

PENGARUH VARIASI PUTARAN MESIN DAN WAKTU Pengereman TERHADAP TEMPERATUR DAN KOEFISIEN GESEK PADA *BRAKE PADS* DAN *BRAKE SHOE* DENGAN ALAT UJI BERBASIS *REMOTE MONITORING SYSTEM*

*Muhammad Fachry Ramadhany¹, 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: fachryramadhany@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 cakram dengan kampas rem dari beberapa merk diantaranya, merk BP1, merk BP2, merk BP3, merk BP4, merk BS1, merk BS2, merk BS3, dan merk BS4. 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 1 menit (*brake pad*) dan 2 menit (*brake shoe*). 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, kampas rem merk BP1 *fading* pada temperatur 305,9°C; kampas rem merk BP2 *fading* pada temperatur 191,1°C; kampas rem merk BP3 *fading* pada temperatur 203,7°C; dan kampas rem merk BP4 *fading* pada temperatur 132°C. Untuk kampas rem merk BS1 *fading* pada temperatur 281,4°C; kampas rem merk BS2 *fading* pada temperatur 229,7°C; kampas rem merk BS3 *fading* pada temperatur 218,4°C; dan kampas rem merk BP4 *fading* pada temperatur 250,4°C.

Kata kunci: Rem cakram, rem tromol, temperatur, waktu pengereman, *fading*

Abstract

The failure of a braking system can led to many fatal accidents, and one of the reason is brake fade. Brake fade is caused by the condition of a braking temperature that exceed the maximum temperature of brake lining material, it means that the coefficient of brake pad or brake shoe will decrease and approach to zero. This research analyzed the effect of temperature on the coefficient of friction during braking, and the reduction of thickness. The types of brakes that used in this research are disc brakes and drum brakes with brake linings of several brands including, BP1 brand, BP2 brand, BP3 brand, BP4 brand, BS1 brand, BS2 brand, BS3 brand, and BS4 brand. Two methods of testing are used in this research, the first method use the variation of braking until the RPM reach its steady condition. And the second method is doing the braking cycle test where braking is performed every 500 RPM with the detention time of 1 minute for brake pad and 2 minute for brake shoe. In this research, infrared thermometer and RMS-Brake thermocouple are used to measure the braking temperature. The measurement of braking time and brake lining thickness of the brake shoes and brake pads before and after testing is also conducted to determine the effects of the braking temperature. From the test results, the BP1 brand was fading at temperature 305,9°C, the BP2 brand was fading at temperature 191,1°C, the BP3 brand was fading at temperature 203,7°C, and the BP4 brand was fading at temperature 132°C. And for BS1 brand was fading at temperature 281,4°C, the BS2 brand was fading at temperature 229,7°C, the BS3 brand was fading at temperature 218,4°C, and BS4 brand was fading at temperature 250,4°C.

Keywords: Disc brake, drum brake, temperature, braking time, *fading*

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 cakram (*disc brake*) dan rem tromol (*drum brake*) [4].

Pada penelitian ini akan dianalisis fenomena *Brake Fading* dan pengaruhnya terhadap koefisien gesek, dengan cara menentukan temperatur *fading* dari beberapa merk kampas rem cakram diantaranya, merk BP1, merk BP2, merk BP3, merk BP4, merk BS1, merk BS2, merk, BS3, dan merk BS4. 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

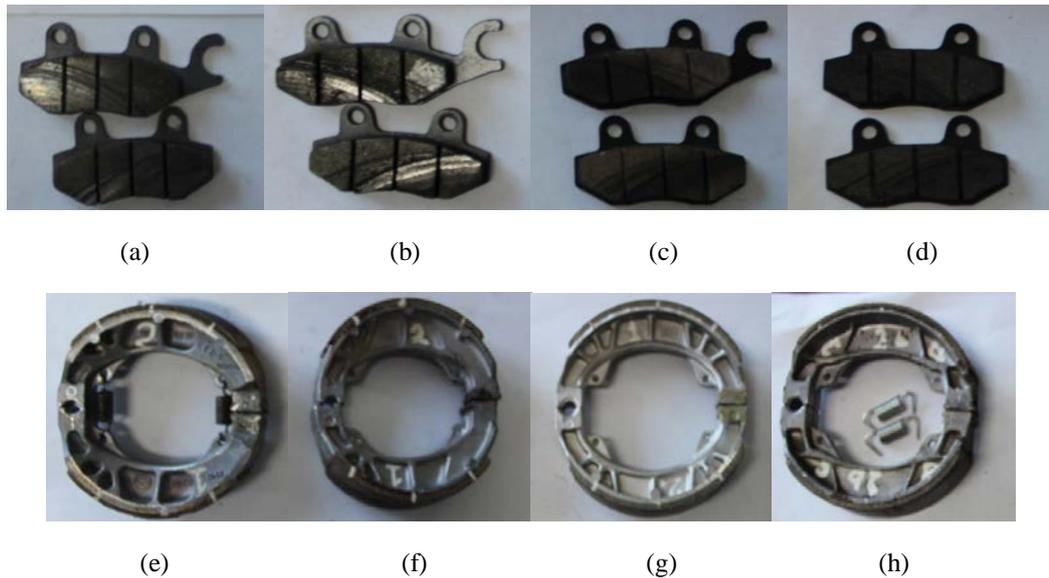
2.1 Alat dan Bahan Pengujian

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. 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*. *RMS - Brake* sendiri berisi rangkaian Arduino dengan PCB yang disambung dengan *thermocouple*, modem GPRS, dan *power supply*. Alat ini berfungsi untuk membaca temperatur pada kampas rem dan meneruskannya ke web untuk memudahkan proses monitoring alat uji. 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.



Gambar 1. Motor statis Honda Supra X 125cc.

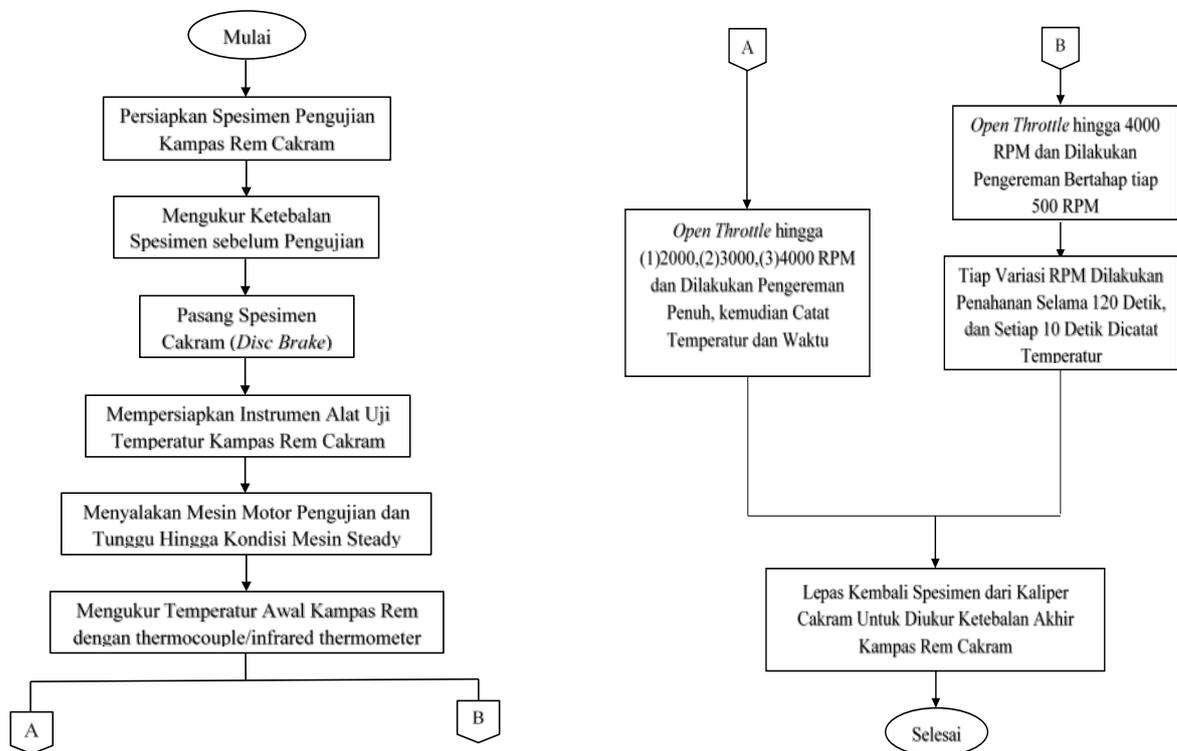
Sedangkan untuk bahan pengujian yang dibutuhkan yaitu, kampas rem cakram (*brake pad*) dan rem tromol (*brake shoe*). Dimana pada penelitian ini digunakan delapan merk kampas rem diantaranya untuk *brake pad* yaitu merk BP1, merk BP2, merk BP3, merk BP4. Sedangkan untuk *brake shoe* yaitu merk BS1, merk BS2, merk BS3, dan merk BS4. Dari delapan merk tersebut akan dibandingkan temperaturnya dengan koefisien gesek, dan pengaruhnya terhadap pengurangan ketebalan dan waktu pengereman. Pada Gambar 2 ditunjukkan kampas rem dari keempat merk tersebut.



Gambar 2. Kampas rem merk (a) BP1 (b) BP2 (c) BP3 (d) BP4 (e) BS1 (f) BS2 (g) BS3 (h) BS4

2.2 Metode Pengujian

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



Gambar 3. Diagram alir pengujian

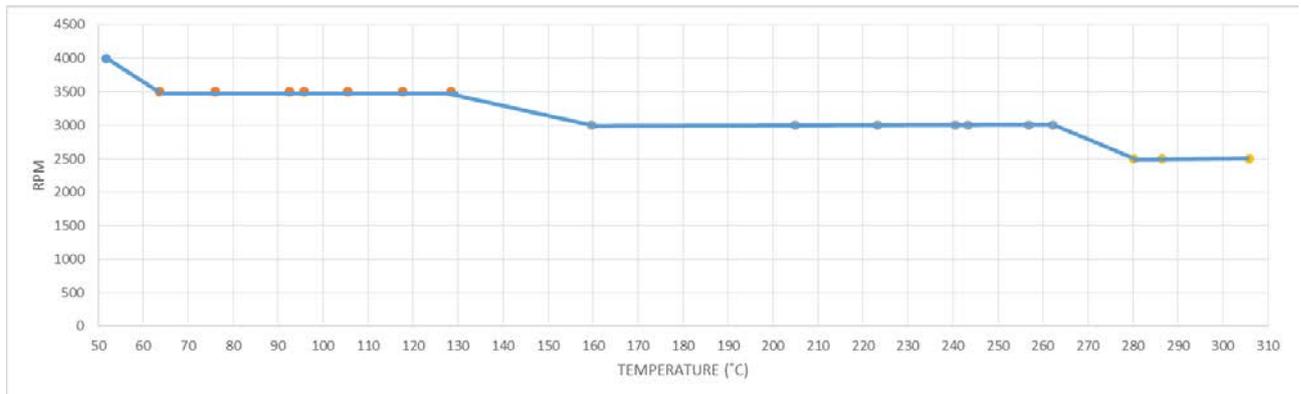
3. Hasil dan Pembahasan

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 1 menit untuk rem cakram dan 2 menit untuk rem tromol. Begitu selanjutnya setelah 1 menit / 2 menit kembali dilakukan pengereman sebesar 500 RPM dan seterusnya hingga mencapai temperatur maksimum (*fading*).

3.1.1 Kampas Rem Merk BP1

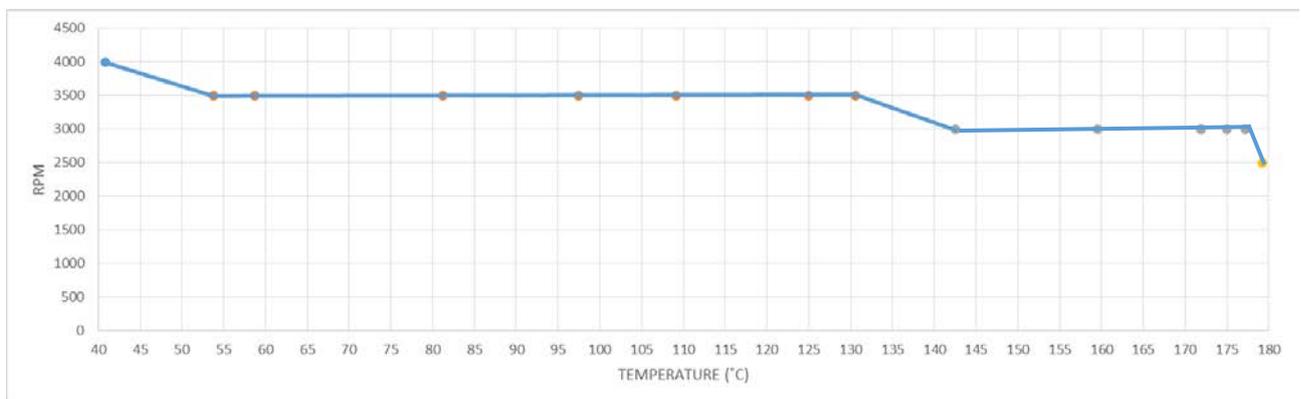
Perubahan kenaikan temperatur terhadap penahanan putaran mesin dengan pengereman untuk rem merk BP1 dapat di lihat pada Gambar 4. Dimana dicapai temperatur maksimum (*fading*) sebesar 305,9°C , dengan penahanan putaran mesin pada 2500 RPM.



Gambar 4. Grafik *Braking Cycle* Kampas Rem Merk BP1

3.1.2 Kampas Rem Merk BP2

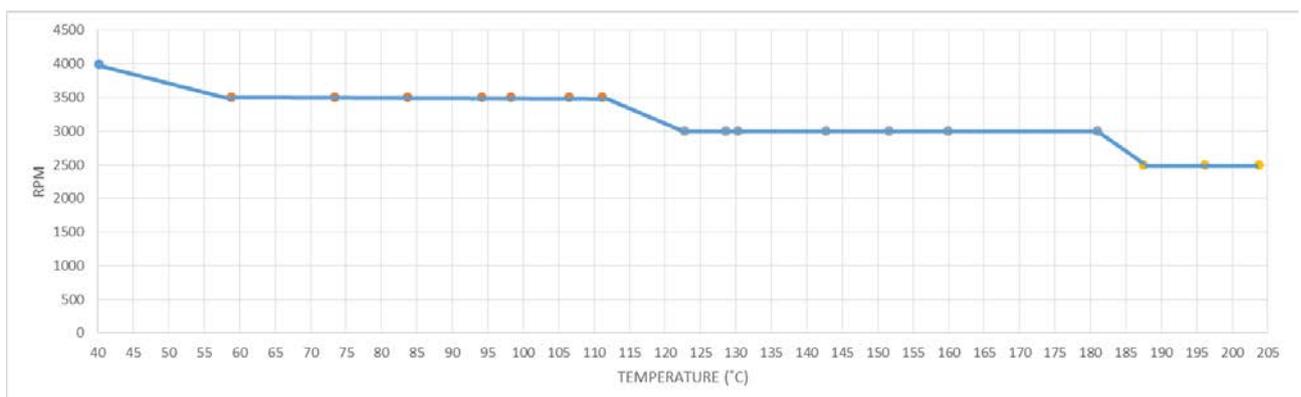
Perubahan kenaikan temperatur terhadap penahanan putaran mesin dengan pengereman untuk rem merk BP2 dapat di lihat pada Gambar 5. Dimana dicapai temperatur maksimum (*fading*) sebesar 191,1°C , dengan penahanan putaran mesin pada 2500 RPM.



Gambar 5. Grafik *Braking Cycle* Kampas Rem Merk BP2

3.1.3 Kampas Rem Merk BP3

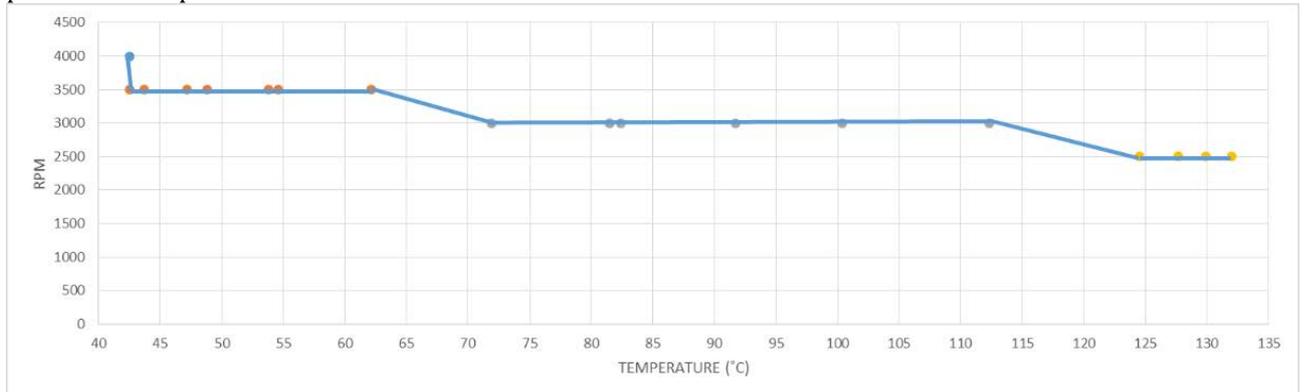
Perubahan kenaikan temperatur terhadap penahanan putaran mesin dengan pengereman untuk rem merk BP3 dapat di lihat pada Gambar 6. Dimana dicapai temperatur maksimum (*fading*) sebesar 203,7°C , dengan penahanan putaran mesin pada 2500 RPM.



Gambar 6. Grafik *Braking Cycle* Kampas Rem Merk BP3

3.1.4 Kampas Rem Merk BP4

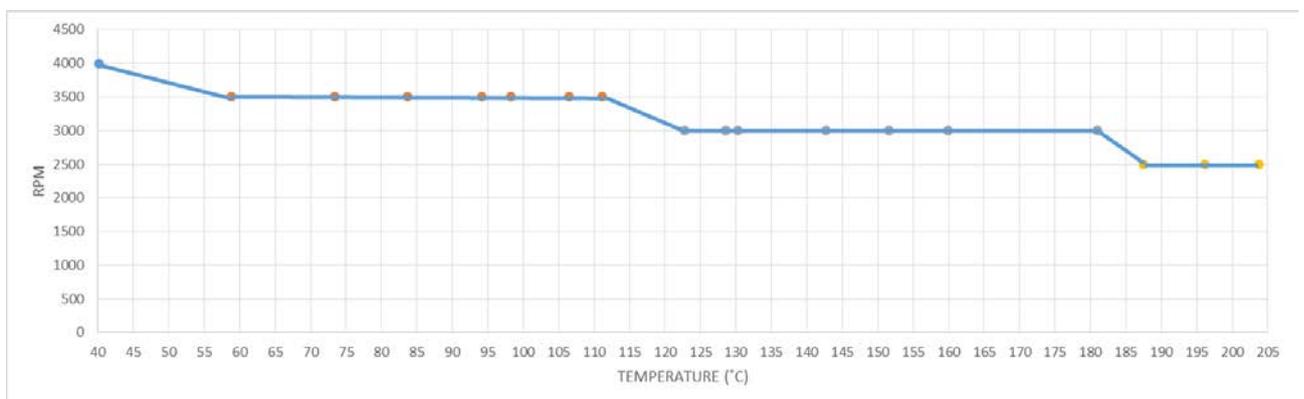
Perubahan kenaikan temperatur terhadap penahanan putaran mesin dengan pengereman untuk kampas rem merk BP4 dapat di lihat pada Gambar 7. Dimana dicapai temperatur maksimum (*fading*) sebesar 132°C , dengan penahanan putaran mesin pada 2500 RPM.



Gambar 7. Grafik *Braking Cycle* Kampas Rem Merk BP4

3.1.5 Kampas Rem Merk BS1

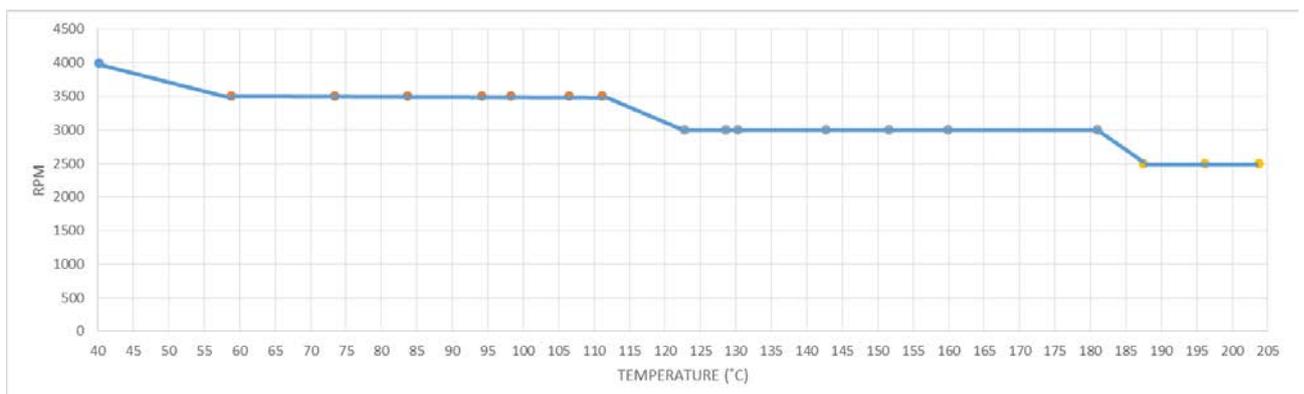
Perubahan kenaikan temperatur terhadap penahanan putaran mesin dengan pengereman untuk rem merk BS1 dapat di lihat pada Gambar 8. Dimana dicapai temperatur maksimum (*fading*) sebesar 281,4°C , dengan penahanan putaran mesin pada 1500 RPM.



Gambar 8. Grafik *Braking Cycle* Kampas Rem Merk BS1

3.1.6 Kampas Rem Merk BS2

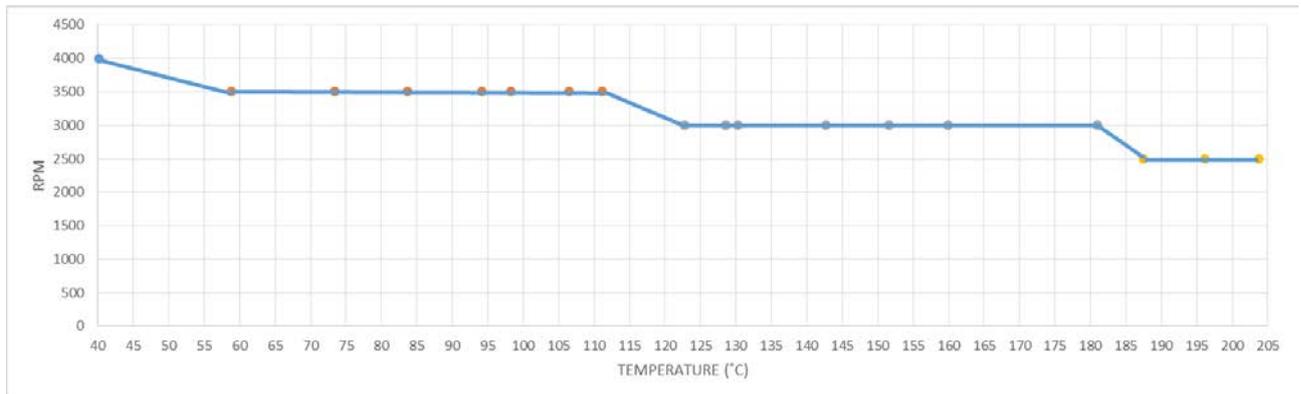
Perubahan kenaikan temperatur terhadap penahanan putaran mesin dengan pengereman untuk rem merk BS2 dapat di lihat pada Gambar 9. Dimana dicapai temperatur maksimum (*fading*) sebesar 229,7°C , dengan penahanan putaran mesin pada 2500 RPM.



Gambar 9. Grafik *Braking Cycle* Kampas Rem Merk BS2

3.1.7 Kampas Rem Merk BS3

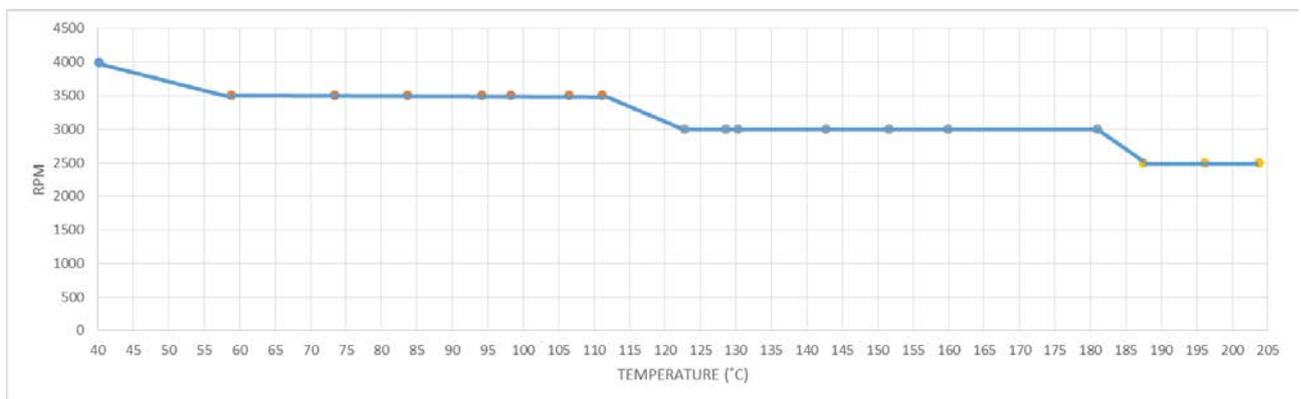
Perubahan kenaikan temperatur terhadap penahanan putaran mesin dengan pengereman untuk rem merk BS3 dapat di lihat pada Gambar 10. Dimana dicapai temperatur maksimum (*fading*) sebesar 218,4°C , dengan penahanan putaran mesin pada 2500 RPM.



Gambar 10. Grafik *Braking Cycle* Kampas Rem Merk BS3

3.1.8 Kampas Rem Merk BS4

Perubahan kenaikan temperatur terhadap penahanan putaran mesin dengan pengereman untuk rem merk BS4 dapat di lihat pada Gambar 11. Dimana dicapai temperatur maksimum (*fading*) sebesar 250,4°C , dengan penahanan putaran mesin pada 1500 RPM.



Gambar 11. Grafik *Braking Cycle* Kampas Rem Merk BS4

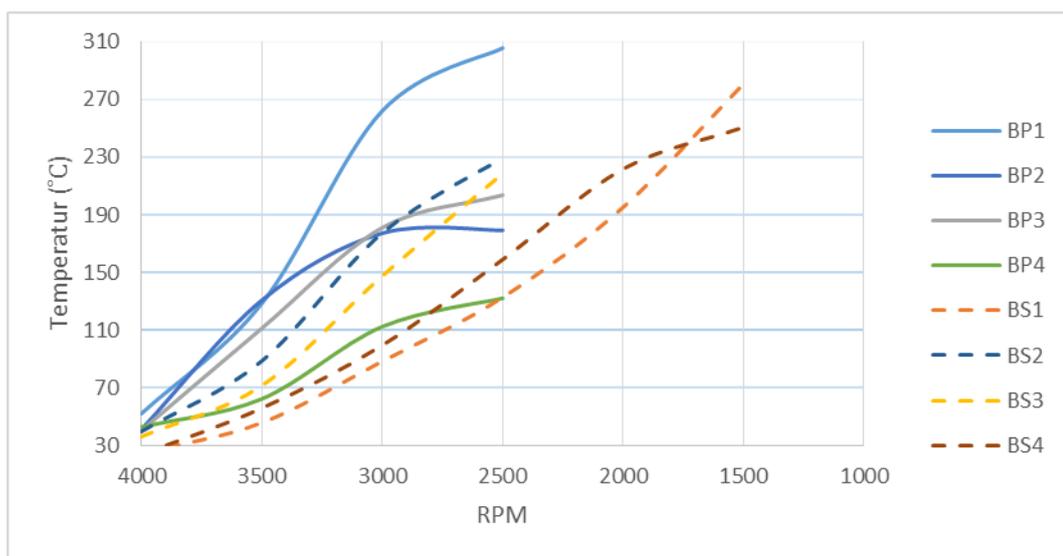
3.2 Perbandingan Nilai Koefisien Gesek dan Temperatur *Fading*

Hasil temperatur maksimum (*fading*) dari pengujian *braking cycle* dan korelasinya dengan nilai koefisien gesek dapat dibuatkan tabel perbandingan dari delapan merk kampas rem tersebut untuk menentukan kampas rem mana yang memiliki nilai paling tinggi dan paling rendah berdasarkan temperatur maksimum (*fading*) dan koefisien geseknya. Perbandingan dari delapan merk kampas rem tersebut dapat dilihat pada Tabel 1. Dari Tabel 1 dibawah terlihat *brake pad* merk BP1 mempunyai temperatur maksimum saat *fading* yaitu 305,9°C dan memiliki koefisien gesek saat *fading* 0,092380; merk BP2 mempunyai temperatur maksimum saat *fading* yaitu 179,2°C dan memiliki koefisien gesek saat *fading* 0,100800; merk BP3 mempunyai temperatur maksimum saat *fading* yaitu 203,7°C dan memiliki koefisien gesek saat *fading* 0,109057; merk BP4 mempunyai temperatur maksimum saat *fading* yaitu 132°C dan memiliki koefisien gesek saat *fading* 0,100952. Untuk *brake shoe* merk BS1 mempunyai temperatur maksimum saat *fading* yaitu 281,4°C dan memiliki koefisien gesek saat *fading* 0,099800; merk BS2 mempunyai temperatur maksimum saat *fading* yaitu 229,7°C dan memiliki koefisien gesek saat *fading* 0,108175; merk BS3 mempunyai temperatur maksimum saat *fading* yaitu 218,4°C dan memiliki koefisien gesek saat *fading* 0,098420; merk BS4 mempunyai temperatur maksimum saat *fading* yaitu 250,4°C dan memiliki koefisien gesek saat *fading* 0,102478. Untuk delapan merk kampas rem tersebut yang mengalami temperatur *fading* paling tinggi ialah *brake pad* merk BP1 dengan temperatur *fading* sebesar 305,9°C dan yang mengalami temperatur *fading* terendah ialah *brake pad* BP4 dengan temperatur *fading* sebesar 132°C. Untuk koefisien gesek, yang memiliki koefisien gesek paling tinggi saat terjadi *fading* ialah *brake pad* merk BP3 dengan nilai 0,109057 dan yang memiliki koefisien gesek paling rendah saat terjadi *fading* ialah *brake pad* merk BP1 dengan nilai 0,092380.

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

No	Jenis Kampas Rem	Merk	Temperatur <i>Fading</i> (°C)	Koefisien Gesek
1	<i>Brake Pad</i>	BP1	305,9	0,092380
2	<i>Brake Pad</i>	BP2	179,2	0,100800
3	<i>Brake Pad</i>	BP3	203,7	0,109057
4	<i>Brake Pad</i>	BP4	132,0	0,100952
5	<i>Brake Shoe</i>	BS1	281,4	0,099800
6	<i>Brake Shoe</i>	BS2	229,7	0,108175
7	<i>Brake Shoe</i>	BS3	218,4	0,098420
8	<i>Brake Shoe</i>	BS4	250,4	0,102478

Dari pengujian *braking cycle* yang dilakukan terhadap delapan jenis merk kampas rem cakram dan empat jenis merk kampas rem tromol, maka dapat dibuat grafik perbandingan temperatur maksimum (*fading*) dari tiap merk kampas rem terhadap putaran mesin yang dapat dilihat pada Gambar 12. Untuk putaran mesin maksimum yang mampu ditahan pengereman dalam pengujian *braking cycle* dari keempat merk kampas tersebut menunjukkan angka yang relatif sama yaitu 2500 RPM, perbedaan terdapat pada kampas rem *drum brake* merk BS1 dan BS4 yang mampu menahan beban RPM hingga 1500 RPM. Dan untuk temperatur maksimum yang mampu dicapai dari setiap merk kampas rem berbeda – beda. Untuk *discbrake* dengan merk BP1 sebesar 305,9 °C; merk BP2 sebesar 179,2 °C; merk BP3 sebesar 203,7 °C; BP4 sebesar 132,0 °C, dan untuk *drum brake* merk BS1 sebesar 281,4 °C; merk BS2 sebesar 229,7 °C; merk BS3 sebesar 218,4 °C; BS4 sebesar 250,4 °C.



Gambar 12. Grafik Perbandingan Temperatur *Fading* dan Nilai Koefisien Gesek

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa Sistem kerja RMS dapat dibilang 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 delapan merk kampas rem yang diuji memiliki temperatur *fading* dan nilai koefisien gesek yang berbeda – beda, kampas rem merk BP1 memiliki temperatur *fading* sebesar 305,9°C, dengan nilai koefisien gesek pada saat *fading* sebesar 0,09738; kampas rem merk BP2 memiliki temperatur *fading* sebesar 179,2°C, dengan nilai koefisien

gesek pada saat *fading* sebesar 0,100800; kampas rem merk BP3 memiliki temperatur *fading* sebesar 203,7°C, dengan nilai koefisien gesek pada saat *fading* sebesar 0,109057; dan kampas rem merk BP4 memiliki temperatur *fading* sebesar 132°C, dengan nilai koefisien gesek pada saat *fading* sebesar 0,100952. Untuk kampas rem merk BS1 memiliki temperatur *fading* sebesar 281,4°C, dengan nilai koefisien gesek pada saat *fading* sebesar 0,099800; kampas rem merk BS2 memiliki temperatur *fading* sebesar 229,7°C, dengan nilai koefisien gesek pada saat *fading* sebesar 0,108175; kampas rem merk BS3 memiliki temperatur *fading* sebesar 218,4°C, dengan nilai koefisien gesek pada saat *fading* sebesar 0,098420; dan kampas rem merk BS4 memiliki temperatur *fading* sebesar 250,4°C, dengan nilai koefisien gesek pada saat *fading* sebesar 0,102478.

5. Daftar Pustaka

- [1] AISI “Data Statistik Penjualan Sepeda Motor”
- [2] <http://hubdat.dephub.go.id/berita/> (diakses pada tanggal 1 September 2015).
- [3] Putra, R. H., 2013, “Prediksi Umur Teknis Sistem Rem Tromol pada Sepeda Motor (Studi Kasus Honda Supra X 125)”, Tugas Sarjana, Universitas Diponegoro Semarang, Indonesia.
- [4] <http://beritatrans.com.2015/02/17/> (diakses pada tanggal 1 September 2015).
- [5] Limpert, R., 1992, “*Brake Design and Safety*”, Society of Automotive Engineers, Inc., 400 Commonwealth Drive, Warrendale.