

Published Maret 2019

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>**Analisis Pengaruh Besar Gesekan Terhadap Tegangan Thermal Pada Sepatu Rem Mobil Ketebalan 8 mm Menggunakan Perangkat Lunak Msc.Nastran V.9****Sudirman Lubis***Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Jalan Kapten Muchtar Basri No.3 Medan 20238, Indonesia*E-mail: sudirmanlubis@umsu.ac.id**ABSTRAK**

Kegagalan pengereman lebih dikenal sebagai kegagalan rem disebabkan oleh banyak faktor, tetapi salah satu faktor adalah karena kelebihan panas yang terjadi dalam kondisi pengereman optimal ketika kendaraan melaju dengan kecepatan tinggi dan jarak tempuh yang cukup. Tujuan penelitian ini untuk memperoleh hasil simulasi tegangan termal saat pengereman, di area khusus sepatu rem dengan ketebalan 8 mm. Namun, ini tidak mungkin sepatu rem dianalisis secara manual karena sepatu rem memiliki banyak simpul, bahkan hingga ribuan simpul. Jadi kita perlu dukungan perangkat lunak penyelesaian metode elemen hingga MSC. NASTRAN V9 untuk mensimulasikan distribusi temperatur pada sepatu rem untuk memudahkan analisis. Tegangan thermal yang terjadi pada sepatu rem dengan ketebalan 8 mm dalam penelitian ini bahwa desain sepatu rem model 2 memiliki tegangan thermal 6,1023 Mpa maksimum dan 0,1014 Mpa Minimum yang lebih rendah dibandingkan sepatu rem model 1 tegangan thermal 6,1992 Mpa maksimum dan 1,525 Mpa Minimum. Dengan selisih pengujian maksimum sebesar 1,56 % dan minimum sebesar 93,35 %.

Kata Kunci: Kelebihan Panas, Gores Lapangan, Sepatu Rem, Tegangan Termal***Analysis Of The Effect Of Big Friction On Thermal Voltage In 8 Mm Car Thickness Brake Using The Software Msc. Nastran V.9*****ABSTRACT**

Braking failure better known as brake failure is caused by many factors, but one factor is due to excess heat that occurs in optimal braking conditions when the vehicle is driving at high speed and sufficient distance. The purpose of this research is to obtain the result of thermal stress simulation during braking, in special area of brake shoe with 8 mm thickness. However, it is unlikely that brake shoe is analyzed manually because brake shoes have many vertices, even up to thousands of vertices. So we need the software support finite element finishing method of MSC. NASTRAN V9 to simulate the distribution of temperature distribution on brake shoe for easy analysis. Thermal stresses occurring in the brake shoe with a thickness of 8 mm in this study that the model brake shoe design 2 has a maximum thermal voltage of 6.1023 Mpa and 0.1014 Mpa Minimum is lower than the brake shoe model 1 thermal voltage of 6.1992 Mpa maximum and 1.525 Mpa Minimum. With a maximum test difference of 1.56% and a minimum of 93.35%.

Keywords: Excess Heat, Scratch Field, Brake Shoe, Thermal Voltage

Published Maret 2019

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>**PENDAHULUAN****Latar Belakang**

Berdasarkan angka statistik, 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 itu juga memiliki standar 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*).

Tingginya suhu saat pemakaian rem berlangsung dapat menyebabkan hancurnya komponen sebelum waktunya, seperti penguapan/kebocoran cairan, rem blong, dan lainnya. Memodifikasi konstruksi cakram rem tanpa ventilasi menjadi cakram rem dengan ventilasi merupakan jawaban untuk mendapatkan sebaran suhu yang merata antara sepatu rem dengan cakram rem saat pengereman. Untuk itu perlu dilakukan analisa penyelesaian metode elemen hingga untuk mengetahui besarnya tegangan thermal yang terjadi saat pengereman.

Berdasarkan uraian pada latar belakang di atas, maka perlu dilakukan penelitian terhadap tingginya tingkat pengaruh thermal dari gesekan serta distribusi temperatur pada daerah pengereman khususnya sepatu rem ketebalan 8 mm pada dua pemodelan menggunakan simulasi MSC. NASTRAN.

TINJAUAN PUSTAKA**Sepatu Rem**

Dengan berkembangnya performa kendaraan saat ini dibutuhkan sistem pengereman yang efektif dan juga sebagai *safety* dalam berkendara. Sistem pengereman yang baik harus dapat menunjang daya dan kecepatan pada kendaraan tersebut dimana bagian terpenting dari sistem pengereman adalah kampas rem, Kampas rem menjalankan fungsinya sebagai media pengereman. Dapat bekerja dengan maksimal apabila mempunyai daya pengereman yang baik serta efisien, dimana efisiensi dari rem sangat dipengaruhi oleh besarnya koefisien gesek kampas rem

Besarnya gaya gesek dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$F_k = N \cdot \mu_k$$

Dimana : F_k = gaya gesek (N)
 N = gaya normal (N)
 μ_k = koefisien gesek

Gaya gesek dipengaruhi gaya normal. Gaya normal adalah gaya yang tegak lurus dalam bidang gesek. Koefisien gesek menunjukkan besarnya gaya normal menjadi gaya gesek. Koefisien ini memiliki nilai antara 0 sampai 1. Bila koefisien makin besar, maka pengereman menjadi semakin efektif. Hal ini disebabkan karena makin banyaknya gaya normal yang menjadi gaya gesek.

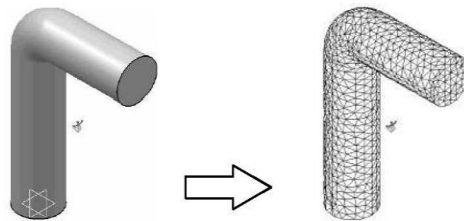
Published Maret 2019

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>**Metode Elemen Hingga**

Metode Elemen Hingga merupakan metode numerik yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan teknik dan problem matematis dari suatu gejala fisis. Menurut A. As'ad Sonief, (2003) tipe masalah teknis dan matematis fisis yang dapat diselesaikan dengan metode elemen hingga terbagi dalam 2 kelompok, yaitu kelompok analisa struktur dan kelompok masalah-masalah non struktur.

Tipe-tipe permasalahan struktur tersebut meliputi :

1. Analisa tegangan (*stress*), meliputi analisa rangka (*truss*) dan rangka batang (*frame*) serta masalah-masalah yang berhubungan dengan tegangan-tegangan yang terkonsentrasi
2. Tekukan (*Bukling*)
3. Analisa getaran



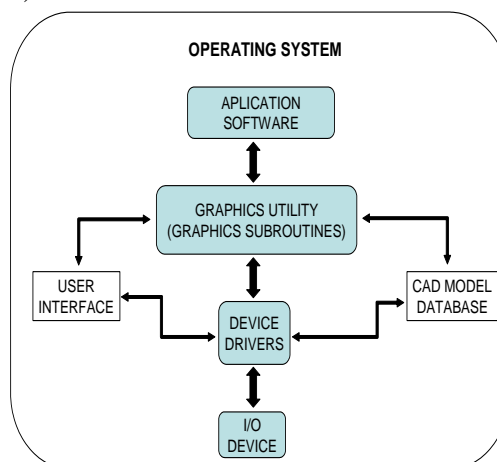
Gambar 1. Permodelan Suatu Benda menggunakan Metode Elemen Hingga

Tiap ujung dari elemen tersebut memiliki nodal yang terhubung satu sama lain dengan nodal dari elemen-elemen lainnya.

Elemen Pembentuk Sistem CAD/CAE

Pada umumnya masing-masing perangkat keras pada sistem CAD (Computer Aided Design) dikategorikan sebagai salah satu dari peralatan berikut:

1. Unit masukan (input unit)
2. Unit pengolahan pusat (central processing unit)
3. Unit keluaran (output unit)

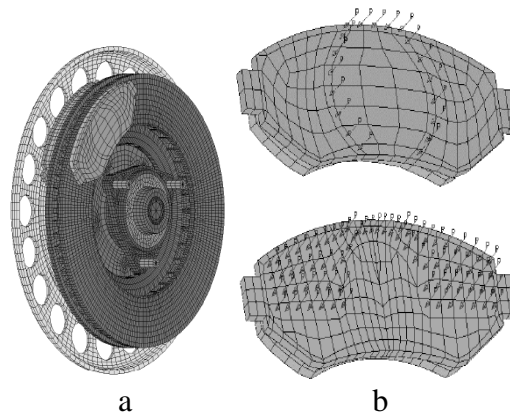


Gambar 2. Perangkat lunak sistem CAD

Published Maret 2019

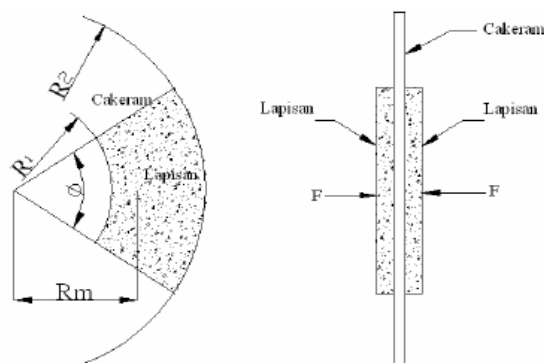
Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>**Analisa Tegangan Thermal Pada Sepatu Rem**

Menurut Thomas Valvano. et, al., (2000) menyatakan bahwa performa dari rem berpengaruh penting kepada masuknya temperatur pada komponen komponendari 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.



Gambar 3. (a) Pemodelan Rem dengan Elemen Hingga, (b) pengaplikasian tekanan didalam dan di luar sepatu rem

Rem cakram terdiri atas sebuah cakram dari baja yang dijepit oleh lapisan rem dari kedua sisinya pada waktu pengereman berlangsung. Adapun kelemahannya adalah umur lapisan yang relatif lebih pendek dikarenakan terjadinya gesekan secara kontiniu antara lapisan cakram dengan lapisan remnya. Serta ukuran silinder rem yang besar pada roda, dalam bukunya Sularso (1997), dapat dilihat pada Gambar 4 dibawah ini:



Gambar 4. Notasi untuk rem cakram



Gambar 5. Berbagai model Sepatu rem

Published Maret 2019

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

Jika lambang-lambang seperti diperlihatkan pada Gambar 4. dipakai, maka momen rem (T_1) yang terjadi dari satu sisi cakram adalah:

$$T = \mu \times F \times K \times R_m$$

Dimana: μ = Koefisien gesek lapisan sisi pengereman

F = Hasil perkalian antara luas piston atau silinder roda A_w (cm^2) tekanan minyak P_w (kg/cm^2)

T_1 = Momen rem

Satu cakram di tekan oleh gaya P (kg) x 2 dari kedua sisinya. Jika pusat tekanan ada di $K_1 \times R_m = r$, maka faktor efektivitas rem (FER) adalah:

$$(FER) = \frac{2 \cdot T}{F \cdot r} = 2\mu$$

Harga faktor efektivitas tergantung pada macam dan ukuran dari silinder cakram rem tersebut. Dibandingkan dengan macam rem yang lainnya, rem cakram mempunyai harga FER terendah karena pemancaran panas yang sangat baik, sehingga banyak dipakai.

METODE PENELITIAN

Adapun material properties dari material gesek komposit dari sepatu rem yang akan dianalisa adalah sebagai berikut:

Shear strength, $G = 978 \sim 1310 \text{ N}/\text{cm}^2$

Modulus elastisitas, $E = 32030 \sim 53809 \text{ N}/\text{cm}^2$

Konduktivitas thermal, $k = 0,77 \sim 0,93 \text{ W}/\text{m}^0\text{K}$

(Sumber :Sembiring, HarsaDelanis. 2008)

Untuk analisa selanjutnya maka diambil rata-rata dari data diatas sebagai berikut:

Shear strength, $G = 11,44 \times 10^6 \text{ N}/\text{m}^2$

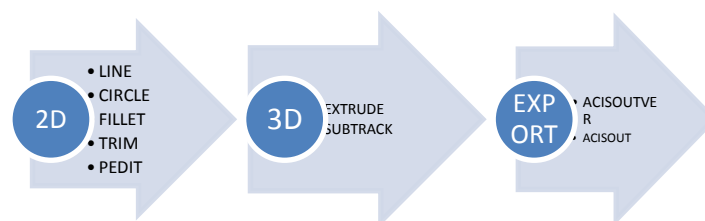
Modulus elastisitas, $E = 429,2 \times 10^6 \text{ N}/\text{m}^2$

Konduktivitas thermal, $k = 0,85 \text{ W}/\text{m}^0\text{K}$

Dari hasil survey didapat temperature pada saat bekerja adalah $150 \text{ }^\circ\text{C}$ ($423 \text{ }^\circ\text{K}$) dan temperature kamar adalah $30 \text{ }^\circ\text{C}$ ($303 \text{ }^\circ\text{K}$).

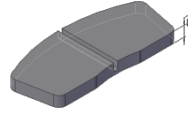
Pemodelan

Adapun langkah pemodelan Sepatu rem dengan menggunakan AutoCAD 2008, namun dapat dilakukan dengan versi lebih rendah atau lebih tinggi. Adapun perintah-perintah yang digunakan dalam pembuatan sepatu rem dapat terlihat seperti *flowchart* di bawah ini:



Gambar 6. Proses pemodelan dengan software AutoCAD

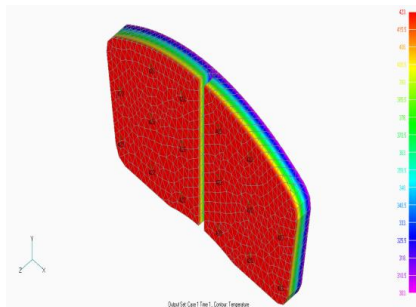
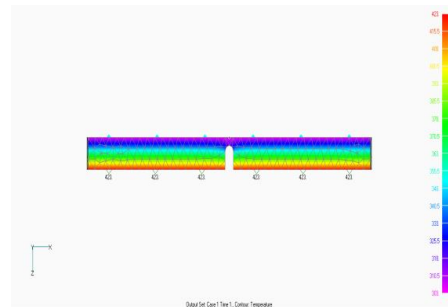
Published Maret 2019

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

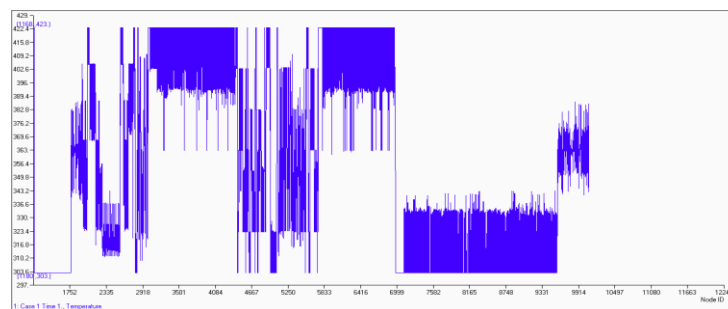
Ketebalan (8 mm)

Gambar 7. ketebalan sepatu rem yang akan dianalisa**HASIL DAN PEMBAHASAN****Analisa Distribusi Temperatur Sepatu Rem model 1 Ketebalan 8 mm**

Hasil simulasi elemen hingga untuk distribusi temperatur yang terjadi pada sepatu rem model 1 dengan ketebalan **8mm** dapat dilihat pada Gambar 4.1 dibawah ini.

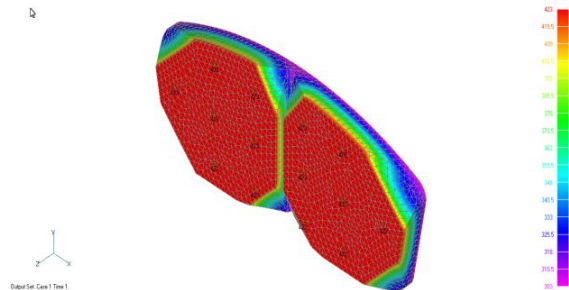
**Gambar 8.** Hasil simulasi Distribusi temperatur sepatu rem model 1 dengan ketebalan **8mm** dilihat dari samping**Gambar 9.** Hasil simulasi Distribusi temperatur sepatu rem model 1 dengan ketebalan **8mm** dilihat dari atas

Setelah melakukan analisa distribusi temperatur yang terjadi pada pada sepatu rem model 1 dengan ketebalan 8mm, maka selanjutnya akan diperoleh grafik penjalaran distribusi temperatur yang terjadi pada elemen tersebut seperti pada Gambar 4.3 dibawah ini.

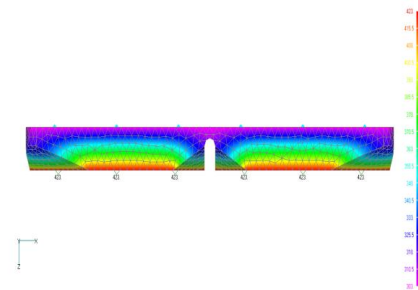
**Gambar 10.** Grafik Distribusi Temperatur – Element ID pada sepatu rem model 1 dengan ketebalan **8mm****Analisa Distribusi Temperatur Sepatu Rem Model 2**

Hasil simulasi elemen hingga untuk distribusi temperatur yang terjadi pada sepatu rem model 2 dengan ketebalan 8mm dapat dilihat pada Gambar 4.10 dibawah ini.

Published Maret 2019

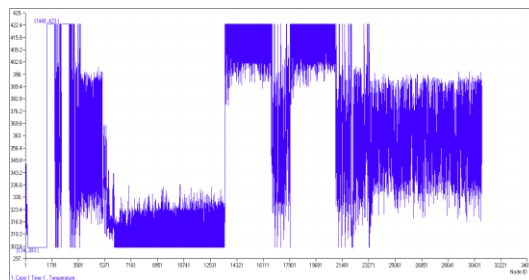
Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

Gambar 11. Hasil simulasi Distribusi temperatur sepatu rem model 2 dengan ketebalan **8mm** dilihat dari samping



Gambar 12. Hasil simulasi Distribusi temperatur sepatu rem model 2 dengan ketebalan **8mm** dilihat dari atas

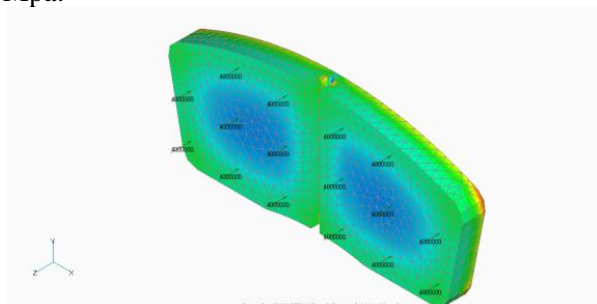
Setelah melakukan analisa distribusi temperatur yang terjadi pada pada sepatu rem model 2 dengan ketebalan **8mm**, maka selanjutnya akan diperoleh grafik penjalaran distribusi temperatur yang terjadi pada elemen tersebut seperti pada Gambar 4.12 dibawah ini.



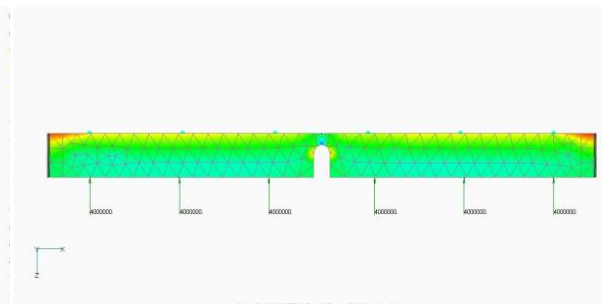
Gambar 13. Grafik Distribusi Temperatur – Element ID pada sepatu rem model 2 dengan ketebalan **8mm**

Analisa Tegangan Thermal Sepatu Rem Model 1

Hasil simulasi elemen hingga untuk tegangan thermal yang terjadi akibat adanya tekanan dari piston dan kenaikan temperatur pada sepatu rem model 1 dengan ketebalan 8mm dapat dilihat pada Gambar 4.19 dibawah ini. Dari Gambar terlihat bahwa $\sigma_{max} = 6,1992\text{Mpa}$ dan $\sigma_{min} = 1,5250\text{Mpa}$.

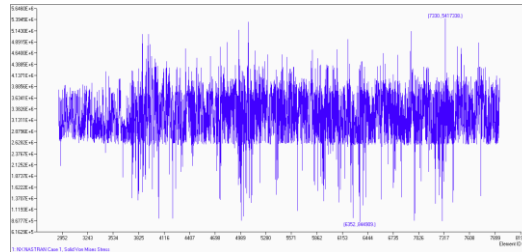


Gambar 14. Hasil simulasi Tegangan Thermal sepatu rem model 1 dengan ketebalan **8mm** dilihat dari samping



Gambar 15. Hasil simulasi Tegangan Thermal sepatu rem model 1 dengan ketebalan **8mm** dilihat dari atas

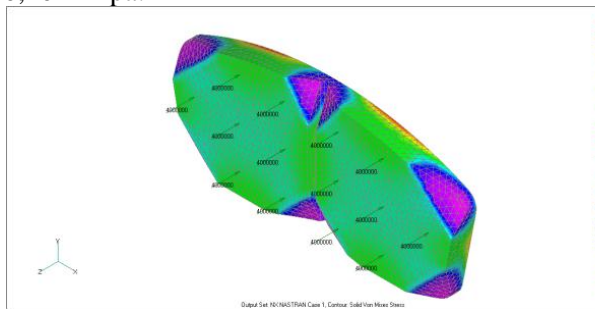
Published Maret 2019

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

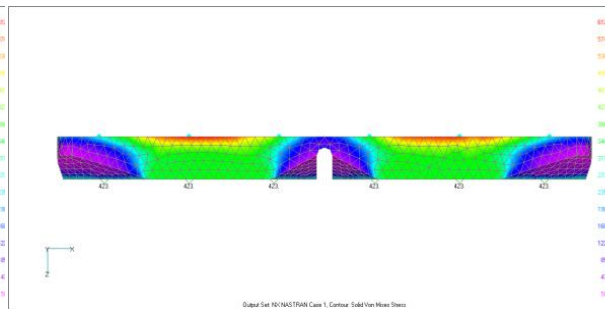
Gambar 16. Grafik Distribusi Tegangan Solid Von Mises – Element ID pada sepatu rem model 1 dengan ketebalan **8mm**

Analisa Tegangan Thermal Sepatu Rem Model 2

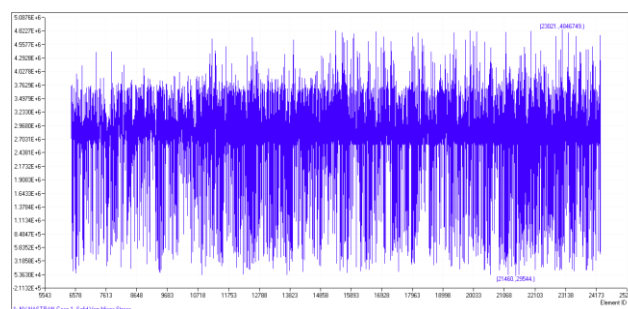
Hasil simulasi elemen hingga untuk tegangan thermal yang terjadi akibat adanya tekanan dari piston dan kenaikan temperatur pada sepatu rem model 2 dengan ketebalan 8mm dapat dilihat pada Gambar 4.28 dibawah ini. Dari Gambar terlihat bahwa $\sigma_{\max} = 6,1203\text{Mpa}$ dan $\sigma_{\min} = 0,1014\text{Mpa}$.



Gambar 17. Hasil simulasi Tegangan Thermal sepatu rem model 2 dengan ketebalan **8mm** dilihat dari samping



Gambar 18. Hasil simulasi Tegangan Thermal sepatu rem model 2 dengan ketebalan **8mm** dilihat dari atas



Gambar 19. Grafik Distribusi Tegangan Solid Von Mises – Element ID pada sepatu rem model 2 dengan ketebalan **8mm**

Perbandingan hasil simulasi tegangan thermal dari kedua model sepatu rem dapat disajikan dalam bentuk Tabel 4.1 seperti berikut ini :

Tabel 4.1 Perbandingan Tegangan Thermal

Published Maret 2019

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

Model Sepatu Rem	Ketebalan Sepatu Rem	Tegangan Thermal (Mpa)	
	(mm)	σ_{max}	σ_{min}
Sepatu Rem Model I	8	6,1992	1,525
Sepatu Rem Model II	8	6,1023	0,1014
Selisih(%)		1,5631	93,3508

KESIMPULAN

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dari Hasil Analisa terlihat bahwa pada desain sepatu rem model 2 memiliki distribusi temperatur yang lebih baik jika dibandingkan dengan desain sepatu rem model 1.
2. Tegangan thermal yang terjadi pada sepatu rem dengan ketebalan 8 mm dalam penelitian ini bahwa desain sepatu rem model 2 memiliki tegangan thermal 6,1023 Mpa maksimum dan 0,1014 Mpa Minimum yang lebih rendah dibandingkan sepatu rem model 1 tegangan thermal 6,1992 Mpa maksimum dan 1,525 Mpa Minimum. Dengan selisih pengujian maksimum sebesar 1,56 % dan minimum sebesar 93,35 %.
3. Dengan turunnya temperatur kerja pengereman, maka harga koefisien gesek tidak turun terlalu besar, sehingga efektifitas pengereman lebih baik. Dan dengan menjaga koefisien gesek tidak turun terlalu besar, maka keausan kampas rem menjadi lebih rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Wahyudi, D., Amelia. 2002, "*Optimasi Kekerasan Kampas Rem Dengan Metode Desain Eksperimen*", Diakses 19 November 2008 dari www.petra.ac.id/~puslit/journals/pdf.php?PublishedID=MES02040108
- [2]. Shigley, Joseph E. Mischke, Charles R. Budynas, Richard G. 2008, *Mechanical Engineering Design*, Edisi kedelapan. McGraw-Hill, USA.
- [3]. Gotowicki, Pier. et.al. 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.
- [4]. Gere, Timoshenko.(2000). "*Mekanika Bahan*", jilid 1. Penerjemah. Bambang Suryoatmono, Ir, MSc,Phd. Edisi keempat. PT. Erlangga, Jakarta.
- [5]. Holman, J. P. 1995. "Perpindahan panas", Edisi Keenam, Terjemahan Ir. E. Jasjfi, Erlangga, Jakarta.
- [6]. 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.
- [7]. Sularso., Prof. Kiyosuga. 1987, "*Dasar-Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*", Edisi Ketiga, Penerbit PT. Pradiya Paramitha, Jakarta.

*Published Maret 2019***Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi**<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

-
- [8]. Sonief, A.As'ad, Ir,MT. 2003, "*Diktat Metode Elemen Hingga Fakultas Teknik Mesin Universitas Brawijaya*", Malang.
- [9]. Syahril, Ridwan. 2004, "*Pemodelan dan Analisa Tegangan Statis Pada Roda Gigi Lurus Berbantuan Komputer*". Tugas Akhir Teknik Mesin Institut Teknologi Medan, Medan.
- [10]. Bakar, Abu, Abd, Rahim., Huajiang, Ouyang. 2005. "*Prediction Of Disc Brake Contact Pressure Distributions By Finite Element Analysis*" Universiti Teknologi Malaysia.
- [11]. Kurniawan, Ade. 2008, "*Analisa Distribusi Tegangan Thermal pada Disk Brake Ventilasi dan Non Ventilasi dengan Menggunakan Software Simulasi Msc. Nastran*" Tugas Akhir Teknik Mesin Universitas Islam Sumatera Utara, Medan.
- [12]. Sembiring, Harsa Delanis. 2008, "*Studi Analisis Pengaruh Kekuatan Backing Plate Dan Temperatur Pengereman Terhadap Modus Kegagalan Blok Rem Komposit Pada Kereta Dan Gerbong*", Tugas Akhir. Teknik Mesin. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- [13]. <http://www.wikipedia.com>