillar 3412 menggunakan aplikasi autodesk inventor 2021 [11]. Komponen yang dimodelkan meliputi crankshaft

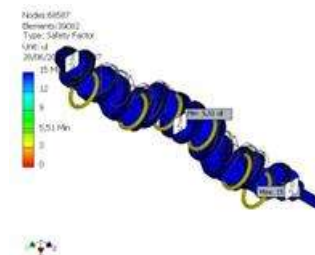
karena crankshaft merupakan bagian yang langsung bergantung pada aliran oli untuk pelumasan. Pemodelan ini bertujuan untuk mempermudah visualisasi pergerakan mekanis serta alur pelumas saat mesin bekerja, khususnya untuk menganalisis dampak kebocoran pada area crankshaft. Dapat dilihat pada Gambar 5-7.



Gambar 5 Displacement



Gambar 6 Von mises stress



Gambar 7. Safety factor

3.2 Hasil Pengujian Tekanan Oli Mesin Dan Temperatur Normal

Pengujian tekanan oli dan temperatur normal pada mesin Caterpillar 3412 dilakukan dengan menggunakan alat pressure guage, tachometer, stopwatch, dan termometer infra merah adalah alat yang digunakan untuk mengukur tekanan oli, kecepatan mesin, dan temperatur pada mesin. Sebelum melakukan pengujian dan pengumpulan data dalam kondisi yang diinginkan, mesin dioperasikan dulu selama 10 menit terlebih dahulu supaya stabil. Kondisi operasional dicapai secara bertahap dengan meningkatkan kecepatan rpm mesin dari 1700, 1710, 1720, 1730, 1740, 1750, 1770, 1780, 1790, 1800 dengan waktu pengujian 10, 15, 20 menit. Berikut ini adalah hasil dari pengujian yang dilakukan pada setiap variasi rpm yang berbeda-beda dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

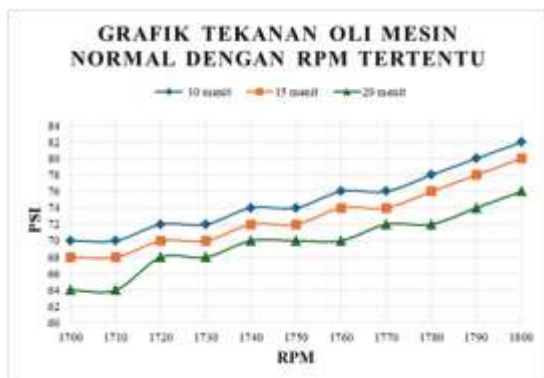
Tabel 1. Hasil pengujian temperatur mesin normal

No	rpm Mesin	Uji Tekanan Oli		
		10 Menit	15 Menit	20 Menit
1	1700	70 psi	68 psi	64 psi
2	1710	70 psi	68 psi	64 psi
3	1720	72 psi	70 psi	68 psi
4	1730	72 psi	70 psi	68 psi
5	1740	74 psi	72 psi	70 psi
6	1750	74 psi	72 psi	70 psi
7	1760	76 psi	74 psi	70 psi
8	1770	76 psi	74 psi	72 psi
9	1780	78 psi	76 psi	72 psi
10	1790	80 psi	78 psi	74 psi
11	1800	82 psi	80 psi	76 psi

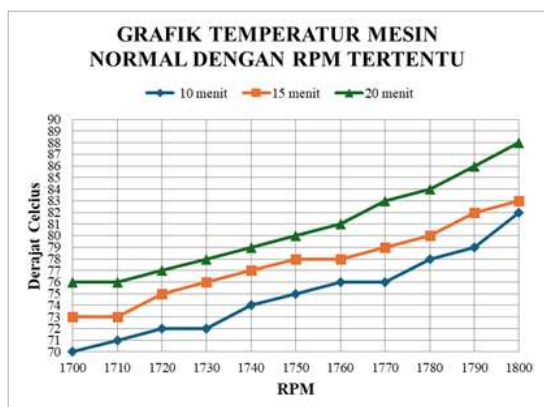
Tabel 2. Hasil pengujian temperatur mesin normal

No	rpm Mesin	Uji Temperatur Mesin		
		10 Menit	15 Menit	20 Menit
1	1700	70 °C	73 °C	76 °C
2	1710	71 °C	73 °C	76 °C
3	1720	72 °C	75 °C	77 °C
4	1730	72 °C	76 °C	78 °C
5	1740	74 °C	77 °C	79 °C
6	1750	75 °C	78 °C	80 °C
7	1760	76 °C	78 °C	81 °C
8	1770	76 °C	79 °C	83 °C
9	1780	78 °C	80 °C	84 °C
10	1790	80 °C	82 °C	86 °C
11	1800	82 °C	83 °C	88 °C

Berdasarkan pada Gambar 8 menyajikan hasil pengukuran tekanan oli mesin saat mesin caterpillar 3412 beroperasi dalam kondisi normal, tanpa adanya kebocoran pada seal crankshaft. Pengujian dilakukan pada putaran mesin 1700 hingga 1800 rpm dengan interval waktu 10, 15, dan 20 menit.



Gambar 8 Grafik pengujian tekanan oli normal



Gambar 9. Grafik pengujian temperatur mesin normal

Berdasarkan pada Gambar 9 menyajikan hasil pengujian temperatur mesin saat mesin caterpillar 3412 beroperasi dalam kondisi normal, tanpa adanya kebocoran pada seal crankshaft. Temperatur mesin menunjukkan kenaikan secara bertahap seiring lamanya waktu pengoperasian. Pada pengujian 10 menit suhu mesin berkisar antara 70-82°C, kemudian meningkat menjadi 76-88°C pada menit ke 20. Peningkatan temperatur ini merupakan hal yang wajar terjadi pada mesin diesel besar seperti caterpillar 3412 yang beroperasi secara terus menerus.

3.3 Hasil Pengujian Tekanan Oli Mesin Dan Temperatur Saat Kebocoran

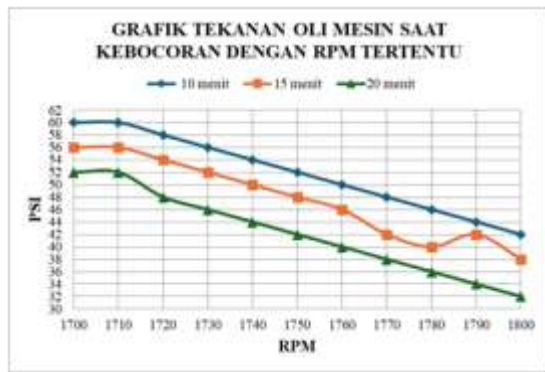
Pengujian tekanan oli dan temperatur mesin caterpillar 3412 pada kondisi kebocoran *seal crankshaft* dilakukan menggunakan simulasi aplikasi autodesk inventor. Simulasi ini digunakan untuk menggambarkan kondisi kerja mesin secara virtual tanpa harus mengoperasikan mesin secara langsung, sehingga dapat menghindari resiko kerusakan lebih lanjut. Model 3d mesin disusun dengan komponen utama seperti crankshaft, dan piston. Berikut ini adalah hasil dari pengujian yang dilakukan pada setiap variasi rpm yang berbeda-beda dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Hasil pengujian tekanan oli mesin saat kebocoran

No	RPM Mesin	Uji Tekanan Oli		
		10 Menit	15 Menit	20 Menit
1	1700	60 psi	56 psi	52 psi
2	1710	60 psi	56 psi	50 psi
3	1720	58 psi	54 psi	48 psi
4	1730	56 psi	52 psi	46 psi
5	1740	54 psi	50 psi	44 psi
6	1750	52 psi	48 psi	42 psi
7	1760	50 psi	46 psi	40 psi
8	1770	48 psi	42 psi	38 psi
9	1780	46 psi	40 psi	36 psi
10	1790	44 psi	42 psi	34 psi
11	1800	42 psi	38 psi	32 psi

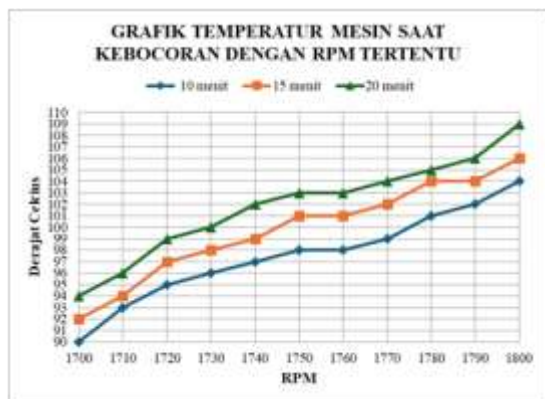
Tabel 4. Hasil pengujian temperatur mesin saat kebocoran

No	RPM Mesin	Uji Temperatur Mesin		
		10 Menit	15 Menit	20 Menit
1	1700	90 °C	92 °C	94 °C
2	1710	93 °C	94 °C	96 °C
3	1720	95 °C	97 °C	99 °C
4	1730	96 °C	98 °C	100 °C
5	1740	97 °C	99 °C	102 °C
6	1750	98 °C	101 °C	103 °C
7	1760	98 °C	101 °C	103 °C
8	1770	99 °C	102 °C	104 °C
9	1780	101 °C	104 °C	105 °C
10	1790	102 °C	104 °C	106 °C
11	1800	104 °C	106 °C	109 °C



Gambar 10. Grafik pengujian tekanan oli saat kebocoran

Berdasarkan pada Gambar 10 menunjukkan hasil pengukuran terhadap tekanan oli pada mesin caterpillar 3412 dengan variasi kecepatan putaran (RPM) dari 1700 hingga 1800 rpm. Pengukuran dilakukan selama 20 menit, dengan pencatatan data pada menit ke-10, 15, 20 menit. Dari data tekanan oli terlihat bahwa semakin tinggi rpm mesin, tekanan oli cenderung menurun. Pada 1700 rpm tekanan oli berada diangka 60 psi pada menit ke-10, namun saat rpm meningkat hingga 1800.



Gambar 11. Grafik pengujian temperatur mesin saat kebocoran

Berdasarkan pada Gambar 11 menunjukkan temperatur mesin dapat dilihat bahwa suhu mesin mengalami kenaikan secara bertahap seiring waktu dan peningkatan rpm. Contohnya, pada 1700 rpm suhu mesin pada menit ke-10 adalah 90°C, sedangkan pada 1800 rpm suhu sudah mencapai 104°C di menit yang sama, bahkan meningkat hingga 109°C pada menit ke-20. Kenaikan temperatur ini mencerminkan beban kerja mesin yang semakin tinggi dan berpotensi menyebabkan overheating jika tidak dikendalikan dengan baik.

3.4 Perhitungan Statistik Uji T

Untuk mengetahui apakah terdapat pengaruh yang signifikan antara kondisi mesin sebelum dan setelah terjadi kebocoran seal crankshaft, maka dilakukan analisis statistik menggunakan uji t dua sampel berpasangan (*paired t-test*). Uji t ini bertujuan untuk mengetahui apakah kebocoran seal crankshaft memberikan pengaruh yang signifikan terhadap performa mesin berdasarkan performa mesin

berdasarkan perubahan tekanan oli dan temperatur. Berikut ini adalah hasil dari pengujian uji t dua sampel berpasangan dilakukan pada saat normal dan saat kebocoran dapat dilihat pada Tabel 5-10.

Tabel 5. Hasil uji t tekanan oli 10 menit

No	rpm Mesin	10 menit normal	10 menit kebocoran	Selisih
1	1700	70 psi	60 psi	10
2	1710	70 psi	60 psi	10
3	1720	72 psi	58 psi	14
4	1730	72 psi	56 psi	16
5	1740	74 psi	54 psi	20
6	1750	74 psi	52 psi	22
7	1760	76 psi	50 psi	26
8	1770	76 psi	48 psi	28
9	1780	78 psi	46 psi	32
10	1790	80 psi	44 psi	36
11	1800	82 psi	42 psi	40

Selisih ini didapatkan dari nilai normal dikurangi (-) nilai kebocoran

$$s_{\bar{x}} = \frac{s_{\text{diff}}}{\sqrt{n}} t \frac{\bar{x}_{\text{diff}}}{s_{\bar{x}}} \dots\dots\dots(1)$$

$\bar{x}_{\text{diff}}$ = rata-rata selisih sampel = 23,09

n = jumlah sampel = 11

s_{diff} = selisih standar deviasi sampel = 10,25

$s_{\bar{x}}$ = estimasi standar error rata-rata = 3,09

t hitung = 7,47

t tabel ($df = 11 - 1 = 10$, $\alpha = 0.05$) = 2,23 (t tabel adalah nilai acuan dari dari tabel distribusi)

Tabel 6. Hasil uji t tekanan oli 15 menit

No	rpm Mesin	15 menit normal	15 menit kebocoran	Selisih
1	1700	68 psi	56 psi	12
2	1710	68 psi	56 psi	12
3	1720	70 psi	54 psi	16
4	1730	70 psi	52 psi	18
5	1740	72 psi	54 psi	22
6	1750	72 psi	48 psi	24
7	1760	74 psi	46 psi	28
8	1770	74 psi	42 psi	32
9	1780	76 psi	40 psi	36
10	1790	78 psi	42 psi	36
11	1800	80 psi	38 psi	42

Selisih ini didapatkan dari nilai normal dikurangi (-) nilai kebocoran

$$s_{\bar{x}} = \frac{s_{\text{diff}}}{\sqrt{n}} t \frac{\bar{x}_{\text{diff}}}{s_{\bar{x}}} \dots\dots\dots(2)$$

$\bar{x}_{\text{diff}}$ = rata-rata selisih sampel = 25,27

n = jumlah sampel = 11

s_{diff} = selisih standar deviasi sampel = 10,33

$s_{\bar{x}}$ = estimasi standar error rata-rata = 3,11

t hitung = 8,12

t tabel ($df = 11 - 1 = 10$, $\alpha = 0.05$) = 2,23 (t tabel adalah nilai acuan dari dari tabel distribusi)

Tabel 7. Hasil uji t tekanan oli 20 menit

No	rpm Mesin	20 menit normal	20 menit kebocoran	Selisih
1	1700	64 psi	52 psi	12
2	1710	64 psi	52 psi	12
3	1720	68 psi	48 psi	20
4	1730	68 psi	46 psi	22
5	1740	70 psi	44 psi	26
6	1750	70 psi	42 psi	28
7	1760	70 psi	40 psi	30
8	1770	72 psi	38 psi	34
9	1780	72 psi	36 psi	36
10	1790	74 psi	34 psi	40
11	1800	76 psi	32 psi	44

Selisih ini didapatkan dari nilai normal dikurangi (-) nilai kebocoran

$$S_{\bar{x}} = \frac{s_{\text{diff}}}{\sqrt{n}} t \frac{\bar{x}_{\text{diff}}}{S_{\bar{x}}} \dots\dots\dots(3)$$

$\bar{x}_{\text{diff}}$ = rata-rata selisih sampel = 27,64

n = jumlah sampel = 11

s_{diff} = selisih standar deviasi sampel = 10,58

$S_{\bar{x}}$ = estimasi standar error rata-rata = 3,19

t hitung = 8,67

t tabel (df = 11 - 1 = 10, α = 0.05) = 2,23 (t tabel adalah nilai acuan dari dari tabel distribusi)

Tabel 8. Hasil uji t temperatur mesin 10 menit

No	RPM Mesin	10 menit normal	10 menit kebocoran	Selisih
1	1700	70 °C	90 °C	20
2	1710	71 °C	93 °C	22
3	1720	72 °C	95 °C	23
4	1730	72 °C	96 °C	24
5	1740	74 °C	97 °C	23
6	1750	75 °C	98 °C	23
7	1760	76 °C	98 °C	22
8	1770	76 °C	99 °C	23
9	1780	78 °C	101 °C	23
10	1790	79 °C	102 °C	23
11	1800	82 °C	104 °C	22

Selisih ini didapatkan dari nilai normal dikurangi (-) nilai kebocoran

$$S_{\bar{x}} = \frac{s_{\text{diff}}}{\sqrt{n}} t \frac{\bar{x}_{\text{diff}}}{S_{\bar{x}}} \dots\dots\dots(4)$$

$\bar{x}_{\text{diff}}$ = rata-rata selisih sampel = 22,55

n = jumlah sampel = 11

s_{diff} = selisih standar deviasi sampel = 1,04

$S_{\bar{x}}$ = estimasi standar error rata-rata = 0,31

t hitung = 72,20

t tabel (df = 11 - 1 = 10, α = 0.05) = 2,23 (t tabel adalah nilai acuan dari dari tabel distribusi)

Tabel 9. Hasil uji t temperatur mesin 15 menit

No	RPM Mesin	15 menit normal	15 menit kebocoran	Selisih
1	1700	73 °C	92 °C	19
2	1710	73 °C	94 °C	21
3	1720	75 °C	97 °C	22
4	1730	76 °C	98 °C	22
5	1740	77 °C	99 °C	22
6	1750	78 °C	101 °C	23
7	1760	78 °C	101 °C	23

8	1770	79 °C	102 °C	23
9	1780	80 °C	104 °C	24
10	1790	82 °C	104 °C	22
11	1800	86 °C	106 °C	23

Selisih ini didapatkan dari nilai normal dikurangi (-) nilai kebocoran

$$S_{\bar{x}} = \frac{s_{\text{diff}}}{\sqrt{n}} t \frac{\bar{x}_{\text{diff}}}{S_{\bar{x}}} \dots\dots\dots(5)$$

$\bar{x}_{\text{diff}}$ = rata-rata selisih sampel = 22,18

n = jumlah sampel = 11

s_{diff} = selisih standar deviasi sampel = 1,33

$S_{\bar{x}}$ = estimasi standar error rata-rata = 0,40

t hitung = 55,40

t tabel (df = 11 - 1 = 10, α = 0.05) = 2,23 (t tabel adalah nilai acuan dari dari tabel distribusi)

Tabel 10. Hasil uji t temperatur mesin 20 menit

No	rpm Mesin	10 menit normal	10 menit kebocoran	Selisih
1	1700	76 °C	94 °C	18
2	1710	76 °C	96 °C	20
3	1720	77 °C	99 °C	22
4	1730	78 °C	100 °C	22
5	1740	79 °C	102 °C	23
6	1750	80 °C	103 °C	23
7	1760	81 °C	103 °C	22
8	1770	83 °C	104 °C	21
9	1780	84 °C	105 °C	21
10	1790	86 °C	106 °C	20
11	1800	88 °C	109 °C	21

Selisih ini didapatkan dari nilai normal dikurangi (-) nilai kebocoran

$$S_{\bar{x}} = \frac{s_{\text{diff}}}{\sqrt{n}} t \frac{\bar{x}_{\text{diff}}}{S_{\bar{x}}} \dots\dots\dots(6)$$

$\bar{x}_{\text{diff}}$ = rata-rata selisih sampel = 21,18

n = jumlah sampel = 11

s_{diff} = selisih standar deviasi sampel = 1,47

$S_{\bar{x}}$ = estimasi standar error rata-rata = 0,44

t hitung = 47,76

t tabel (df = 11 - 1 = 10, α = 0.05) = 2,23 (t tabel adalah nilai acuan dari dari tabel distribusi)

4. Kesimpulan

Setelah melakukan langkah-langkah dalam melakukan analisis dengan menggunakan metode uji t dua sampel berpasangan yang dibantu oleh aplikasi microsoft excel, maka berikut ini hasilnya:

1. Tekanan oli menurun drastis pasca kebocoran, dari kisaran 70-82 psi menjadi 35-56 psi.
2. Temperatur mesin meningkat tajam dari kondisi normal 76-88 °C menjadi 94-109 °C.
3. Perbedaan pada kedua parameter signifikan secara statistic (t hitung > t tabel) yang menunjukkan kebocoran seal crankshaft berdampak nyata terhadap perform termal dan mekanis mesin.

Ucapan Terimakasih

Terimakasih saya ucapkan kepada seluruh pihak yang sudah membantu dan mendukung baik dari segi finansial maupun non finansial, terutama kepada

orang tua saya terimakasih banyak karena selalu mendoakan yang terbaik, dan terimakasih kepada dosen pembimbing saya karena telah membimbing dengan baik dari awal sampai selesai penulisan ini.

Daftar Rujukan

- [1] Diahutari, N. W. E., 2022. *Analisis Penilaian Risiko Kebocoran Pipa Gas Bawah Laut Akibat Aktivitas Galangan Di Tanjung Uncang*. Strata 1. Gowa: Universitas Hasanuddin.
- [2] Zulhisman., 2018. *Efisiensi Penggunaan Top Drive Dibandingkan Rotary Table pada Proses Pemboran Directional Sumur B#327 dan B#310 di Lapangan 'Z*. Strata 1. Pekanbaru: Universitas Islam Riau.
- [3] Hafiz, K., Martianis, E., 2019. Analisis Overall Equipment Effectiveness (OEE) pada Mesin Caterpillar Type 3512B. *SINTEK JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 13 (2), pp. 87-96.
- [4] Piątkowski, T., Mirosław, W., Przemysław, O., 2016. Eksploatacja i testy Eksploatacja i testy. *Autobusy*, vol. 612017, no. 6, pp. 1074–1077.
- [5] Muhammad, R., Safi'i, M., Jannati, N. B., 2024. Analisa Kerusakan Pompa Oli Temperature Control Unit Pada Mesin Longitudinal Strecher Ditinjau Dari Kerugian Biaya Produksi Di Pt. Polidayaguna Perkasa Ungaran. *STORAGE Jurnal Ilmiah Teknik dan Ilmu Komputer*, 3 (1), pp. 106–115.
- [6] Bzura, P., 2018. Influence of Lubricating Oil Improvers on Performance of Crankshaft Seals. *Polish Maritime Research*, 25 (1), pp. 172–177.
- [7] Hartono, B., Waluyo, R., Fitriani, F., Muhammad, B., 2024. Analisa Kebocoran Hydraulic Cylinder Telescopic Pada Alat Angkut Mekanisasi Kelapa Sawit Tipe High Bin Kapasitas 500 Kilogram. *AME (Aplikasi Mekanika dan Energi):Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 10 (1), pp. 34-38.
- [8] Bzura, P., 2019. Diagnostic Model of Crankshaft Seals. *Polish Maritime Research*, 26 (3), pp.39-46.
- [9] Raswin, N. B., 2019. Analisis Pengujian Dry Gas Seal Type 28AT Tandem untuk Meningkatkan Reliability Dry Gas Seal di Kompresor Setrifugal. *SINTEK Jurnal: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 13 (2), pp. 73-79.
- [10] Knauder, C., Allmaier, H., Sander, D. E., Sams, T., 2020. Measurement of the crankshaft seals friction losses in a modern passenger car diesel engine. *Proc. Inst. Mech. Eng. Part J J. Eng. Tribol.*, 234 (7), pp. 1106–1113.
- [11] Syinta, R. A., 2021. Analisis Dan Pembuatan Chassis Tipe Ladder Frame Mobil KMHE Urban Concept Menggunakan Metode Simulasi Dan Pahl And Beitz. *ENOTEK J. Energi dan Inov. Teknol.*, 1 (01), pp. 14–18.