

ANALISIS PENGARUH BESAR GESEKAN TERHADAP TEGANGAN THERMAL PADA SEPATU REM MOBIL KETEBALAN 5 MM MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK MSC.NASTRAN V.9

Sudirman Lubis

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
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 5 mm dalam penelitian ini bahwa desain sepatu rem model 2 memiliki tegangan thermal 5,7326 Mpa maksimum dan 0,2329 Mpa Minimum yang lebih rendah dibandingkan sepatu rem model 1 tegangan thermal 5,8155 Mpa maksimum dan 1,1629 Mpa Minimum. Dengan selisih pengujian maksimum sebesar 1,42 % dan minimum sebesar 79,97 %.

Kata Kunci: Kelebihan Panas, Gores Lapangan, Sepatu Rem, Tegangan Termal

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 that occur in the brake shoe with a thickness of 5 mm in this study that the model brake shoe model 2 has a maximum thermal voltage of 5.7326 Mpa and 0.2329 Mpa Minimum lower than the brake shoes model 1 thermal 5.8155 Mpa maximum voltage and 1.1629 Mpa Minimum. With a maximum test difference of 1.42% and a minimum of 79.97%.

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

1. PENDAHULUAN

1.1 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.

Metode Elemen Hingga berusaha memecahkan *partial differential equations* dan persamaan integral lainnya yang dihasilkan dari hasil diskritisasi benda *kontinum*. Meski berupa pendekatan, metode ini dikenal cukup efektif memecahkan struktur-struktur yang kompleks dalam analisis mekanika benda padat (*solid mechanics*) dan perpindahan panas (*heat transfer*). Cakram rem ini merupakan konstruksi yang sangat kompleks, sehingga dibutuhkan perangkat lunak pendukung penyelesaian metode elemen hingga yang melakukan simulasi distribusi sebaran suhu cakram rem untuk mempermudah analisa. MSC. NASTRAN adalah sebuah *software* komputer yang dikembangkan di Amerika Serikat oleh *National Aeronautics And Space Administration* (NASA).

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 5 mm pada dua pemodelan menggunakan simulasi MSC.NASTRAN.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 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:

$$F_k = N \cdot \mu_k \dots\dots\dots (1)$$

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.

Kualitas kampas rem dipengaruhi oleh kekerasan dan bahan kampas rem. Kampas rem yang terlalu keras menyebabkan umur drum atau cakram menjadi pendek, apabila terlalu lunak maka umur kampas rem akan lebih pendek (Amelia dan Suhartojo, 2002).

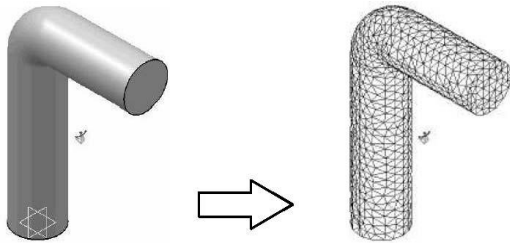
2.2 Metode Elemen Hingga

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



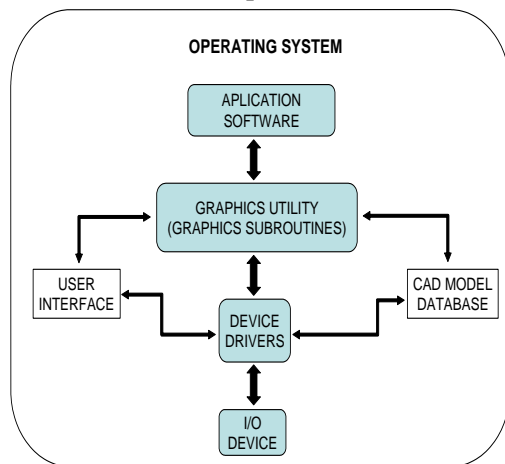
Gambar 1. Permodelan Suatu Benda menggunakan Metode Elemen Hingga

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

2.3 Elemen Pembentuk Sistem CAD/CAE

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

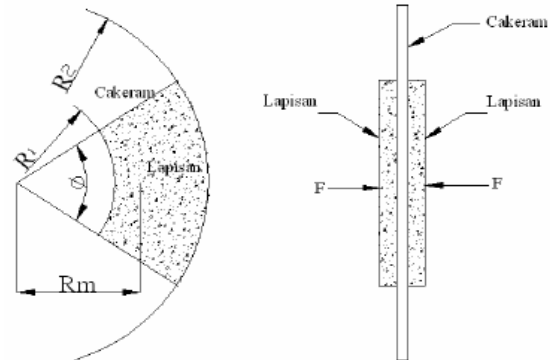
1. Unit masukan (input unit)
2. Unit pengolahan pusat (central processing unit)
3. Unit keluaran (output unit)



Gambar 2. Perangkat lunak sistem CAD

2.5. Analisa

Dalam bukunya Sularso (1997), dapat dilihat pada Gambar 2.15 dibawah ini:



Gambar 3. Notasi untuk rem cakram



Gambar 4. Berbagai model Sepatu rem

Jika lambang-lambang seperti diperlihatkan pada Gambar 3. dipakai, maka momen rem (T_1) yang terjadi dari satu sisi cakram adalah:

$$T = \mu \times F \times K \times R_m \dots \dots \dots (2)$$

Dimana: μ =Koefisien gesek lapisan sisi pengereman

F =Hasil perkalian antara luas piston atau silinder roda A_w (cm²) tekanan minyak P_w (kg/cm²)

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:

$$(FER) = \frac{2.T}{F.r} = 2\mu \dots \dots \dots (3)$$

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.

2.6 Lelah Thermal

Tegangan-tegangan thermal terjadi apabila perubahan dimensi benda akibat perubahan suhu dihalangi oleh suatu bentuk kendala. Pada batang yang kedua ujungnya dijepit, tegangan yang terjadi akibat perubahan suhu adalah

$$\sigma = E \alpha_1 \Delta T \dots\dots\dots (4)$$

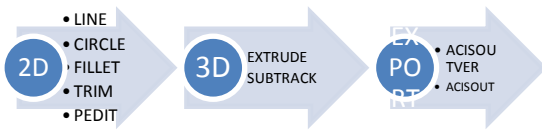
Dimana : E = Modulus elastisita
 α_1 =Koefisien muai thermal
 ΔT = Perubahan suhu

Kecenderungan untuk mengalami kegagalan lelah thermal, berkaitan dengan parameter $\sigma_f / E \alpha$, dimana σ_f adalah kekuatan lelah pada suhu rata-rata, dan k adalah konduktivitas thermal. Nilai tinggi untuk parameter ini menandakan ketahanan thermal yang baik.

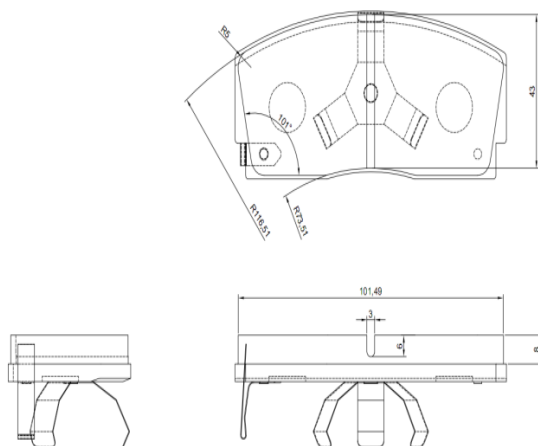
3. METODE PELAKSANAAN

3.1 Pemodelan

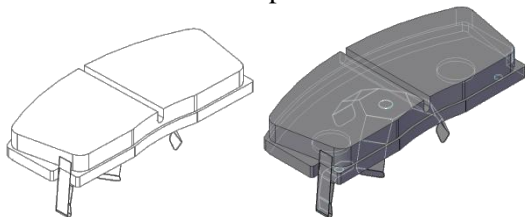
Adapun langkah pemodelan Sepatu rem dengan menggunakan AutoCAD 2008, namun dapat dilakukan dengan versi lebih rendah atau lebih tinggi. Adapun perintah-perintah yang digunakan dalam pembuatan sepatu rem dapat terlihat seperti flowchart di bawah ini:



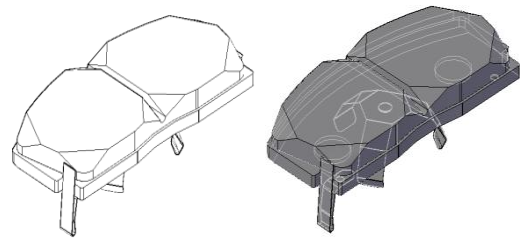
Gambar 5. Proses pemodelan dengan software AutoCAD



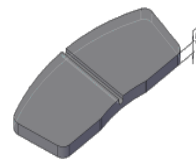
Gambar 6. 2D Sepatu rem model 1



Gambar 7. 3D Sepatu rem model 1



Gambar 8. 3D Sepatu rem model 2

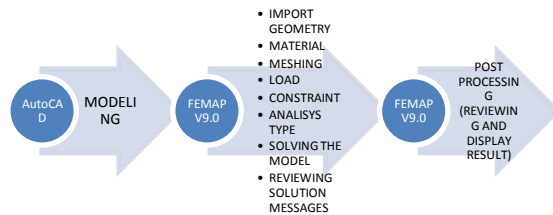


Ketebalan
(5 mm)

Gambar 9. ketebalan sepatu rem yang akan dianalisa

3.2. Analisa

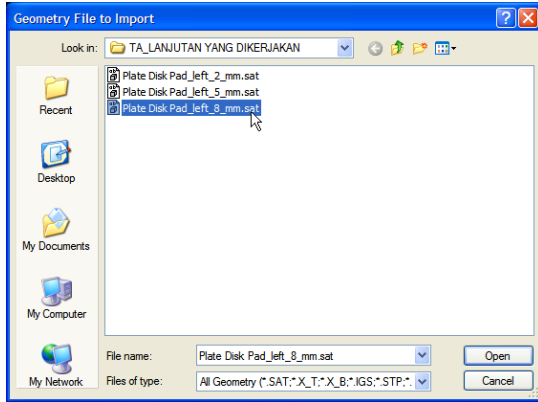
Adapun langkah analisa dengan menggunakan Software CAE yaitu FEMAP (Finite Element Modeling And Postprocessing) version 9.0 dan sebagai Preprocessing yaitu NX Nastran yang telah terintegrasi didalam FEMAP V9.0.



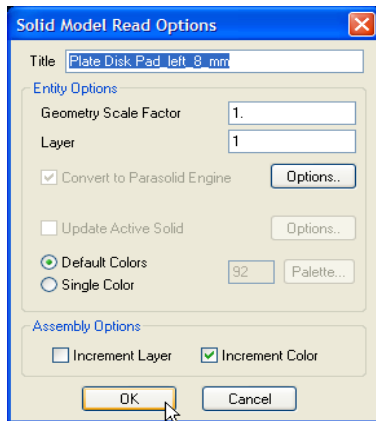
Gambar 10. Proses Analisa dengan FEMAP V9.0

Buka program FEMAP V9.0 lalu import geometri sepatu rem yang telah dibuat pada program AutoCAD, langkahnya sebagai berikut:

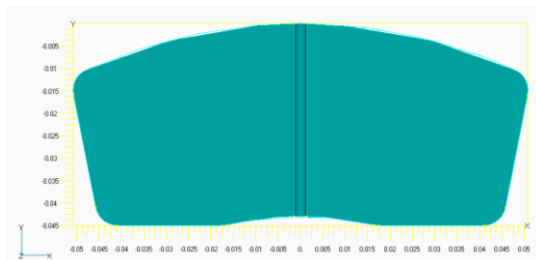
File – Import – Geometry ...



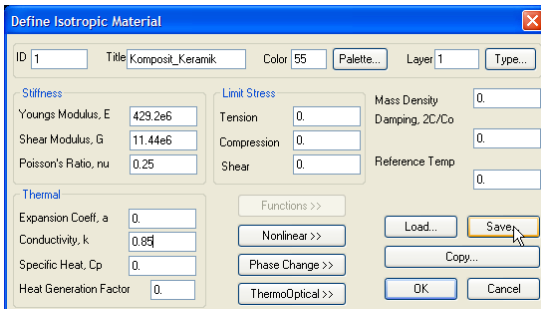
Pilih *Plate Disk Pad_left_5_mm.sat* (ini kondisi sepatu rem pada saat baru dipakai). Lalu klik *Open*



Masukkan *Geometry Scale Factor = 1*, lalu klik *OK*.



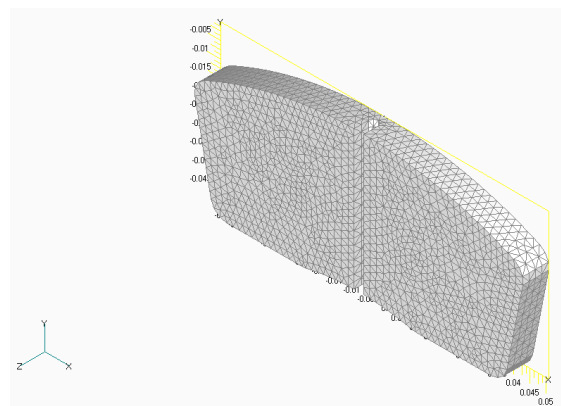
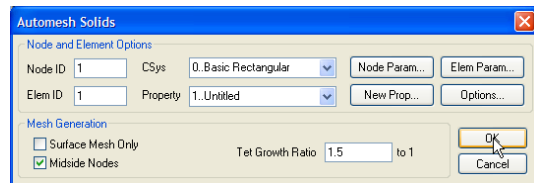
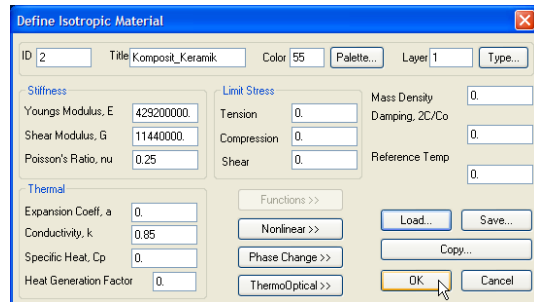
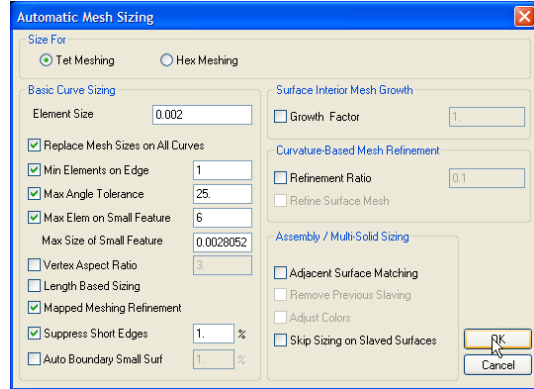
Model – Material ...



Masukkan nilai E, G, nu dan k (data dapat dilihat diatas), lalu klik *Save* lalu *OK*

Mesh – Geometry – Solids ...

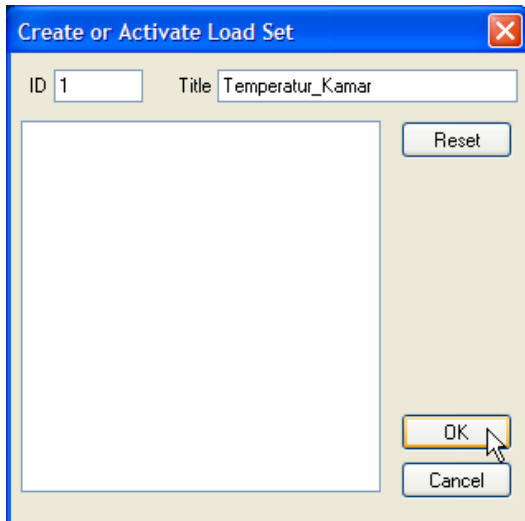
Selanjutnya bentuk mesh dengan nilai seperti dibawah, lalu klik *OK*, selanjutnya *Load...Pilih Komposit_Keramik*, lalu klik *OK*



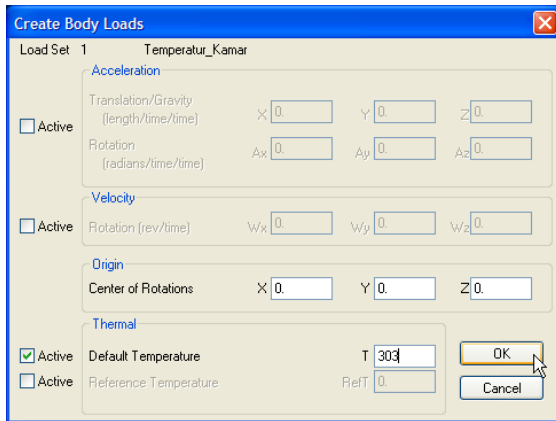
Gambar 11. Sepatu rem yang telah di beri mesh dalam pandangan Isometri

Model – Load – Body ...

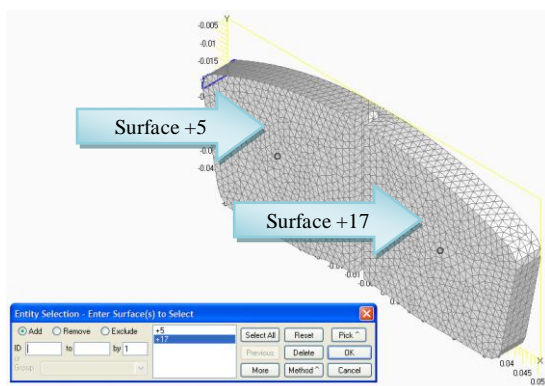
Buat Title = *Temperatur_Kamar*, lalu klik *OK*



Masukkan nilai temperature kamar 303⁰K.Lalu klikOK

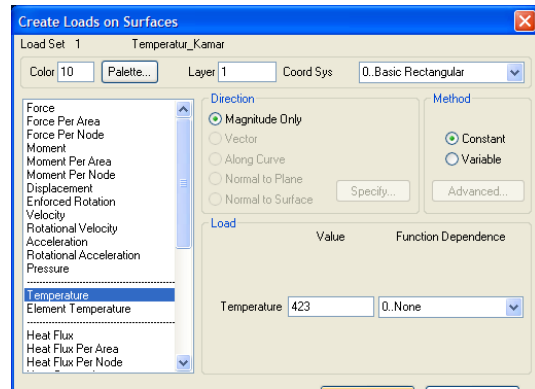


Model – Load – On Surface ...

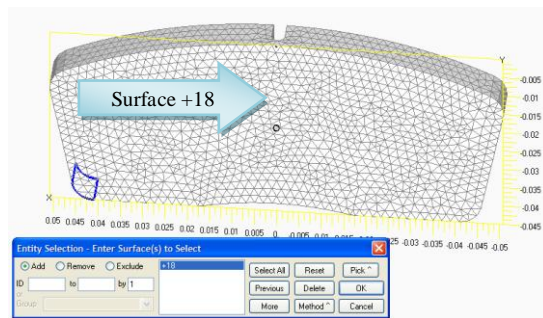


Pilih Surface 5 & 17 lalu klikOK

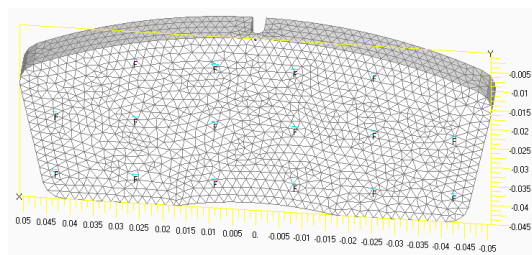
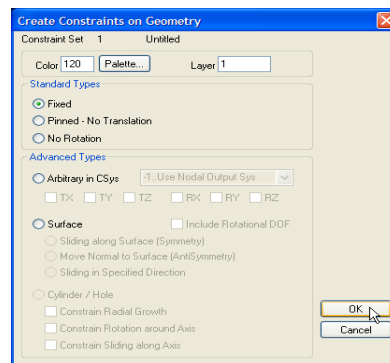
Masukkan temperature kerja sepatu rem yaitu 423⁰K, lalu klik OK



Model – Constraint – On Surface ...

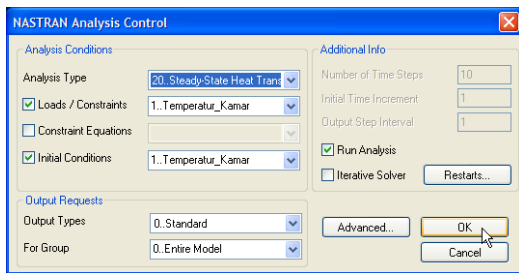
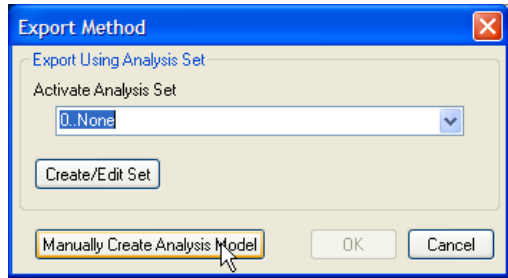


Pilih Surface 18, lalu klik OK, lalu pilih Fixed kemudian klik OK



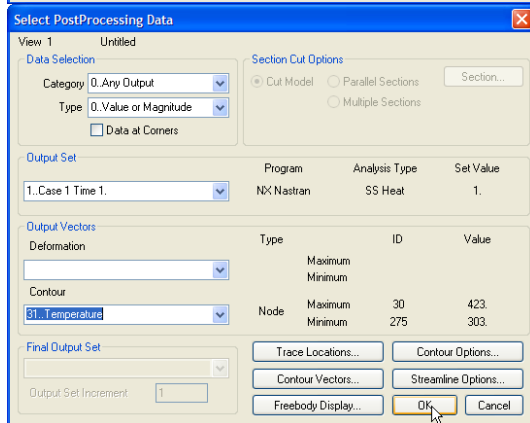
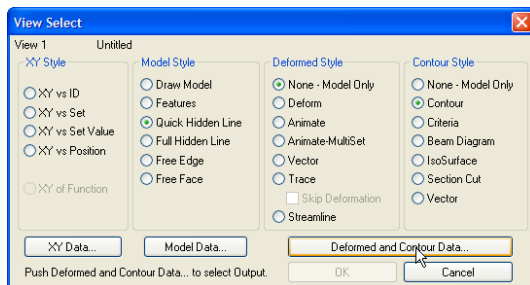
File – Analyze ...

Klik *Manually Create Analysis Model*, kemudian pilih *Analysis Type = 20. Steady State Heat Transver*, lalu klik *OK*



View – Select ... F5

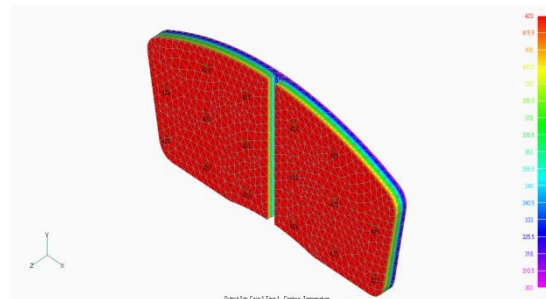
Pilih *Contour Style : Contour*, kemudian klik *Deformed and Contour Data...* lalu pilih *Contour: 31. Temperature*, kemudian klik *OK*



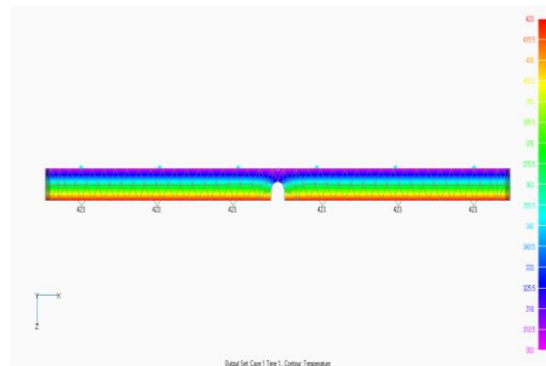
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Distribusi Temperatur Sepatu Rem Model 1

Hasil simulasi elemen hingga untuk distribusi temperatur yang terjadi pada sepatu rem model 1 dengan ketebalan **5mm** dapat dilihat pada Gambar 12. dibawah ini.

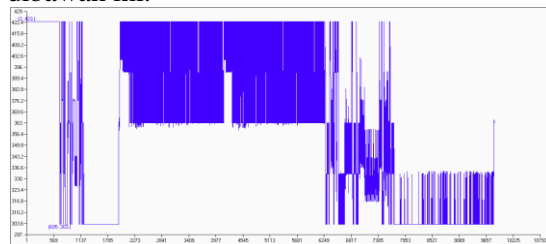


Gambar 12. Hasil simulasi Distribusi temperatur sepatu rem model 1 dengan ketebalan **5mm** dilihat dari samping



Gambar 13. Hasil simulasi Distribusi temperatur sepatu rem model 1 dengan ketebalan **5mm** dilihat dari atas

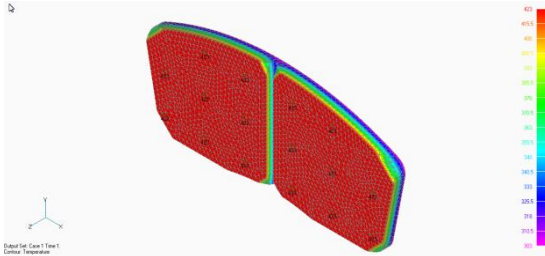
Setelah melakukan analisa distribusi temperatur yang terjadi pada pada sepatu rem model 1 dengan ketebalan **5mm**, maka selanjutnya akan diperoleh grafik penjalaran distribusi temperatur yang terjadi pada elemen tersebut seperti pada Gambar 14 dibawah ini.



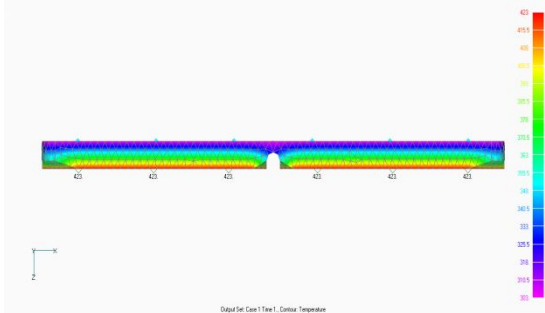
Gambar 14. Grafik Distribusi Temperatur – Element ID pada sepatu rem model 1 dengan ketebalan 5mm

4.2 Analisa Distribusi Temperatur Sepatu Rem Model 2

Sedangkan hasil simulasi elemen hingga untuk distribusi temperatur yang terjadi pada sepatu rem model 2 dengan ketebalan 5mm dapat dilihat pada Gambar 15 dibawah ini.

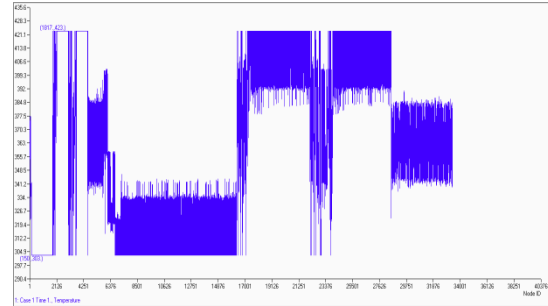


Gambar 15. Hasil simulasi Distribusi temperatur sepatu rem model 2 dengan ketebalan 5mm dilihat dari samping



Gambar 16. Hasil simulasi Distribusi temperatur sepatu rem model 2 dengan ketebalan 5mm dilihat dari atas

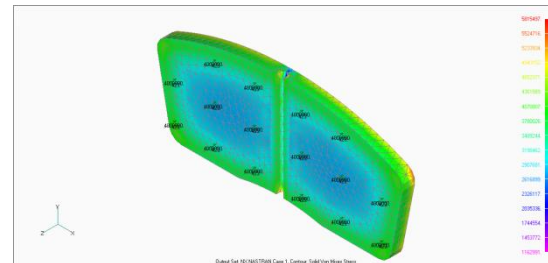
Setelah melakukan analisa distribusi temperatur yang terjadi pada pada sepatu rem model 2 dengan ketebalan 5mm, maka selanjutnya akan diperoleh grafik penjalaran distribusi temperatur yang terjadi pada elemen tersebut seperti pada Gambar 17 dibawah ini.



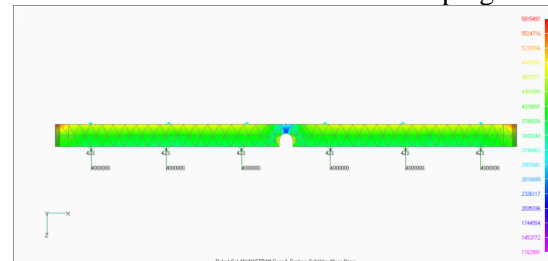
Gambar 17. Grafik Distribusi Temperatur – Element ID pada sepatu rem model 2 dengan ketebalan 5mm

4.3 Analisa Tegangan Thermal Sepatu Rem Model 1

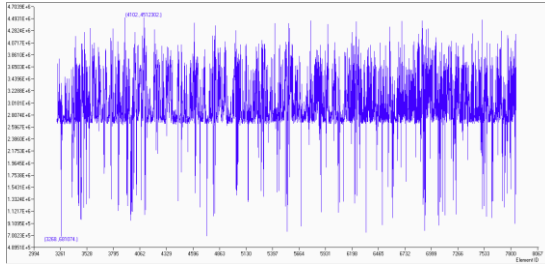
Hasil simulasi elemen hingga untuk tegangan thermal yang terjadi akibat adanya tekanan dari piston dan kenaikan temperatur pada sepatu rem model 1 dengan ketebalan 5mm dapat dilihat pada Gambar 18 dibawah ini. Dari Gambar terlihat bahwa $\sigma_{max} = 5,8155\text{Mpa}$ dan $\sigma_{min} = 1,1629\text{ Mpa}$.



Gambar 18. Hasil simulasi Tegangan Thermal sepatu rem model 1 dengan ketebalan 5mm dilihat dari samping



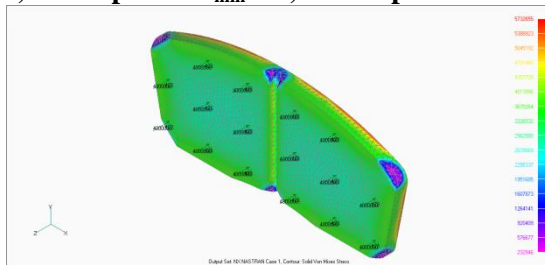
Gambar 19. Hasil simulasi Tegangan Thermal sepatu rem model 1 dengan ketebalan 5mm dilihat dari atas



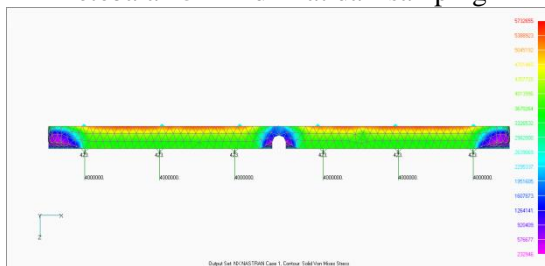
Gambar 20. Grafik Distribusi Tegangan Solid Von Mises – Element ID pada sepatu remmodel 1 dengan ketebalan 5mm

4.4 Analisa Tegangan Thermal Sepatu Rem Model 2

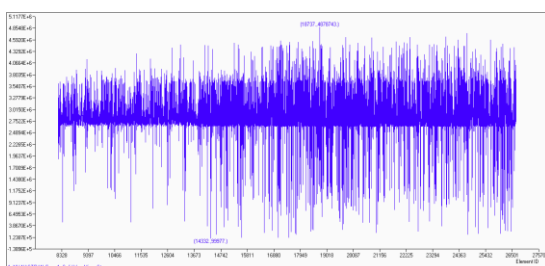
Hasil simulasi elemen hingga untuk tegangan thermal yang terjadi akibat adanya tekanan dari piston dan kenaikan temperatur pada sepatu rem model 2 dengan ketebalan 5mm dapat dilihat pada Gambar 21. dibawah ini. Dari Gambar terlihat bahwa $\sigma_{max} = 5,7326\text{Mpa}$ dan $\sigma_{min} = 0,2329\text{Mpa}$.



Gambar 21. Hasil simulasi Tegangan Thermal sepatu rem model 2 dengan ketebalan 5mm dilihat dari samping



Gambar 22. Hasil simulasi Tegangan Thermal sepatu rem model 2 dengan ketebalan 5mm dilihat dari atas



Gambar 23. Grafik Distribusi Tegangan Solid Von Mises – Element ID pada sepatu remmodel 2 dengan ketebalan 5mm

Perbandingan hasil simulasi tegangan thermal dari kedua model sepatu rem dapat disajikan dalam bentuk Tabel 1 seperti berikut ini :

Tabel 1 Perbandingan Tegangan Thermal

Model Sepatu Rem	Ketebalan Sepatu Rem (mm)	Tegangan Thermal (Mpa)	
		σ_{max}	σ_{min}
Sepatu Rem Model I	5	5,8155	1,1629
Sepatu Rem Model II	5	5,7326	0,2329
Selisih(%)		1,4255	79,9724

5. 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 5 mm dalam penelitian inibahwa desain sepatu rem model 2 memiliki tegangan thermal 5,7326 Mpa maksimum dan 0,2329 Mpa Minimum yang lebih rendah dibandingkan sepatu rem model 1 tegangan thermal 5,8155 Mpa maksimum dan 1,1629 Mpa Minimum. Dengan selisih pengujian maksimum sebesar 1,42 % dan minimum sebesar 79,97 %.
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.
- [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 Ahir 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>