

ANALISIS PENGARUH VARIASI PUTARAN MESIN DAN WAKTU Pengereman TERHADAP TEMPERATUR DAN KOEFISIEN GESEK PADA KAMPAS REM TROMOL (DRUM BRAKE) DENGAN ALAT UJI BERBASIS REMOTE MONITORING SYSTEM (RMS)

*Rhyienaldi Hardian Dhammaputra¹, Gunawan Dwi Haryadi²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: mcalonez@gmail.com

Abstrak

Kegagalan pada sistem pengereman banyak berakibat fatal yang berujung kecelakaan, salah satu penyebabnya yaitu *Brake Fade*. Penyebab dari *brake fade* adalah temperatur pengereman yang melebihi temperatur maksimum material kampas rem tersebut, sehingga terjadi penurunan koefisien gesek (daya pengereman). Maka dari itu pada penelitian ini dilakukan untuk menganalisa pengaruh temperatur pengereman terhadap koefisien gesek, pengurangan ketebalan, dan waktu pengereman. Jenis rem yang digunakan merupakan rem tromol dengan kampas rem dari beberapa merk diantaranya, merk AHM, merk Indopart, merk Binapart, dan kampas rem OES. Metode pengujian yang dilakukan pada penelitian ini yaitu dengan dua metode, metode pertama adalah melakukan pengereman dari variasi RPM hingga kondisi *steady*, dan metode kedua yaitu melakukan pengujian *braking cycle* dimana pengereman dilakukan tiap 500 RPM dengan penahanan waktu 2 menit. Pengukuran temperatur pengereman dengan menggunakan *infrared thermometer* dan *thermocouple* yang menjadi rangkaian RMS-Brake. Pengukuran waktu pengereman dan ketebalan kampas rem sebelum dan setelah pengujian juga dilakukan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap temperatur pengereman. Dari hasil pengujian, merk AHM *fading* pada temperatur 281,4°C dengan koefisien gesek 0,0998, merk Indopart *fading* pada temperatur 229,7°C dengan koefisien gesek 0,108175, merk Binapart *fading* pada temperatur 218,4°C dengan koefisien gesek 0,099842, dan kampas rem OES *fading* pada temperatur 250,4°C dengan koefisien gesek 0,102478. Selain itu, terdapat pula pengaruh temperatur terhadap pengurangan ketebalan kampas rem, dimana merk OES merupakan yang paling baik karena mengalami pengurangan ketebalan paling rendah dibanding yang lain yaitu sebesar 0,25 mm untuk mencapai temperatur 179,3°C. Dan untuk pengaruh temperatur terhadap waktu pengereman, semua merk memiliki waktu pengereman yang relatif kecil, namun didapat merk OES paling sedikit melepas panas dengan delta temperatur 0,49°C.

Kata kunci: Rem; rem tromol; kampas rem Tromol; *brake fade*; koefisien gesek

Abstract

Failure of the braking system that led to many fatal accidents, one reason is Brake Fade. The cause of brake fade is braking temperatures that exceed the maximum temperature of the brake lining material, resulting in a decrease in friction coefficient (braking power). Thus in this research is done to analyze the effect of temperature on the coefficient of friction braking, the reduction in thickness, and when braking. Types of brakes used are drum brakes with brake linings of several brands including, AHM brands, brands Indopart, Binapart brand and OES brake pads. Methods of testing done in this research is by two methods, the first method is the braking of a variation of RPM to steady, and the second method is to do the braking test cycle where braking is performed every 500 RPM with the detention time of 2 minutes. Braking temperature measurement using infrared thermometer and thermocouple were a series RMS-Brake. Measurement of braking time and brake lining thickness before and after testing was also conducted to determine temperature effects on braking. From the test results, the brand AHM *fading* in temperatures 281,4°C the friction coefficient 0,0998, brand Indopart *fading* in temperatures 229,7°C the friction coefficient 0,108175, brand Binapart *fading* in 218,4°C temperature coefficient 0,099842 friction, and OES brake *fading* at a temperature of 250,4°C with friction coefficient 0,102478. In addition, there is also the effect of temperature on the brake lining thickness reduction, where the brand is the most well OES because only experienced a reduction of 0,25 mm thickness to achieve 179,3°C. And for the effect of temperature on the most excellent braking time a brake pad OES which takes 0,49°C for heat transfer.

Keywords: Brake; disc brake; brake pads; *brake fade*; coefficient of friction

1. Pendahuluan

Kendaraan sepeda motor merupakan salah satu kendaraan yang paling populer yang paling banyak digunakan oleh masyarakat Indonesia, baik untuk pergi ke kantor, berbelanja ke pasar, ataupun berpergian ke suatu tempat. Menurut Asosiasi Sepeda Motor Indonesia (ASISI) menunjukkan penjualan sepeda motor hingga tahun 2014 sendiri telah mencapai 7.926.104 unit [1]. Dengan meningkatnya angka produksi sepeda motor tentunya meningkatkan pula angka kecelakaan di jalan raya yang dapat disebabkan oleh beberapa penyebab. Berdasarkan data kecelakaan lalu lintas pada tahun 2014, terungkap bahwa 72% dari kecelakaan lalu lintas jalan raya di Indonesia melibatkan sepeda motor [2].

Penyebab kecelakaan sendiri dapat disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya : Manusia, Kendaraan, dan Lingkungan. Dari ketiga faktor tersebut yang menyebabkan kecelakaan dalam berkendara salah satunya merupakan kegagalan komponen / *sub assembly* dalam menjalankan fungsinya. Komponen yang sangat berpengaruh besar terhadap kecelakaan yaitu kegagalan dalam pengereman. Karena saat komponen rem mengalami masalah kendaraan tidak dapat menghentikan laju kendaraannya dan juga berdampak terhadap pengendara lain [3].

Rem adalah elemen penting pada sebuah kendaraan yang berfungsi untuk mengurangi dan atau menghentikan laju kendaraan. Hingga saat ini, rem utama kendaraan yang dikembangkan masih menggunakan sistem gesek sebagai mana ditemukan pertama kali oleh Louis Renault pada tahun 1902. Prinsip kerja sistem rem adalah mengubah tenaga kinetik menjadi panas dengan cara menggesekan dua buah logam pada benda yang berputar sehingga putarannya akan melambat. Oleh sebab itu komponen rem yang bergesekan ini harus tahan terhadap gesekan (tidak mudah aus), tahan panas dan tidak mudah berubah bentuk pada saat bekerja dalam suhu tinggi. Secara umum sistem pengereman yang berkembang pada sepeda motor saat ini ada dua jenis yaitu rem tromol (*disc brake*) dan rem tromol (*drum brake*) [4].

Rem tromol (*drum brake*) adalah salah satu tipe rem pada kendaraan yang menggunakan sepatu rem dan drum tromol. Pada tipe rem tromol ini kekuatan tenaga pengereman di peroleh dari sepatu rem yang diam, menekan permukaan drum tromol bagian dalam yang berputar bersama - sama dengan roda. Fungsi rem tromol adalah untuk menimbulkan gaya gesekan antara kampas dan tromol pada waktu diadakan pengereman sehingga memungkinkan kecepatan kendaraan dapat diperlambat atau dihentikan.

Seperti yang telah disebutkan diatas bahwa salah satu penyebab kecelakaan lalu lintas yaitu disebabkan oleh kerusakan salah satu komponen/*sub assembly* pada kendaraan. Kerusakan pada komponen atau sistem rem merupakan yang paling sering terjadi dan mengakibatkan kejadian yang fatal, kelalaian kita untuk selalu melakukan pengecekan dan perawatan merupakan penyebab utama terjadinya kegagalan. *Brake fade* atau yang biasa dikenal berkurangnya daya pengereman, ini adalah masalah utama yang merupakan salah satu sebab dari pengereman berkinerja tinggi atau melakukan pengereman saat kecepatan tinggi. Gejalanya bermula dari berkurangnya efektivitas pengereman sampai rem tidak berfungsi lagi atau blong.

Semua bahan kampas rem memiliki kurva koefisien gesek yang berhubungan dengan suhu. Bahan baku kampas rem dirancang untuk bekerja pada suhu optimum ketika koefisien gesek kampas rem adalah yang tertinggi. Ketika rem terlalu sering digunakan, jika bahan pad tidak sesuai untuk suhu yang tinggi maka koefisien gesek (daya pengereman) akan menurun. Bahan kampas rem berbeda-beda, apabila diberikan suhu yang melebihi suhu optimum maka material dari kampas rem dapat mencair dan menyebabkan koefisien gesek (daya pengereman) akan menurun dengan cepat. Material kampas rem akan mencair sesuai dengan titik leleh material tersebut dan mengubah karakteristik gesekan dan menyebabkan efek pelumasan [5].

Pada penelitian ini akan dianalisis fenomena *Brake Fading* dan pengaruhnya terhadap koefisien gesek, dengan cara menentukan temperatur *fading* dari beberapa merk kampas rem tromol diantaranya, merk AHM, merk Indopart, merk Binapart, dan kampas rem OES. Pengukuran temperatur yang dilakukan menggunakan alat ukur *Remote Monitoring System for Brake (RMS-Brake)*, dimana hasil pengukuran dapat dilihat secara *real-time* melalui *website* dalam bentuk grafik. Dengan menggunakan *microcontroller* Arduino yang memprogram sensor *Thermocouple* dan dikoneksikan dengan modem GPRS untuk mengirimkan data hasil pengukuran ke *web server*, dan data ditampilkan pada *website* (HTML) oleh hosting.

2. Bahan dan Metode Penelitian

2.1 Alat dan Bahan Pengujian

Persiapan yang diperlukan antara lain, menyiapkan alat pengujian berupa motor Honda Supra X 125 yang dirancang statis untuk pengujian temperatur pengereman seperti yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Motor statis Honda Supra X 125cc tahun 2005.

Selain motor yang digunakan sebagai alat pengujian, dibutuhkan juga alat ukur yang digunakan untuk mengukur temperatur, ketebalan, dan waktu. Untuk pengukuran temperatur menggunakan *infrared thermometer* yang memiliki *range temperature* (-50°C - 500°C) dan juga *thermocouple* (*range temp.* 0°C - 800°C) yang sudah dirangkai dengan RMS-Brake. Selain itu, alat ukur lain yang digunakan adalah *vernier caliper* untuk mengukur ketebalan, *stopwatch* untuk mengukur waktu pengereman, dan *tachometer* yang digunakan untuk mengukur besarnya putaran mesin dalam RPM.

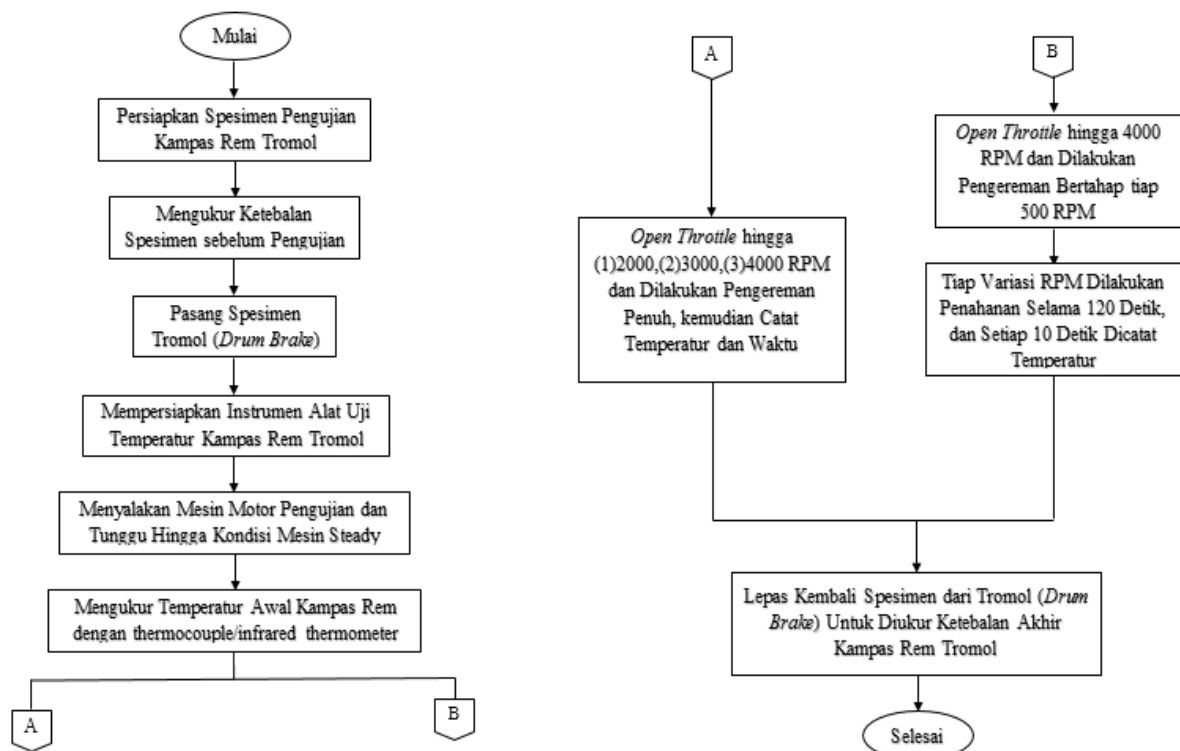
Sedangkan untuk bahan pengujian yang dibutuhkan yaitu kampas rem tromol. Dimana pada penelitian ini digunakan empat merk kampas rem diantaranya, merk AHM, merk Indopart, Merk Binapart, kampas rem OES. Dari keempat merk tersebut ingin dibandingkan temperaturnya, dan pengaruhnya terhadap pengurangan ketebalan dan waktu pengereman. Pada Gambar 2 ditunjukkan kampas rem dari keempat merk tersebut.



Gambar 2. Kampas rem tromol (a) AHM, (b) merk OES, (c) merk Binapart, (d) merk Indopart.

2.2 Metode Pengujian

Pada penelitian ini langkah-langkah pengujian mengacu pada diagram alir berikut:



Gambar 3. Diagram alir pengujian.

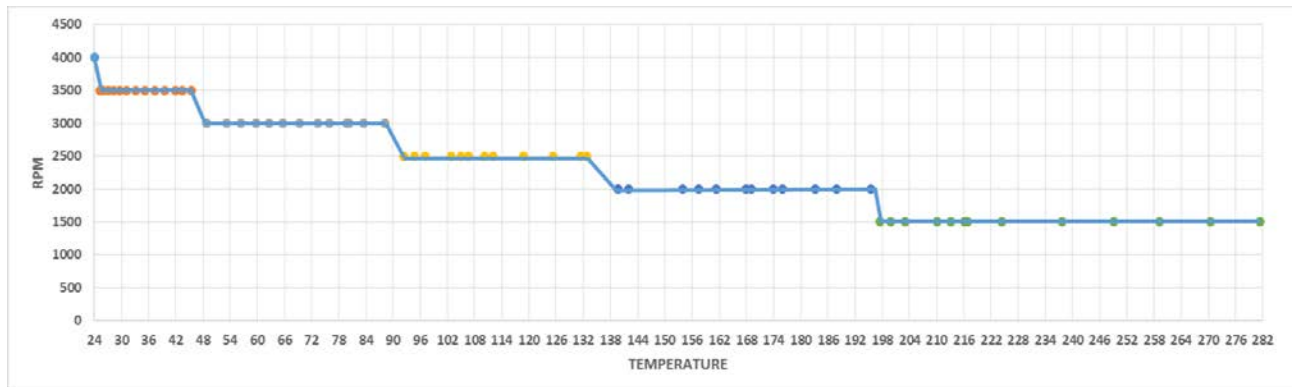
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Pengujian *Braking Cycle*

Hasil yang di dapat dari pengujian ini berupa temperatur maksimum (*fading temperature*) yang mampu dicapai dari setiap kampas rem, dan penahanan putaran mesin pada saat mencapai titik maksimum tersebut. Pengujian ini dilakukan mulai dari putaran mesin 4000 RPM yang kemudian dilakukan pengereman sebesar 500 RPM untuk dilakukan penahanan pengereman selama 2 menit. Begitu selanjutnya setelah 1 menit kembali dilakukan pengereman sebesar 500 RPM dan seterusnya hingga mencapai temperatur maksimum (*fading*).

3.1.1 Kampas Rem Tromol Merk AHM

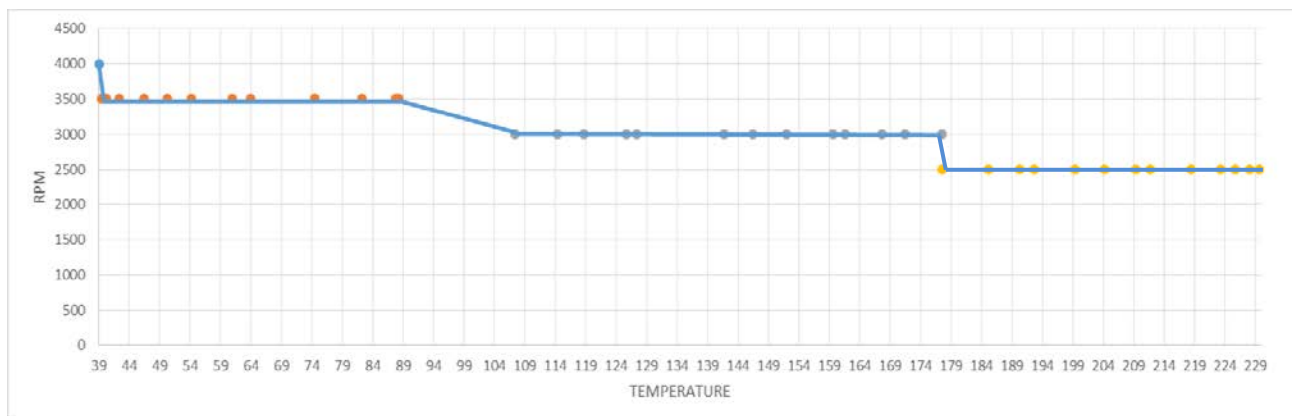
Perubahan kenaikan temperatur terhadap penahanan putaran mesin dengan pengereman untuk rem Tromol merk AHM dapat di lihat pada Gambar 4. Dimana dicapai temperatur maksimum (*fading*) sebesar 281,4°C , dengan penahanan putaran mesin pada 1500 RPM.



Gambar 4. Grafik *Braking Cycle* Merk AHM.

3.1.2 Kampas Rem Tromol Merk Indopart

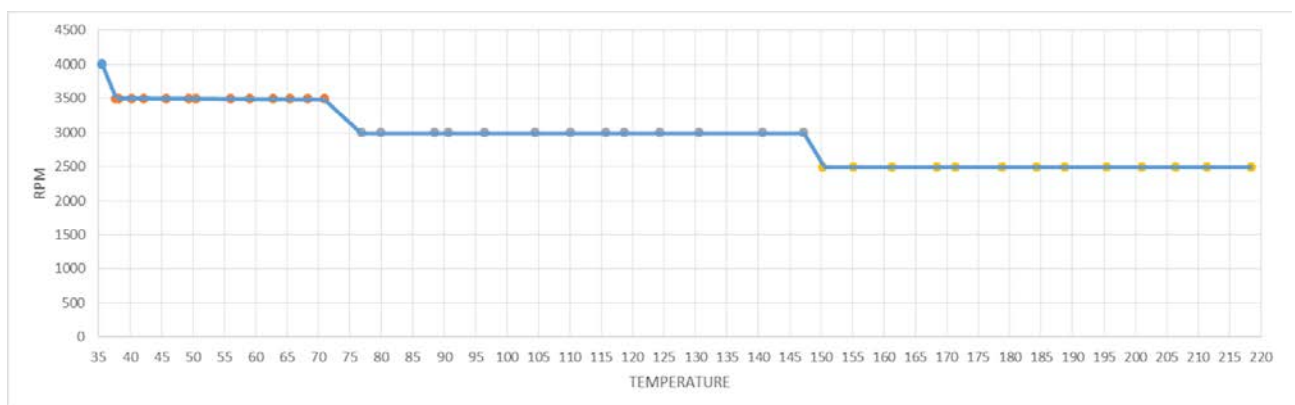
Perubahan kenaikan temperatur terhadap penahanan putaran mesin dengan pengereman untuk rem Tromol merk Indopart dapat di lihat pada Gambar 5. Dimana dicapai temperatur maksimum (*fading*) sebesar 229,7°C , dengan penahanan putaran mesin pada 2500 RPM.



Gambar 5. Grafik *Braking Cycle* Merk Indopart.

3.1.3 Kampas Rem Tromol Merk Binapart

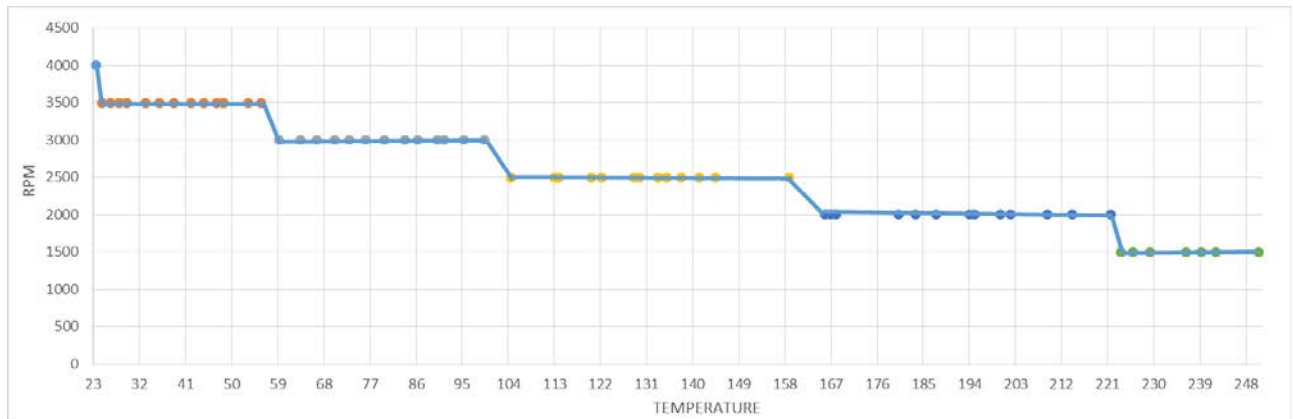
Perubahan kenaikan temperatur terhadap penahanan putaran mesin dengan pengereman untuk rem Tromol merk Binapart dapat di lihat pada Gambar 6. Dimana dicapai temperatur maksimum (*fading*) sebesar 218,4°C , dengan penahanan putaran mesin pada 2500 RPM.



Gambar 6. Grafik *Braking Cycle* Merk Binapart.

3.1.4 Kampas Rem Tromol OES

Perubahan kenaikan temperatur terhadap penahanan putaran mesin dengan pengereman untuk rem Tromol OES dapat di lihat pada Gambar 7. Dimana dicapai temperatur maksimum (*fading*) sebesar 250,4°C , dengan penahanan putaran mesin pada 1500 RPM.



Gambar 7. Grafik *Braking Cycle* Kampas Rem OES.

3.2 Perbandingan Nilai Koefisien Gesek dan Temperatur *Fading*

Hasil temperatur maksimum (*fading*) dari pengujian *braking cycle* dan korelasinya dengan nilai koefisien gesek dapat dibuatkan tabel perbandingan dari keempat merk kampas rem tersebut untuk menentukan kampas rem mana yang paling baik dan paling rendah berdasarkan temperatur maksimum (*fading*) dan koefisien geseknya. Perbandingan dari keempat merk kampas rem tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan temperatur maksimum (*fading*) dan koefisien gesek

No	Jenis Rem	Merk	Temperatur <i>Fading</i> (°C)	Koefisien Gesek
1	<i>Drum Brake</i>	AHM	281,4	0,0998
2	<i>Drum Brake</i>	Indopart	229,7	0,108175
3	<i>Drum Brake</i>	Binapart	218,4	0,099842
4	<i>Drum Brake</i>	OES	250,4	0,102478

Dari Tabel 1 diatas terlihat bahwa kampas rem dengan merk AHM memiliki temperatur *fading* paling tinggi yaitu 281,4°C dengan nilai koefisien gesek 0,0998, kemudian diikuti oleh kampas rem merk OES dengan temperatur *fading* 250,4°C dan nilai koefisien gesek 0,102478, selanjutnya kampas rem merk Indopart dengan temperatur *fading* 229,7°C dan nilai koefisien gesek 0,108175, dan yang terakhir kampas rem Binapart dengan temperatur *fading* 218,4°C dan nilai koefisien gesek 0,099842.

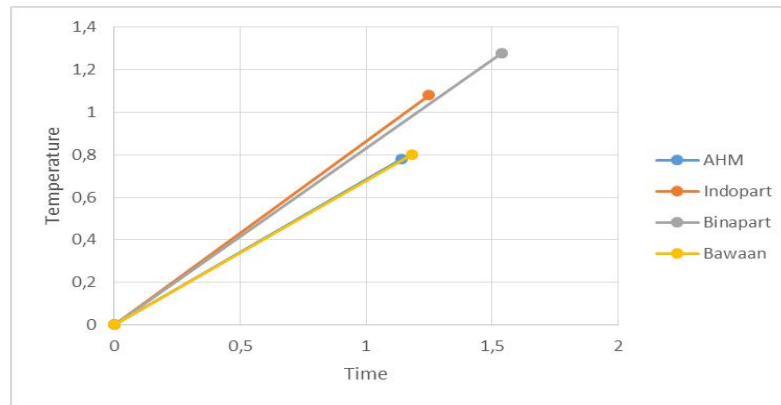
3.3 Korelasi Temperatur terhadap Waktu Pengereman

Dari pengujian variasi RPM hingga kondisi *steady*, dapat pula dihitung pengaruh temperatur terhadap waktu pengereman karena setiap sekali pengereman hingga sepuluh kali pengereman selalu dicatat waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kondisi *steady* tersebut. Waktu pengereman diambil nilai rata – rata dari sepuluh pengujian tersebut, sedangkan untuk temperatur pengereman diambil nilai rata– rata dari selisih temperatur di setiap pengeremannya.

Dari keempat merk kampas rem tersebut yang memiliki luas daerah *slope* paling rendah merupakan yang terbaik, karena dapat menghentikan putaran mesin dengan waktu yang cepat dan kenaikan temperatur yang rendah. Setiap variasi RPM memiliki waktu serta temperatur yang berbeda – beda, berikut merupakan korelasi temperatur terhadap waktu pengereman untuk variasi putaran mesin 2000 RPM, 3000 RPM, dan 4000 RPM.

3.3.1 Variasi Putaran Mesin 2000 RPM – *Steady*

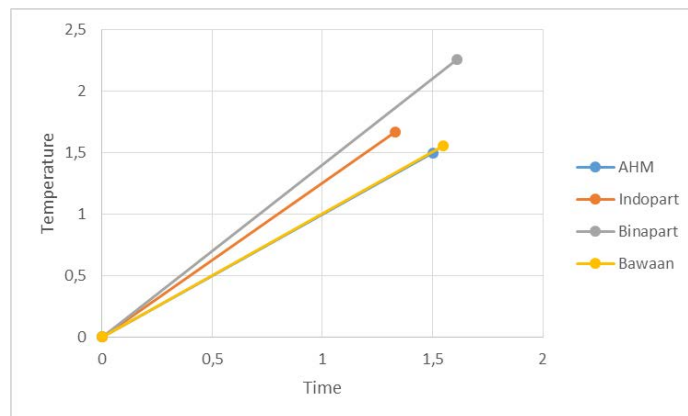
Pengaruh temperatur terhadap waktu perlambatan untuk putaran mesin 2000 RPM hingga kondisi *steady* dapat di lihat pada Gambar 8. Terlihat bahwa yang memiliki nilai luas *slope* paling rendah yaitu kampas rem AHM karena memiliki waktu pengereman 1,14 sekon dengan kenaikan temperatur 0,78°C, kemudian diikuti oleh merk OES dengan waktu pengereman 1,18 sekon dan kenaikan temperatur 0,8°C, selanjutnya merk Indopart dengan waktu pengereman 1,25 sekon dan kenaikan temperatur 1,08°C, dan terakhir adalah merk Binapart dengan waktu pengereman 1,54 sekon dan kenaikan temperatur 1,28°C.



Gambar 8. Grafik Temperatur terhadap Waktu Pengereman pada 2000 RPM.

3.3.2 Variasi Putaran Mesin 3000 RPM – Steady

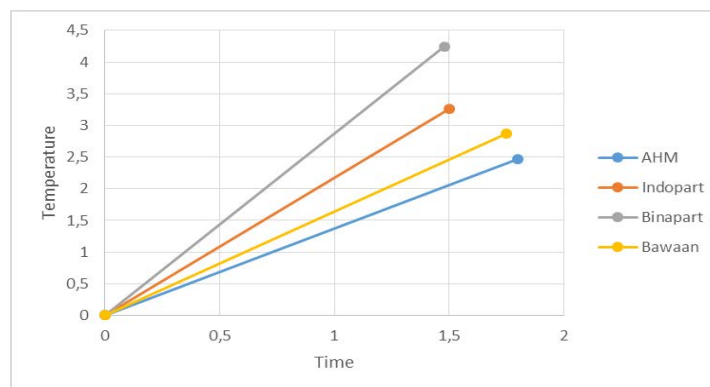
Pengaruh temperatur terhadap waktu perlambatan untuk putaran mesin 3000 RPM hingga kondisi *steady* dapat di lihat pada Gambar 9. Terlihat bahwa yang memiliki nilai luas *slope* paling rendah yaitu kampas rem AHM karena memiliki waktu pengereman 1,5 sekond dengan kenaikan temperatur 1,5°C, kemudian diikuti oleh merk OES dengan waktu pengereman 1,55 sekond dan kenaikan temperatur 1,56°C, selanjutnya merk Indopart dengan waktu pengereman 1,33 sekond dan kenaikan temperatur 1,67°C, dan terakhir adalah merk Binapart dengan waktu pengereman 1,61 sekond dan kenaikan temperatur 2,26°C.



Gambar 9. Grafik Temperatur terhadap Waktu Pengereman pada 3000 RPM.

3.3.3 Variasi Putaran Mesin 4000 RPM – Steady

Pengaruh temperatur terhadap waktu perlambatan untuk putaran mesin 4000 RPM hingga kondisi *steady* dapat di lihat pada Gambar 10. Terlihat bahwa yang memiliki nilai luas *slope* paling rendah yaitu kampas rem AHM karena memiliki waktu pengereman 1,8 sekond dengan kenaikan temperatur 2,47°C, kemudian diikuti oleh merk OES dengan waktu pengereman 1,75 sekond dan kenaikan temperatur 2,87°C, selanjutnya merk Indopart dengan waktu pengereman 1,5 sekond dan kenaikan temperatur 3,26°C, dan terakhir adalah merk Binapart dengan waktu pengereman 1,48 sekond dan kenaikan temperatur 4,25°C.



Gambar 10. Grafik Temperatur terhadap Waktu Pengereman pada 4000 RPM.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa Sistem kerja RMS dapat terbilang cukup efektif dan praktis, karena kita dapat melakukan pengukuran dengan sensor yang di program oleh *microcontroller* Arduino dan dikoneksikan dengan modem GPRS untuk dikirimkan ke *web server* Arduino. Dari *web server* Arduino ini kita hanya membutuhkan *hosting* dan *domain* yang kita buat untuk menampilkan grafik pengukuran dalam *website*. Hasil pengujian dari keempat merk kampas rem yang diuji memiliki temperatur *fading* dan nilai koefisien gesek yang berbeda – beda, kampas rem merk AHM *fading* pada temperatur 281,4°C dengan koefisien gesek 0,0998, merk Indopart *fading* pada temperatur 229,7°C dengan koefisien gesek 0,108175, merk Binapart *fading* pada temperatur 218,4°C dengan koefisien gesek 0,099842, dan kampas rem OES *fading* pada temperatur 250,4°C dengan koefisien gesek 0,102478. Selain itu, dari pengujian yang dilakukan dapat dilihat pengaruh temperatur terhadap waktu pengereman atau laju pemberhentian dari tiap variasi putaran mesin memiliki hasil yang berbeda – beda, untuk variasi putaran mesin 2000 RPM yang memiliki penilaian terbaik merupakan kampas rem AHM karena memiliki waktu pengereman hanya 1,14 sekon dengan kenaikan temperatur 0,78°C, pada variasi putaran mesin 3000 RPM yang memiliki penilaian terbaik merupakan kampas rem AHM karena memiliki waktu pengereman hanya 1,5 sekon dengan kenaikan temperatur 1,5°C, dan pada variasi putaran mesin 4000 RPM yang memiliki penilaian terbaik merupakan kampas rem AHM karena memiliki waktu pengereman hanya 1,8 sekon dengan kenaikan temperatur 2,47°C. Terlihat bahwa semakin besar variasi putaran mesin yang dilakukan pengereman, maka semakin bertambah pula waktu pengereman dan kenaikan temperatur yang dihasilkan.

5. Daftar Pustaka

- [1] <http://www.aisi.or.id/statistic/> (diakses pada Oktober 2015)
- [2] <http://hubdat.dephub.go.id/berita/988> (diakses pada Oktober 2015)
- [3] Limpert, Rudolf, 1992, “*Brake Design and Safety*”, Society of Automotive Engineers, Inc., 400 Commonwealth Drive, Warrendale.
- [4] <http://id.wikipedia.org/wiki/Rem> (diakses pada Oktober 2015)
- [5] Q Cao, etal. 2004, “*Linear Eigen Value Analysis of The Drum Brake Sequel Problem*”, International Journal for Numerical Method in Engineering.