

# Sistem Pendingin Paksa Anti Panas Lebih (*Over Heating*) pada Rem Cakram (*Disk Brake*) Kendaraan

Joni Dewanto dan Andreas Wijaya

Program Studi Teknik Mesin, FTI UK Petra, Surabaya

E-mail: jdwanto@peter.petra.ac.id

## ABSTRAK

Hingga saat ini rem kendaraan biasanya tidak dilengkapi dengan sistem pendingin yang khusus, sehingga pelepasan panas ke udara terjadi secara alami. Ketika digunakan secara terus menerus, maka rem dapat mengalami kerusakan karena akibat dari terjadinya panas lebih (*over heating*). Kondisi ini sangat berpotensi menimbulkan kecelakaan yang fatal. Secara fisik, panas lebih sering terjadi pada rem jenis cakram karena permukaan pemindah panasnya kurang proporsional, khususnya untuk beban pengereman yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan rem cakram dengan sistem pendingin aktif untuk mencegah terjadinya panas lebih. Sistem diterapkan pada sebuah model rem cakram dan dilakukan uji empirik. Pengujian dilakukan pada beberapa tingkat kecepatan putar cakram dan gaya pengereman tetap. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada berbagai beban pengereman, pengembangan rem cakram dengan sistem pendingin aktif berupa uap air yang disemprotkan, dapat mengendalikan kenaikan temperatur rem dan menghindari terjadinya panas lebih.

**Kata kunci:** Sistem pendingin paksa, rem cakram, panas lebih, sistem kendali.

## ABSTRACT

*Until now, the vehicle brakes are not usually equipped with a special cooling system, so that the release of heat into the air occurs naturally. When used continuously, the brakes can suffer damage as a result of the occurrence of over-heating. This condition is potentially causing a fatal accident. Physically, the over-heating often occurs in type disc brake, because the heat transfer surface is less proportionately, especially for high braking loads. This research aims to develop a brake disc with an active cooling system to prevent overheating. The system is applied to a simulated model of disc brakes empirically. The test was conducted at several levels of constant disc speed and breaking force. The results of this research indicate that at various braking load, the development of disc brakes with an active cooling system in the form of water vapor that is sprayed, can control the brake temperature rise and prevent over-heating.*

**Keywords:** Forced cooling system, disc brake, overheating, system control.

## PENDAHULUAN

Meningkatnya jumlah kendaraan yang tidak sebanding dengan penambahan ruas jalan, berpotensi meningkatkan angka kecelakaan lalu lintas. Dalam kurun waktu 5 tahun terakhir, setiap tahun di Indonesia tercatat rata-rata terjadi lebih dari 40.000 kecelakaan [1]. Lebih dari 3000 kejadian kecelakaan diantaranya disebabkan karena faktor kendaraan. Meskipun tidak dirinci faktor kendaraan mana yang dominan menimbulkan kecelakanaan, namun hampir setiap waktu (bulan) selalu ada berita kecelakaan lalu lintas yang di sebabkan karena rem blong (tidak berfungsi) [2,3,4,5,6]

Saat ini, kebanyakan rem kendaraan tidak dilengkapi sistem pendingin aktif. Pada saat pe-

ngereman, panas yang diterima komponen rem dilepaskan ke udara bebas, secara alami. Ketika rem digunakan untuk mengurangi atau menahan laju kendaraan secara terus menerus seperti pada saat kendaraan melewati jalan menurun dan berkelok-kelok di daerah pegunungan, maka komponen utama rem dapat mengalami kenaikan panas yang berlebihan (*over heating*).

Panas yang berlebihan juga dapat terjadi dalam waktu yang relatif singkat. Misalnya, ketika kendaraan berat melakukan pengereman secara mendadak. Pada kondisi tersebut perbedaan antara laju panas yang diterima dan panas yang berhasil dibuang oleh rem sangat besar besar. Sehingga, suhu komponen rem meningkat sampai suhu yang berlebihan dalam waktu yang relatif cepat.

Kasus panas lebih sering terjadi pada jenis rem cakram karena rem cakram memiliki efek pengereman yang besar, tetapi bidang pemindahan panasnya relatif sempit. Selain dapat memacetkan gerakan piston pendorong kampas rem, over heating juga akan menurunkan koefisien gesek kampas rem secara drastis [7]. Sehingga, untuk mendapatkan pengereman yang efektif pada kondisi panas lebih, memerlukan gaya pengereman yang lebih besar. Keadaan ini berpotensi merusak *seal* atau selang minyak rem sehingga rem gagal berfungsi (blong). Untuk itu upaya pencegahan terjadinya panas lebih menjadi penting dalam pengembangan rem. Banyak pabrikan mengupayakan dengan cara memperbesar bidang pemindahan panas, yaitu dengan membuat sejumlah lubang pada cakram. Upaya lain yang lebih efektif untuk mengembangkan kemampuan rem, hingga saat ini masih menjadi perhatian serius para peneliti. Suzuki dan Tsuguya [8], telah mengembangkan dan mematenkan mekanisme pendingin cakram dengan fin radial yang dipasang di dalam cakram. Namun demikian kemampuan pelepasan panas cakram berventilasi kurang efektif, karena sangat tergantung dari karakteristik aerodinamik aliran melalui cakram tersebut [9]. Pemindahan panas yang efektif hanya terjadi bila karakteristik alirannya turbulen. Dengan simulasi komputer, sebuah studi optimasi pemindahan panas pada *multiple row pin vented disc* telah dilakukan oleh, E Palmer, et al [10]. Namun demikian dalam implementasinya, kemampuan melepaskan panas rem dengan sistem pendinginan pasif seperti ini tetap tergantung dari kecepatan roda. Proses pemindahan panas hanya efektif pada kecepatan tinggi.

Penelitian ini merupakan upaya mengembangkan kemampuan rem kendaraan jenis cakram untuk menghindari terjadinya panas lebih dengan sistem pendingin yang berkerja secara aktif. Dengan sistem pendingin ini diharapkan, pemindahan panas pada rem dapat terjadi secara efektif dalam setiap kondisi kecepatan roda dan beban pengereman. Pengembangan yang dilakukan dalam penelitian ini masih pada tingkat perencanaan konseptual dan pengujian empirik di laboratorium. Pada tahap selanjutnya hasil penelitian ini akan diimplementasikan pada rem kendaraan dan dilakukan uji lapangan.

### METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan pengujian empirik menggunakan dua model sistem pendingin rem paksa. Yaitu menggunakan air dalam bentuk kabut dan menggunakan udara sebagai media pendinginan. Pemberian sistem pendingin ini diharapkan dapat meningkatkan laju pelepasan panas dari rem ke udara melalui media pendingin tersebut. Susunan peralatan uji dan bagian-

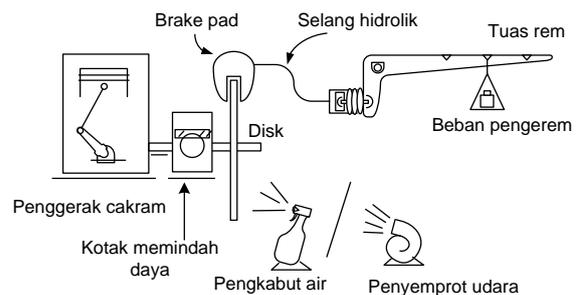
bagiannya ditunjukkan pada Gambar 1. Bagian utama peralatan terdiri dari 1 unit rem cakram hidrolis tipe cakram tunggal, berlubang tanpa fin dengan diameter 220 mm, motor bakar 4 HP sebagai pemutar cakram, 1 unit sistem pemindah daya dan sistem pendingin. Uji pengereman dilakukan dengan cara memutar cakram pada putaran tetap dan dalam waktu bersamaan dilakukan pengereman dengan gaya pengereman tetap.

Pada awalnya, model diuji tanpa sistem pendingin hingga terjadinya panas lebih, yaitu kondisi rem pada saat mulai muncul asap putih dan tercium bau sangit yang menyengat dari *brake pad*. Rem dengan temperatur kaliper pada kondisi tersebut dinyatakan telah terjadi panas lebih. Selanjutnya, pengujian dilakukan pada rem yang dikembangkan dengan sistem pendingin. Sistem pendinginan rem yang menggunakan udara, dilakukan dengan cara menyemprotkan udara dari blower langsung ke arah kaliper secara terus menerus dari jarak 15 cm. Sedang yang menggunakan air, dilakukan dengan cara menyemprotkan air dalam bentuk kabut, menggunakan *water atomizer* yang biasa dipakai untuk penyemprot serangga atau tanamam. Penyemprotan dilakukan secara periodik 1 kali seprotan setiap 5 detik. Sedang parameter yang diamati adalah waktu pengereman dan kenaikan temperatur rem yang diukur pada kaliper.

Berdasarkan spesifikasi peralatan, kapasitas blower yang digunakan adalah: 2,2 m<sup>3</sup>/menit, dan dari hasil percobaan, *water atomizer* yang digunakan memiliki kapasitas 10 ml/1 kali semprot. Peralatan yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 2.



(a) Foto Peralatan Uji



(b) Skema Peralatan Uji

Gambar 1. Susunan Peralatan Uji



Gambar 2. Peralatan yang Digunakan

Adapun spesifikasi alat yang digunakan adalah sebagai berikut:

Motor Penggerak:

- Engine Type: Honda GX 160 OHV
- Rated Power (HP): 4.8
- Torque (ft./lbs.): 7.60 at 2,500 RPM

Blower:

- Type: T-CZR
- Calibre: 2"
- Pressure (pa): 310

Thermometer:

- Type: gun type KW0600304
- Test range: -50°C ~ 750°C
- User selectable: °C or °F
- Built-in Laser Pointer
- Automatic Data Hold

Tachometer:

- Type: M2234A PORTABLE DIGITAL PHOTO TACHOMETER
- Test range: 5 ~ 99999RPM±0.05%
- Sampling time: 1 sec. (over 60RPM)
- Test range select: Automatic

Pengujian dilakukan dengan variasi putaran dan gaya pengereman pada brake pad. Besarnya gaya pengereman ditentukan secara analitik dengan mengalikan besarnya beban yang dipasang pada lengan beban dengan faktor pembesar hidrolik (Ph) dan mekanik (Pm). Faktor pembesar hidrolik dirumuskan sebagai berikut:

$$Ph = [Dp/Db]^2 \tag{1}$$

Dimana

Dp: Diameter piston hidrolik pada brake pad

Db: Diameter piston hidrolik pada lengan pengungkit

Sedang faktor pembesar mekanik dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Pm = Pp/Pu \tag{2}$$

Dimana

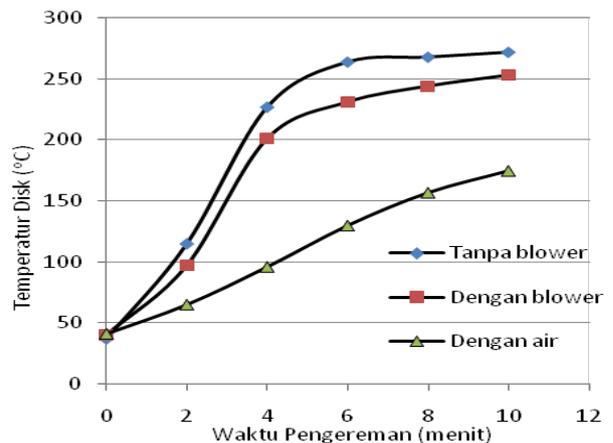
Pp: Panjang lengan tuas pengungkit

Pu: Panjang lengan untkit

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan pada putaran motor 2600, 2800 dan 300 rpm. Dari pengukuran diameter piston hidrolik, panjang lengan beban pada sisi pengungkit dan sisi untkit serta besarnya beban yang dipasang pada lengan beban, maka dengan menggunakan faktor pembesar sebagaimana Persamaan 1 dan 2, variasi besarnya gaya pengereman pada brake pad dalam pengujian ini dapat ditentukan sebesar 80, 90 dan 100 N.

Pengujian rem tanpa sistem pendinginan dan dengan setiap model pendinginan, dari awal hingga selesai diulang sebanyak tiga kali. Pengukuran kenaikan temperatur kaliper dilakukan dengan selang waktu 2 menit. Data pengukuran pada setiap tahap ditentukan dari rata-rata 3 kali hasil pengukuran. Dari pengujian rem tanpa sistem pendingin menunjukkan bahwa pada temperatur kaliper 150 °C, dari brake pad mulai muncul asap putih dan bau yang menyengat (*sangit*). Untuk itu kondisi panas lebih yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini adalah pada temperatur kaliper 175 °C, dimana munculnya asap putih dan bau *sangit* tersebut sudah semakin jelas. Hasil pengujian dengan gaya pengereman 80 N dan pada putaran 2600 rpm, ditunjukkan pada Gambar 3. Kurva temperatur kaliper dari setiap model uji, pada awalnya cenderung naik secara linear. Sesuai dengan persamaan perpindahan panas konduksi, hal ini menunjukkan bahwa pada awal pengujian, besarnya panas yang dilepas dan diterima kaliper sebanding, dan pelepasan panas dari kaliper lebih dominan disebabkan karena perpindahan panas konduksi. Slop kurva yang lebih landai menunjukkan bahwa sistem pendinginan dapat meningkatkan laju pelepasan panas dan memperlambat waktu kenaikan temperatur kaliper.



Gambar 3. Karakteristik Temperatur Rem pada Gaya Pengereman 80 N dan Putaran 2600 rpm.

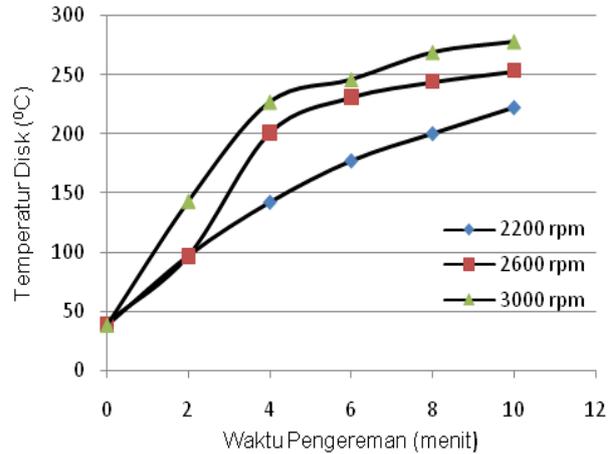
Pada sistem pendinginan dengan udara, dampak tersebut tidak signifikan, tetapi sangat signifikan pada sistem pendinginan dengan air. Hal ini disebabkan karena masa dan masa jenis air yang disempatkan ke kaliper lebih besar dari udara.

Slop kurva kenaikan temperatur rem tanpa sistem pendinginan dan dengan sistem pendinginan udara berubah menjadi lebih landai pada menit ke 4 dan asimtotik pada menit ke 6, yaitu pada temperatur sekitar 175 °C. Pola ini menunjukkan bahwa sesudah menit ke 6, mulai terjadi keseimbangan antara banyaknya panas yang diterima dan yang dilepas rem sehingga tidak terjadi kenaikan temperatur yang signifikan. Jika pada awal pengujian, kenaikan temperatur rem lebih disebabkan karena perpindahan panas konduksi, maka pada pengujian selanjutnya, perpindahan panas juga disebabkan karena perpindahan panas konduksi dan konveksi. Hal ini ditandai dengan perubahan slop kurva kenaikan temperatur tersebut yang kemudian cenderung tidak linear. Sedang perpindahan panas secara radiasi tidak akan terjadi secara signifikan karena dalam pengujian ini, temperatur rem masih rendah (< 200 °C).

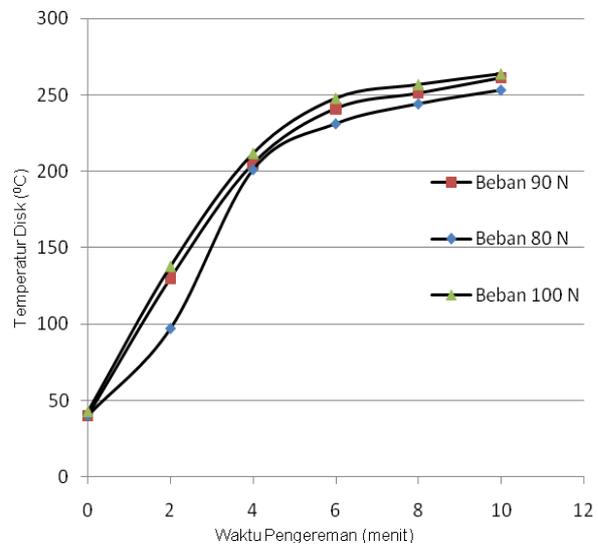
Slop kurva kenaikan temperatur hasil pengujian dengan blower nampak lebih landai dari kurva pengujian tanpa sistem pendinginan. Hal ini menunjukkan bahwa laju penyerapan panas karena aliran udara paksa yang melewati rem, berpengaruh cukup signifikan. Pengaruh pada kurva kenaikan temperatur rem yang lebih signifikan terjadi pada hasil pengujian dengan menggunakan media pendingin air. Hal ini disebabkan karena koefisien perpindahan panas air lebih besar dari udara dan laju masa pendingin pada sistem pendinginan yang menggunakan air lebih besar dari laju masa pendingin yang menggunakan udara (blower).

Kedua kurva kenaikan temperatur rem dengan sistem pendinginan lebih landai dari kurva tanpa sistem pendinginan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem pendinginan yang dikembangkan dalam penelitian ini dapat menunda terjadinya over heating. Walau penundaan tersebut hanya dalam satuan menit, tetapi dalam implementasinya, hal ini menjadi sangat berarti karena pengereman yang sesungguhnya, terjadi hanya dalam satuan detik. Sehingga, dengan penundaan terjadinya panas berlebihan tersebut, dapat berarti terhindar dari terjadinya panas berlebihan.

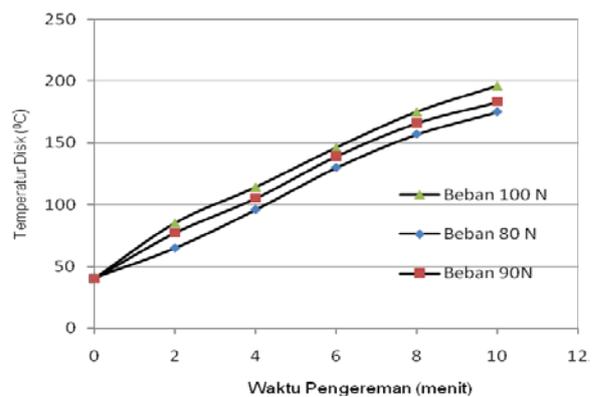
Hasil pengujian rem dengan pendingin udara pada beban tetap dan putaran cakram 2200, 2600 dan 3000 rpm ditunjukkan pada Gambar 4. Slop kurva karakteristik pada pengujian tersebut berubah secara signifikan pada kecepatan putar cakram yang berbeda.



Gambar 4. Karakteristik Temperatur Rem dengan Pendingin Udara pada Beban 80 N



Gambar 5. Karakteristik Temperatur Rem Berpendingin Udara, dengan Variasi Pembebanan



Gambar 6. Karakteristik Temperatur Rem Berpendingin Air, dengan Variasi Pembebanan

Namun demikian perubahan tersebut tidak nampak signifikan pada hasil pengujian dengan tekanan *brake pad* yang bervariasi (80, 90 dan 100 N), baik untuk sistem rem yang menggunakan udara maupun air sebagai media pendingin, seperti ditunjukkan pada Gambar 5 dan 6. Fenomena ini sesuai dengan persamaan keseimbangan energi pada saat pengereman. Bahwa besarnya tenaga kinetik yang dipindahkan ke cakram yang diubah menjadi panas dengan cara gesekan, sebanding dengan gaya tekan pada *brake pad* dan kuadrat putaran cakram. Sehingga karakteristik kenaikan temperatur rem lebih sensitif terhadap putaran cakram dari pada perubahan gaya pengereman.

Hasil pengujian pada Gambar 4, 5 atau 6 dapat mensimulasikan suatu karakteristik kenaikan temperatur rem pada berbagai kondisi, baik pada putaran cakram dan gaya pengereman yang tetap maupun berubah. Pengereman dengan putaran cakram dan beban yang relatif ringan dan tetap mengungkapkan suatu kondisi pengereman kendaraan pada jalan yang menurun diperbukitan dan berlangsung relatif lama. Pengereman dengan putaran cakram dan beban yang relatif besar dan berubah, mengungkapkan kondisi pengereman mendadak. Kedua model pengereman ini sangat berpotensi menimbulkan kegagalan fungsi rem karena terjadinya panas berlebihan. Dari hasil simulasi empirik tersebut nampak bahwa rem dengan sistem pendinginan air lebih efektif karena dapat menunda waktu terjadinya over heating dengan cukup signifikan bahkan pada beban yang berat, over heating dapat dihindari.

### KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa untuk menghindari agar tidak terjadi panas berlebihan yang mengakibatkan rem gagal berfungsi dengan baik (blong), rem cakram dapat dikembangkan dengan sistem pendingin aktif. Sistem pendinginan aktif pada rem cakram berupa (kabut) air

yang disemprotkan pada kaliper dapat mengendalikan kenaikan temperatur dan menghindari terjadinya panas lebih pada berbagai kondisi pengereman secara efektif.

### DAFTAR PUSTAKA

1. Makasar-Media Indonesia.com, *15.693 Nyawa Melayang Tiap Tahun Akibat Kecelakaan Lalu Lintas*, 25 Februari 2010.
2. Mamuju, ANTARA News, *Mobil Pemadam Seruduk Rumah Akibat Rem Blong*, 4 Mei, 2010.
3. Surabaya, Detik News, *Rem Blong, Dump Truk Sruduk Xenia dan Peserta Fun Bike*, 8 Agustus, 2010.
4. Wonosobo, Suara Merdeka, Cyber. News, *Rem Blong Sebabkan Mobil Terjun ke Jurang*, 13 September, 2010.
5. Semarang Liputan 6.com, *Rem Blong, Truk Tabrak Motor dan Trailer*, 22 September, 2010.
6. Gresik, Kompas. com, *Rem Blong, Empat Kendaraan Bertabrakan*, 25 September, 2010.
7. Lubi, *Perancangan Kampas Rem Beralur dalam Usaha Meningkatkan Kinerja serta Umur dari Kampas Rem*, Jurnal Teknik Mesin, Volume 1, 22 Nomor 1, Mei 2001.
8. Suzuki, Tsuguya (Saitama, JP), *Ventilated Disk Brake Rotor*, <http://www.freepatentsonline.com/5161652.html>
9. D Parish, at al., *Aerodynamic Investigations of Ventilated Brake Discs*, Part D: Journal of Automobile Engineering, Professional Engineering Publishing, Volume 219, Number 4 / 2005.
10. E Palmer, at al., *An optimization study of a multiple-row pin-vented brake disc to promote brake cooling using computational fluid dynamics*, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering Volume 223, Number 7 / 2009.