



## STUDI PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP VISKOSITAS MINYAK PELUMAS PADA MODEL REYNOLDS, MODEL SLOTTE DAN MODEL VOGEL

Asjan Anugerah Zai dan Alkhafi Maas Siregar  
Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Medan  
[asjananugerahzai@mhs.unimed.ac.id](mailto:asjananugerahzai@mhs.unimed.ac.id)

Diterima: April 2020. Disetujui: Mei 2020. Dipublikasikan: Juni 2020

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh temperatur terhadap viskositas minyak pelumas pada model Reynolds, model Slotte, dan model Vogel. Model-model tersebut mengandung parameter fisika yang ditentukan berdasarkan data referensi. Data viskositas minyak pelumas yang diperoleh dianalisis dengan mengamati kecenderungan data model terhadap data referensi dan menemukan nilai errornya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model Reynolds dan Model Vogel mampu mengestimasi viskositas minyak pelumas sedangkan model Slotte kurang efektif dalam mengestimasi viskositas minyak pelumas. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa nilai error terkecil adalah pada model Vogel.

**Kata Kunci:** Viskositas Minyak Pelumas, Temperatur, Model Reynolds, Model Slotte, Model Vogel, Error

### ABSTRACT

*This study aims to analyze the effect of temperature on the viscosity of lubricant oils in the Reynolds model, Slotte model, and Vogel models. These models contain physical parameters determined based on reference data. Data of lubricant oil viscosity obtained were analyzed by observing the tendency of model data to reference data and finding the error value. The results showed that the Reynolds and Vogel models were able to estimate the viscosity of lubricant oils while the Slotte model was less effective in estimating the viscosity of lubricant oils. The results also showed that the smallest error value was in the Vogel model.*

**Keywords:** lubricant viscosity, temperature, Reynolds model, Slotte model, Vogel model, error

temperatur dan disimbolkan dengan  $\eta$  (eta) (Effendi dan Adawiyah., 2014; Young., 2002).

### PENDAHULUAN

Salah satu sifat penting dari minyak pelumas adalah viskositas atau kekentalan (Paraden., 2012). Viskositas adalah ukuran kekentalan yang diakibatkan oleh gesekan antar senyawa di dalamnya (Sears dan Mark., 1982). Nilai viskositas minyak pelumas menunjukkan kemampuan minyak pelumas dalam memberikan ketahanan yang diakibatkan oleh gerakan internal yang terjadi (Sudiar., 2014). Viskositas dipengaruhi oleh

Selain itu viskositas merupakan karakteristik bahan bakar cair yang sangat penting dalam proses pembakaran terutama pada proses pengabutan (Crouse dan Anglin., 1993).

Peningkatan temperatur mengurangi kohesi molekular dan menyebabkan berkurangnya viskositas minyak pelumas (Olson., 1993). Pengaruh temperatur terhadap viskositas minyak pelumas dapat diprediksi menggunakan kajian komputasi dan kajian

teoretis misalnya dengan menggunakan model teoretis pengaruh temperatur terhadap viskositas minyak pelumas.

Model teoretis pengaruh temperatur terhadap viskositas minyak pelumas telah banyak ditemukan oleh para peneliti sebelumnya tetapi belum tentu dapat mengestimasi viskositas dengan hasil yang sama. Hasil penelitian Reynolds (1886) menunjukkan bahwa model Reynolds yang digunakan dalam mengestimasi viskositas didasarkan pada jenis zat yang akan diteliti. Pada penelitiannya ditemukan model untuk mengestimasi viskositas air, udara dan minyak zaitun dengan bentuk model yang berbeda-beda. Adapun estimasi viskositas pada minyak zaitun dilakukan pada temperatur 61oF - 120oF atau 15,6oC - 48,9oC.

Belehradek (1957) juga mengungkapkan bahwa pada cairan tertentu misalnya etanol, model Slotte tidak cukup baik dalam mengestimasi viskositas, sedangkan pada air model Slotte memberikan plot yang bagus dalam mengestimasi viskositas. Pada perbandingan hasil, disarankan bahwa konstanta mungkin dihubungkan dengan resistensi yang menentang gerakan bebas dari molekul yang bereaksi dalam suatu zat. Model Slotte tersebut harus disesuaikan dengan jenis zat yang akan di estimasi.

Selain itu, terdapat model lain dalam mengestimasi viskositas minyak pelumas misalnya model Vogel. Knežević dan Savić (2006) melakukan penelitian dengan menggunakan model Vogel sebagai fungsi temperatur dan tekanan. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa pengabaian pengaruh tekanan kerja dapat menyebabkan kesalahan signifikan dalam menghitung nilai viskositas dinamis dari minyak hidrolis. Nilai kesalahan meningkat dengan peningkatan tekanan dan penurunan temperatur. Hasil penelitian Sikora (2013) menunjukkan hasil yang berbeda yakni perubahan tekanan tidak memberikan perubahan yang signifikan terhadap viskositas minyak pelumas.

Penelitian di atas menunjukkan hasil yang berbeda-beda sehingga perlu dilakukan

studi untuk mengetahui pengaruh temperatur terhadap viskositas minyak pelumas berdasarkan model-model teoretis. Studi tersebut lebih mudah dilakukan jika menggunakan bantuan komputer. Perkembangan teknologi khususnya komputer telah membuat ilmu fisika mengalami kemajuan yang pesat misalnya dalam bidang fisika komputasi yang mengkaji masalah fisika berdasarkan hasil tinjauan komputasi numerik (Siregar., 2003).

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode komputasi. Penelitian ini dimulai dengan menemukan model-model teoretis pengaruh temperatur terhadap viskositas minyak pelumas sebagaimana pada tabel 1.

**Tabel 1.** Model-model teoretis

No	Nama Model	Bentuk Model
1	Model Reynolds	$\eta = be^{-aT}$
2	Model Slotte	$\eta = \frac{c}{(b + T)^a}$
3	Model Vogel	$\eta = a_i e^{\frac{b}{(T-c_i)}}$

(Knežević dan Savić., 2006; Antonic., dkk., 2007; Stachowiak dan Batchelor., 2001; Reynolds., 1886; Behlradek., 1957; Rohr., 2013).

Model-model tersebut mengandung parameter fisika yaitu konstanta dan temperatur (T). Konstanta tersebut harus ditentukan terlebih dahulu sedangkan temperature ditentukan berdasarkan data referensi (i = 1, 2, 3, ...). Data referensi yang digunakan adalah data penelitian pengukuran viskositas minyak pelumas produksi PT. Pupuk Sriwidjaja (PUSRI) Palembang (Lumbantoruan, dan Yulianti., 2016).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Penelitian

#### 1. Konstanta pada model-model teoretis

Adapun konstanta model-model teoretis yang diperoleh sebagaimana pada tabel 2.

**Tabel 2.** Konstanta model-model teoretis pada minyak pelumas

Kons tanta	Jenis A			Jenis B			Jenis C		
	Mo del Reyno lds	Mode l Slot te	Model Vogel	Model Reynold s	Model Slotte	Model Vogel	Mo del Rey nolds	Model Slotte	Model Vogel
a	0,028	20,50 8	a <sub>1</sub> = 71,365, a <sub>2</sub> = 69,894, a <sub>3</sub> = 64,641, a <sub>4</sub> = 46,281, a <sub>5</sub> = 36,057, a <sub>6</sub> = 28,274, a <sub>7</sub> = 26,986, a <sub>8</sub> = 23,983, dan a <sub>9</sub> = 20,875.	0,030	21,358	a <sub>1</sub> = 78,418, a <sub>2</sub> = 76,230, a <sub>3</sub> = 61,226, a <sub>4</sub> = 55,852, a <sub>5</sub> = 41,570, a <sub>6</sub> = 35,756, a <sub>7</sub> = 30,010, a <sub>8</sub> = 28,640, dan a <sub>9</sub> = 23,580.	0,0031	22,853	a <sub>1</sub> = 77,375, a <sub>2</sub> = 67,131, a <sub>3</sub> = 56,547, a <sub>4</sub> = 45,441, a <sub>5</sub> = 33,973, a <sub>6</sub> = 30,692, a <sub>7</sub> = 26,138, a <sub>8</sub> = 22,345, dan a <sub>9</sub> = 21,397.
b	65781 0,396	348,1 5	- 0,694	1738514 ,543	348,15	-0,753	230565 2,878	348,15	- 0,783
c	-	1,504 x 10 <sup>60</sup>	c <sub>1</sub> = 333,150, c <sub>2</sub> = 338,150, c <sub>3</sub> = 343,150, c <sub>4</sub> = 348,150, c <sub>5</sub> = 353,150, c <sub>6</sub> = 358,150, c <sub>7</sub> = 363,150, c <sub>8</sub> = 368,150 dan c <sub>9</sub> = 373,150	-	2,926 x 10 <sup>62</sup>	c <sub>1</sub> = 333,150, c <sub>2</sub> = 338,150, c <sub>3</sub> = 343,150, c <sub>4</sub> = 348,150, c <sub>5</sub> = 353,150, c <sub>6</sub> = 358,150, c <sub>7</sub> = 363,150, c <sub>8</sub> = 368,150 dan c <sub>9</sub> = 373,150	-	6,355 x 10 <sup>66</sup>	c <sub>1</sub> = 333,150, c <sub>2</sub> = 338,150, c <sub>3</sub> = 343,150, c <sub>4</sub> = 348,150, c <sub>5</sub> = 353,150, c <sub>6</sub> = 358,150, c <sub>7</sub> = 363,150, c <sub>8</sub> = 368,150 dan c <sub>9</sub> = 373,150

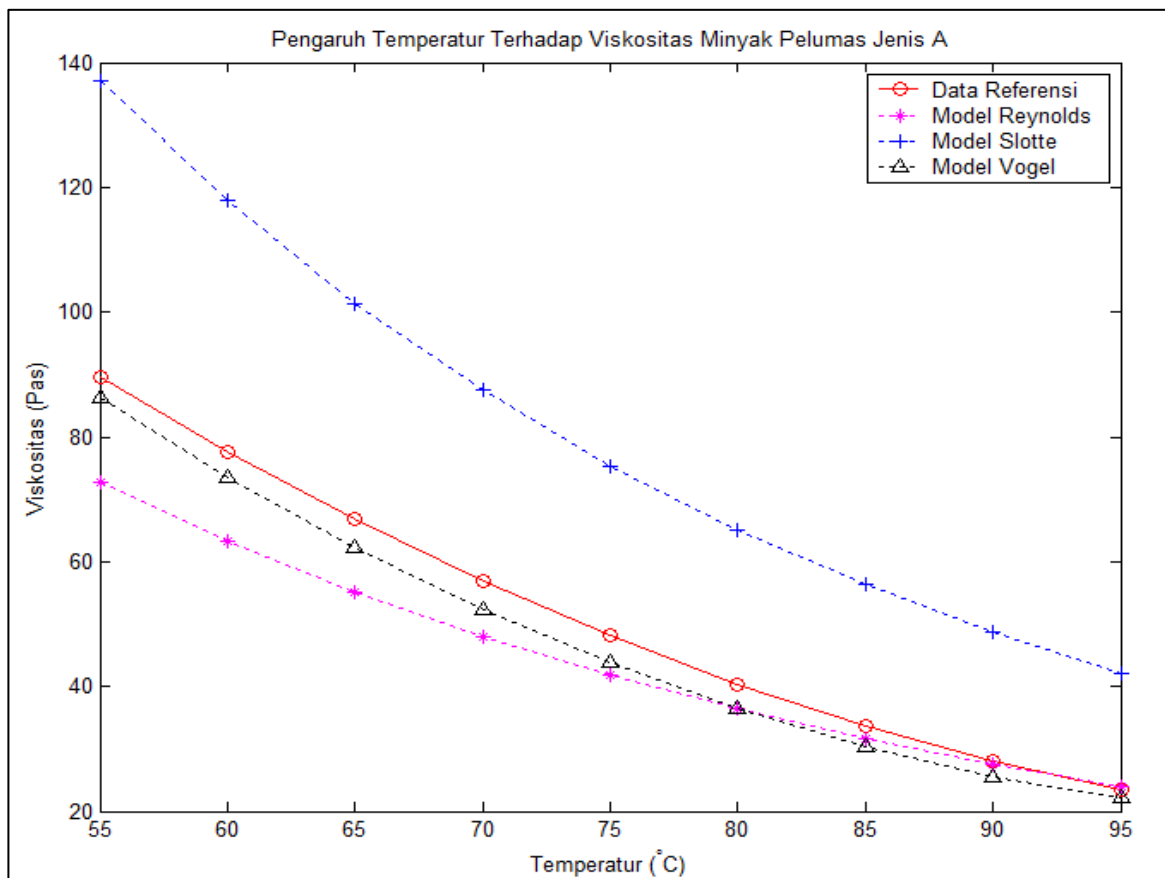
## 2. Viskositas minyak pelumas

Viskositas minyak pelumas berdasarkan data referensi dan model-model teoretis telah diperoleh sebagaimana pada tabel 3.

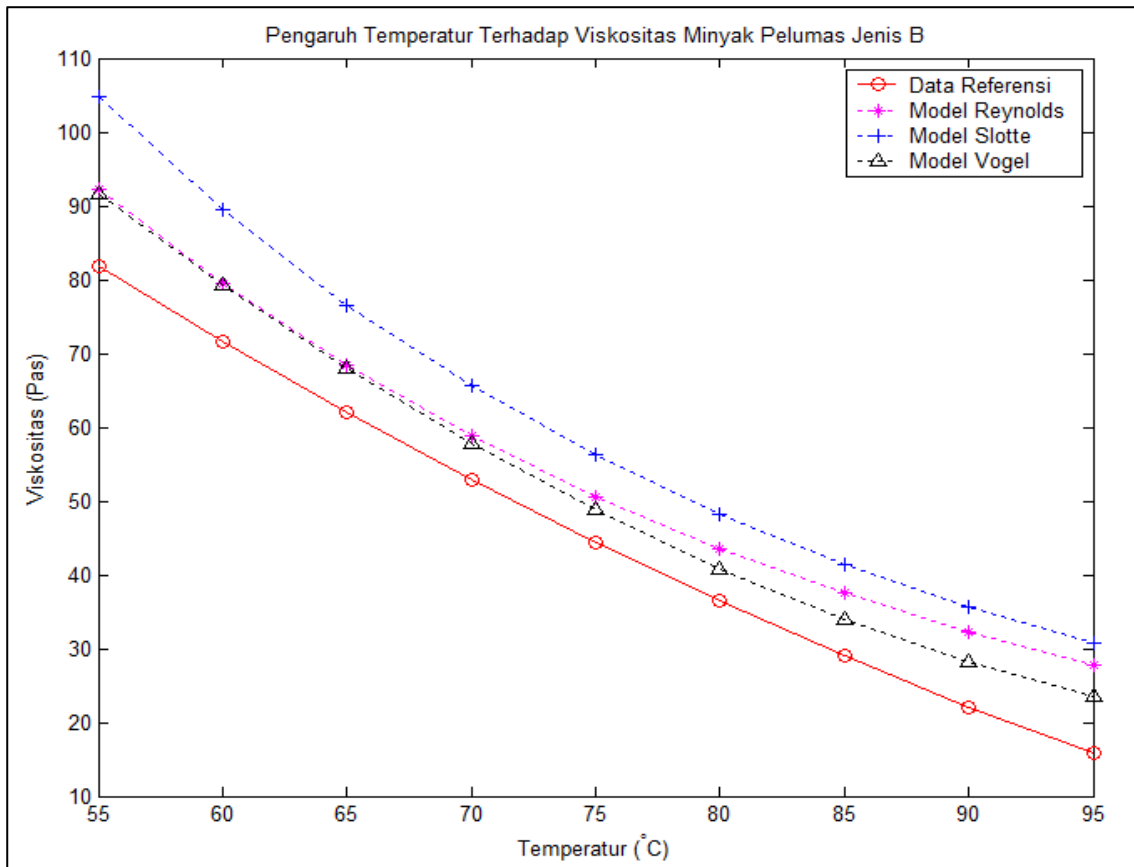
Tabel 3. Viskositas minyak pelumas hasil penelitian

Temp eratur (°C)	Viskositas (Pas)											
	Jenis A				Jenis B				Jenis C			
	Data Referensi	Model Reynolds	Model Slotte	Model Vogel	Data Referensi	Model Reynolds	Model Slotte	Model Vogel	Data Referensi	Model Reynolds	Model Slotte	Model Vogel
55	90,895	72,798	137,077	81,990	86,825	88,295	105,043	91,169	87,519	78,328	133,411	90,509
60	71,365	63,364	117,858	80,300	78,418	75,946	89,752	83,975	77,375	66,961	112,741	78,526
65	69,894	55,153	101,446	74,265	72,230	65,324	76,775	71,181	67,131	57,244	95,391	66,146
70	64,641	48,005	87,414	53,172	61,226	56,188	65,749	64,934	56,547	48,937	80,810	53,154
75	46,281	41,784	75,404	41,425	55,852	48,329	56,369	48,329	45,441	41,836	68,539	39,740
80	36,057	36,369	65,113	32,484	41,570	41,570	48,381	41,570	33,973	35,765	58,200	35,902
85	28,274	31,656	56,285	31,004	35,756	35,756	41,570	34,890	30,692	30,575	49,478	30,575
90	26,986	27,554	48,704	27,554	30,010	30,755	35,756	33,297	26,138	26,138	42,111	26,138
95	23,983	23,983	42,187	23,983	28,640	26,454	30,788	27,414	22,345	22,345	35,882	25,029

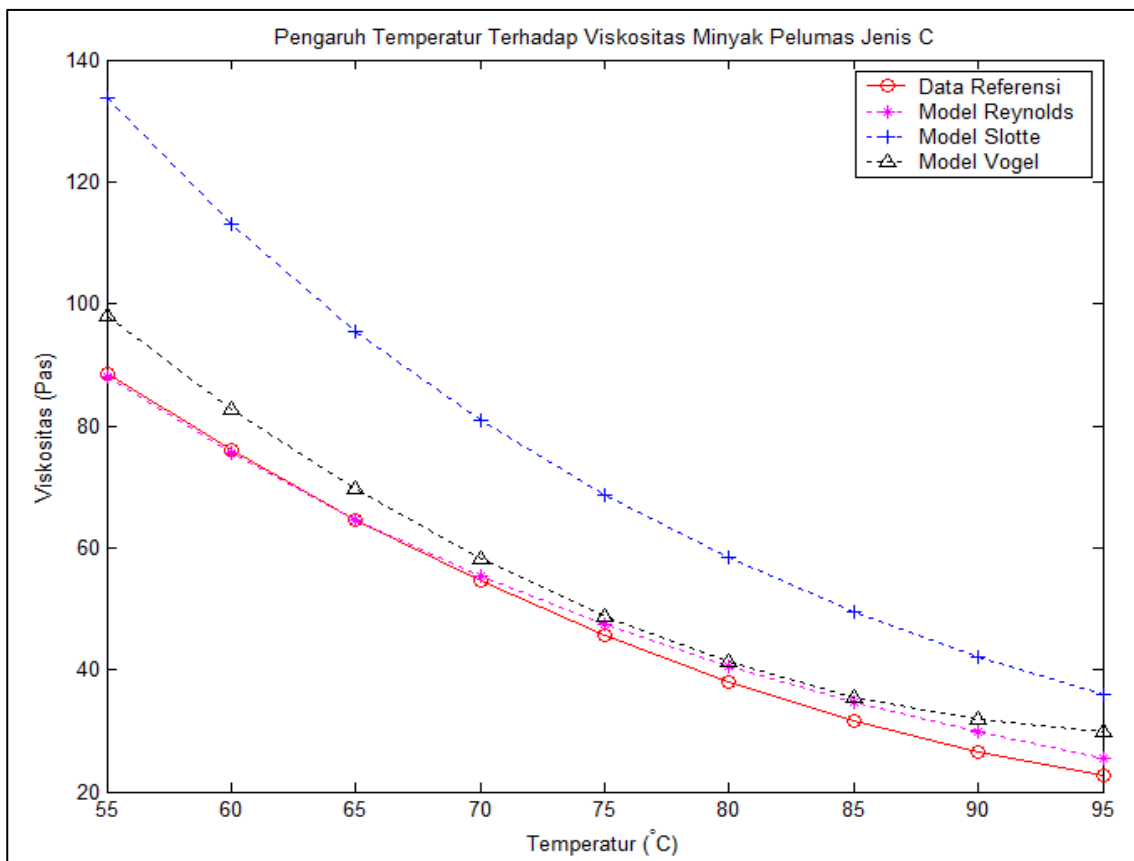
Persamaan polynomial data referensi telah ditemukan yakni  $\eta_{\text{jenis A}} = 0,021T^2 - 4,8T + 2,9 \times 10^2$ ,  $\eta_{\text{jenis B}} = 0,011T^2 - 3,3T + 2,3 \times 10^2$  dan  $\eta_{\text{jenis C}} = 0,025T^2 - 5,4T + 3,1 \times 10^2$ . Persamaan polynomial model Vogel juga telah ditemukan yakni  $\eta_{\text{jenis A}} = 0,026T^2 - 5,5T + 3,1 \times 10^2$ ,  $\eta_{\text{jenis B}} = 0,022T^2 - 5T + 3 \times 10^2$  dan  $\eta_{\text{jenis C}} = 0,038T^2 - 7,4T + 3,9 \times 10^2$



Gambar 1. Grafik viskositas minyak pelumas jenis A



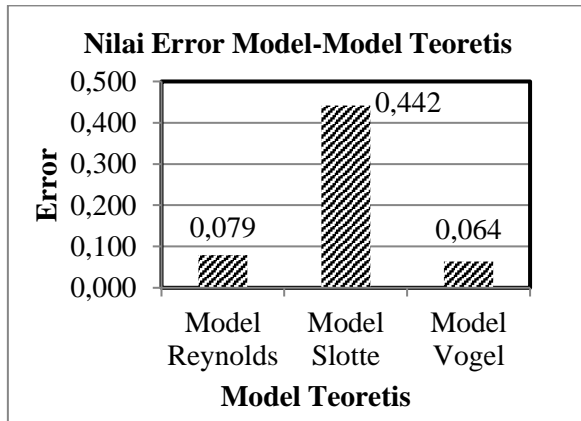
Gambar 2. Grafik viskositas minyak pelumas jenis B



Gambar 3. Grafik viskositas minyak pelumas jenis C

**1. Nilai error model-model teoretis**

Nilai error model-model teoretis ditemukan dengan cara menghitung rata-rata dari perbandingan antara selisih nilai viskositas data referensi dan data model teoretis terhadap nilai viskositas data referensi pada temperatur 55oC -95oC sebagaimana pada gambar 4.



**Gambar 4.** Nilai error model-model teoretis

**Pembahasan**

Berdasarkan model Reynolds menunjukkan bahwa peningkatan temperatur pada minyak pelumas menghasilkan data viskositas cenderung berjauhan terhadap data referensi karena konstanta b signifikan bernilai lebih besar sehingga menyebabkan data viskositas yang diperoleh juga lebih besar. Selain itu, model Reynols yang berbentuk eksponensial juga sangat mempengaruhi data viskositas pada saat temperatur meningkat. Analisis tersebut menunjukkan bahwa model Reynolds lebih efektif mengestimasi viskositas minyak pelumas pada temperatur yang lebih rendah yakni  $T \leq 70oC$ , karena pada temperatur tersebut konstanta b dan peningkatan temperatur tidak menghasilkan data viskositas yang cenderung berjauhan terhadap data referensi. Analisis tersebut juga sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Reynolds (1886) dalam menemukan model viskositas, dimana temperatur yang digunakan dalam mengestimasi viskositas minyak zaitun adalah temperatur yang lebih rendah yakni 15,6oC – 48,9oC.

Berdasarkan data model Slotte menunjukkan bahwa peningkatan temperatur menghasilkan data viskositas cenderung berjauhan terhadap data referensi karena

konstanta c signifikan bernilai lebih besar sedangkan konstanta a dan b bernilai lebih kecil sehingga menyebabkan viskositas minyak pelumas yang diperoleh juga akan lebih besar. Analisis tersebut juga menunjukkan terdapat kemungkinan bahwa model Slotte kurang efektif digunakan dalam mengestimasi viskositas minyak pelumas, sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Belehradek (1957) yang mengungkapkan bahwa model Slotte hanya dapat berlaku pada beberapa zat tertentu. Selain itu, konstanta c pada minyak pelumas signifikan bernilai lebih besar dibandingkan dengan konstanta c pada zat lain.

Berdasarkan model Vogel menunjukkan bahwa peningkatan temperatur pada minyak pelumas menghasilkan nilai viskositas cenderung berdekatan terhadap data referensi karena konstanta a pada model Vogel cenderung berdekatan terhadap data referensi ketika temperatur meningkat. Konstanta b yang bernilai lebih kecil juga menyebabkan data viskositas cenderung berdekatan terhadap data referensi. Selain itu, konstanta c juga bernilai cenderung berdekatan terhadap temperatur. Analisis tersebut juga menunjukkan bahwa kemungkinan ada parameter lain yang perlu ditambahkan kedalam model tersebut, sehingga akan lebih efektif dalam mengestimasi viskositas minyak pelumas seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Knežević dan Savić (2006).

Berdasarkan hasil perhitungan nilai error juga menunjukkan bahwa nilai error terkecil adalah pada model Vogel yakni 0,064 sedangkan model Reynolds memiliki nilai error sebesar 0,074, dan model Slotte memiliki nilai error sebesar 0,661. Berdasarkan nilai error tersebut menunjukkan bahwa model Vogel dan model Reynolds mampu mengestimasi viskositas minyak pelumas lebih efektif.

**KESIMPULAN DAN SARAN**

Berdasarkan model Reynolds menunjukkan bahwa peningkatan temperatur pada minyak pelumas menghasilkan data viskositas cenderung berdekatan terhadap data referensi. Model Reynolds lebih efektif

mengestimasi viskositas minyak pelumas pada temperatur yang lebih rendah yakni  $T \leq 70^{\circ}\text{C}$

Berdasarkan data model Slotte menunjukkan bahwa peningkatan temperatur minyak pelumas menghasilkan data viskositas cenderung berdekatan terhadap data referensi. Model Slotte kurang efektif digunakan dalam mengestimasi viskositas minyak pelumas.

Berdasarkan model Vogel menunjukkan bahwa peningkatan temperatur menghasilkan data viskositas model cenderung berdekatan terhadap data referensi. Model Vogel lebih efektif dalam mengestimasi viskositas minyak pelumas dengan menambahkan parameter lain kedalam model Vogel.

Berdasarkan hasil perhitungan nilai error menunjukkan bahwa nilai error terkecil adalah pada model Vogel yakni 0,064 sedangkan model Reynolds memiliki nilai error sebesar 0,074, dan model Slotte memiliki nilai error sebesar 0,661. Berdasarkan nilai error tersebut menunjukkan bahwa model Vogel dan model Reynolds mampu mengestimasi viskositas minyak pelumas lebih efektif.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Antonic, Ž., Nikolic, N., dan Torovic, T., (2007), Effective Viscosity Method in Hydrodynamic Lubrication Theory, PSU-UNS International Conference on Engineering and Environment (ICEE) 047.
- Belehradek, J., (1957), Theoretical Interpretation Of The Temperature-Viscosity Equation Of Slotte In Connection With Vitrification, Journal Recuil 532.13: 536.4.031
- Crouse, W.H., dan Anglin, D.L., (1993), Automotive Mechanics 10th, McGraw-Hill International Editions, Singapore.
- Knežević D., dan Savić V., (2006), Mathematical Modeling of Changing of Dynamic Viscosity, As A Function Of Temperatur And Pressure, of Mineral Oils For Hydraulic Systems, Journal Facta Universitatis 4(1).
- Effendi, M.S., dan Adawiyah, R., (2014), Penurunan Nilai Kekentalan Akibat Pengaruh Kenaikan Temperatur Pada Beberapa Merek Minyak Pelumas, Jurnal Intekna 1.
- Lumbantoruan, P., dan Yulianti, E., (2016), Pengaruh Suhu Terhadap Viskositas Minyak Pelumas (Oli), Jurnal Sainmatika 12(2).
- Olson, R., (1993), Dasar-Dasar Mekanika Fluida Teknik Edisi Kelima, Jakarta, PT Gramedia Pustaka Utama.
- Paraden, D., (2012), Pengaruh Temperatur Terhadap Viskositas Minyak Pelumas, Jurnal Ilmiah Mustek Anim Ha 1(3).
- Reynolds, O., (1886), On the Theory and Application and Its Application to Mr. Beauchamp Tower's Experiments, Including an Experimental Determination of the Viscosity of Olive Oil, Philosophical Transactions of the Royal Society 117
- Rohr, W.F., (2013), Experimental and Theoretical Investigations of Lube Oil Performance and Engine Friction, The University of Tennessee, Knoxville.
- Sears, F.W dan Mark W.Z., (1982), Fisika Universitas, Bina Cipta, Bandung.
- Sikora, G., (2013), Studies On Dynamic Viscosity Changes of The Engine's Lubrication Oil Depending On The Pressure, Journal of KONES Powertrain and Transport, Volume 20, 4.
- Siregar, A.M., (2003), Komputasi Persamaan Poisson, Jurnal Pendidikan Science, 27(3).
- Stachowiak, G.W., dan Batchelor, A.W., (2001), Engineering Tribology, University of Western Australia, Australia.
- Sudiar, A., (2014), Perbaikan Minyak Pelumas Dengan Aditif, Jurnal Poros Teknik 6(1).
- Young, H.D., (2002), Fisika untuk Universitas Jilid I, Erlangga, Jakarta