

Jurnal Ilmiah
ZONA TEKNIK

Volume 3, Nomor 1, Juli 2009

- Analisa Sistem Pengendalian Kualitas Untuk Meningkatkan Mutu Produk Ban (Vulkanisir) Pada PT.Senantiasa Mandiri Makasar
Anwar Badruszaman
- Desain Helm MP3 Player Ergonomik
Yunan Hasibuan
- Studi Distribusi Temperatur Pada Disk Brake Kendaraan Roda Empat Jenis Ventilasi dan Non Ventilasi
Batu Mahadi Siregar
- Pengontrol Output Mesin SMT Berbasis Mikrokontroller
Bambang Apriyanto
- Pengendali Peralatan Elektrik Pada Pusat Kendali dan Security Control Dengan Menggunakan Personal Komputer
Gunawan Toto Hadiyanto
- Perancangan Uji Alat Putaran Kritis
Muhammad Fitri

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Syukur Alhamdulillah dengan Rahmat dan Karunia Allah SWT telah terbit Jurnal Ilmiah Zona Teknik Fakultas Teknik Universitas Batam, Vol. 03 No.01 Juli 2009 yang merupakan tulisan hasil penelitian maupun Karya Ilmiah Populer yang dilakukan oleh Staf Pengajar Fakultas Teknik Universitas Batam, maupun diluar Universitas Batam.

Kami mengharapkan untuk terbitan yang selanjutnya Staf Pengajar dapat meningkatkan kualitas maupun mutu dari tulisan, yang sesuai dengan kaidah penulisan jurnal. Tulisan ini memungkinkan sebagai bahan rujukan dalam melakukan kegiatan penelitian.

Pada kesempatan ini Redaksi mengucapkan terimakasih kepada Staf Penagajar/ Dosen yang telah berpartisipasi menerbitkan Jurnal Ilmiah Zona Teknik terutama pada Edisi Vol.03 No.01 Juli 2009

Wabillahittaufiq Walhidayah

Wassalamu'alaikum Wr.Wb

Wassalam,

Redaksi

THE
Character Building
UNIVERSITY

DAFTAR ISI

- Analisa Sistem Pengendalian Kualitas Untuk Meningkatkan Mutu Produk BAN (Vulkanisir) Pada PT. Senantiasa Mandiri Makasar
Anwar Badruszaman 151-158
- Desain Helm MP3 Player Ergonomik
Yunan Hasibuan 159-164
- Studi Distribusi Temperatur Disk Brake Kendaraan Roda Empat Jenis Ventilasi dan Non Ventilasi
Batu Mahadi Siregar 165-171
- Pengontrol Output Mesin SMT Berbasis Mikrokontroler
Bambang Apriyanto 172-178
- Pengendalian Peralatan Elektrik Pada Pusat Kendali Security Dengan Menggunakan Personal Computer
Gunawan Toto Hadiyanto 179-183
- Perancangan Uji Alat Putar Kritis
Muhammad Fitri 184-190

THE
Character Building
UNIVERSITY

STUDI DISTRIBUSI TEMPERATUR PADA DISK BRAKE KENDARAAN RODA EMPAT JENIS VENTILASI DAN NON-VENTILASI

Batu Mahadi Siregar

Abstrak

Rem merupakan salah satu komponen yang harus selalu dalam keadaan baik, karena rem merupakan suatu alat yang digunakan untuk memperlambat atau menghentikan perputaran roda. Ketidaksiempurnaan pengereman dapat berakibat terjadinya kecelakaan dan tingkat kecelakaan lalu lintas khususnya kendaraan roda empat salah satunya disebabkan oleh sistem pengereman yang tidak baik terbilang tinggi. Pada prinsipnya cara kerja dari rem ini adalah memanfaatkan gaya gesek yang terjadi pada kedua sepatu rem yang mengagrip pada plat rem cakram (disk brake). Dalam kenyataannya banyak rem cakram yang mengalami deformasi akibat dari tegangan thermal pada rem cakram mobil yang selalu mengalami gesekan sehingga terjadinya slip (vapor) pada waktu pengereman berlangsung. Salah satu parameter yang mempengaruhi kualitas panas adalah kecepatan kendaraan, dimana kecepatan kendaraan mempengaruhi peningkatan temperatur. Dari hasil penelitian diketahui bahwa kenaikan temperatur rem antara disk dengan pad adalah sebesar 138,461°C sedangkan temperatur sekitar disk brake 150°C, sehingga temperatur maksimum yang dicapai pada titik tengah sepatu rem (T_{mn}) adalah 288,461°C. Dapat disimpulkan bahwa distribusi temperatur terbesar terjadi pada saat gesekan antara sepatu rem dengan disk dan secara perlahan-lahan akan turun hingga mencapai temperatur sekitar disk.

Kata-kata kunci: *Disk brake, temperatur, Ventilasi dan Non-Ventilasi*

1. Pendahuluan

Tingginya angka kematian dari kecelakaan kendaraan bermotor khususnya roda empat salah satunya disebabkan oleh sistem pengereman yang tidak baik. Rem merupakan salah satu komponen yang harus selalu dalam keadaan baik, karena rem merupakan suatu alat yang digunakan untuk memperlambat atau menghentikan perputaran roda.

Rem cakram adalah suatu alat yang digunakan untuk memperlambat atau menghentikan perputaran roda. Rem ini telah dikenal oleh orang sejak tahun 1890-an di Inggris dengan menggunakan tromol dan sepatu rem, namun pengereman yang dilakukan belum juga efektif. Rem gesekan digunakan secara luas untuk menyediakan sebuah perlambatan yang murah, konsisten dengan gaya gesek yang besar untuk memberikan perlambatan rata-rata

yang tinggi. Cara kerja rem cakram adalah sepatu rem menekan plat cakram disaat pedal rem difungsikan. Sepatu rem dilengkapi dengan bahan gesek. Gaya gesek antara dua benda dalam kontak saling bergesek terutama dihasilkan oleh interaksi fisik, pada skala mikroskopik, kekasaran permukaan, dan kerja yang dilakukan menghasilkan energi panas dalam lapisan-lapisan permukaan dari pasangan yang saling berinteraksi. Ada beberapa indikasi diketahui tipisnya bahan gesek yang diakibatkan persinggungan yaitu dengan cara visual dimana telah melakukan perjalanan sejauh 10.000 Km sebaiknya dilakukan pemeriksaan, secara sensor dimana pedal rem sudah jauh kedalam dari standart, timbulnya pekikan atau suara disaat pengereman diartikan bahwa bahan gesek sudah mencapai titik tidak aman berkurang lebih besar dari 0,5 mm.

Rem cakram itu juga memiliki standart yaitu ABS (*Anti-lock Brake System*), namun standart ini juga sering disalah artikan sebagai performa pengereman yang lebih pakem, padahal fungsi ABS adalah berguna untuk mencegah terjadinya efek mengunci pada perangkat rem tatkala menginjak pedal secara mendadak sehingga mobil terhindar dari kemungkinan selip akibat efek gaya dorong kendaraan yang menjauhi titik pusat (*sentrifugal*). Caranya adalah dengan sensor yang memberikan input atau kontrol, kapan roda harus berhenti dan kapan roda harus berputar. Jadi ketika kendaraan di rem, roda tidak terkunci dan pengemudi masih tetap bisa mengendalikan kendaraan tersebut. Teknologi ini pertama kali diperkenalkan oleh Daimler yang ketika itu masih berduet hanya dengan Benz tahun 1970. ABS awalnya diberi nama *anti-block system* diciptakan oleh Hans Scherenberg di Stuttgart, Jerman.

Menurut Thomas Valvano. et. al., (2000) menyatakan bahwa performa dari rem berpengaruh penting kepada masuknya temperatur pada komponen-komponen dari suatu rem. Temperatur yang tinggi pada saat pemakaian rem berlangsung dapat menyebabkan rem tidak pakem, hancurnya komponen sebelum waktunya, penguapan cairan (*vapor*) dari suatu rem, rem blong, penghancuran thermal. Oleh karena itu, sangat penting untuk mengetahui kenaikan temperatur dari sistem rem dan menilai performa dari suatu rem pada saat pembuatan.

Menurut Pier Francesco Gotowicki, et. al., (2005) menyatakan bahwa temperatur terbesar pada saat pertama kali *pad brake* menyentuh *disk* sebesar 287°C dan rem cakram berventilasi kisi-kisi mampu mengantisipasi jumlah panas yang berfluktuasi, untuk itu

bentuk kisi-kisi mempengaruhi stabilitas, hal ini membutuhkan dimensi yang besar. Stabilitas ini merupakan demonstrasi simulasi tentang perlakuan dari jenis kondisi deformasi/gejala yang ditimbulkan. Gejala/deformasi ini lebih sedikit dari satu jenis piringan (*disk*) yang tidak mempunyai ventilasi dibawah kondisi batas ukuran yang sama. Lebih lanjut, bahan gesekan terlihat pada karakteristik termomekanika, pada kontur ini tidak adanya terjadi keretakan pada *disk brake* dengan jenis bahan *cast iron* UNI 5330 Gh 190.

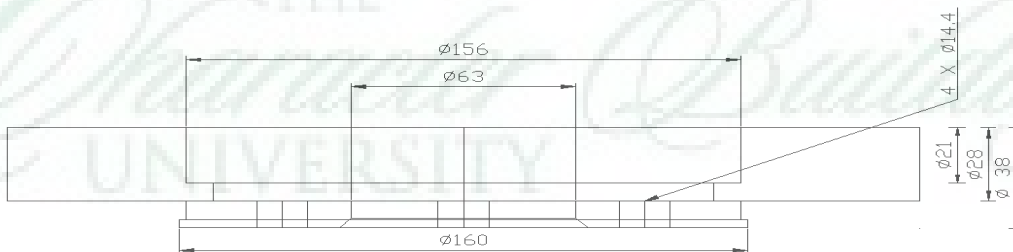
Menurut Abd Rahim Abu Bakar, et. al., (2005) menyatakan bahwa untuk mendapatkan sebaran tekanan dinamik yang baik maka dilakukan dengan menggunakan bahan yang tidak licin. Pengukuran terhadap permukaan bahan gesekan perlu dilakukan dengan topografi pelapis bahan gesekan. Hal ini memastikan perkiraan daya pengereman dapat dilakukan dengan lebih tepat lagi disamping prestasi sistem rem dapat lebih berkesan

Menurut Abd Rahim Abu Bakar et. al., (2005) menyatakan bahwa untuk membuat umur pakai sepatu rem lebih panjang dibutuhkan distribusi tekanan yang seragam antara sepatu rem dengan disk.

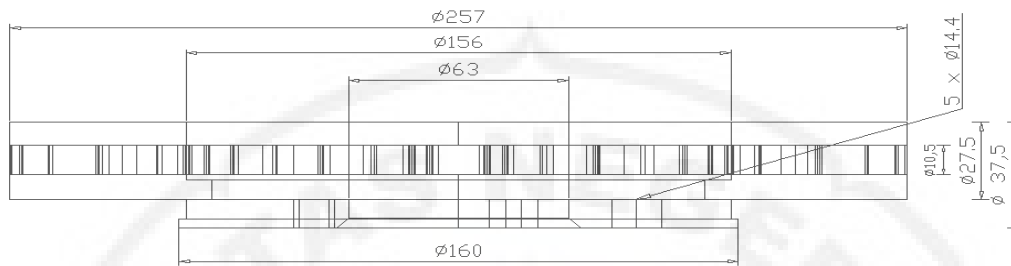
2. Metode Penelitian

Bahan

Bahan yang digunakan adalah AISI C-1020 dan Cast Iron, untuk kendaraan jenis mini bus dengan *disk brake* ventilasi berdiameter $\phi 257$ mm dan tebal 27,5 mm (Gambar 1 (a)) dan pada Gambar 1 (b) berdiameter $\phi 257$ dan tebalnya 21 mm dengan *disk brake* non-ventilasi.



(a) *Disk brake* non-ventilasi



(b) Disk brake ventilasi.

Gambar 1. Dimensi spesimen penguji

Metode

Ada beberapa tahapan pekerjaan yang dilakukan pada eksperimen ini, yaitu: (1) mengukur dimensi dari *disk brake*, (2) desain *disk brake*, (3) perhitungan secara manual menggunakan persamaan matriks sederhana, dan (4) analisis distribusi thermal menggunakan simulasi MSC-NASTRAN *disk brake* ventilasi dan non-ventilasi.

Data-data pendukung lainnya diperoleh secara langsung dari showroom kendaraan roda empat, juga digunakan untuk simulasi.

3. Tinjauan Pustaka

Dengan mengasumsikan kecepatan (V) kendaraan = 150km/jam, perlambatan (A) = 0,6 g, radius roda (R) = 0,3556m, massa yang berotasi 25kg, maka dapat diketahui secara teoritis temperatur pada zona rem (pergesekan antara *pad* dan *disk*) dan dapat pula diketahui parameter lainnya dengan menggunakan persamaan berikut:

1. Waktu pengereman:

$$T_B = \frac{V}{A_B}$$

2. Kecepatan kendaraan menurun selama terjadinya pengereman, maka jarak pengereman (X_B) dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut:

$$X_B = \frac{V^2}{2 \cdot A_g}$$

3. Mendapatkan nilai kecepatan sudut roda, digunakan persamaan berikut sehingga diperoleh:

$$\omega = \frac{V}{R}$$

4. Roda kendaraan merupakan massa yang berotasi, sehingga harus diketahui massa yang berotasi seluruhnya termasuk ban, velg, dan lain-lain dengan pusat radius girasinya pada

sumbu roda dan diperkirakan massa yang berotasi seluruhnya 25 kg. Hal ini perlu diketahui untuk mendapatkan momen inersianya, yaitu:

$$J = M \cdot r_g^2 \tag{4}$$

5. Torsi pengereman pada waktu yang konstan dan perlambatan angular yang konstan diperoleh:

$$T_B = J \cdot a \tag{5}$$

6. Penekanan sepatu rem terhadap *disk*, mengakibatkan timbulnya gesekan (energi panas, E_B), sehingga energi panas yang timbul selama pengereman adalah:

$$E_B = \frac{T_B \cdot X_B}{R} \tag{6}$$

7. Energi panas yang timbul selama pengereman dapat dihubungkan dengan kenaikan temperatur yang terjadi, yaitu:

$$\Delta T = \frac{E_B}{Cm} \tag{7}$$

8. Temperatur maksimum pada titik tengah sepatu rem (*pad*) adalah:

$$T_{mn} = 150 + \Delta T \tag{8}$$

Untuk mengetahui lebih detail lagi tentang distribusi temperatur *disk brake* dapat dilakukan dengan menggunakan *software* simulasi MSC-NASTRAN. NASTRAN adalah sebuah *software* komputer yang dikembangkan di Amerika Serikat oleh NASA. *Software* ini adalah program analisis elemen hingga untuk analisis tegangan (*stress*), getaran (*vibration*) dan perpindahan panas (*heat transfer*) dari struktur dan komponen mekanika. MSC-NASTRAN juga dapat mengimport geometri CAD ataupun membuat geometri di dalam NASTRAN itu sendiri.

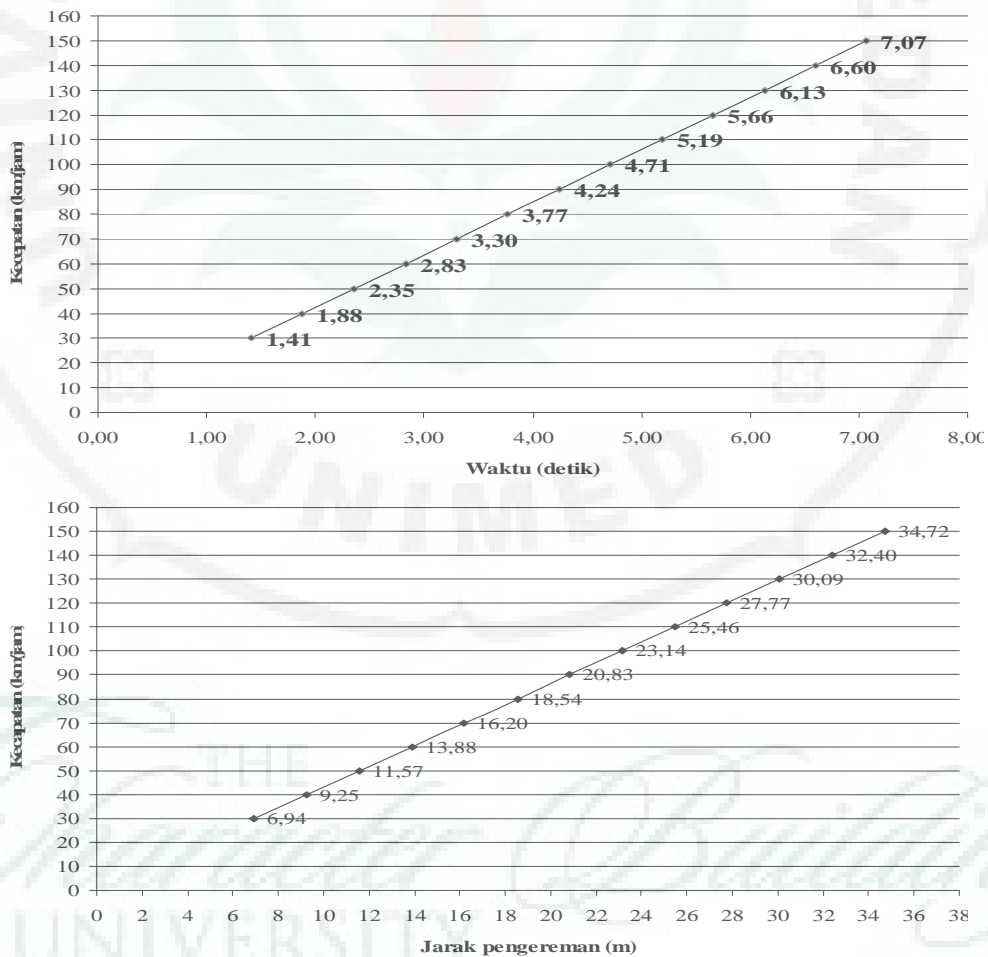
4. Perhitungan Numerik

Pengereman sejauh $XB = 34,725$ meter, Maka diperoleh waktu jarak pengereman sebesar $TB = 7,07$ detik, energi panas dari penekanan sepatu rem didapat $EB = 138,461$ Nm. Jadi kenaikan temperatur remnya adalah $T_{mm} = 138,461^{\circ}\text{C}$ sedangkan temperatur sekitar *disk brake* 150°C , sehingga temperatur maksimum yang dicapai pada titik tengah pad adalah $288,461^{\circ}\text{C}$. Penurunan kecepatan, jarak, dan waktu pengereman ditampilkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.

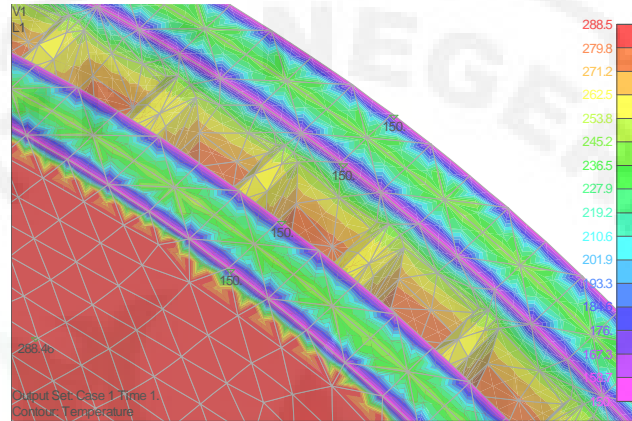
Hasil Simulasi NASTRAN

Disk brake ventilasi dan non-ventilasi

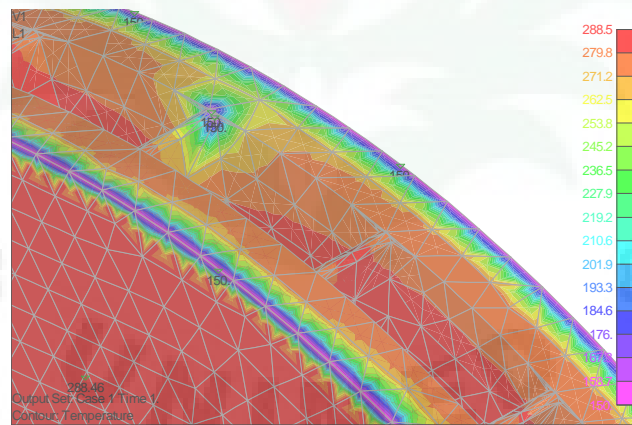
Gambar 4 sampai dengan Gambar 6 memberikan informasi tentang distribusi *thermal disk brake* ventilasi dan non-ventilasi dengan menampilkan kontur daerah temperatur maksimum. Untuk hasil simulasi terhadap spesimen *disk brake* ventilasi dan non-ventilasi dari bahan AISI C-1020 dan cast iron ditampilkan pada Tabel 1.



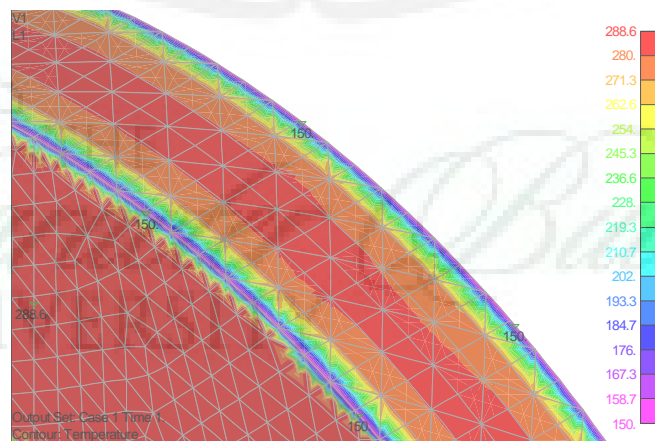
Gambar 3. Grafik kecepatan vs jarak



Gambar 4. Tampilan distribusi temperatur ventilasi impeller



Gambar 5. Tampilan distribusi temperatur ventilasi prisma



Gambar 6. Tampilan distribusi temperatur non-ventilasi

Tabel 1. Temperatur maksimum pada zona *pad brake*

| Model | Temperatur zona <i>pad brake</i> (°C) | |
|--------------------|---------------------------------------|-----------|
| | AISI C-1020 | Cast Iron |
| Ventilasi impeller | 289 | 262,5 |
| Ventilasi prisma | 289 | 285 |
| Non-Ventilasi | 289 | 289 |

Pembahasan

Membandingkan hasil perhitungan menggunakan matrik sederhana dengan hasil simulasi diperoleh informasi temperatur maksimum pada daerah *pad brake* sebesar 288,461°C dan berangsur-angsur turun pada daerah kisi-kisi ventilasi mencapai 150 °C dan terdistribusi pada permukaan *disk*. Hal ini sesuai dengan pernyataan Pier Francesco Gotowicki, et. al., (2005) menyatakan bahwa temperatur terbesar pada saat pertama kali *pad brake* menyentuh *disk* sebesar 287°C dan rem cakram berventilasi kisi-kisi mampu mengantisipasi jumlah panas yang berfluktuasi, untuk itu bentuk kisi-kisi mempengaruhi stabilitas.

Bentuk model ventilasi dari hasil simulasi juga menunjukkan adanya perbedaan temperatur maksimum pada daerah *pad brake*, terlihat bahwa ventilasi impeller lebih baik sebaran panasnya dibandingkan dengan ventilasi prisma.

Bahan *disk* juga sangat mempengaruhi distribusi thermal dimana bahan yang lebih kasar permukaannya distribusi panas lebih kecil, menggunakan bahan cast iron dengan kristal yang lebih kasar lebih baik distribusi thermalnya dan dimungkinkan bahwa sebaran tekanan dinamikanya lebih baik, hal ini juga sesuai dengan pernyataan Abd Rahim Abu Bakar, et. al., (2005) menyatakan bahwa untuk mendapatkan sebaran tekanan dinamik yang baik maka dilakukan dengan menggunakan bahan yang tidak licin (cast iron).

Gambar 4 sampai dengan Gambar 6 terlihat bahwa *disk* non-ventilasi thermal tersimpan dalam ketebalan bahan itu sendiri, sedangkan *disk* ventilasi thermal maksimum terjadi pada daerah *pad brake* dan terserap oleh kisi-kisi ventilasi kondisi yang seragam hal ini membuktikan bahwa distribusi tekanan *pad*

brake seragam. Hal ini sesuai dengan pernyataan Abd Rahim Abu Bakar et. al., (2005) menyatakan bahwa untuk membuat umur pakai sepatu rem lebih panjang dibutuhkan distribusi tekanan yang seragam antara sepatu rem dengan *disk*.

5. Kesimpulan

Kenaikan temperatur rem antara disk dengan pad adalah sebesar 138,461°C sedangkan temperatur sekitar disk brake 150°C, sehingga temperatur maksimum yang dicapai pada titik tengah sepatu rem (T_{mm}) adalah 288,461°C. Distribusi temperatur terbesar terjadi pada saat gesekan antara sepatu rem dengan disk dan secara perlahan-lahan akan turun hingga mencapai temperatur sekitar disk sebesar 150°C. Disk berventilasi dan model ventilasi juga mempengaruhi distribusi panas pada daerah *pad brake* dengan penyerapan panas yang signifikan.

Daftar Pustaka

- Bakar, Abu, Abd, Rahim., Hamid, Abdul, Mohd, Kameil, Zakaria, Kidzir., (2005). *Simulasi Tekanan Sentuhan Dinamik Bagi Brek Cakera Menggunakan Kaedah Unsur Terhingga (KUT)*. CEM 2005. <http://www.google.com>. Accessed August 23, 2007.
- Ouyang, Huajiang., (2005). *Prediction Of Disc Brake Contact Pressure Distributions By Finite Element Analysis*. Jurnal Teknologi, 43(A) Dis. 2005:21 – 36. Copyright © Universiti Teknologi Malaysia. <http://www.google.com>. Accessed June 09, 2007.

- Gotowicki, Pier.F., Nigrelli, V., Mariotti, G.V., Aleksendric, D., Duboka, C., (2005). *Numerical And Experimental Analysis Of A Pegs-Wing Ventilated Disk Brake Rotor, With Pads And Cylinders*. EAEC 2005. <http://www.google.com>. Accessed January 10, 2007.
- Holman, J. P., (1995), “*Perpindahan Panas*”, Edisi Keenam, Terjemahan E. Jasjfi, Penerbit, Erlangga, Jakarta.
- Shigley, Joseph, E., (1995), “*Perencanaan Teknik Mesin*”, Edisi Keempat, Terjemahan Gandhi Harahap, Penerbit, Erlangga, Jakarta.
- Sularso, Kiyosuga., (1987), “*Dasar-Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*”, Edisi Ketiga, Penerbit PT. Pradiya Paramitha, Jakarta.
- Valvano, Thomas., Lee, Kwangjin., (2000). *An Analytical Method to Predict Thermal Distortion of a Brake Rotor*. SAE paper 2000-01-0445. <http://www.google.com>. Accessed November 02, 2007.