

Pengaruh Variasi Waktu Operasi Mesin Terhadap Perubahan Nilai Viskositas Dan *Total Acid Number* Untuk Pelumas Gearbox

Dika Septayama Putra^{1*}, Ariyanto¹, Indra Feriadi¹

¹Politeknik Manufaktur Bangka Belitung, Sungailiat

*E-mail: dikaseptayama@gmail.com

Received 6 Januari 2023; Received in revised form 7 Januari 2023; Accepted 26 Januari 2023

Abstract

Lubricating is one of the methods to prevent temperature rise and wear due to friction among gearbox components. The lubricant quality is an essential factor in ensuring lubricant functions optimally. Long-term use of the machine changes lubricant quality, which can be measured by viscosity parameters and Total Acid Number (TAN). This research aims to determine the effect of machine operating time on viscosity and TAN lubricant changes of milling machine gearbox heads (Headstock) used for educational purposes. The study used a quantitative research method in which data was collected using statistical data analysis tools and selecting a random sampling. Forty samples of Shell Tellus 46 lubricant were taken every 5 hours for 200 operation hours with an operating temperature of 27.5-44.4°C and 300 rpm speed. Viscosity testing uses Visgage and Fluidscan to check TAN. Data analysis using a simple linear regression analysis method with the statistical software Minitab 21.3. The results showed that operating time had a significant effect on: 1) a 95% change in viscosity value with 3.67 cSt (7.39%) decline or 0.018776 cSt per operation hour; 2) 99.34% change in TAN value with 0.27 mg KOH/g (16.56%) increase or 0.001297 mg KOH/g per operation hour.

Keywords: Gearbox; Lubricants; Operating time; Total Acid Number; Viscosity.

Abstrak

Pemberian pelumas salah satu cara untuk mencegah terjadinya kenaikan suhu dan keausan akibat gesekan antar komponen Gearbox. Kualitas pelumas menjadi faktor penting untuk memastikan pelumas berfungsi optimal. Penggunaan mesin dalam jangka panjang mengubah kualitas pelumas yang antara lain dapat diukur dari parameter viskositas dan *Total Acid Number* (TAN). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu operasi mesin terhadap perubahan viskositas dan TAN pelumas gearbox kepala mesin perkakas frais (Headstock) yang digunakan untuk keperluan pendidikan. Penelitian menggunakan metode penelitian kuantitatif dimana pengumpulan data dengan alat analisis data statistik dan pemilihan sampel secara acak. Sampel penelitian pelumas Shell Tellus 46 sejumlah 40 sampel yang diambil setiap 5 jam selama 200 jam operasi dengan temperatur operasi 27,5-44,4°C dan kecepatan 300 rpm. Pengujian viskositas memakai alat Visgage dan Fluidscan untuk memeriksa TAN. Analisis data dilakukan dengan metode analisis regresi linier sederhana menggunakan perangkat lunak perhitungan statistik Minitab 21.3. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu operasi berpengaruh signifikan terhadap: 1) 95% perubahan viskositas dengan nilai penurunan sebesar 3,67 cSt (7,39%) atau menurun sebesar 0,018776 cSt per jam operasi; 2) 99,34% perubahan nilai TAN sebesar 99,34% dengan nilai kenaikan sebesar 0,27 mg KOH/g (16,56%) atau meningkat sebesar 0,001297 mg KOH/g per jam operasi.

Kata kunci: Gearbox; Pelumas; Waktu operasi; Total Acid Number; Viskositas.

1. PENDAHULUAN

Kepala Tetap (*Headstock*) adalah salah satu bagian dari mesin perkakas *frais* atau

bubut yang fungsi utamanya untuk memutar *Spindle* mesin. *Headstock* adalah kepala mesin berbentuk kotak roda gigi (*Gearbox*) yang didalamnya berisi komponen-

komponen mesin yang berputar, seperti poros, roda gigi, bantalan, dan kopling. Ketika mesin beroperasi, komponen-komponen ini akan bergerak dan berhubungan satu dengan lainnya. Hubungan ini menimbulkan gesekan antar komponen yang tidak dapat dihindari. Gesekan yang terjadi mengakibatkan kenaikan suhu dan keausan. Pemberian pelumas adalah salah satu cara atau metode yang umum digunakan dalam mencegah terjadinya kenaikan suhu dan keausan akibat gesekan antar komponen. Oleh karenanya kualitas pelumas menjadi faktor penting untuk memastikan pelumas dapat berfungsi sebagaimana mestinya.

Pelumas merupakan cairan yang ditempatkan pada permukaan komponen yang bergerak untuk mengurangi gesekan yang terjadi sehingga mesin dapat beroperasi dengan baik dan optimal [1]. Kualitas pelumas harus dikontrol untuk mempertimbangkan dan memastikan bahwa pelumas tidak melebihi batas yang ditentukan. Parameter yang digunakan untuk menentukan kualitas pelumas antara lain nilai viskositas kinematik dan *Total Acid Number* (TAN). Viskositas adalah resistensi atau ketahanan terhadap daya alir pelumas. Viskositas pelumas tidak boleh terlalu rendah. Jika terlalu rendah, lapisan pelumas antara dua bagian mesin yang bergerak akan rusak menyebabkan keausan karena kontak langsung antar komponen [2]. TAN menunjukkan nilai yang menyatakan jumlah kandungan asam dalam sampel pelumas, yang dapat menyebabkan korosi tergantung tingkat keasamannya. Semakin tinggi nilai TAN, semakin tinggi laju korosi yang berdampak terhadap bahan logam [3]. Tingkat keasaman pelumas tinggi ditimbulkan melalui oksidasi. Oksidasi adalah sifat bereaksi dengan oksigen atau air dan dapat menghasilkan pengendapan yang meningkatkan nilai *total acid number* [4].

Nilai viskositas dan TAN akan mengalami perubahan seiring bertambahnya waktu operasi mesin. Pelumas memiliki batas ketentuan untuk nilai viskositas dan TAN yang diperlukan untuk memantau pemeliharaan pelumas dengan baik agar mesin dapat bekerja lebih lama tanpa gangguan. Beberapa penelitian yang memiliki relevansi atau keterkaitan terhadap topik ini antara lain dilakukan oleh Essarofy

[5] yang meneliti pengaruh waktu operasi terhadap viskositas pelumas *Shell Tellus 32* pada *Headstock* mesin bubut. Nugraha [6] meneliti pengaruh jarak tempuh terhadap kelayakan umur pakai pelumas otomatis *Federal Oil Ultratec SAE 20W-50* sepeda motor Honda Supra X 125 berdasarkan viskositas kinematik dan *total base number* (TBN). Serta Darmawan [7] meneliti pengaruh jarak tempuh terhadap kelayakan umur pakai oli *Yamalube Matic SAE 20W-40* berdasarkan viskositas kinematik dan TAN pada sepeda motor Yamaha *Xride*.

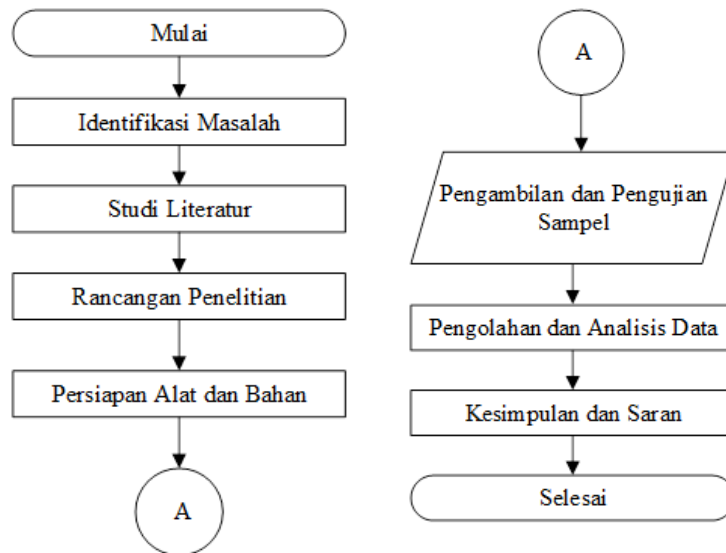
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu operasi terhadap perubahan viskositas kinematik dan TAN pelumas pada *Headstock* mesin perkakas frais universal yang digunakan di laboratorium pendidikan. Penelitian dilakukan terhadap pelumas mesin frais *Ajax 2A Mark V* di laboratorium pemesinan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Penelitian ini penting untuk dilakukan mengingat waktu operasi mesin di laboratorium pendidikan tidak seperti mesin industri. Variasi waktu operasi setiap hari cukup signifikan mengingat tujuan penggunaan mesin untuk keperluan pembelajaran atau praktik dengan spesifikasi benda kerja yang berbeda-beda. Disamping itu, penelitian sejenis terhadap pelumas *gearbox* mesin perkakas di Indonesia belum banyak dilakukan. Dari pencarian di mesin pencari *Google Scholar*, banyak ditemukan penelitian mengenai perubahan viskositas dan TAN terhadap pelumas otomotif. Hasil penelitian pengaruh waktu operasi terhadap perubahan dari nilai viskositas dan TAN ini dapat dimanfaatkan untuk menentukan kelayakan umur pakai pelumas *gearbox* mesin perkakas secara spesifik, sehingga dapat menentukan waktu yang tepat untuk penggantian pelumas. Pelumas yang melebihi batas yang ditentukan berada dalam kondisi buruk dan harus diganti untuk menghindari masalah yang mempengaruhi kinerja mesin.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini berlandaskan filsafat positivisme yaitu menggunakan metode kuantitatif dengan mengumpulkan data dari sampel atau populasi yang dipilih secara acak dan menganalisisnya menggunakan alat analisis data statistik [8]. Peneliti

menggunakan *software Minitab 21.3* untuk melakukan perhitungan untuk memudahkan analisis variabel yang diteliti dilihat dari korelasi dan pengaruh yang ditimbulkan antar variabel yang terdapat dalam penelitian. Data sampel pada penelitian ini yang digunakan adalah sebanyak 40 sampel dan kemudian akan dianalisis. Penelitian

yang memiliki studi kasus tentang korelasi atau berhubungan maka ukuran sampel yang harus diambil minimum 30 [9]. Penelitian ini dilakukan mengikuti prosedur yang telah dirancang dan dijelaskan sesuai diagram alir yang termuat dalam Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Proses Penelitian

Diagram alir yang terdapat dalam Gambar 1 menggambarkan proses penelitian yang telah dirancang, mulai dari identifikasi masalah hingga menemukan arah fokus penelitian untuk membentuk latar belakang. Studi literatur kemudian dilakukan untuk mengkaji banyak langkah yang diambil untuk memecahkan masalah yang ada dan mencapai keberhasilan dalam mendukung penelitian ini. Penelitian dilakukan menggunakan beberapa parameter atau variabel yang terdiri dari variabel independen (waktu operasi) dan

dependen (viskositas dan TAN). Bahan pelumas *Shell Tellus 46* pada *Headstock* mesin frais *Ajax Universal 2A Mark V* dengan banyak jumlah sampel data yang akan diambil sebanyak 40 sampel dengan suhu operasi pada rentang 27,5-44,4°C dan kecepatan putaran 300 rpm. Pengujian sampel menggunakan alat uji berupa *Visgage* untuk menguji viskositas dan *Fluidscan* untuk menguji TAN seperti tercantum pada Gambar 2(a) dan Gambar 2(b).



(a)



(b)

Gambar 2. (a) Viskometer (*visgage*), (b) *Fluidscan*

Pengumpulan data sampel pengujian dilakukan melalui prosedur berikut ini:

- Mesin dioperasikan dengan waktu operasi selama 5 jam.
- Mengambil pelumas dari gearbox mesin yang telah dibuka dan menyimpannya pada wadah bening agar dapat melihat jika ada kontaminasi yang tercampur.
- Panaskan pelumas sampai 40°C, kemudian periksa viskositasnya menggunakan *Visgage* dan periksa TAN memakai *Fluidscan* kemudian foto dan catat hasil tersebut.
- Membersihkan wadah dengan tisu.
- Kemudian kembali ke tahap (a) hingga (d) sampai 40 sampel terpenuhi.

Peneliti kemudian menganalisis sampel dengan analisis regresi linier sederhana yang merupakan metode statistik untuk menganalisis secara linier hubungan yang terjadi antar variabel (independen dan dependen) [10].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil data kemudian dirata-ratakan sehingga diperoleh nilai yang telah diolah dalam bentuk tabel menggunakan *Microsoft Excel 2021* seperti ditunjukkan dalam Tabel 1.

Data pada Tabel 1 kemudian dilakukan analisis dengan analisis regresi linier sederhana menggunakan *software Minitab 21.3* untuk mengetahui dampak atau pengaruh yang diakibatkan waktu operasi terhadap perubahan viskositas dan TAN.

Tabel 1. Hasil Pengolahan Data Viskositas dan TAN

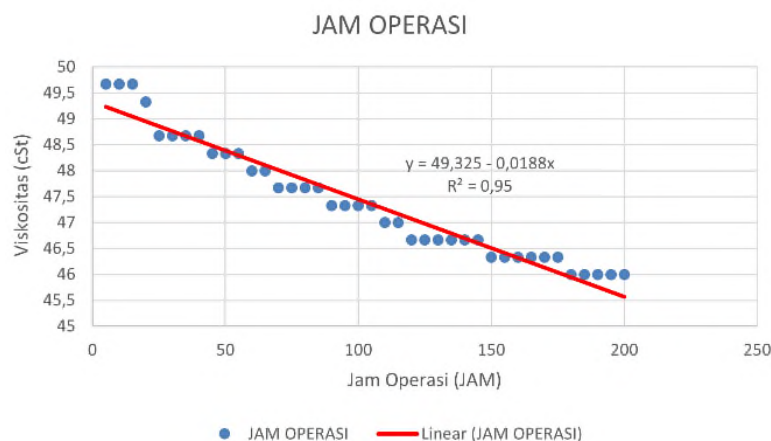
Waktu Operasi (Jam)	Viskositas (cSt)	TAN (mg KOH/g)	Waktu Operasi (Jam)	Viskositas (cSt)	TAN (mg KOH/g)
5	49.67	1.63	105	47.33	1.76
10	49.67	1.64	110	47	1.77
15	49.67	1.65	115	47	1.77
20	49.33	1.66	120	46.67	1.78
25	48.67	1.66	125	46.67	1.78
30	48.67	1.67	130	46.67	1.79
35	48.67	1.68	135	46.67	1.79
40	48.67	1.68	140	46.67	1.8
45	48.33	1.69	145	46.67	1.81
50	48.33	1.7	150	46.33	1.82
55	48.33	1.7	155	46.33	1.82
60	48	1.71	160	46.33	1.83
65	48	1.72	165	46.33	1.84
70	47.67	1.72	170	46.33	1.85
75	47.67	1.73	175	46.33	1.86
80	47.67	1.73	180	46	1.87
85	47.67	1.74	185	46	1.88
90	47.33	1.74	190	46	1.88
95	47.33	1.75	195	46	1.89
100	47.33	1.76	200	46	1.9

3.1. Pengaruh Waktu Operasi Terhadap Viskositas

Hasil pengolahan data waktu operasi dan viskositas dari Tabel 1 dikonversi menjadi bentuk grafik seperti ditunjukkan dalam Gambar 3.

Fenomena yang terjadi pada nilai viskositas dapat dilihat pada Gambar 3

bahwa pada waktu operasi ke 5 jam, viskositas memiliki nilai sebesar 49,67 cSt hingga memasuki waktu operasi ke 20, viskositas mengalami penurunan pertama dan memasuki waktu operasi mesin 200 jam, viskositas menjadi 46 cSt atau menurun sebesar 3,67 cSt (7,39%).



Gambar 3. Tren Nilai Viskositas Terhadap Waktu Operasi Mesin

Penurunan tersebut dikarenakan bertambahnya waktu operasi mesin namun viskositas juga dipengaruhi oleh beberapa faktor lain yang dapat berdampak mengubah nilai viskositas seperti perubahan temperatur dan tekanan dalam mesin [11]. Analisis regresi linier sederhana digunakan untuk mengetahui secara spesifik besarnya

dampak atau pengaruh yang terjadi setiap kali mesin dioperasikan sebagai tolak ukur prediktif untuk membantu menjaga kualitas pelumas. Hasil analisis regresi linier sederhana dan analisis varian (ANOVA) menggunakan *software Mintab 21.3* berupa nilai *R-squared* yang tercantum pada Tabel 2.

Tabel 2. Presentase Hubungan Antar Variabel Waktu Operasi Dan Viskositas

Standar Error	R-sq	Adj R-sq	R-sq Prediksi
0,255019	95,00%	94,87%	94,27%

Tabel 2 menunjukkan persentase pengaruh waktu operasi terhadap viskositas yang dilihat melalui nilai *R-squared* atau koefisien determinasi. *R-squared* menunjukkan nilai yaitu 95 % yang berarti waktu operasi mempengaruhi viskositas sebesar

presentase tersebut. Untuk menemukan nilai *f*-hitung sebagai penentu pengaruh signifikan dilakukan analisis varian (ANOVA) dengan hasil yang telah termuat dalam bentuk Tabel 3.

Tabel 3. Hasil ANOVA dari Waktu Operasi Terhadap Viskositas

	DF	Adj SS	Adj MS	F hitung	F tabel
Regresi	1	46,977	46,9766	722,33	4,10
Error	38	2,471	0,0650		
Total	39	49,448			

Nilai *F-value* atau *F* hitung yang didapatkan melalui analisis anova yaitu sebesar 722,33 yang dilakukan perbandingan dengan nilai *F* tabel untuk menjawab hipotesis yang telah dirancang yaitu jika *F-value* atau *F* hitung > *F* tabel maka Hipotesis Awal (waktu operasi tidak berpengaruh signifikan terhadap viskositas) ditolak dan menerima Hipotesis Akhir (waktu operasi berpengaruh signifikan terhadap

viskositas). Hasil yang didapatkan dari Tabel 3 menyatakan *F* tabel bernilai 4,10 maka *F* hitung > *F* tabel (722,33 > 4,10). Angka ini menunjukkan waktu operasi memiliki pengaruh yang signifikan terhadap viskositas. Analisis regresi untuk menemukan besar dampak yang terjadi setiap pertambahan waktu operasi seperti ditunjukkan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Analisis regresi linier sederhana waktu operasi terhadap viskositas

	Koefisien	Standar Error	Nilai T	Nilai P	VIF
Konstanta	49,3248	0,0822	600,20	0,000	
Waktu Operasi	-0,018776	0,000699	-26,88	0,000	1,00

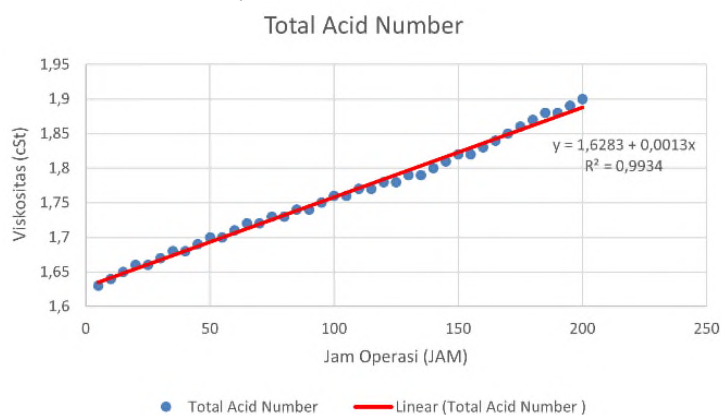
Persamaan regresi linier sederhana pengaruh waktu operasi terhadap viskositas didapatkan dari Tabel 4 yaitu $Y = 49,3248 - 0,018776x$ dengan Konstanta (a) adalah 49,3248 dan Koefisien regresi waktu operasi (b) adalah -0,018776. Konstanta adalah nilai rata rata viskositas pada saat 0 waktu operasi sedangkan koefisien regresi merupakan nilai variabel dependen setiap penambahan satu satuan variabel independen [12].

Analisis melalui perhitungan di atas menunjukkan bahwa nilai viskositas sebesar 49,3248 cSt pada saat waktu operasi mesin yaitu 0 jam berdasarkan nilai konstanta yang didapatkan pada hasil analisis yang tertera pada Tabel 3. Viskositas mengalami perubahan nilai sesuai dengan nilai dari koefisien regresi pada analisis regresi ini sebesar -0,018776 cSt yang berarti viskositas mengalami penurunan sebesar 0,018776 cSt. Viskositas mengalami penurunan setiap waktu operasi dinaikan satu satuan. Berdasarkan ISO VG numbers, pelumas

dengan nilai viskositas ISO VG 46 memiliki rentang viskositas kinematik 41,4 - 50,6 cSt [13].

3.2. Pengaruh Waktu Operasi Terhadap TAN

Hasil pengolahan data waktu operasi dan TAN dari Tabel 1 dikonversi menjadi bentuk grafik seperti ditunjukan dalam Gambar 4. Fenomena yang terjadi terhadap nilai TAN sebagaimana grafik di atas menunjukkan bahwa pada waktu operasi ke 5 jam operasi, nilai TAN sebesar 1.63 mg KOH/g dan terus mengalami peningkatan hingga waktu operasi mesin mencapai 200 jam menjadi 1.9 mg KOH/g atau naik 0,27 mg KOH/g (16,56%). Peningkatan yang terjadi dikarenakan bertambahnya waktu operasi mesin. Namun demikian TAN juga dapat berubah akibat pengaruh lainnya seperti temperatur mesin dan kondisi komponen didalam mesin [3].



Gambar 4. Tren Waktu Operasi Mesin Terhadap TAN

Analisis regresi linier sederhana digunakan untuk mengetahui secara spesifik besarnya dampak atau pengaruh yang terjadi setiap kali mesin dioperasikan sebagai tolak ukur prediktif untuk membantu

menjaga kualitas pelumas. Analisis regresi linier sederhana dan analisis varian (ANOVA) menggunakan software Mintab 21.3 dan hasil analisis berupa nilai R-squared yang tercantum pada Tabel 5.

Tabel 5. Presentase Hubungan Antar Variabel Waktu Operasi dan TAN

Standar Error	R-sq	Adj R-sq	R-sq Prediksi
0,0062488	99,34%	99,33%	99,26%

Tabel 5 menunjukkan persentase pengaruh waktu operasi terhadap TAN yang dilihat melalui nilai *R-squared* atau koefisien determinasi. *R-squared* menunjukkan nilai yaitu 99,34 % yang berarti waktu operasi mempengaruhi TAN dengan besar

presentase tersebut. Untuk menemukan nilai *f*-hitung sebagai penentu pengaruh signifikan dilakukan dengan analisis varian (ANOVA) dengan hasil yang telah termuat dalam bentuk Tabel 6.

Tabel 6. Hasil ANOVA dari Waktu Operasi Terhadap TAN

	DF	Adj SS	Adj MS	F hitung	F tabel
Regresi	1	0,224154	0,224154	5740,56	4,10
Error	38	0,001484	0,000039		
Total	39	0,225638			

Nilai *F-value* atau *F* hitung yang didapatkan melalui analisis anova yaitu sebesar 5740,56 yang dilakukan perbandingan dengan nilai *F* tabel untuk menjawab hipotesis yang telah dirancang yaitu jika *F-value* atau *F* hitung > *F* tabel maka Hipotesis Awal (waktu operasi tidak berpengaruh signifikan terhadap *total acid number*) ditolak dan menerima Hipotesis Akhir (waktu operasi berpengaruh signifikan terhadap *total acid number*). Hasil yang didapatkan dari Tabel 6 menyatakan *F* tabel bernilai 4,10 maka disimpulkan bahwa *F* hitung > *F* tabel (5740,56 > 4,10) maka waktu operasi memiliki pengaruh yang signifikan

terhadap TAN. Untuk menemukan besar dampak yang terjadi setiap pertambahan waktu operasi dilakukan dengan analisis regresi seperti ditunjukkan dalam Tabel 7.

Persamaan regresi linier sederhana pengaruh waktu operasi terhadap TAN didapatkan dari Tabel 7 yaitu $Y = 1,62831 + 0,001297x$ dengan Konstanta (a) adalah 1,62831 dan Koefisien regresi waktu operasi (b) adalah 0,001297. Konstanta adalah nilai rata rata TAN pada saat 0 waktu operasi sedangkan koefisien regresi merupakan nilai variabel dependen setiap penambahan satu satuan variabel independen [12].

Tabel 7. Analisis Regresi Linier Sederhana Waktu Operasi Terhadap TAN

	Koefisien	Standar Error	Nilai T	Nilai P	VIF
Konstanta	1,62831	0,00201	808,62	0,000	
Waktu Operasi	0,001297	0,000017	75,77	0,000	1,00

Analisis melalui perhitungan pada Tabel 7 menunjukkan bahwa bahwa nilai TAN yaitu 1,62831 mg KOH/g pada saat waktu operasi mesin yaitu 0 jam berdasarkan nilai konstanta yang didapatkan pada hasil analisis yang tertera pada Tabel 5. TAN mengalami perubahan nilai sesuai dengan nilai dari koefisien regresi pada analisis regresi ini sebesar 0,001297 mg KOH/g yang berarti TAN mengalami peningkatan sebesar 0,001297 mg KOH/g. TAN mengalami penurunan setiap waktu operasi dinaikan satu satuan. Nilai TAN untuk *gear oils* sekitar 1,5-2,0 mg KOH/g dan tidak boleh melebihi 4 mg KOH/g [14]. Kandungan air dapat mempengaruhi pembentukan asam bahkan pada produk

baru atau produk dengan masa pakai rendah.

4. SIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh setelah melakukan pengujian dan analisis dalam penelitian ini yaitu: 1) waktu operasi mesin berpengaruh signifikan terhadap viskositas sebesar 95% dengan nilai penurunan sebesar 3,67 cSt (7,39%) atau menurun sebesar 0,018776 cSt per jam operasi; 2) waktu operasi mesin berpengaruh signifikan terhadap nilai TAN sebesar 99,34% dengan nilai kenaikan sebesar 0,27 mg KOH/g (16,56%) atau meningkat sebesar 0,001297 mg KOH/g per jam operasi.

Penelitian yang telah dilakukan juga menunjukkan fenomena yang terjadi

berbanding terbalik antara viskositas dan TAN yang diakibatkan oleh variasi waktu operasi yang sama. Seiring bertambahnya waktu operasi maka viskositas semakin menurun sedangkan TAN mengalami peningkatan. Fenomena yang terjadi dapat dilakukan penelitian lebih lanjut dan menambahkan beberapa faktor yang mempengaruhinya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Meiliana, Syahputra, and Fauzan, "Pengaruh Suhu Terhadap Viskositas Minyak Pelumas Shell Mysella S3N40 Pada Mesin Gas Type W18V50SG Di PLTMG Sumbagut -2 Peaker," *J TEKRO*, vol. 6, no. 1, pp. 92-97, 2022.
- [2] J. Sentanuhady et al., "Analisis Pengaruh Biodiesel B20 Dan B100 Terhadap Degradasi Viskositas Dan Total Base Number Minyak Pelumas Pada Mesin Diesel Yang Beroperasi Dalam Jangka Panjang Dengan Metode ASTM D2896 Dan ASTM D445-06," *Teknik*, vol. 41, no. 3, pp. 269-274, 2020, doi: 10.14710/teknik.v41i3.32515.
- [3] C. P. W. Mahesti, M. F. Kumalasari, H. Saroso, and Y. Maryanty, "Studi Perbandingan Metode Pengujian Tan (Total Acid Number) Pltgu Dengan Astm D-974," *Distilat J. Teknol. Separasi*, vol. 6, no. 2, pp. 451-456, 2020, doi: 10.33795/distilat.v6i2.157.
- [4] A. Hendrawan, A. S. Dwiono, and S. Pramono, "Perilaku Temperatur Minyak Lumas Pada Kapal," *Din. Bahari*, vol. 3, no. 1, pp. 52-59, 2022, doi: 10.46484/db.v3i1.300.
- [5] I. A. Essarofy, Ariyanto, and I. Feriadi, "Analisis Pengaruh Jam Operasi Berbeda Terhadap Kualitas Pelumas Tellus 32 Pada Headstock Mesin Bubut DoALL LT 13," *Pros. Semin. Nas. Inov. Teknol. Ter.*, Politeknik MANufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat, 2021, no. 1, pp. 100-105.
- [6] G. N. Nugraha and Suhariyanto, "Analisa Kelayakan Umur Pakai Minyak Pelumas Federal Oil Ultratec SAE 20W-50 Berdasarkan Viskositas Kinematik Dan Total Base Number Pada Sepeda Motor Honda Supra X 125," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2018.
- [7] D. Darmawan and Suhariyanto, "Analisa Kelayakan Umur Pakai Oli Yamalube Matic SAE 20W-40 Berdasarkan Viskositas Kinematik Dan Total Acid Number Pada Sepeda Motor Yamaha X- Ride," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2018.
- [8] M. Y. Balaka, "Metode penelitian Kuantitatif," p. 130, 2022.
- [9] Z. Agusri, "Pengaruh Covid-19 Terhadap Jumlah Penumpang Di Stasiun Kereta Api Medan (Studi Kasus)," Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, 2021.
- [10] A. A. Azahra, "Analisis Prediksi Jumlah Penerimaan Mahasiswa Baru Menggunakan Metode Regresi Linier Sederhana," *Bull. Appl. Ind. Eng. Theory*, vol. 3, no. 1, pp. 75-78, 2022.
- [11] Jalaluddin, S. Akmal, N. Za, and Ishak, "Analisa Profil Aliran Fluida Cair dan Pressure Drop pada Pipa L menggunakan Metode Simulasi Computational Fluid Dynamic (CFD)," *J. Teknol. Kim. Unimal*, vol. 8, no. 2, pp. 53-72, 2019.
- [12] A. E. Putra and A. Juarna, "Prediksi Produksi Daging Sapi Nasional dengan Metode Regresi Linier dan Regresi Polinomial," *J. Ilm. KOMPUTASI*, vol. 20, no. 2, pp. 209-215, 2021.
- [13] Noria Corporation, ISO Viscosity Grades [Online], Machinery Lubrication, diakses pada 2 Oktober 2022, Available: <https://www.machinerylubrication.com/Read/213/iso-viscosity-grades>.
- [14] C. Gay, Acid Number Role in Industrial Lubricant Serviceability [Online], Bureau Veritas, diakses pada 2 Oktober 2022, Available : <https://oil-testing.com/acid-number-overview>.