

**APLIKASI ADITIF-NANO PEMODIFIKASI GESEKAN
(*FRICITION MODIFIER*) DALAM MENURUNKAN KONSUMSI
BAHAN BAKAR SEPEDA MOTOR**

*(The Application of Nano-Friction
Modifier Additive in Reducing Fuel Consumption of Motorcycles)*

M. Hanifuddin, Setyo Widodo,

Catur Y. Respatiningsih, Milda Fibria, dan Rona Malam K.

Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS"

Jl. Ciledug Raya Kav.109, Cipulir, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan

Telepon: +62-21-7394422, Fax.: +62-21-7246150

E-mail: mhanif@lemigas.esdm.go.id; milda@lemigas.esdm.go.id;
setyow@lemigas.esdm.go.id; cyuliani@lemigas.esdm.go.id; ronamk@lemigas.esdm.go.id

Teregistrasi I tanggal 14 Agustus 2017; Diterima setelah perbaikan tanggal 29 September 2017;
Disetujui terbit tanggal: 31 Desember 2017

ABSTRAK

Minyak lumas berfungsi antara lain untuk mengurangi gesekan dan keausan yang terjadi pada sistem mekanikal suatu peralatan. Aditif yang sering digunakan untuk mengurangi gesekan adalah aditif pemodifikasi gesekan. Level gesekan yang rendah akan menaikkan efisiensi mesin yang ditunjukkan dengan menurunnya konsumsi bahan bakar, kenaikan output daya, dan penurunan emisi gas buangnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja aditif-nano pemodifikasi gesekan jenis MoS_2 pada minyak lumas mesin sepeda motor otomatis terkait kinerja mesin yang disebabkan menurunnya gesekan. Metodologi penelitian ini adalah menggabungkan aditif nano jenis pemodifikasi gesekan MoS_2 ke dalam minyak lumas dasar jenis mineral dan sintetik dengan ditambah dengan aditif lainnya sehingga dihasilkan minyak lumas mesin yang siap diuji jalankan. Uji jalan ditempuh sejauh 3000 km dengan pengambilan data kinerja sepeda motor yang meliputi output power, konsumsi bahan bakar serta uji emisi yang dilakukan pada jarak tempuh 0 km; 1000 km; 2000 km; dan 3000 km; menggunakan dua jenis sepeda motor uji, yaitu jenis Y dan jenis H. Sepeda motor jenis Y menggunakan minyak lumas SAE 10W-40/API SL, sedangkan sepeda motor jenis H menggunakan SAE 10W30/API SL. Sebanyak empat buah sepeda motor digunakan dalam uji jalan, yaitu sepeda motor YR dan HR yang dilumasi dengan minyak lumas tanpa aditif nano sebagai referensi, sedangkan sepeda motor YN dan HN yang dilumasi dengan minyak lumas yang telah diformulasikan dengan aditif-nano pemodifikasi gesekan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aditif nano berfungsi dengan baik setelah jarak tempuh 1000 km. Semakin jauh jarak tempuh, semakin terlihat pengaruh penambahan aditif nano terhadap power output dan tingkat konsumsi bahan bakar. Peningkatan output daya dan torsi mesin uji maksimal dicapai pada jarak tempuh 3000 km yaitu sebesar 17,53 % dan 17,49 % untuk Motor Y, sedangkan untuk Motor H sebesar 15,04 % dan torsi 9,69%. Penghematan konsumsi bahan bakar maksimal dicapai pada jarak tempuh 1000 km, untuk Motor Y sebesar 68,9% dan Motor H sebesar 60,5 %. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa aditif nano MoS_2 menunjukkan kinerja yang baik pada pelumas mesin sepeda motor.

Kata Kunci: minyak lumas mesin, aditif pemodifikasi gesekan, nano MoS_2 , konsumsi bahan bakar

ABSTRACT

Lube oils play important roles in the mechanical systems of machineries, some of them are to reduce friction and wear. Friction modifier additive are often introduced in a lube oil formulation to reduce friction. Low level of

friction will enhance engine efficiency by improving power output and reducing fuel consumption. This research was aimed at finding out the performance of nano-friction modifier additive, MoS₂, which was applied in a motorcycles engine oils, in terms of reducing friction. The methodology of this research was incorporating MoS₂ nano-friction modifier additive into either mineral or synthetic base oils and other additives to form motorcycles engine oils which are set for a road-rest. This road-test was set for 3000 km, with testing intervals at 0 km; 1000 km; 2000 km; and 3000 km, which were performed using two types of motorcycles, Y and H. Type Y motorcycles were lubricated with SAE 10W-40/API SL engine oils, while Type H motorcycles were lubricated with SAE 10W30/API SL engine oils. In totals, there are four testing motorcycles, two of them were lubricated with conventional engine oil without nano-friction modifier, YR and HR which were the reference vehicles, while the other two were lubricated with engine oil containing nano-friction modifier, YN and HN. The research findings showed that nano-friction modifier requires optimum induction time in order to perform properly at 1000 km. The further the motorcycles mileage, the more intense it influence to the motorcycles performances. Maximum power and torque output were achieved at 3000 km, which are 17.53% and 17.49%, consecutively for motorcycle YN and YR, whereas for motorcycle HN gave the maximum power and torque output of 15.04% and 9.69%, in comparison with HR. The maximum fuel consumption saving were reached at 1000 km for both types of motorcycles, which are 68.9% in motorcycle Y and 60.5% in motorcycle H. In conclusion, MoS₂ nano-modifier additive exhibits a very good performance when it is applied in motorcycles engine oils.

Keywords: motorcycle engine oils, friction modifier additive, nano MoS₂, fuel consumption, power output

I. PENDAHULUAN

Sejalan dengan perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan saat ini, banyak hal yang bisa dilakukan untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar. Pada kendaraan bermotor misalnya, dikembangkan mesin yang lebih efisien untuk menghasilkan daya keluaran yang lebih besar dengan konsumsi bahan bakar sesedikit mungkin. Selain itu, peningkatan efisiensi bahan bakar juga dapat dilakukan dengan penurunan bobot kendaraan melalui penggunaan material yang kuat dan ringan, penurunan hambatan aerodinamis dengan pengembangan bentuk kendaraan, pengembangan sistem transmisi yang lebih efisien, dan penggunaan minyak lumas yang memiliki friksi rendah. Contoh penggunaan minyak lumas dengan friksi rendah adalah pemakaian pelumas yang lebih encer. Konsumsi bahan bakar turun sebesar 4,16% ketika minyak lumas 15W40 diganti dengan 10W30 berdasarkan hasil review dari Taylor dan Coy (2000).

Kehilangan energi secara mekanikal pada suatu sistem disebabkan antara lain oleh energi yang terpakai untuk mengatasi gesekan (Ferguson, CR & Kirkpatrick 2001) (Jost, HP. 2005) (Tung SC & McMillan 2004). Sebagai contoh dari energi yang disuplai bahan bakar pada sebuah kendaraan penumpang, hanya 21,5% yang terpakai untuk menggerakkan kendaraannya. 33% akan terbuang dalam bentuk panas, 11,5% hilang untuk mengatasi gesekan pada mesin, 5% hilang untuk mengatasi gesekan pada sistem transmisi, dan 29% digunakan untuk pendinginan (Holmberg

et al. 2012). Pada komponen mesin otomotif, gesekan terutama berasal dari rangkaian piston (38-68%), bantalan (20-44%), mekanisme katup (3-34%), dan hidrolis dan pemompaan (10%).

Gesekan adalah gaya mekanikal yang berlawanan dengan pergerakan (gesekan dinamik dan kinetik) atau menghambat pergerakan (gesekan statik) antara permukaan gelincir atau gelinding. Tipe gesekan seperti ini disebut gesekan eksternal. Gesekan antar molekul pelumas yang berkaitan erat dengan karakteristik viskositas menyebabkan adanya gesekan internal (Mortier & Orszulik 2010).

Selain menurunkan efisiensi, gesekan yang timbul akan menyebabkan panas dan keausan yang dapat mengakibatkan suatu peralatan rusak. Keausan adalah penyebab utama kerusakan material dan menurunnya unjuk kerja mekanikalnya. Penurunan laju keausan akan menghemat beberapa aspek terutama biaya penggantian komponen mesin, biaya *overhaul*, dan terhentinya mesin saat *overhaul*. Oleh karena itu, secara prinsip gesekan merupakan penyebab keausan dan kehilangan energi. Pelumasan adalah cara yang efektif untuk menurunkan gesekan dan keausan (Stachowiak & Batchelor 2013).

Selain dengan pemakaian minyak lumas yang lebih encer, minyak lumas dapat didesain menjadi pelumas dengan friksi yang rendah melalui penambahan aditif pemodifikasi gesekan (*friction modifier*) yang dapat menurunkan gesekan pada kondisi pelumasan *mixed* dan *boundary* (Spike H 2015). Selama beberapa dekade terakhir, senyawa organik yang mengandung fosfor dan sulfur telah diketahui memiliki peranan

penting dalam mengurangi friksi dan keausan (Dai et al. 2016). Selain kedua senyawa tersebut, pada saat ini beberapa jenis nano-partikel aditif telah dikenal memiliki potensi untuk mengurangi emisi dan meningkatkan efisiensi bahan bakar.

Kalin, et al. menemukan bahwa koefisien gesek minyak lumas akan turun 2 kali lipat dan laju keausan turun 5-9 kali lebih rendah dengan penambahan aditif nano MoS₂ dibandingkan dengan hanya menggunakan minyak lumas yang hanya mengandung *base oil* (Kalin et al. 2012). Selain itu, Kogovšek, et al. menemukan bahwa koefisien gesekan (*coefficient of friction*) turun sebesar 40% hingga 65% tergantung kekasaran permukaan metal jika dilumasi dengan minyak lumas yang mengandung *MoS₂-nanotubes* dibandingkan dengan jika hanya dilumasi menggunakan *base oil* (Kogovšek et al. 2013).

Berbagai jenis aditif pemoifikasi gesekan telah dirangkum oleh Dai et al. (2016) dan jenis terpopuler adalah MoS₂ (Kalin et al. 201) (Kogovšek et al. 2013) (Xu et al. 2015) (Zhang et al. 1994) (Santillo et al. 2012) yang telah dipelajari secara mikro pada berbagai permukaan seperti baja (*steel*) (Tomala et al. 2015). Beberapa mekanisme yang telah diajukan untuk pengurangan gesekan diantaranya adalah dengan pembentukan *tribo-film* (Dai et al. 2016). Zen

Chen dkk menemukan bahwa dengan penambahan 1% berat *ultrathin nanosheet* MoS₂ pada pelumas menyebabkan sifat perlindungan terhadap tekanan ekstrem menjadi sangat baik ketika digunakan pada jenis pelumasan *boundary* (Chen et al. 2015).

Penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh Widodo et al. (2016) menunjukkan bahwa penambahan aditif-nano pemoifikasi gesekan ke dalam minyak lumas, memerlukan *treatment* fisika atau kimia tambahan, karena aditif tersebut mengalami pemisahan. Sonali et. al. melakukan penelitian sifat tribologikal dan kestabilan minyak lumas mesin 15W40 dengan penambahan partikel nano MoS₂ yang dimodifikasi oleh suatu surfaktan jenis Sodium dodecyl sulfate. Dari hasil penelitian didapatkan dosis optimum penambahan surfaktan dan karakteristik viskositas, titik tuang dan titik nyala minyak lumasnya (Jamale Sonali et al. 2014).

Seluruh penelitian mengenai penggunaan aditif-nano pemoifikasi gesekan yang telah disebutkan diatas mempelajari karakteristik aditif-nano pemoifikasi gesekan, diantaranya MoS₂, terutama karakteristiknya dalam mengurangi gesekan dan keausan, pada skala mikro. Padahal pada saat ini, jumlah aditif-nano pemoifikasi gesekan yang beredar di pasaran jumlahnya cukup

Tabel 1
Karakteristik minyak lumas sepeda motor

No	Parameter	Spesifikasi 10W-40 API SL/MB	YR	YN	Spesifikasi 10W-30 API SL/MB	HR	HN
1	Visk. Kinematik 100 °C, cSt	12.5-16.3	14.115	14.148	9.3-12.5	12.411	12.465
2	Indeks Viskositas,	min 125	154	152	min 125	152	152
3	CCS @ -25°C (cP),	maks 7000	4609	4614	maks 7000	4617	4597
4	Pour Point (°C)	Maks -28	-33	-30	Maks -28	-33	-30
5	TBS (cP),	min 3.5	4.62	4.65	min 2.9	4.13	4.16
6	Flash Point, °C,	min 200	240	216	min 200	230	227
7	TBN, mg-KOH/gr,	min 5	7.2	7.53	min 5	7.07	6.98
8	Sulfated Ash	min 0.6	0,73	0,76	min 0.6	0,71	0,69
9	Foaming T&S Sq.1 (mL)	max 10/0	nil/nil	nil/nil	max 10/0	nil/nil	10/nil
	Sq.2 (mL)	max 50/0	10/nil	10/nil	max 50/0	10/nil	50/nil
	Sq.3 (mL)	max 10/0	nil/nil	nil/nil	max 10/0	nil/nil	10/nil
	Sq.4 (mL)	max 100/0	50/nil	30/nil	max 100/0	40/nil	50/nil
11	Sifat Penguapan Noack, %-wt	max 15	11.23	8.43	max 15	10.72	10.92

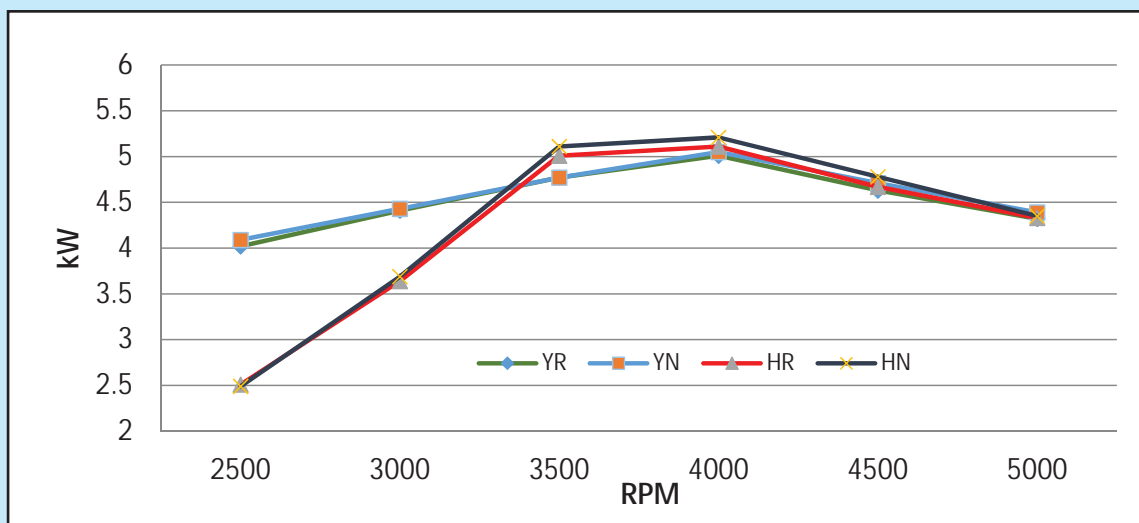
banyak. Oleh karena itu, pada makalah ini disajikan pengaruh penambahan nano MoS₂ sebagai aditif penurun gesekan ke minyak lumas mesin sepeda motor. Penambahan aditif ini diharapkan akan meningkatkan kinerja minyak lumasnya yang diindikasikan oleh penurunan konsumsi bahan bakar akibat turunnya level gesekan.

II. BAHAN DAN METODE

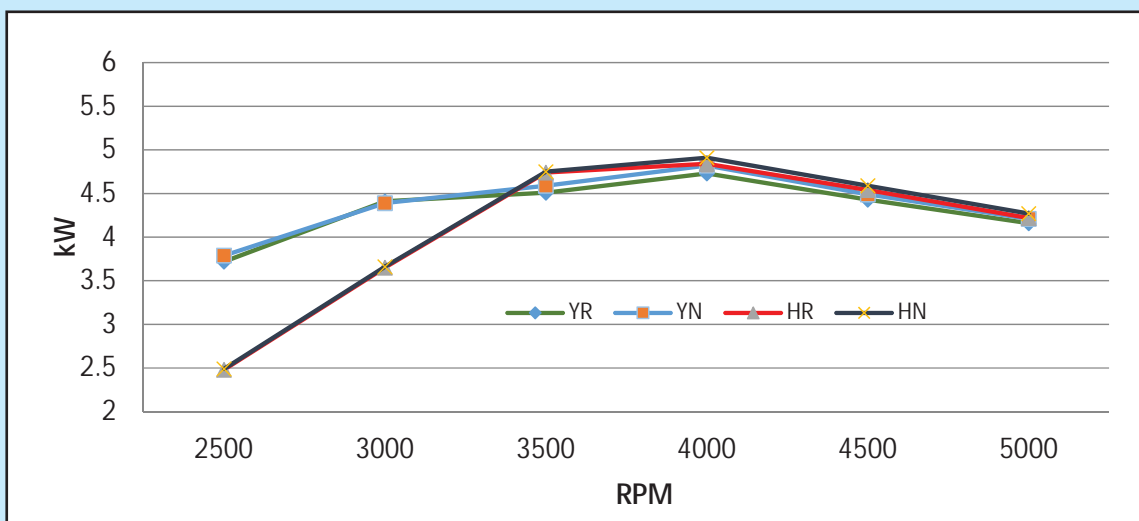
A. Bahan

Aditif-nano pemodifikasi gesekan yang digunakan dalam penelitian ini adalah aditif pemodifikasi

gesekan nano-MoS₂ kelas komersial. Aditif ini digabungkan dengan paket aditif untuk mesin sepeda motor yang diproduksi oleh Lubrizol dan minyak lumas dasar, baik sintetis maupun mineral untuk membentuk dua jenis pelumas nano, yaitu YN dan HN. Pelumas kontrol, YR dan HR dicampur dengan formula yang sama tanpa penambahan aditif-nano pemodifikasi gesekan. Pelumas tipe-Y dirancang untuk memiliki tingkat viskositas 10W-40, sedangkan pelumas tipe-H dirancang sebagai 10W-30. Nama dan sifat pelumas yang diteliti dalam pekerjaan ini disajikan pada Tabel 1.



Gambar 1
Grafik daya pada 0 Km.



Gambar 2
Grafik daya pada 1000 Km.

B. Metode

Kinerja aditif-nano pemoifikasi gesekan dalam menurunkan konsumsi bahan bakar dipelajari dengan menggunakan uji jalan. Uji jalan ini dilaksanakan dengan menggunakan dua jenis sepeda motor yaitu Y dan H. Jumlah total sepeda motor yang digunakan dalam penelitian ini ada empat buah sepeda motor, dua motor menggunakan minyak lumas tanpa aditif nano sebagai referensi, YR dan HR, sedangkan dua motor minyak lumasnya ditambah aditif nano, YN dan HN. Motor Y menggunakan minyak lumas SAE 10W-40/API SL dan Motor H menggunakan SAE

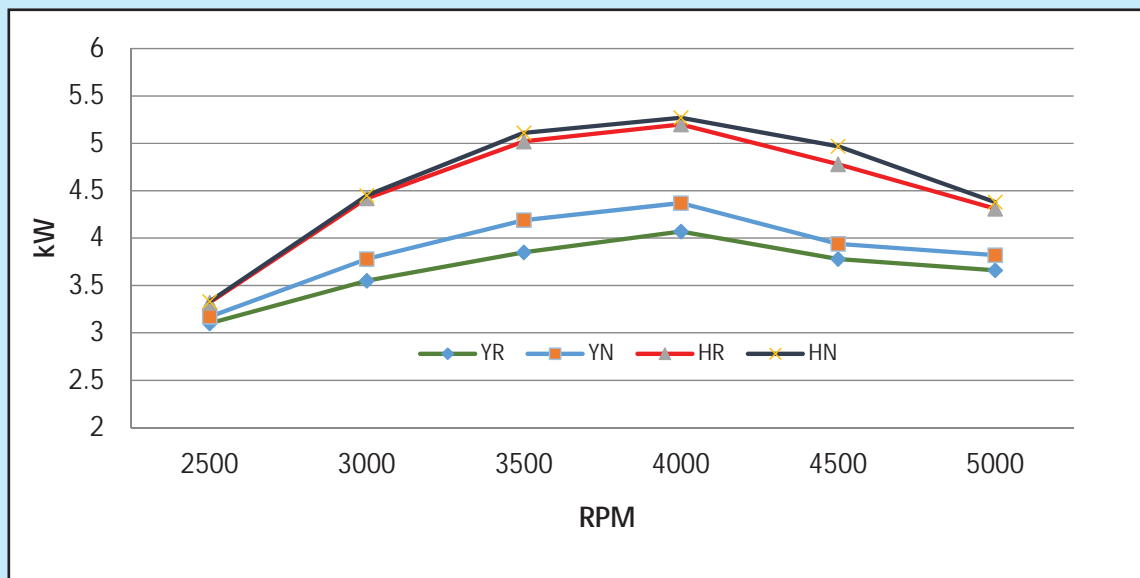
10W30/API SL. Uji jalan ditempuh sejauh 3000 km dengan pengambilan data kinerja sepeda motor meliputi output daya, output torsi, konsumsi bahan bakar serta uji emisi yang dilakukan pada jarak tempuh 0,1000, 2000, dan 3000 km.

III. HASIL DAN DISKUSI

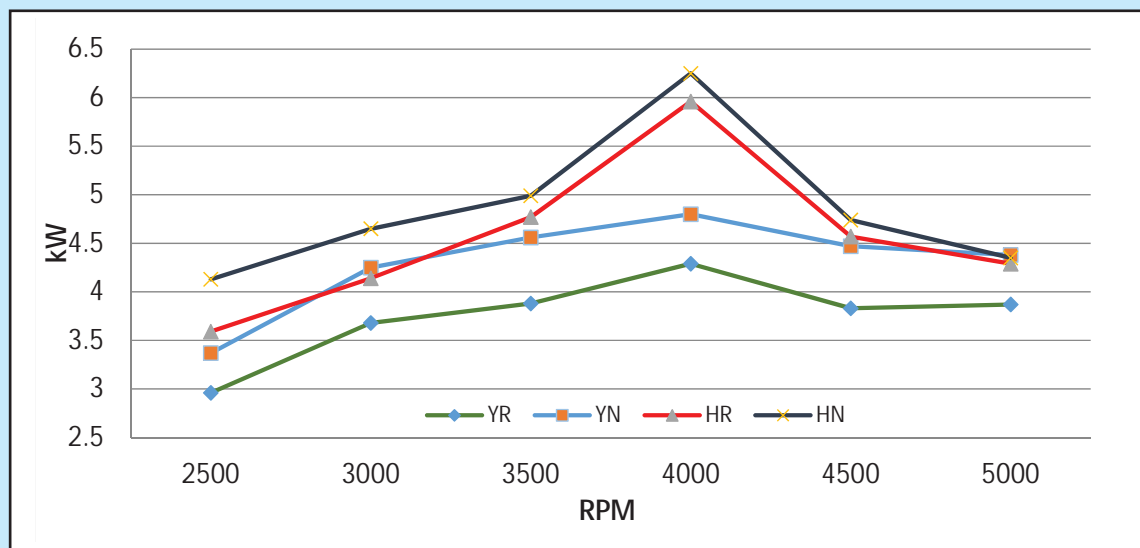
Pengujian daya, torsi, dan emisi dilakukan di chassis dynamometer.

A. Daya

Hasil pengujian daya dilakukan saat jarak tempuh 0, 1000, 2000, dan 3000 km dengan putaran mesin



Gambar 3
Grafik daya pada 2000 Km.



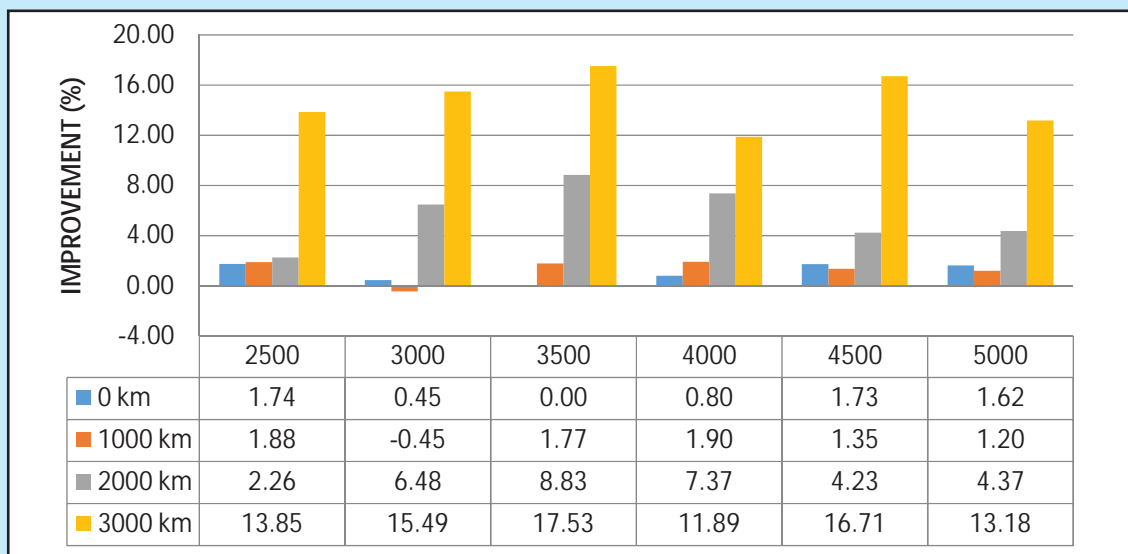
Gambar 4
Grafik daya pada 3000 Km.

2500, 3000, 3500, 4000, 4500, dan 5000 rpm ditampilkan pada Gambar 1 s/d 4.

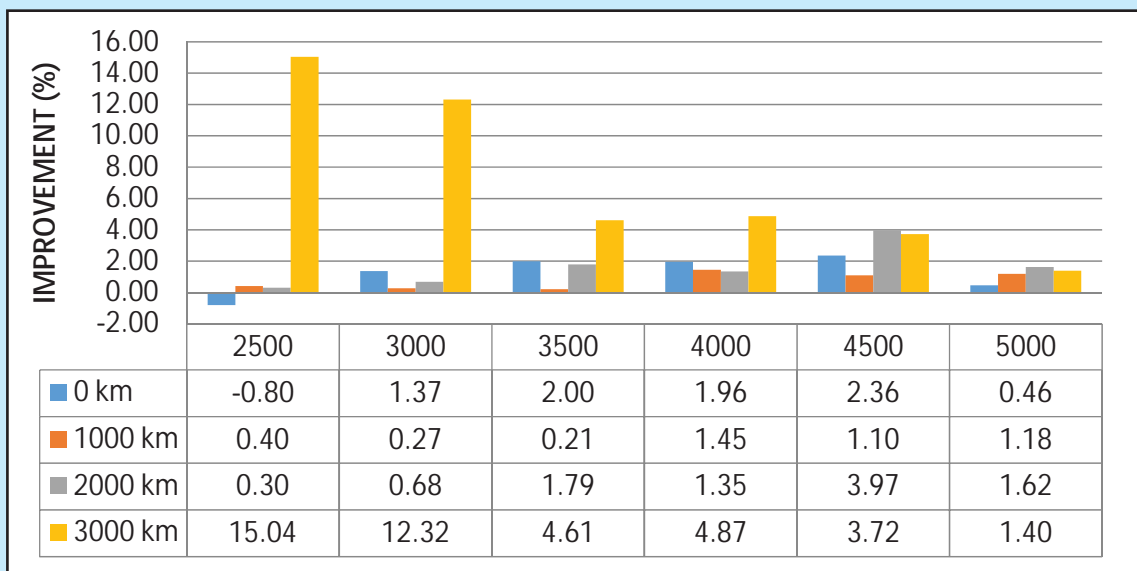
Berdasarkan hasil uji, terlihat bahwa pengaruh penambahan aditif nano terhadap output daya mulai terukur pada saat jarak tempuh 1000 km. Hal ini karena dibutuhkan proses pembentukan lapisan atau terjadinya ikatan kimia antara aditif nano dengan permukaan logam, melalui gesekan, panas, reaksi kimia, atau proses lain. Fenomena serupa juga dilaporkan terjadi pada aditif sejenis yang ada di pasaran. Rangkuman perubahan dayanya disajikan pada Gambar 5 dan Gambar 6.

Berdasarkan grafik pada Gambar 5, terlihat bahwa semakin lama digunakan, semakin tinggi perbaikan output daya Motor Y. Pada jarak tempuh 3000 km, peningkatannya sampai 13-17%, tertinggi pada putaran mesin 3500 rpm.

Berdasarkan grafik pada Gambar 6, terlihat bahwa semakin lama digunakan, semakin tinggi perbaikan output daya Motor H. Pada jarak tempuh 3000 km, peningkatannya sampai 15 %, tertinggi pada putaran mesin 2500 rpm. Antara Motor Y dan Motor H Ada perbedaan karakteristik, sehingga juga ada perbedaan dalam hasil peningkatan dayanya. Pada Motor Y



Gambar 5
Grafik peningkatan daya motor YN dibanding YR



Gambar 6
Grafik peningkatan daya motor HN dibanding HR

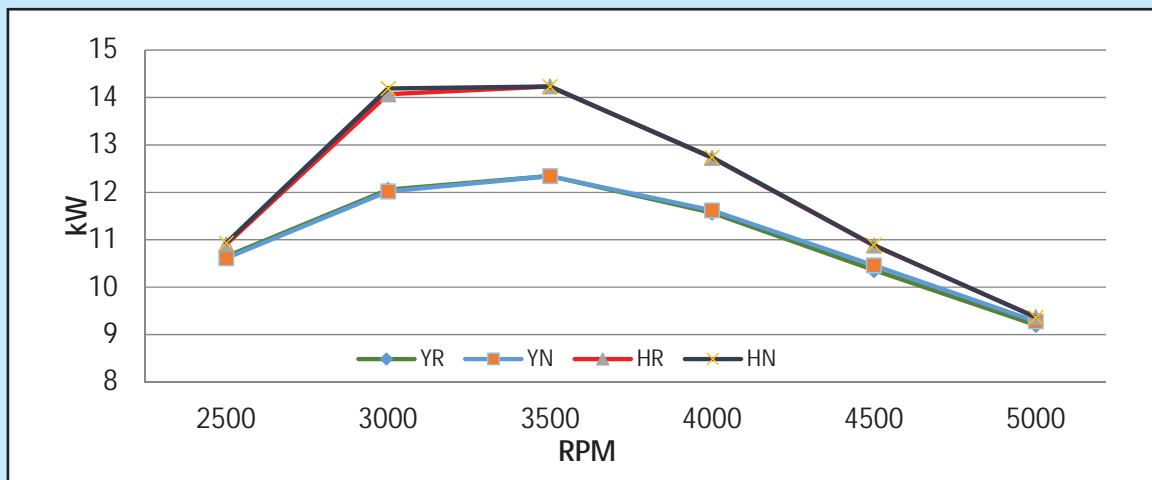
peningkatan performanya lebih terlihat baik setelah penambahan aditif nano.

B Torsi

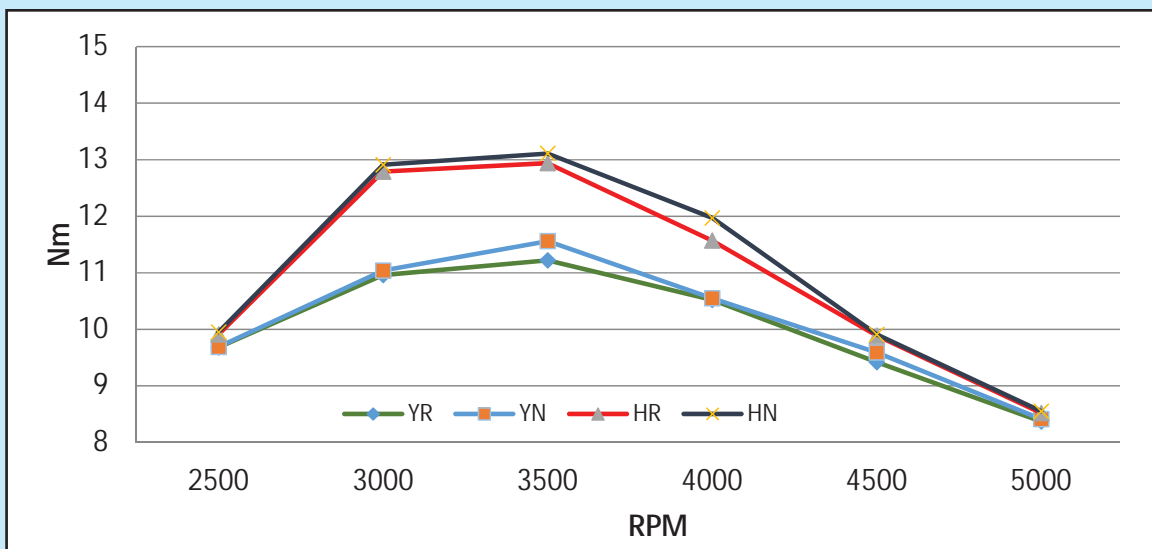
Hasil pengujian torsi dilakukan saat jarak tempuh 0, 1000, 2000, dan 3000 km dengan putaran mesin 2500, 3000, 3500, 4000, 4500, dan 5000 rpm ditampilkan pada Gambar 7 sampai dengan Gambar 10.

Seperti pada pengukuran daya, output torsi juga mengalami peningkatan setelah jarak tempuh yang semakin tinggi. Rangkuman perubahan output torsi disajikan pada Gambar 11 dan Gambar 12.

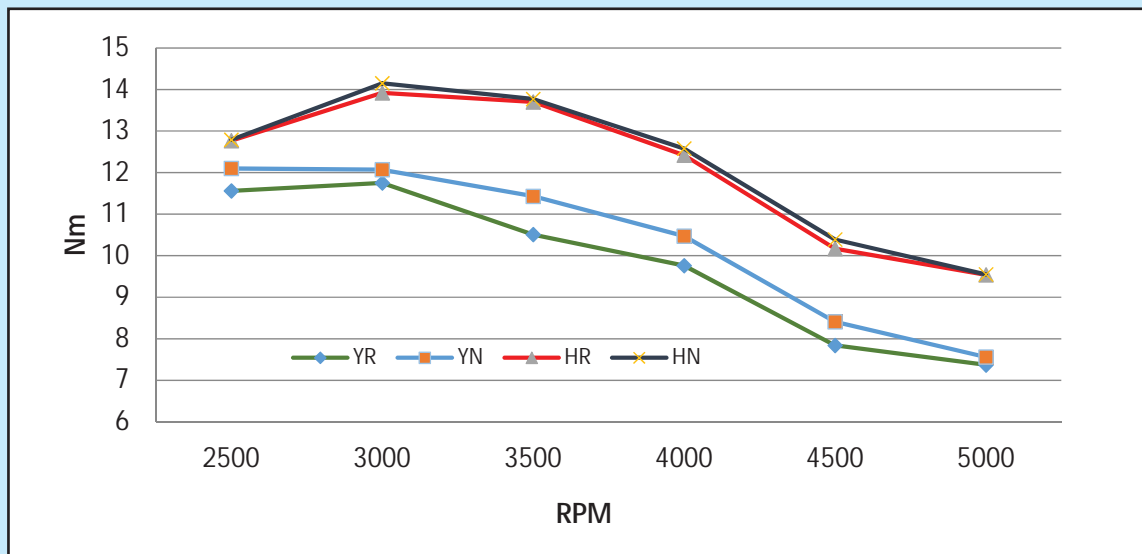
Seperti pada peningkatan daya, peningkatan torsi juga terjadi. Berdasarkan grafik di atas, terlihat bahwa semakin lama digunakan, semakin tinggi perbaikan output torsi Motor YN dan Motor HN. Motor YN, pada jarak tempuh 3000 km, peningkatannya sampai 17,49%, tertinggi pada putaran mesin 3500 rpm. Motor HN pada jarak tempuh 3000 km, peningkatannya sampai 9,84%, tertinggi pada putaran mesin 3000 rpm. Ada perbedaan karakteristik antara Motor Y dan Motor H, sehingga ada perbedaan hasil peningkatan torsi. Pada Motor Y lebih terlihat baik peningkatan performanya setelah penambahan aditif nano.



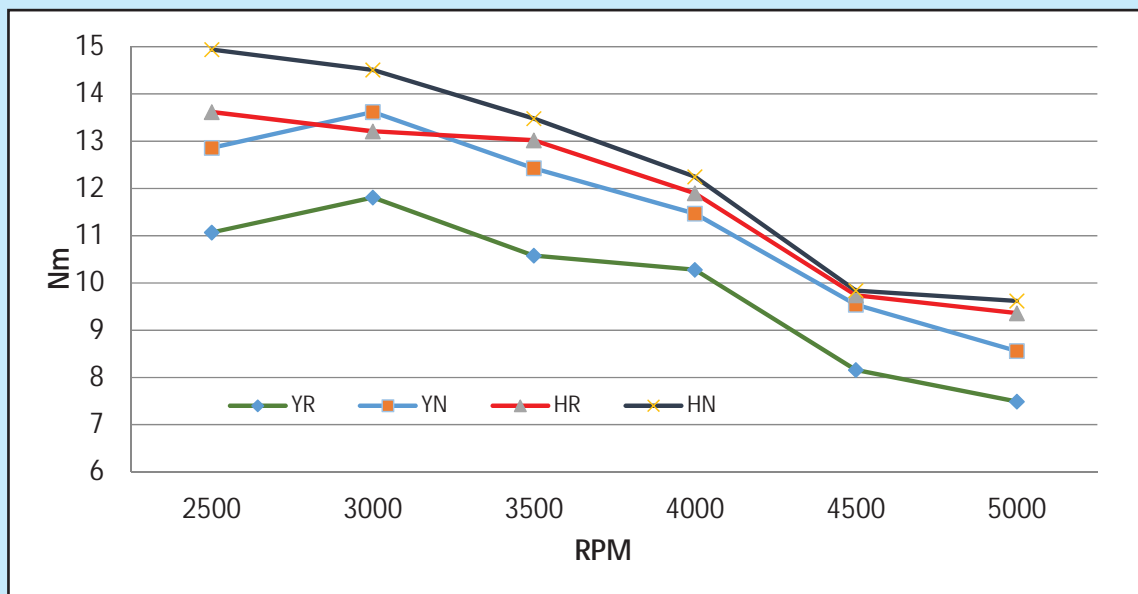
Gambar 7
Grafik torsi pada 0 Km.



Gambar 8
Grafik torsi pada 1000 Km.



Gambar 9
Grafik torsi pada 2000 Km.



Gambar 10
Grafik torsi pada 3000 Km.

C. Emisi

Pengukuran emisi dilakukan pada putaran langsam kendaraan uji, antara lain CO, HC, dan NOx. Hasilnya disajikan pada Tabel 2 sampai dengan Tabel 5.

Emisi CO dan NOx pada Motor YN mengalami penurunan sedangkan pada motor HN terjadi kenaikan, akan tetapi terjadi kebalkannya untuk

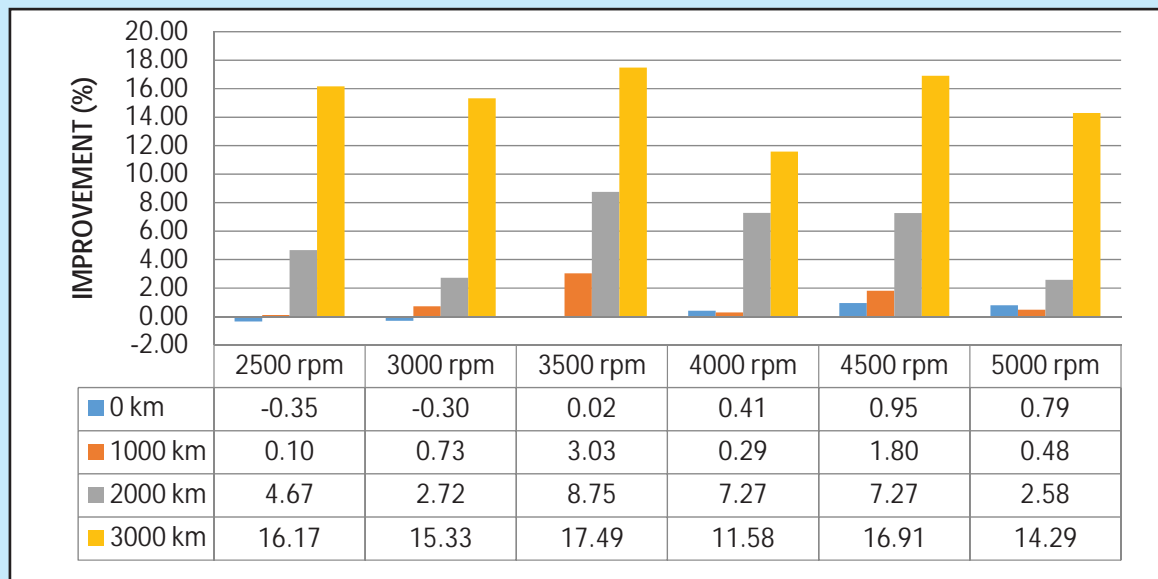
emisi HC. Hal ini kemungkinan adanya perbedaan terkait dengan spesifikasi dan karakteristik mesinnya.

D. Konsumsi Bahan Bakar

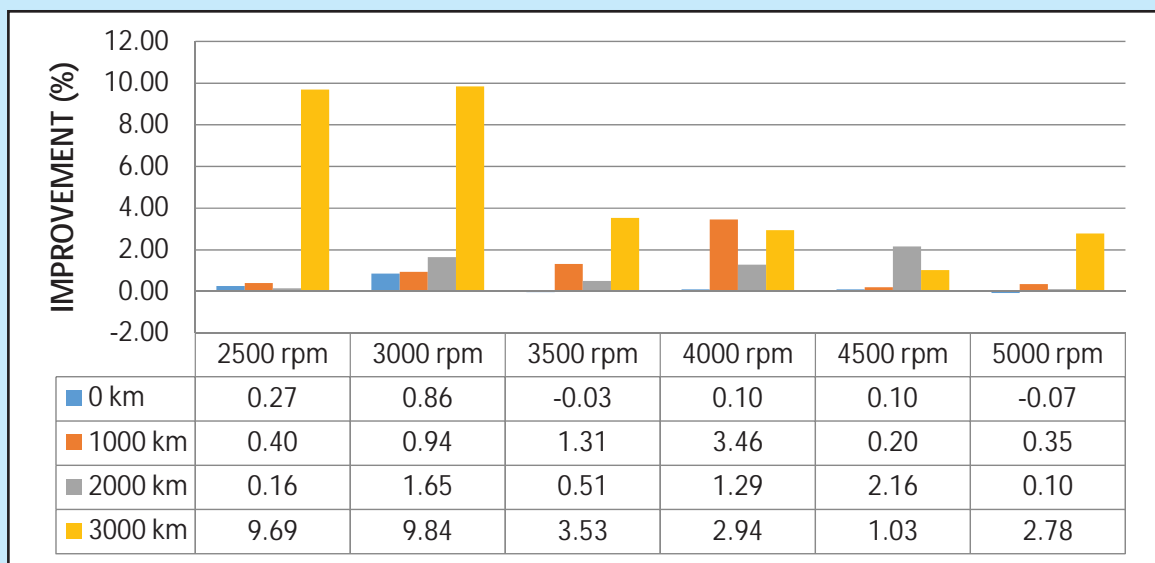
Konsumsi bahan bakar merupakan fokus dari penelitian ini. Dengan penambahan aditif nano pemodifikasi gesekan, diharapkan akan menurunkan level gesekan sehingga akan meningkatkan daya dan torsi, menurunkan emisi, dan menurunkan

konsumsi bahan bakar. Konsumsi bahan bakar diuji pada jarak tempuh 0, 1000, 2000, dan 3000 km. Metode pengukurannya adalah *full to full*. Motor dipenuhi tangki bahan bakarnya pada saat mulai melakukan uji jalan, setelah menempuh jarak tertentu kemudian ditambahkan bahan bakar sampai penuh kembali. Berdasarkan jarak tempuh dan jumlah bahan bakar yang digunakan, ditentukan konsumsi bahan bakarnya. Hasil pengukuran konsumsi bahan bakar ditampilkan pada Gambar 17 sampai dengan Gambar 19.

Berdasarkan hasil uji konsumsi bahan bakar, terbukti minyak lumas dengan penambahan aditif nano lebih hemat. Seperti hasil uji daya dan torsi, efeknya baru dirasakan setelah uji jalan menempuh jarak 1000 km. Besarnya penghematan untuk uji jalan luar kota lebih besar dibandingkan di dalam kota. Hal ini disebabkan pada saat di luar kota, putaran mesin lebih stabil karena jalanan lancar. Seperti pada hasil uji daya dan torsi, putaran ideal untuk menghasilkan efisiensi tertinggi adalah pada 3000-3500 rpm. Penghematan rata-rata dari Sepeda



Gambar 11
Grafik peningkatan torsi motor YN dibanding YR.



Gambar 12
Grafik peningkatan torsi motor HN dibanding HR.

Motor HN lebih tinggi dibandingkan Sepeda Motor YN, kemungkinan disebabkan adanya perbedaan desain dan spesifikasi mesinnya. Penghematan tertinggi diperoleh pada jarak tempuh 1000 km, untuk motor HN sampai 60,5% dan Motor YN

sampai 68,9%. Besarnya angka penghematan di dapat dari perbandingan jarak tempuh motor per liter bahan bakar. Untuk sepeda motor HR jarak tempuhnya 38,1 km/liter sedangkan HN 61,2 km/liter. Setelah mendapatkan penghematan bahan

Tabel 2
Uji emisi motor Y

Jarak Tempuh	Emisi CO (%)		Emisi HC (ppm)		Emisi NOx (%)	
	YR	YN	YR	YN	YR	YN
0	0.13	0.12	30	30	11	11
1000	0.11	0.09	30	30	11	8
2000	0.28	0.03	84	35	35	13
3000	0.14	0.02	47	26	15	4

Tabel 3
Uji emisi motor H

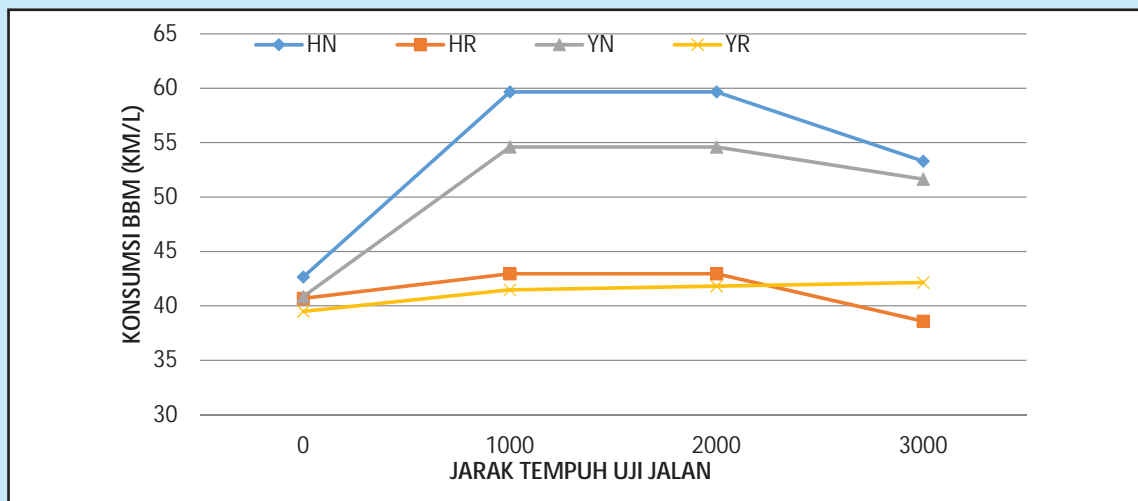
Jarak Tempuh	Emisi CO (%)		Emisi HC (ppm)		Emisi NOx (%)	
	HR	HN	HR	HN	HR	HN
0	0.4	0.51	200	202	30	31
1000	0.42	0.54	205	209	33	34
2000	0.27	0.32	178	296	13	24
3000	0.35	1.44	230	350	27	33

Tabel 4
Perubahan emisi motor Y

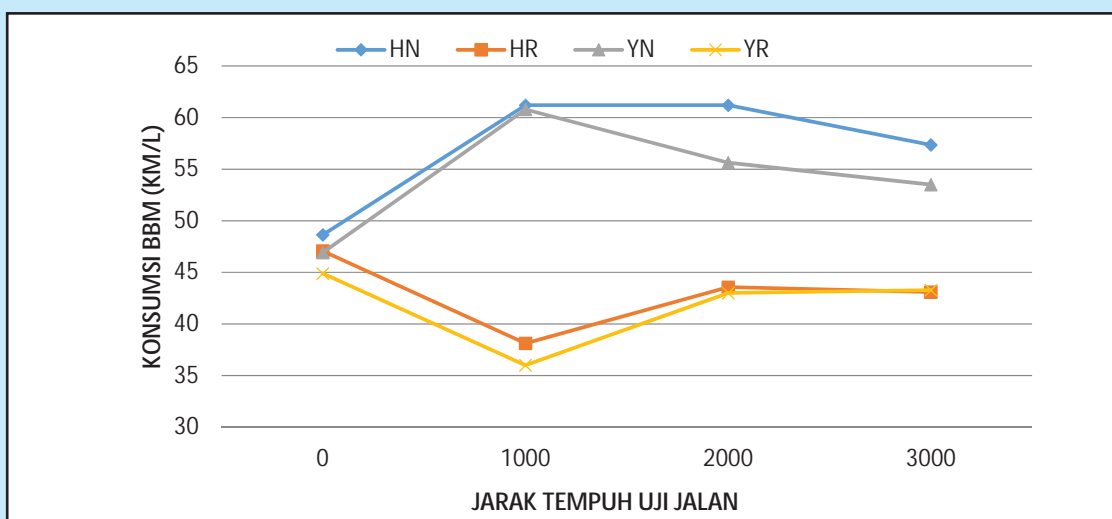
Jarak Tempuh	Emisi CO (%)	Emisi HC (ppm)	Emisi NOx (%)
0	-7.7	0	0
1000	-18.2	0	-27.3
2000	-89.3	140	-62.9
3000	-85.7	80.8	-73.3

Tabel 5
Perubahan emisi motor H

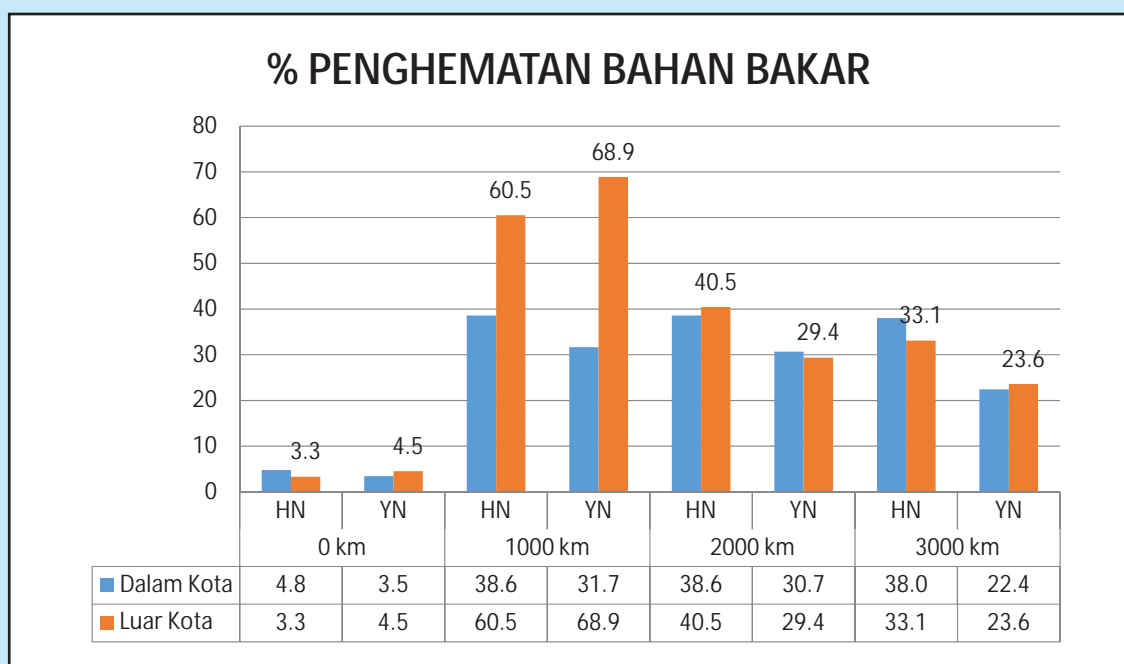
Jarak Tempuh	Emisi CO (%)	Emisi HC (ppm)	Emisi NOx (%)
0	27.5	-1	3.3
1000	28.6	-1.9	3
2000	18.5	-39.9	84.6
3000	311.4	-34.3	22.2



Gambar 17
Grafik konsumsi bahan bakar di dalam kota.



Gambar 18
Grafik konsumsi bahan bakar di luar kota.



Gambar 19
Grafik penghematan bahan bakar.

bakar tertinggi pada jarak tempuh 1000 km, terjadi penurunan ketika mencapai 2000 dan 3000 km jarak tempuh. Hal ini disebabkan karena performa minyak lumas itu sendiri mulai mengalami penurunan akibat terkena beban panas, geseran, oksidasi, dan adanya penguapan.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa aditif nano baru berfungsi dengan baik setelah menempuh jarak tempuh 1000 km. Peningkatan output daya dan torsi mesin uji maksimal dicapai pada jarak tempuh 3000 km yaitu sebesar 17,53% dan 17,49% untuk Motor YN, sedangkan untuk Motor HN sebesar 15,04% dan torsi 9,69%. Penghematan konsumsi bahan bakar maksimal dicapai pada jarak tempuh 1000 km, untuk Motor HN sebesar 60,5% dan pada Motor YN sebesar 68,9%.

KEPUSTAKAAN

- Chen, Z., Liu, X., Liu, Y., Gungel, S. and Luo, J.,** 2015. Ultrathin MoS₂ nanosheets with superior extreme pressure property as boundary lubricants. *Scientific reports*, 5
- Dai, W., Kheireddin, B., Gao, H. and Liang, H.,** 2016. Roles of nanoparticles in oil lubrication. *Tribology International*, 102, pp.88-98.

Ferguson, C.R. and Kirkpatrick, A.T., 2001. *Internal combustion engines applied thermosciences*, John Wiley and Sons.

Holmberg, K., Andersson, P. and Erdemir, A., 2012. Global energy consumption due to friction in passenger cars. *Tribology International*, 47, pp.221-234.

Jamale Sonali, N.Sandhyarani and V.Sajith, "Tribological properties and stabilization study of surfactant modified MoS₂ nanoparticle in 15W40 engine oil", *International Journal of Fluid Mechanics & Machinery- IJFMM Volume 1 : Issue 3 [ISSN 2374-1481] Publication Date : 30 September, 2014.*

Jost, H.P., 2005. COMMENTARY-Tribology Micro & Macro Economics: A Road to Economic Savings-When will the world truly understand the role tribology plays in reducing costs, improving safety and protecting life? *The. Tribology and Lubrication Technology*, 61(10), pp.18-23.

Kalin, M., Kogovšek, J. and Remškar, M., 2012. Mechanisms and improvements in the friction and wear behavior using MoS₂ nanotubes as potential oil additives. *Wear*, 280, pp.36-45.

Kogovšek, J., Remškar, M., Mrzel, A. and Kalin, M., 2013. Influence of surface roughness and running-in on the lubrication of steel surfaces with oil containing MoS₂ nanotubes in all lubrication regimes. *tribology international*, 61, pp.40-47.

- Mortier, R.M.** and **Orszulik, S.T.** eds., 2010. Chemistry and technology of lubricants (Vol. 107115). Berlin: Springer. Miller, R.W. (1993). Lubricants and Their Applications. Mc Graw-Hill Inc.
- Stachowiak, G.** and **Batchelor, A.W.**, 2013. Engineering tribology. Butterworth-Heinemann.
- Spikes, H.**, 2015. Friction modifier additives. Tribology Letters, 60(1), p.5.
- Santillo, G., Deorsola, F.A., Bensaid, S., Russo, N.** and **Fino, D.**, 2012. MoS₂ nanoparticle precipitation in turbulent micromixers. Chemical engineering journal, 207, pp.322-328.
- Taylor, R.I.** and **Coy, R.C.**, 2000. Improved fuel efficiency by lubricant design: a review. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part J: Journal of Engineering Tribology, 214(1), pp.1-15.
- Tung, S.C.** and **McMillan, M.L.**, 2004. Automotive tribology overview of current advances and challenges for the future. Tribology International, 37(7), pp.517-536.
- Tomala, A., Vengudusamy, B., Ripoll, M.R., Suarez, A.N., Remškar, M.** and **Rosentsveig, R.**, 2015. Interaction between selected MoS₂ nanoparticles and ZDDP tribofilms. Tribology letters, 59(1), p.26.
- Widodo, S., Hanifuddin, M.** and **Karina, R.M.**, 2016. Tribological Properties of Mineral Base Oils With Tungsten Disulphide (WS₂) Nanoparticles in Boundary Lubrication Conditions. Scientific Contributions Oil and Gas, 39(2).
- Xu, Y., Hu, E., Hu, K., Xu, Y.** and **Hu, X.**, 2015. Formation of an adsorption film of MoS₂ nanoparticles and dioctyl sebacate on a steel surface for alleviating friction and wear. Tribology International, 92, pp.172-183.
- Zhang, Z.J., Zhang, J.** and **Xue, Q.J.**, 1994. Synthesis and characterization of a molybdenum disulfide nanocluster. The Journal of Physical Chemistry, 98(49), pp.12973-12977.