

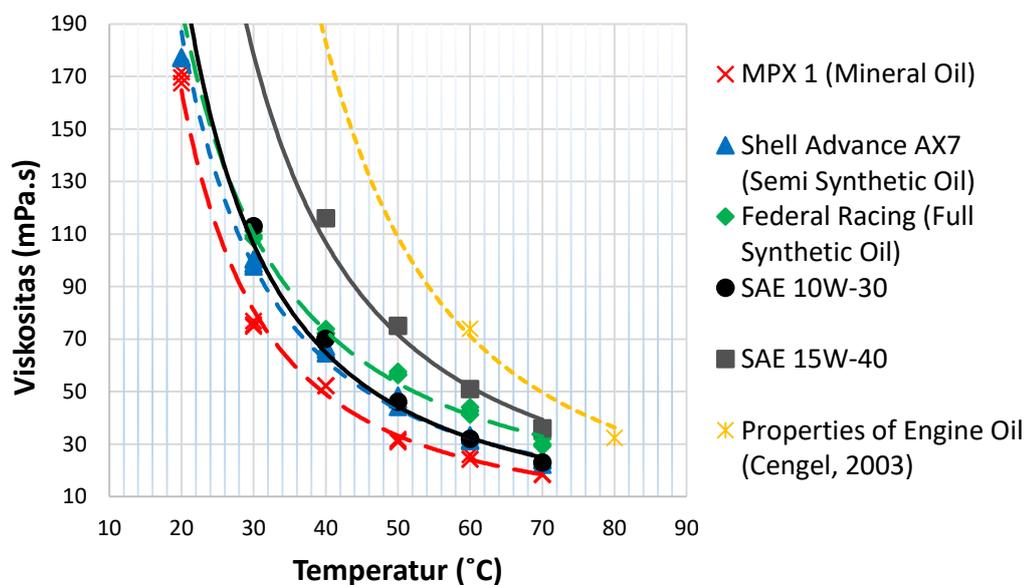
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Viskositas

Pengujian viskositas dilakukan terhadap tiga produk minyak pelumas yaitu minyak pelumas jenis mineral MPX 1, minyak pelumas jenis *semi synthetic* Shell Advance AX7, dan minyak pelumas jenis *full syntehtic* Federal Racing. Data hasil pengujian viskositas diperoleh menggunakan alat *Viscometer* NDJ-8S. Data yang diperoleh berupa nilai viskositas dan *percent visco* dengan variasi pengujian berupa kecepatan rotor dan temperatur minyak pelumas.

4.1.1 Hasil Pengujian Viskositas

Hasil pengujian tiga produk minyak pelumas dengan berbagai jenis yaitu minyak pelumas MPX 1, minyak pelumas Shell Advance AX7, dan minyak pelumas Federal Racing terhadap perubahan nilai viskositas yang disebabkan oleh kenaikan temperatur. Hasil pengujian viskositas yang diperoleh menggunakan alat *viscometer* NDJ-8S dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik perubahan viskositas terhadap kenaikan temperatur

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa minyak pelumas mengalami penurunan nilai viskositas seiring dengan kenaikan temperatur. Variasi temperatur yang digunakan dalam pengujian ini yaitu 20°C, 30°C, 40°C, 50°C, 60°C, dan 70°C. Dari grafik di atas terlihat bahwa pada temperatur 20°C, nilai viskositas minyak pelumas Federal Racing lebih tinggi dibandingkan minyak pelumas Shell Advance AX7 dan MPX 1. Nilai viskositas masing-masing minyak pelumas pada temperatur terendah yaitu Federal Racing sebesar 195,275 mPa.s, Shell Advance AX7 sebesar 177,375 mPa.s, dan MPX 1 sebesar 171,725 mPa.s. Pada pengujian temperatur tertinggi yaitu 70°C, nilai viskositas Federal Racing sebesar 29,36 mPa.s, lalu diikuti Shell Advance AX7 sebesar 22,14 mPa.s, dan MPX 1 sebesar 18,32 mPa.s.

Berdasarkan hasil pengujian viskositas yang ditampilkan pada gambar 4.1 membuktikan bahwa viskositas minyak pelumas akan mengalami penurunan seiring dengan kenaikan temperatur. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Kumbár dan Sabaliauskas (2013) yang menyatakan bahwa semua oli mesin akan mengalami penurunan viskositas seiring dengan meningkatnya temperatur. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Rais (2017) juga dijelaskan bahwa viskositas minyak pelumas mengalami penurunan seiring bertambahnya temperatur. Hasil pengujian tersebut juga sesuai dengan penelitian dari Raharjo (2017) yang menyatakan bahwa minyak pelumas jenis *full synthetic* memiliki nilai viskositas yang paling tinggi, kemudian diikuti minyak pelumas jenis *semi synthetic* dan mineral.

Perubahan viskositas terhadap kenaikan temperatur dari ketiga jenis minyak pelumas yang diuji tidak stabil sehingga ketahanan viskositas dari ketiga jenis minyak pelumas tersebut juga tidak berbeda jauh. Dari ketiga produk minyak pelumas yang diuji, minyak pelumas jenis *full synthetic* memiliki viskositas yang paling unggul dengan ketahanan viskositas cukup baik. Pada minyak pelumas *full synthetic* terdapat zat *ISO-Polymerized Synthetic Base Oil* yang berfungsi untuk menjaga viskositas pada temperatur tinggi sehingga daya pelumasan dari minyak pelumas menjadi lebih stabil dan memperpanjang masa pakai minyak pelumas tersebut.

4.1.2 Analisis Viskositas terhadap Nilai SAE

Dalam analisis ini ditentukan perbandingan nilai viskositas tiga produk minyak pelumas terhadap standarisasi nilai viskositas minyak pelumas SAE 10W-30 dan SAE 15W-40. Grafik perbandingan nilai viskositas tersebut dapat dilihat pada gambar 4.1. Grafik pada gambar 4.1 menunjukkan bahwa nilai viskositas tiga produk minyak pelumas yang diuji dan nilai viskositas standar SAE mengalami penurunan seiring dengan kenaikan temperatur dari minyak pelumas tersebut. Nilai viskositas tertinggi yaitu pada minyak pelumas Federal Racing, sedangkan nilai viskositas terendah yaitu pada minyak pelumas MPX 1. Pada temperatur 70°C, nilai viskositas ketiga jenis minyak pelumas tidak berbeda jauh.

Pada temperatur 70°C, nilai viskositas dari standar SAE 10W-30 lebih tinggi dibandingkan minyak pelumas MPX 1 dengan SAE yang sama, tetapi selisih nilainya tidak terlalu jauh. Nilai viskositas minyak pelumas MPX 1 pada temperatur tertinggi sebesar 18,58 mPa.s, sedangkan nilai viskositas dari standar SAE 10W-30 sebesar 23 mPa.s. Pada temperatur yang sama, nilai viskositas standar SAE 15W-40 juga lebih tinggi dibandingkan minyak pelumas Federal Racing yang memiliki SAE 10W-40. Namun, nilai viskositasnya tidak berbeda jauh yaitu 36 mPa.s untuk SAE 15W-40 dan 32,12 mPa.s untuk Federal Racing. Hal ini menunjukkan bahwa viskositas dan kualitas beberapa produk minyak pelumas yang diuji sudah sesuai atau hampir mengacu pada standarisasi yang dikeluarkan oleh pihak SAE.

4.1.3 Analisis Viskositas terhadap *Properties of Engine Oil*

Dalam analisis ini ditentukan perbandingan nilai viskositas tiga produk minyak pelumas terhadap nilai viskositas minyak pelumas pada tabel *properties* A-13 sebagaimana tercantum di dalam buku yang ditulis oleh Cengel dengan judul 'Heat Transfer' pada halaman 872. Grafik perbandingan nilai viskositas tersebut dapat dilihat pada gambar 4.1. Grafik pada gambar 4.1 menunjukkan perubahan viskositas beberapa jenis minyak pelumas dengan variasi temperatur yang relatif sama yaitu 20°C, 30°C, 40°C, 50°C, 60°C, dan 70°C, sedangkan temperatur pada tabel *properties* A-13 yaitu 20°C, 40°C, 60°C, dan 80°C. Masing-

masing minyak pelumas mengalami penurunan viskositas seiring dengan kenaikan temperatur sesuai dengan tabel *properties* A-13. Berdasarkan grafik di atas, dapat disimpulkan bahwa rata-rata nilai viskositas dari beberapa jenis minyak pelumas meliputi mineral, *semi synthetic*, dan *full synthetic* mempunyai nilai di bawah nilai kekentalan oli mesin pada tabel *properties* A-13. Hal ini menunjukkan bahwa nilai viskositas dari beberapa sampel minyak pelumas masih memasuki/berada di bawah nilai viskositas *properties of engine oil* pada tabel A-13.

4.2 Pengujian Konduktivitas Termal

Pengujian konduktivitas termal dilakukan terhadap tiga produk minyak pelumas yaitu minyak pelumas jenis mineral MPX 1, minyak pelumas jenis *semi synthetic* Shell Advance AX7, dan minyak pelumas jenis *full syntehtic* Federal Racing untuk mengetahui kualitas dari masing-masing sampel minyak pelumas dalam hal menghantarkan panas. Data hasil pengujian konduktivitas termal diperoleh menggunakan alat *Thermal Conductivity of Liquid and Gases Unit* P.A. Hilton Ltd H111H. Data yang diperoleh berupa temperatur *plug* (T1), temperatur *jacket* (T2), kuat arus, dan tegangan dengan variasi pengujian berupa tegangan pada *heater*. Data tersebut kemudian diolah untuk mendapatkan nilai konduktivitas termal dari masing-masing sampel minyak pelumas.

4.2.1 Perhitungan Konduktivitas Termal

Data yang diperoleh dari hasil pengujian konduktivitas termal kemudian dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai konduktivitas termal. Adapun contoh perhitungan dari data sampel minyak pelumas yang diuji adalah sebagai berikut:

Diketahui:	Temperatur <i>plug</i> (T1)	= 31,9°C
	Temperatur <i>jacket</i> (T2)	= 29,5°C
	Tegangan (V)	= 80 Volt
	Kuat arus (I)	= 0,156 Ampere
	<i>Radial clearance</i> (Δr)	= 0,00034 m
	Luas efektif antara <i>plug</i> dan <i>jacket</i>	= 0,0133 m ²

Untuk menghitung nilai konduktivitas termal dari masing-masing minyak pelumas dapat menggunakan persamaan 2.5 – 2.8.

Perhitungan:

1. Elemen *heat input*

$$\begin{aligned} Q_e &= V \cdot I \\ &= 80 \text{ V} \times 0,156 \text{ A} \\ &= 12,48 \text{ Watt} \end{aligned}$$

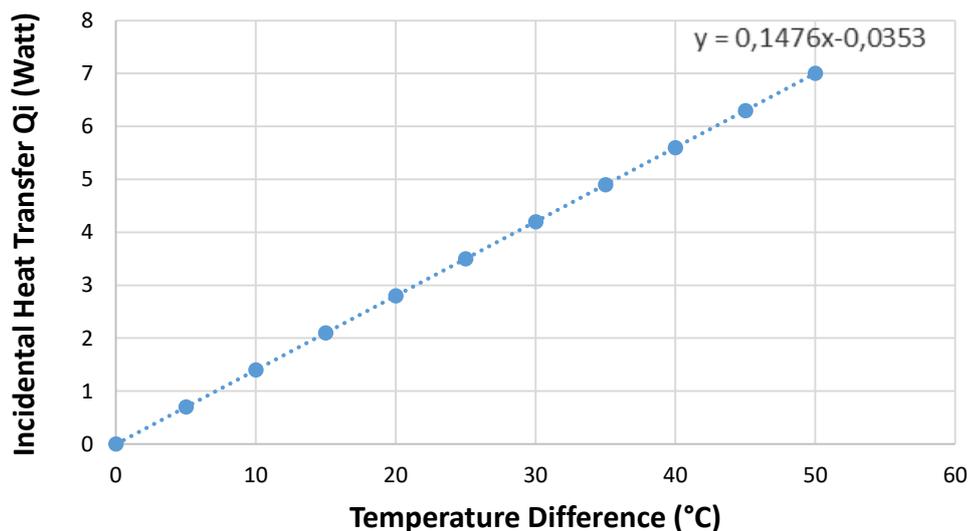
2. *Temperature different*

$$\begin{aligned} \Delta t &= T_1 - T_2 \\ &= 31,9^\circ\text{C} - 29,5^\circ\text{C} \\ &= 304,9 \text{ K} - 302,5 \text{ K} \\ &= 2,4 \text{ K} \end{aligned}$$

3. *Conduction heat transfer rate*

$$\begin{aligned} Q_c &= Q_e - Q_i \\ &= 12,48 \text{ Watt} - 0,319 \text{ Watt} \\ &= 12,161 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Keterangan: nilai Q_i didapat dari kalibrasi Q_i pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik kalibrasi Q_i (Santosa dan Nurcahyadi, 2016)

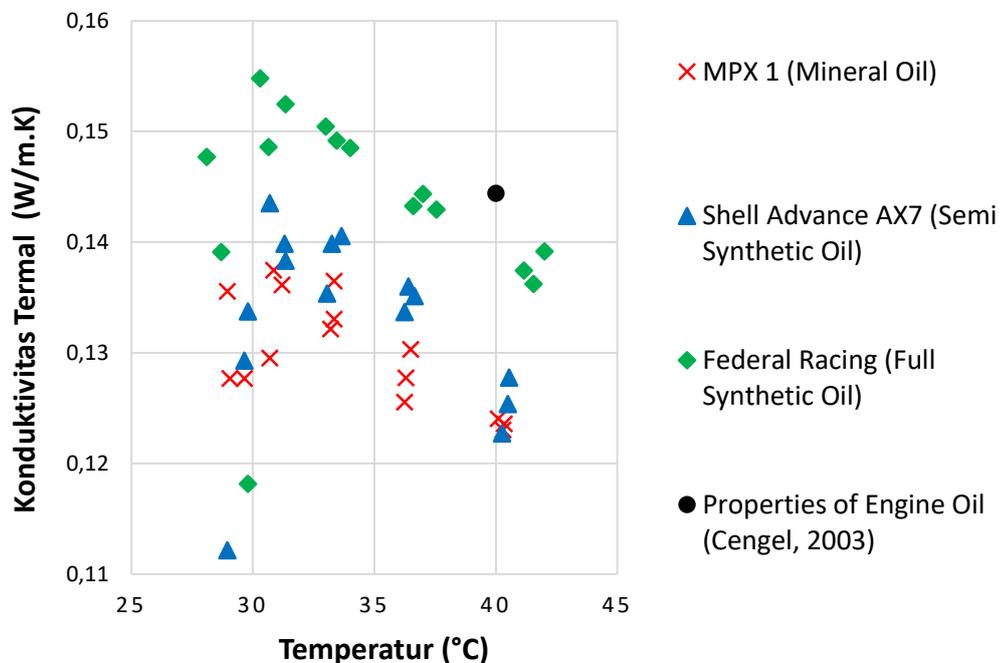
$$\begin{aligned}
 y &= 0,1476x - 0,0353 \\
 &= 0,1476(2,4) - 0,0353 \\
 &= 0,319 \text{ Watt} \rightarrow Q_i
 \end{aligned}$$

4. Thermal Conductivity

$$\begin{aligned}
 k &= \frac{Q_c \cdot \Delta r}{A \cdot \Delta t} \\
 &= \frac{12,161 \text{ Watt} \times 0,00034 \text{ m}}{0,0133 \text{ m}^2 \times 2,4 \text{ K}} \\
 &= 0,130 \text{ W/m.K}
 \end{aligned}$$

4.2.2 Hasil Pengujian Konduktivitas Termal

Data hasil pengujian konduktivitas termal diolah untuk mendapatkan nilai konduktivitas termal dari masing-masing sampel minyak pelumas. Setelah nilai konduktivitas termal didapat, data tersebut kemudian disajikan dalam bentuk grafik perubahan nilai konduktivitas termal terhadap kenaikan temperatur. Grafik tersebut dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik perubahan konduktivitas termal terhadap kenaikan temperatur

Gambar 4.3 menunjukkan perbandingan nilai konduktivitas termal tiga produk minyak pelumas terhadap temperatur. Pada gambar 4.3 terlihat bahwa semakin tinggi temperatur maka nilai konduktivitas termal minyak pelumas semakin menurun. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Rais (2017) yang menyatakan bahwa nilai konduktivitas termal minyak pelumas mengalami penurunan seiring dengan kenaikan temperatur *plug* dan *jacket*. Nilai konduktivitas termal yang tinggi menunjukkan bahwa minyak pelumas tersebut baik dalam menghantarkan panas. Dari hasil penelitian yang dilakukan terhadap beberapa jenis minyak pelumas yaitu mineral, *semi synthetic*, dan *full synthetic*, masing-masing minyak pelumas tersebut mengalami penurunan nilai konduktivitas termal seiring dengan kenaikan temperatur. Hal ini terbukti ketika minyak pelumas diterapkan pada suatu kendaraan di mana ketika kendaraan tersebut beroperasi maka temperatur mesin akan meningkat dan menjadi panas. Ketika temperatur mesin tinggi maka minyak pelumas akan mengalami perubahan dari kental menjadi encer. Hal ini juga akan berdampak pada menurunnya nilai konduktivitas termal minyak pelumas.

Dilihat dari grafik di atas, konduktivitas termal terbaik dimiliki oleh minyak pelumas jenis *full synthetic* Federal Racing karena nilai konduktivitas termalnya paling tinggi dibandingkan minyak pelumas jenis lainnya. Minyak pelumas Federal Racing mengandung zat *ISO-Polymerized Synthetic Base Oil* yang mampu menjaga kekentalan minyak pelumas pada temperatur tinggi. Kestabilan viskositas minyak pelumas akan berpengaruh terhadap nilai konduktivitas termal yang baik. Minyak pelumas *full synthetic* Federal Racing juga mengandung zat aditif berupa *double act cleaner* yang mampu membersihkan kotoran/deposit pada permukaan komponen mesin. Selain itu, kandungan *polyalphaolifins* (PAO) pada minyak pelumas *full synthetic* mampu menjaga suhu mesin tetap stabil dan mampu menyerap panas yang disebabkan oleh gesekan antar komponen di dalam mesin motor.

Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa nilai konduktivitas termal tertinggi dimiliki oleh minyak pelumas *full synthetic* Federal Racing, kemudian minyak pelumas *semi syntehtic* Shell Advance AX7, dan nilai konduktivitas

termal terendah dimiliki oleh minyak pelumas mineral MPX 1. Hasil pengujian ini sesuai dengan penelitian Raharjo (2017) yang menyatakan bahwa nilai konduktivitas termal minyak pelumas *full synthetic* lebih tinggi dibandingkan minyak pelumas *semi synthetic* dan mineral. Pada penelitian yang dilakukan oleh Waskita (2017) juga dijelaskan bahwa konduktivitas termal terbaik dimiliki oleh minyak pelumas *full synthetic* karena memiliki nilai konduktivitas termal tertinggi dibandingkan minyak pelumas jenis lainnya.

4.2.3 Analisis Konduktivitas Termal terhadap *Properties of Engine Oil*

Dalam analisis ini ditentukan perbandingan nilai konduktivitas termal tiga produk minyak pelumas dengan jenis yang berbeda terhadap nilai konduktivitas termal minyak pelumas pada tabel *properties* A-13 sebagaimana tercantum di dalam buku yang ditulis oleh Cengel dengan judul 'Heat Transfer' pada halaman 872. Grafik perbandingan nilai konduktivitas termal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.3. Grafik pada gambar 4.3 menunjukkan perubahan konduktivitas termal beberapa jenis minyak pelumas dengan variasi temperatur yang didapatkan dari nilai rata-rata temperatur *plug* dan *jacket* yaitu berkisar antara 29°C hingga 40°C, sedangkan temperatur pada tabel *properties* A-13 yaitu 20°C, 40°C, 60°C, dan 80°C. Masing-masing minyak pelumas mengalami penurunan nilai konduktivitas termal seiring dengan kenaikan temperatur sesuai dengan tabel *properties* A-13. Akan tetapi, penurunan nilai konduktivitas termal pada tabel *properties* A-13 tidak terlalu signifikan. Berdasarkan grafik di atas, dapat disimpulkan bahwa rata-rata nilai konduktivitas termal dari beberapa jenis minyak pelumas meliputi mineral, *semi synthetic*, dan *full synthetic* mempunyai nilai di bawah nilai konduktivitas termal oli mesin pada tabel *properties* A-13. Hal ini menunjukkan bahwa nilai konduktivitas termal dari beberapa sampel minyak pelumas masih memasuki/berada di bawah nilai konduktivitas termal *properties of engine oil* pada tabel A-13.

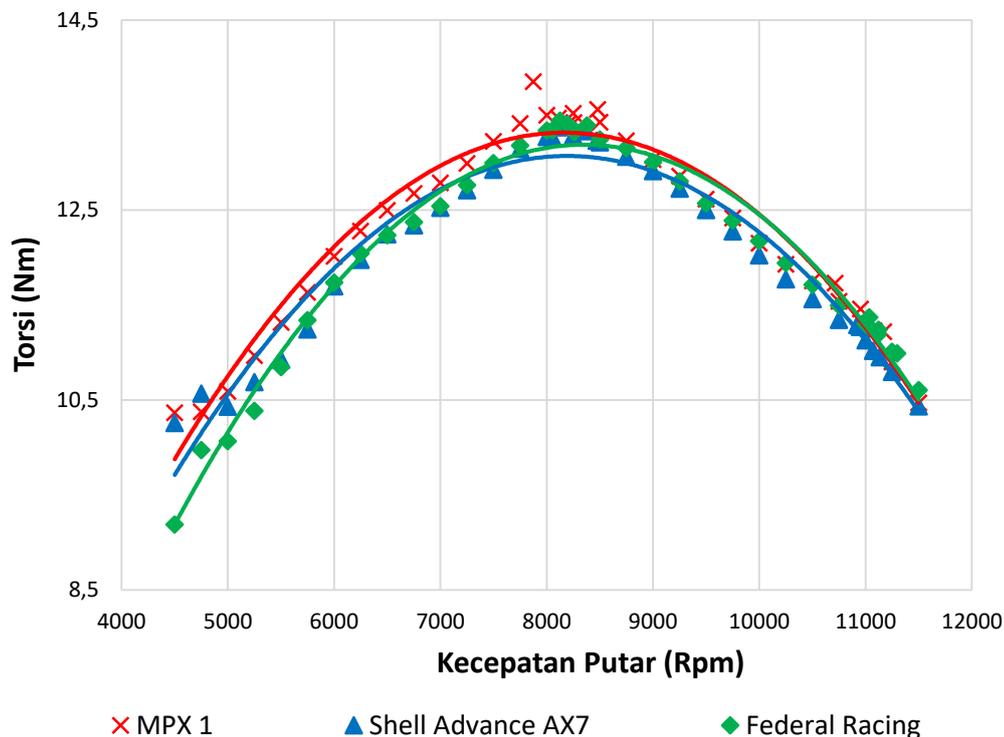
4.3 Pengujian Torsi dan Daya

Pengujian torsi dan daya ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh kinerja mesin sepeda motor Honda CB150R 2013 dari beberapa jenis minyak pelumas yaitu MPX 1, Shell Advance AX7, dan Federal Racing dengan menggunakan bahan bakar pertamax RON 92. Data hasil pengujian torsi dan daya diperoleh setelah melakukan uji *dynotest*. Data yang diperoleh berupa kecepatan putar mesin (rpm), torsi, dan daya. Data tersebut kemudian diolah dan disajikan dalam bentuk grafik.

4.3.1 Pengaruh Beberapa Jenis Minyak Pelumas terhadap Torsi

Nilai torsi didapat setelah melakukan uji *dynotest* terhadap beberapa jenis minyak pelumas yaitu MPX 1 (mineral), Shell Advance AX7 (*semi synthetic*), dan Federal Racing (*full synthetic*). Setelah mendapatkan data nilai torsi, data tersebut kemudian disajikan dalam bentuk grafik pengaruh beberapa jenis minyak pelumas terhadap torsi. Grafik tersebut dapat dilihat pada gambar 4.4.

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa semua jenis minyak pelumas yang diuji mengalami kenaikan nilai torsi sampai pada kecepatan putar tertentu. Setelah itu nilai torsi mengalami penurunan sampai pada kecepatan putar maksimum. Dari grafik di bawah terlihat bahwa minyak pelumas mineral MPX 1 mempunyai nilai torsi yang paling tinggi dibandingkan dengan dua jenis minyak pelumas lainnya yaitu minyak pelumas *semi synthetic* Shell Advance AX7, dan minyak pelumas *full synthetic* Federal Racing. Hal ini membuktikan bahwa minyak pelumas mineral lebih unggul karena memiliki nilai torsi yang lebih baik dibandingkan minyak pelumas *semi* dan *full synthetic*. Hasil pengujian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Raharjo (2017) yang menyatakan bahwa oli jenis mineral memiliki nilai torsi lebih tinggi daripada oli jenis *semi synthetic* dan *full synthetic*.



Gambar 4.4 Grafik pengaruh beberapa jenis minyak pelumas terhadap torsi

Minyak pelumas MPX 1 memiliki nilai torsi maksimum sebesar 13,85 Nm pada kecepatan putar 7.875 rpm, minyak pelumas Shell Advance memiliki nilai torsi maksimum sebesar 13,4 Nm pada kecepatan putar 8.203 rpm, dan minyak pelumas Federal Racing memiliki nilai torsi maksimum sebesar 13,44 Nm pada kecepatan putar 8.124 rpm. Ini menunjukkan bahwa torsi yang dihasilkan minyak pelumas mineral lebih tinggi dibandingkan minyak pelumas *semi* dan *full synthetic*. MPX 1 yang termasuk ke dalam minyak pelumas jenis mineral mampu menghasilkan torsi tertinggi pada kecepatan rendah dikarenakan viskositasnya yang rendah sehingga pada saat kecepatan putar rendah, minyak pelumas tersebut sudah mampu melumasi beberapa komponen mesin. Dengan demikian hambatan mesin dalam bekerja menjadi berkurang dan tarikan gas yang dihasilkan lebih ringan.

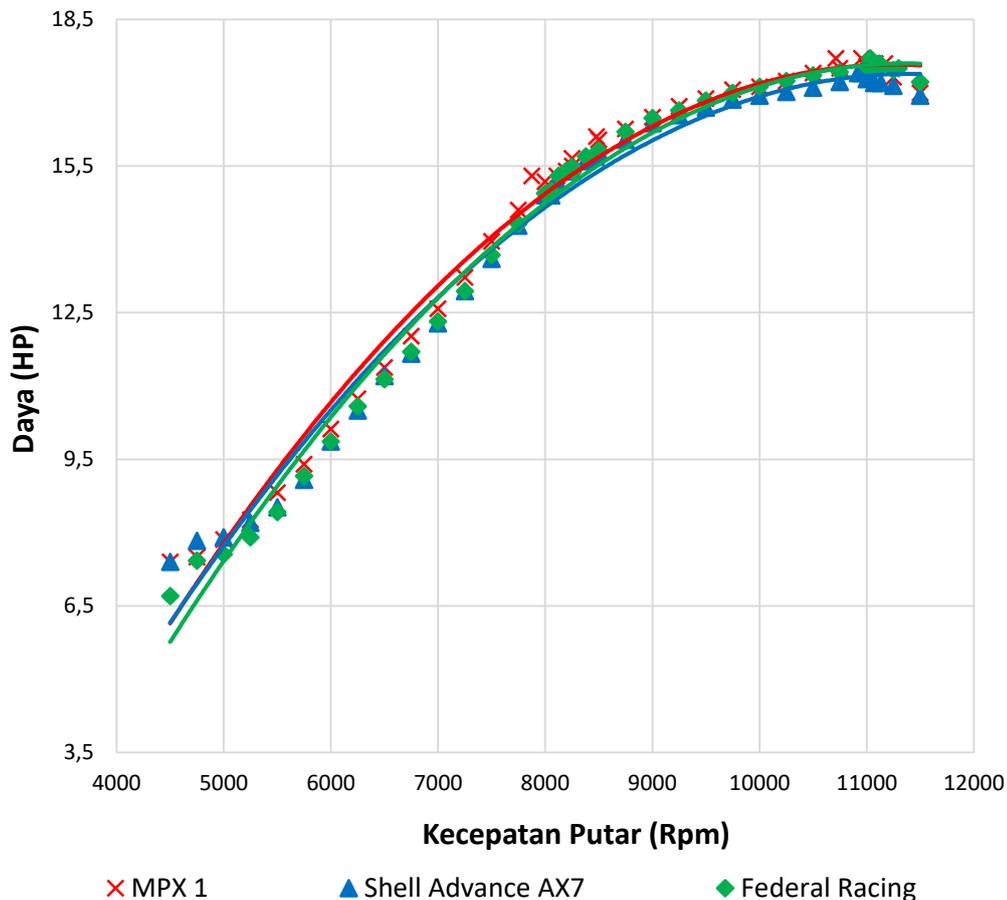
Pada penelitian yang dilakukan oleh Waskita (2017) terkait pengujian torsi dari beberapa jenis minyak pelumas, disebutkan bahwa minyak pelumas jenis mineral memiliki nilai torsi paling tinggi dibandingkan minyak pelumas jenis

lainnya. Hasil pengujian ini sesuai dengan hasil pengujian yang didapat oleh penulis. Dapat disimpulkan bahwa torsi tertinggi dimiliki oleh minyak pelumas mineral, kemudian diikuti oleh minyak pelumas *semi synthetic*, dan torsi terendah dimiliki oleh minyak pelumas *full synthetic*.

4.3.2 Pengaruh Beberapa Jenis Minyak Pelumas terhadap Daya

Nilai daya didapat setelah melakukan uji *dynotest* terhadap beberapa jenis minyak pelumas yaitu MPX 1 (mineral), Shell Advance AX7 (*semi synthetic*), dan Federal Racing (*full synthetic*). Nilai daya ini didapat bersamaan dengan nilai torsi. Setelah mendapatkan data hasil pengujian berupa nilai daya, data tersebut kemudian diolah dan disajikan dalam bentuk grafik pengaruh beberapa jenis minyak pelumas terhadap daya. Grafik tersebut dapat dilihat pada gambar 4.5.

Gambar 4.5 menunjukkan grafik pengaruh beberapa jenis minyak pelumas yaitu MPX 1, Shell Advance AX7, dan Federal racing terhadap daya seiring dengan kenaikan kecepatan putar. Nilai daya dari masing-masing minyak pelumas terus mengalami kenaikan sampai pada kecepatan putar tertentu. Setelah itu nilai daya mengalami penurunan sampai pada kecepatan putar maksimum. Kecepatan putar dari mesin bervariasi mulai dari 4.500 rpm untuk kecepatan minimum hingga 11.500 rpm untuk kecepatan maksimum. Dari grafik di bawah terlihat bahwa garis *trendline* dari masing-masing minyak pelumas saling berdekatan. Ini mengartikan bahwa selisih nilai daya dari masing-masing minyak pelumas tidak terlalu jauh.



Gambar 4.5 Grafik pengaruh beberapa jenis minyak pelumas terhadap daya

Dari hasil pengujian torsi dan daya menyatakan bahwa nilai daya berbanding lurus dengan nilai torsi. Pada grafik di atas memperlihatkan bahwa minyak pelumas MPX 1 (mineral) mempunyai nilai daya rata-rata paling tinggi dibandingkan dua jenis minyak pelumas lainnya yaitu Shell Advance AX7 (*semi synthetic*) dan Federal Racing (*full synthetic*). Nilai daya rata-rata dari minyak pelumas mineral sebesar 14,49 HP, kemudian diikuti oleh minyak pelumas *full synthetic* sebesar 14,33 HP, dan terakhir adalah minyak pelumas *semi synthetic* sebesar 14,28 HP. Namun, daya tertinggi dimiliki oleh minyak pelumas MPX 1 dan Federal Racing dengan nilai yang sama yaitu sebesar 17,7 HP. Hal ini terjadi karena minyak pelumas Federal Racing mengandung zat ISO Polimer *Synthetic Base Oil* yang menjadikan motor lebih responsif dan akselerasi maksimal sehingga torsi dan daya yang dihasilkan juga tinggi.

Dilihat dari nilai daya rata-rata yang dihasilkan oleh beberapa jenis minyak pelumas, menunjukkan bahwa minyak pelumas mineral lebih unggul daripada minyak pelumas *semi* dan *full synthetic*. Dapat disimpulkan bahwa minyak pelumas mineral adalah minyak pelumas terbaik dalam hal daya yang dihasilkan. Hasil pengujian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Waskita (2017) yang menyatakan bahwa minyak pelumas mineral merupakan minyak pelumas paling baik dibandingkan minyak pelumas jenis lain karena daya yang dihasilkan paling besar.

4.4 Pengujian Konsumsi Bahan Bakar

Pengujian konsumsi bahan bakar ini dilakukan terhadap beberapa jenis minyak pelumas yaitu MPX 1 (mineral), Shell Advance AX7 (*semi synthetic*), dan Federal Racing (*full synthetic*) menggunakan sepeda motor Honda CB150R 2013. Pengujian ini dilakukan menggunakan metode *full to full*. Data hasil pengujian diperoleh setelah melakukan uji jalan (*road test*) sejauh ± 4 km dengan kecepatan rata-rata 33 – 35 km/jam pada posisi gigi transmisi tiga. Data yang diperoleh berupa jarak tempuh, waktu, temperatur kerja, dan volume bahan bakar terpakai. Data tersebut kemudian diolah dan disajikan dalam bentuk grafik.

4.4.1 Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran konsumsi bahan bakar kemudian dilakukan perhitungan untuk mengetahui konsumsi bahan bakar dari masing-masing minyak pelumas. Data hasil pengukuran ini dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Hasil Pengukuran pada Pengujian Konsumsi Bahan Bakar

Sampel Minyak Pelumas	Jarak Tempuh (Km)	Waktu (Jam)	Kecepatan (Km/Jam)	Temperatur (°C)	Volume BBM Terpakai (Liter)
MPX 1	4	0,122	33	78,9	0,203
	4,03	0,123	33	69,5	0,058
	4	0,115	35	76,1	0,1915
	4	0,116	34	73,8	0,05
	4	0,116	34	73,3	0,1443

Sampel Minyak Pelumas	Jarak Tempuh (Km)	Waktu (Jam)	Kecepatan (Km/Jam)	Temperatur (°C)	Volume BBM Terpakai (Liter)
Shell Advance AX7	4	0,115	35	74,6	0,1842
	4,01	0,114	35	71,4	0,1149
	4	0,118	34	74	0,0367
	4	0,117	34	73,9	0,1082
	4	0,118	34	72,5	0,095
Federal Racing	4,01	0,116	35	71,2	0,107
	4,01	0,117	34	72	0,11
	4,01	0,114	35	73,1	0,034
	4,01	0,117	34	72,7	0,1
	4,02	0,116	35	70,9	0,138

Contoh perhitungan dari data hasil pengukuran di atas adalah sebagai berikut:

Diketahui: Volume BBM terpakai (liter) = 0,203 liter

Waktu tempuh (jam) = 0,122 jam

Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi bahan bakar } (\dot{m}) &= \frac{v}{t} \\ &= \frac{0,203 \text{ liter}}{0,122 \text{ jam}} \\ &= 1,66 \text{ liter/jam} \end{aligned}$$

Adapun contoh perhitungan untuk jangkauan kendaraan per liter bahan bakar adalah sebagai berikut:

Diketahui: Jarak tempuh (s) = 4 km

Volume bahan bakar terpakai (v) = 0,203 liter

Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{Jangkauan kendaraan per liter bahan bakar} &= \frac{s}{v} \\ &= \frac{4 \text{ km}}{0,203 \text{ liter}} \\ &= 19,70 \text{ km/liter} \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan pada masing-masing minyak pelumas, data hasil perhitungan tersebut disajikan dalam suatu tabel. Data nilai rata-rata konsumsi bahan bakar dan jangkauan kendaraan per liter bahan bakar selanjutnya akan dijadikan sebagai acuan untuk membandingkan karakteristik beberapa jenis minyak pelumas dalam hal konsumsi terhadap bahan bakar minyak. Data hasil perhitungan konsumsi bahan bakar dan jangkauan kendaraan per liter bahan bakar dari masing-masing minyak pelumas dapat dilihat pada tabel 4.2.

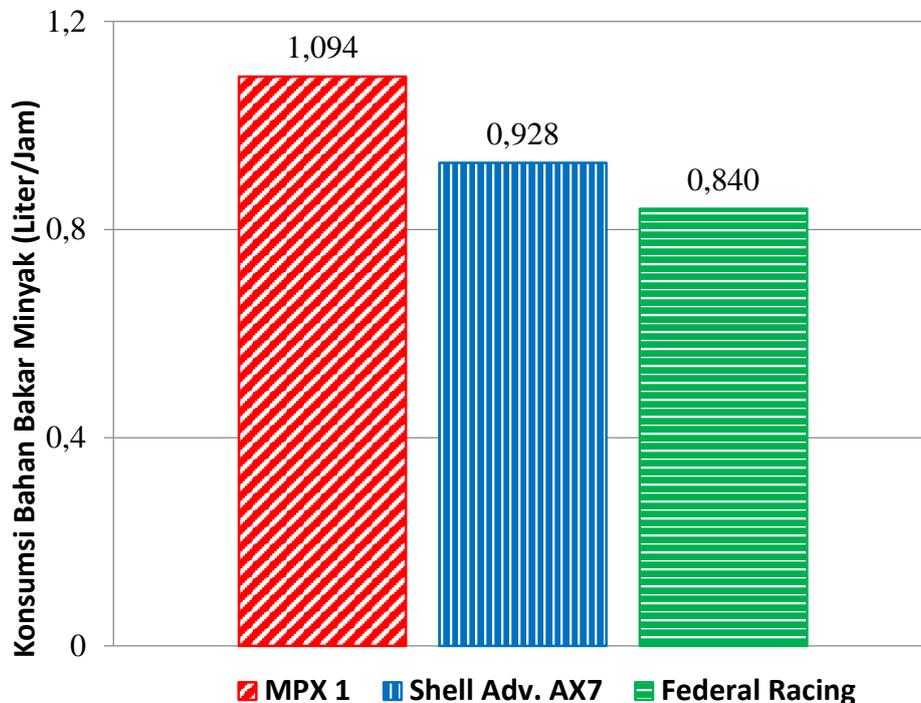
Tabel 4.2 Data Hasil Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar

Sampel Minyak Pelumas	Konsumsi BBM (liter/jam)	Rata-rata Konsumsi BBM (liter/jam)	Jangkauan Kendaraan Per Liter Bahan Bakar (km/liter)	Rata-rata Jangkauan Kendaraan Per Liter Bahan Bakar (km/liter)
MPX 1	1,66	1,094	19,70	43,559
	0,47		69,48	
	1,67		20,89	
	0,43		80	
	1,24		27,72	
Shell Advance AX7	1,6	0,928	21,72	48,936
	1,01		34,90	
	0,31		109	
	0,92		36,97	
	0,8		42,11	
Federal Racing	0,92	0,84	37,48	52,221
	0,94		36,45	
	0,3		117,94	
	0,85		40,1	
	1,19		29,13	

4.4.2 Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar

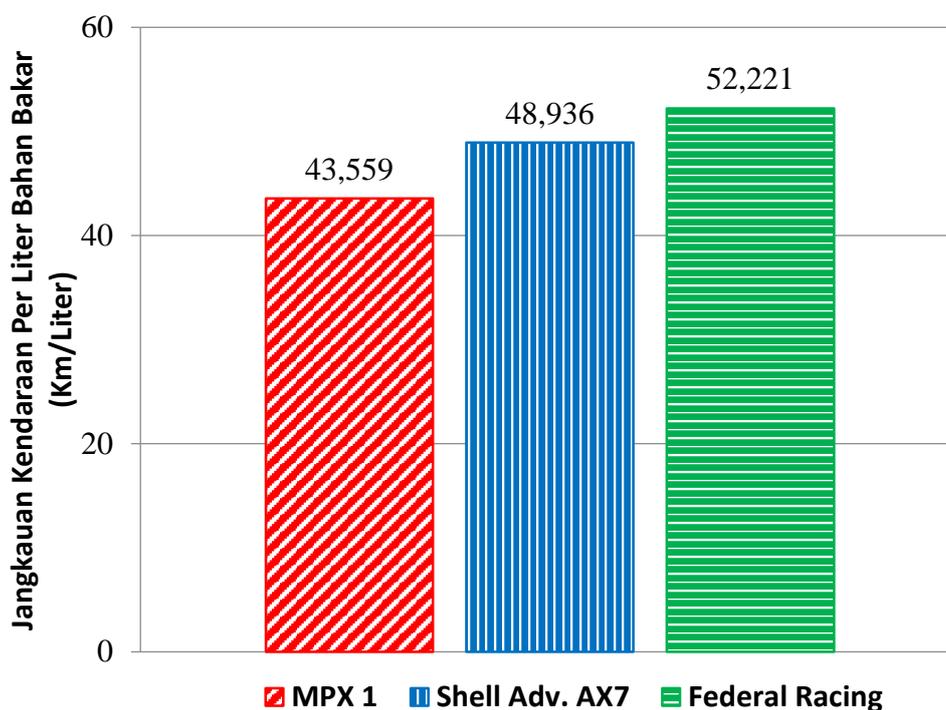
Data nilai rata-rata konsumsi bahan bakar dari masing-masing minyak pelumas kemudian disajikan dalam bentuk diagram. Pada diagram tersebut membandingkan pengaruh beberapa jenis minyak pelumas yaitu MPX 1 (mineral), Shell Advance AX7 (*semi synthetic*), dan Federal Racing (*full*

synthetic) terhadap konsumsi bahan bakar pertamax RON 92. Diagram tersebut dapat dilihat pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Diagram perbandingan konsumsi bahan bakar minyak dari beberapa jenis minyak pelumas

Gambar 4.6 menunjukkan diagram perbandingan konsumsi bahan bakar dari beberapa jenis minyak pelumas yaitu minyak pelumas mineral MPX 1, minyak pelumas *semi synthetic* Shell Advance AX7, dan minyak pelumas *full synthetic* Federal Racing. Dari diagram tersebut terlihat bahwa nilai rata-rata konsumsi bahan bakar dari minyak pelumas Federal Racing adalah 0,84 liter/jam. Adapun nilai rata-rata konsumsi bahan bakar dari minyak pelumas jenis lainnya berada di atasnya yaitu 1,094 liter/jam untuk minyak pelumas MPX 1 dan 0,928 liter/jam untuk minyak pelumas Shell Advance AX7. Hal ini menunjukkan bahwa konsumsi bahan bakar dari minyak pelumas *full synthetic* lebih irit dibandingkan kedua jenis minyak pelumas lain. Hasil pengujian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Rahmawan (2016).



Gambar 4.7 Diagram perbandingan jangkauan kendaraan per liter bahan bakar dari beberapa jenis minyak pelumas

Gambar 4.7 menunjukkan diagram perbandingan jangkauan kendaraan per liter bahan bakar dari beberapa jenis minyak pelumas yaitu minyak pelumas mineral MPX 1, minyak pelumas *semi synthetic* Shell Advance AX7, dan minyak pelumas *full synthetic* Federal Racing. Dari diagram tersebut terlihat bahwa nilai rata-rata jangkauan kendaraan per liter bahan bakar dari minyak pelumas Federal Racing adalah 52,221 km/liter. Adapun nilai rata-rata jangkauan kendaraan per liter bahan bakar dari minyak pelumas jenis lainnya berada di bawahnya yaitu 43,559 km/liter untuk minyak pelumas MPX 1 dan 48,936 km/liter untuk minyak pelumas Shell Advance AX7. Hal ini dapat diartikan bahwa dalam satu liter bahan bakar, kendaraan dengan minyak pelumas *full synthetic* mampu menempuh jarak sejauh 52,221 km. Adapun kendaraan dengan minyak pelumas mineral hanya mampu menempuh jarak sejauh 43,559 km dalam satu liter bahan bakar, sedangkan kendaraan dengan minyak pelumas *semi synthetic* berada di posisi tengah yaitu mampu menempuh jarak sejauh 48,936 km dalam satu liter bahan bakar. Dengan demikian konsumsi bahan bakar paling irit dimiliki oleh minyak

pelumas *full synthetic*, sedangkan konsumsi bahan bakar paling boros dimiliki oleh minyak pelumas mineral.

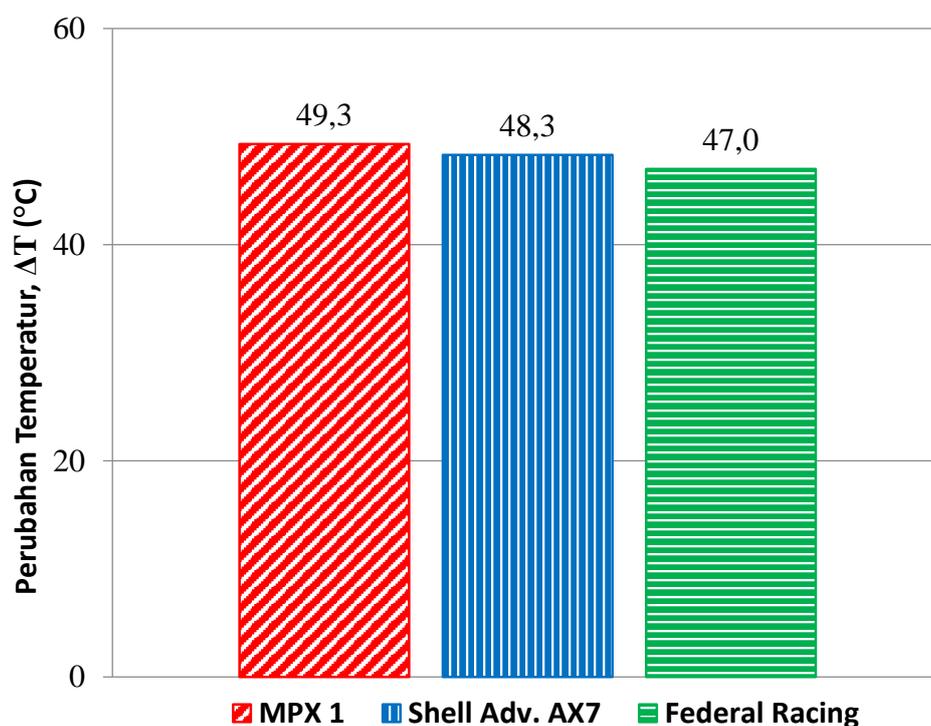
Tingkat konsumsi bahan bakar sebanding dengan nilai torsi dan daya yang dihasilkan oleh sepeda motor. Semakin tinggi torsi dan daya yang dihasilkan maka konsumsi bahan bakar semakin boros. Hal ini berlawanan dengan penelitian Raharjo (2017) yang menyatakan bahwa nilai torsi dan daya yang besar akan menghemat konsumsi bahan bakar. Tidak hanya torsi dan daya, nilai konduktivitas termal minyak pelumas juga berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar. Semakin tinggi nilai konduktivitas termal minyak pelumas maka kemampuan untuk memindahkan panas yang timbul akibat proses pembakaran dan gesekan antar komponen dalam mesin menjadi lebih baik sehingga tidak terjadi panas berlebih pada mesin (*overheating*). Jika terjadi *overheating* pada mesin sepeda motor maka konsumsi bahan bakar menjadi boros.

4.4.3 Analisis Perubahan Temperatur dari Beberapa Jenis Minyak Pelumas

Analisis dilakukan terhadap perubahan temperatur (ΔT) dari beberapa jenis minyak pelumas. Pengukuran temperatur dari beberapa jenis minyak pelumas dilakukan setelah uji jalan (*road test*) pada pengujian konsumsi bahan bakar dengan mengukur temperatur minyak pelumas yang terdapat pada bak oli mesin. Pengukuran dilakukan terhadap tiga jenis sampel minyak pelumas yaitu MPX 1 (mineral), Shell Advance AX7 (*semi synthetic*), dan Federal Racing (*full synthetic*). Diagram perubahan temperatur dari beberapa jenis minyak pelumas dapat dilihat pada gambar 4.8.

Gambar 4.8 menunjukkan perbandingan perubahan temperatur (ΔT) dari beberapa jenis minyak pelumas yang merupakan selisih temperatur akhir/temperatur kerja dengan temperatur awal. Nilai temperatur kerja berlaku apabila temperatur awal pengujian sama. Dalam batasan masalah diasumsikan bahwa temperatur awal sama dengan temperatur kamar yaitu $\cong 25^{\circ}\text{C}$, sedangkan temperatur kerja atau temperatur rata-rata pada saat mesin bekerja dari beberapa jenis minyak pelumas bervariasi yaitu $74,3^{\circ}\text{C}$ untuk MPX 1, $73,3^{\circ}\text{C}$ untuk Shell Advance AX 7, dan 72°C untuk Federal Racing. Dari hasil yang diperoleh

menunjukkan bahwa perubahan temperatur paling kecil dimiliki oleh minyak pelumas Federal Racing sebesar 47°C , sedangkan perubahan temperatur paling besar dimiliki oleh minyak pelumas MPX 1 sebesar $49,3^{\circ}\text{C}$. Untuk minyak pelumas Shell Advance AX7 berada di posisi tengah dengan perubahan temperatur sebesar $48,3^{\circ}\text{C}$. Dapat disimpulkan bahwa minyak pelumas Federal Racing (*full synthetic*) lebih baik dalam mendinginkan atau memindahkan panas dibandingkan minyak pelumas jenis lainnya. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Raharjo (2017) yang menyatakan bahwa minyak pelumas jenis *full synthetic* lebih mampu menghantarkan panas dibandingkan minyak pelumas jenis mineral atau *semi synthetic*.



Gambar 4.8 Diagram perubahan temperatur dari beberapa jenis minyak pelumas

4.5 Perbandingan Data Hasil Pengujian Keseluruhan

Setelah melakukan pengujian dan pengolahan data maka penulis membuat perbandingan data hasil pengujian viskositas, konduktivitas termal, torsi dan daya, serta konsumsi bahan bakar. Data hasil pengujian viskositas dan konduktivitas termal selanjutnya akan dibandingkan dengan temperatur kerja. Adapun

perbandingan data hasil pengujian keseluruhan dari masing-masing minyak pelumas dapat dilihat pada tabel 4.3.

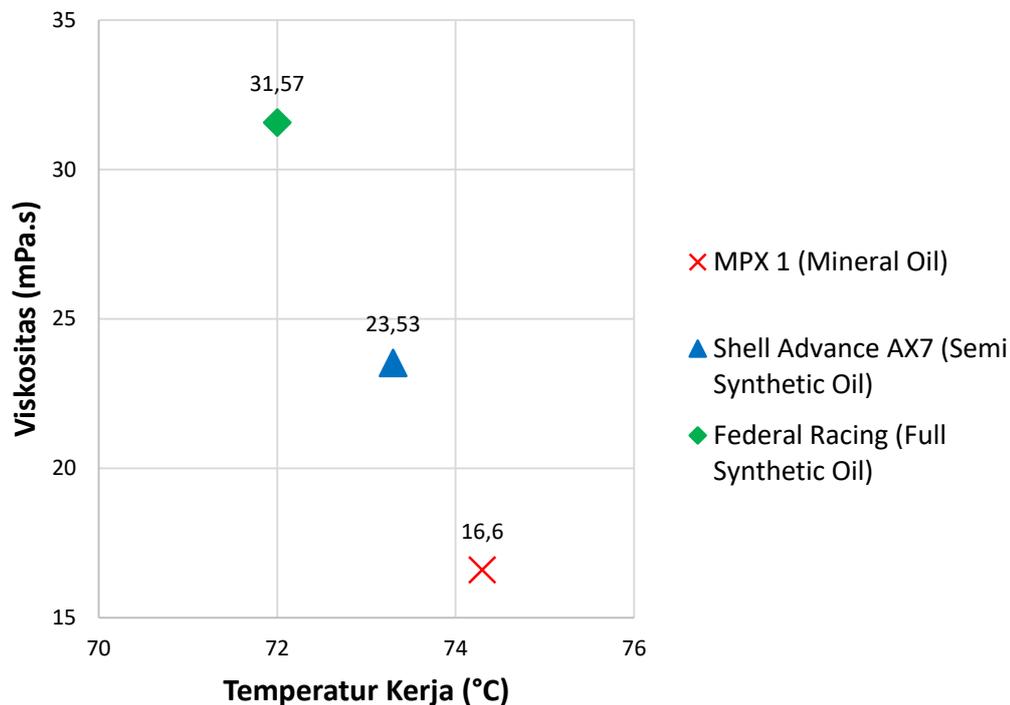
Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian Keseluruhan

Sampel Minyak Pelumas	Rata-rata Visko. (mPa.s)	Rata-rata Konduktivitas Termal (W/m.K)	Torsi Maks. (Nm)	Daya Maks. (HP)	Rata-rata Konsumsi BBM (liter/jam)	Temp. Kerja (°C)
MPX 1	58,3137	0,130	13,85	17,7	1,094	74,3
Shell Adv. AX7	69,4226	0,133	13,4	17,5	0,928	73,3
Federal Racing	79,4047	0,143	13,44	17,7	0,84	72

Tabel 4.3 menunjukkan perbandingan data hasil pengujian secara keseluruhan. Data tersebut selanjutnya akan diolah dan disajikan dalam bentuk grafik. Adapun tampilan dari grafik tersebut dapat dilihat pada pembahasan berikutnya.

4.5.1 Nilai Viskositas Beberapa Jenis Minyak Pelumas pada Temperatur Kerja

Grafik nilai viskositas dari beberapa jenis minyak pelumas yaitu MPX 1 (*mineral oil*), Shell Advance AX7 (*semi synthetic oil*), dan Federal Racing (*full synthetic oil*) pada temperatur kerja dapat dilihat di gambar 4.9. Dari grafik tersebut terlihat bahwa nilai viskositas tertinggi dimiliki oleh minyak pelumas *full synthetic* Federal Racing sebesar 31,57 mPa.s dengan temperatur kerja 72°C, sedangkan nilai viskositas terendah dimiliki oleh minyak pelumas mineral MPX 1 sebesar 16,6 mPa.s dengan temperatur kerja 74,3°C. Untuk minyak pelumas *semi synthetic* Shell Advance AX7 berada di posisi tengah dengan viskositas sebesar 23,53 mPa.s pada temperatur kerja 73,3°C. Nilai tersebut diperoleh dari hasil kalibrasi viskositas pada gambar 4.1. Hasil tersebut menunjukkan bahwa nilai viskositas dari beberapa jenis minyak pelumas berbanding terbalik dengan temperatur kerja. Semakin tinggi nilai viskositas minyak pelumas maka temperatur minyak pelumas pada saat mesin bekerja semakin rendah.

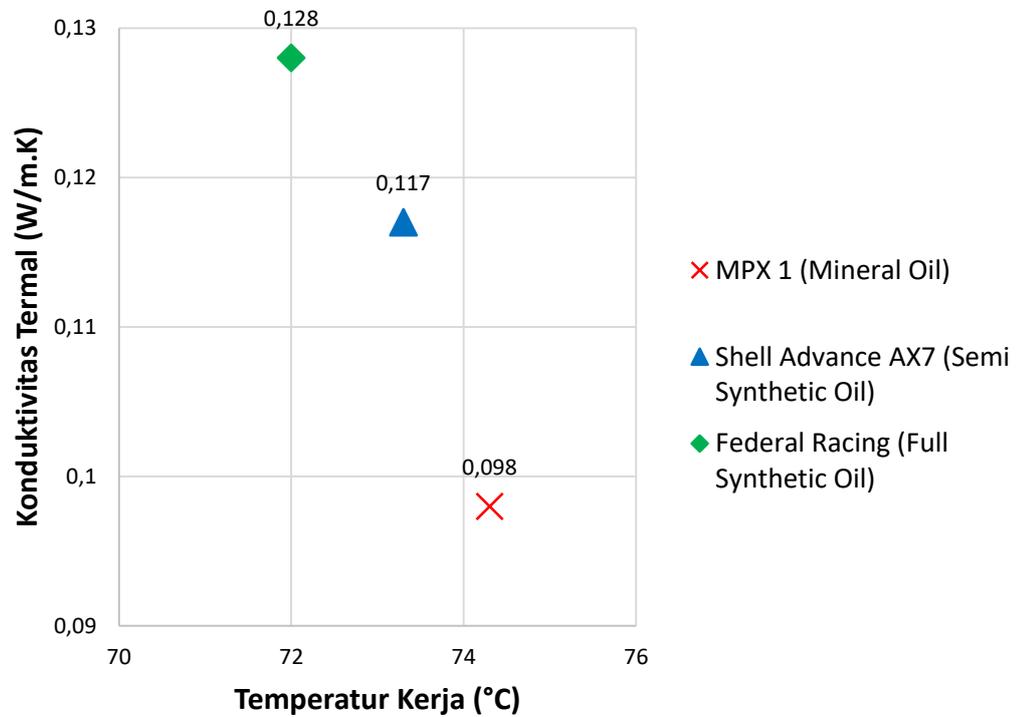


Gambar 4.9 Grafik nilai viskositas beberapa jenis minyak pelumas pada temperatur kerja

4.5.2 Nilai Konduktivitas Termal Beberapa Jenis Minyak Pelumas pada Temperatur Kerja

Grafik nilai konduktivitas termal dari beberapa jenis minyak pelumas yaitu MPX 1 (*mineral oil*), Shell Advance AX7 (*semi synthetic oil*), dan Federal Racing (*full synthetic oil*) pada temperatur kerja dapat dilihat di gambar 4.10. Dari grafik tersebut terlihat bahwa nilai konduktivitas termal rata-rata dari minyak pelumas *full synthetic* Federal Racing pada temperatur kerja lebih tinggi dibandingkan minyak pelumas lainnya yaitu 0,128 W/m.K. Posisi kedua yaitu pada minyak pelumas *semi synthetic* Shell Advance AX7 sebesar 0,117 W/m.K dengan temperatur kerja 73,3°C. Adapun minyak pelumas dengan nilai konduktivitas termal rata-rata paling rendah dimiliki oleh minyak pelumas MPX 1 sebesar 0,098 W/m.K pada temperatur kerja 74,3°C. Nilai tersebut diperoleh dari hasil kalibrasi konduktivitas termal pada gambar 4.3. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai konduktivitas termal minyak pelumas maka temperatur

minyak pelumas pada saat mesin bekerja semakin rendah sehingga semakin baik pula minyak pelumas tersebut dalam mendinginkan atau meredam panas mesin.



Gambar 4.10 Grafik nilai konduktivitas termal beberapa jenis minyak pelumas pada temperatur kerja