

# SIMULASI DISTRIBUSI TEGANGAN KANVAS REM CAKRAM DENGAN GEOMETRI PERMUKAAN YANG BARU UNTUK SEPEDA MOTOR STANDAR

Anggi Kurniawan<sup>1</sup>, Muftil Badri<sup>2</sup>

Laboratorium Pengujian Bahan, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau  
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas Km 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

<sup>1</sup>c\_kurniawan93@yahoo.co.id, <sup>2</sup>muftilbadri@yahoo.com

## ABSTRACT

*In this research refers to the variation of the surface geometry design of the motorcycle disc brake pads. The purpose of this study was to obtain the surface geometry of the disc brake pads and obtain the stress distribution from the surface geometry of the standard motorcycle disc brake pads. In this study was analyzed the stress that occurs on the surface of the disc brake pads. The results of the disc brake pads analysis in the study was evaluated and compared with commercial brake pads products. In the design of surface geometry of motorcycle disc brake pads using geometry modeling software (design modeler) on ANSYS release 12.1. The designs made in this study were varied in 6 designs that being compared and selected from the design, which having the highest stress distribution value. From the simulation result, it was found that having the highest stress distribution value disc brake pads surface geometry for standard motorcycle was on brake pads design 4, which can increase the tension on the surface of the disc brake pads with maximum equivalent stress value of 4.2186 MPa and its minimum value of 0.019341 MPa.*

*Keywords: Geometry surface, disc brake pads, stress distribution, ANSYS simulation.*

## 1. Pendahuluan

Perkembangan industri otomotif ini meliputi komponen-komponen sepeda motor dengan berbagai macam produk dan merk sehingga menyebabkan persaingan antar produsen, baik dalam persaingan harga, mutu dan kualitas produk. Pada umumnya masyarakat Indonesia mayoritas menggunakan alat transportasi sepeda motor dan akhir-akhir ini sepeda motor banyak beralih menggunakan perangkat rem cakram dibanding rem tromol.

Rem merupakan komponen yang sangat penting untuk keselamatan pengendara terutama pada komponen kanvas rem. Akan tetapi konsumen harus lebih teliti dalam memilih komponen kendaraan sehingga tidak dirugikan dari segi ekonomi ataupun keselamatan. Sepeda motor tentunya membutuhkan perawatan dan penggantian komponen seperti halnya kanvas rem. Kanvas rem adalah suatu komponen yang sangat penting pada sepeda motor karena berfungsi memperlambat dan menghentikan putaran poros, mengendalikan poros dan untuk keselamatan pengendara sendiri.

Kualitas suatu kanvas rem tergantung material pembentuknya. Material pembuat kanvas rem pada umumnya terbuat dari material asbestos. Kanvas rem dari bahan asbestos sudah mulai jarang digunakan karena faktor kesehatan (penyebab

kanker paru-paru). Komponen ini perlu mendapat perhatian terhadap kualitas yang mengacu pada standar nasional dan internasional.

Seiring perkembangan teknologi telah dilakukan berbagai penelitian mengacu pada material kanvas rem ramah lingkungan (non-asbestos). Salah satunya ialah memanfaatkan potensi limbah daerah seperti abu tandan kosong sawit sebagai pengisi material komposit pembuatan kanvas rem non-asbestos. Abu tandan kosong sawit mempunyai keunggulan dalam segi massa jenis. Massa jenis yang lebih ringan serta laju keausan yang mendekati keausan kanvas rem bahan asbestos yang membuat abu tandan kosong sawit sebagai bahan alternatif pengisi komposit untuk pembuatan kanvas rem (Ruzaidi, C.M., dkk. 2011).

Karena kerumitan dan tingginya biaya uji laboratorium yang berhubungan dengan distribusi tegangan pada kanvas rem berbahan komposit, perlu untuk melakukan penelitian menggunakan analisis numerik untuk mengurangi jumlah pengujian yang diperlukan.

Ketersediaan limbah padat sawit ini sangat melimpah, terutama di daerah Riau yang memiliki luas perkebunan sekitar 2.398.328 Ha yang tentunya pasti menghasilkan limbah tandan kosong dan cangkang sawit yang melimpah juga (Kementrian Pertanian. 2014). Diperkirakan kebun

sawit di Riau menghasilkan 1099,3 ton limbah padat (serat dan cangkang) per hari (Moenif, E.M. 2012). Limbah padat sawit tersebut pada umumnya di manfaatkan sebagai pupuk kompos, papan partikel, arang, karbon aktif dan juga bahan bakar boiler pada pabrik kelapa sawit (PKS) (Anonim. 2006).

Penelitian tentang abu tandan kosong sawit sebagai bahan pengisi pembuatan kanvas rem pada sepeda motor dilakukan oleh (Riduan, J.P. 2014), melakukan penyelidikan kekuatan tekan dan laju keausan dengan pengisi abu tandan kosong sawit sebagai bahan penyusun kanvas rem sepeda motor menyatakan bahwa peningkatan tekanan kompaksi dan temperatur sintering tidak selalu mempengaruhi kekuatan tekan dan laju keausan komposit kanvas rem. Ada batas tekanan kompaksi dan temperatur sintering material komposit kanvas rem agar bisa meningkatkan kekuatan tekan dan menurunkan laju keausannya.

Penelitian berikutnya oleh (Barasa, F. 2014), yaitu dengan variasi tekanan kompaksi dan temperatur sintering saat proses pembuatan dan dapat disimpulkan bahwa tekanan kompaksi 380 Bar dan temperatur sintering 150°C yang menghasilkan kekerasan kanvas rem tertinggi dengan laju keausan terkecil.

Merk komponen kanvas rem ditawarkan oleh para produsen sangat beragam, mulai dari standar pabrikan sepeda motor hingga bervariasi merk yang laris dipasaran karena lebih terjangkau harganya, sehingga harus lebih selektif dalam memilih suatu produk. Akan tetapi untuk standar keselamatan tidak pernah ada toleransi, kanvas rem harus tahan aus dari gesekan dan harus aman pada temperatur tinggi yaitu pada saat waktu pengereman lama seperti di jalan menurun yang panjang. Semakin tinggi kecepatan maka semakin tinggi juga panas yang ditimbulkan pada saat pengereman kecepatan tinggi.

Penelitian tentang analisis perilaku distribusi temperatur pada kanvas rem cakram sepeda motor dilakukan oleh (Shahril, K. 2014), yaitu dengan variasi desain kanvas rem sepeda motor yang dapat mengurangi temperatur panas saat pengereman tetapi dapat bekerja dengan baik. Dari hasil penelitian tersebut didapat dua model kanvas rem cakram yang memiliki nilai distribusi temperatur terendah.

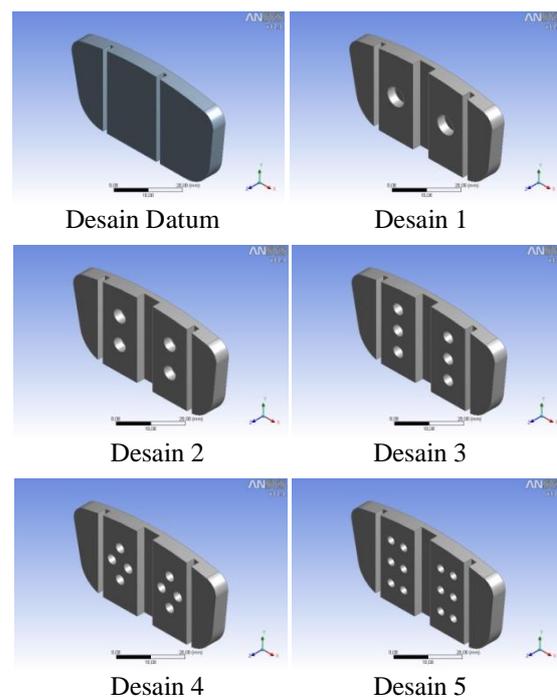
Hal inilah yang menuntut penelitian lanjutan guna mendapatkan kanvas rem cakram model baru untuk sepeda motor standar berbahan abu tandan kosong sawit yang lebih baik. Penelitian ini mengacu pada variasi model geometri permukaan dari kanvas rem cakram sepeda motor. Dalam penelitian ini yang dianalisis adalah tegangan yang terjadi pada permukaan kanvas rem cakram tersebut. Hasil dari analisis kanvas rem cakram dalam penelitian akan dievaluasi dan dibandingkan dengan produk kanvas rem komersial.

## 2. Metode

Metode dalam penelitian ini dijelaskan sebagai berikut:

### 2.1 Desain Geometri Permukaan Kanvas Rem Cakram

Dalam pembuatan desain geometri permukaan dari kanvas rem cakram sepeda motor menggunakan *software* pemodelan geometri (*design modeler*) pada ANSYS release 12.1. Desain yang dibuat dalam penelitian ini divariasikan dalam 6 desain yang nantinya akan dibandingkan dan dipilih dari desain yang terbaik. Dari variasi 6 desain tersebut, terdapat desain datum kanvas rem cakram dari sepeda motor standar yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Desain Kanvas Rem

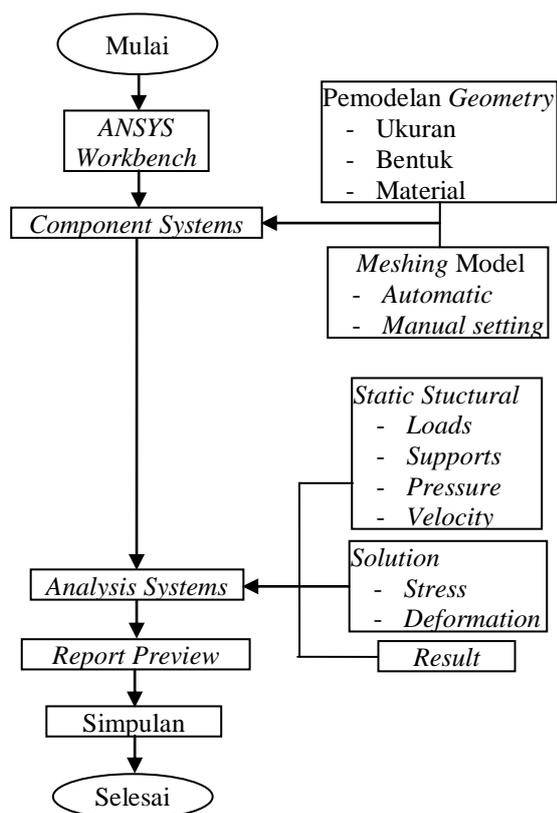
Dari lima jenis desain geometri permukaan kanvas rem cakram yang baru memiliki luas permukaan kontak yang sama, yaitu sebesar 1228,81 mm<sup>2</sup>. Sedangkan untuk desain datum memiliki luas permukaan kontak sebesar 1523,1156 mm<sup>2</sup>.

### 2.2 Simulasi Distribusi Tegangan Menggunakan ANSYS Release 12.1

Dalam penelitian ini yang disimulasikan dari kanvas rem cakram dengan geometri permukaan yang baru untuk sepeda motor standar yaitu:

- 1) distribusi tegangan;
- 2) total deformasi.

Tahapan dalam penggunaan ANSYS dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Tahapan Penggunaan ANSYS

Adapun proses dari simulasi kanvas rem yang digunakan sebagai berikut:

- Material Model

Pada *Engineering Data* ditentukan karakteristik material yang digunakan dari sebuah sistem yang akan dianalisis. Karakteristik dari kanvas rem yang digunakan merupakan karakteristik kanvas rem dari material abu tandan kosong sawit. Namun untuk kanvas rem dari material abu tandan kosong sawit hanya didapat 2 jenis karakteristik, yaitu nilai densitas dan nilai kekuatan tekan.

Untuk melengkapi *Engineering Data* yang akan di simulasikan, diambil data karakteristik dari penelitian K. Shahril yang kanvas remnya dari material asbes. Jenis karakteristik yang di-input merupakan jenis karakteristik standar untuk material *Non Linier* pada ANSYS. *Engineering Data* untuk material kanvas rem yang akan di simulasikan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 *Engineering Data* Material Kanvas Rem pada Simulasi

<i>Properties</i>	Nilai
<i>Thermal conductivity</i> (asbes)	2,06 w/mk
<i>Density</i> (palm slag)	2690 kg/m <sup>3</sup>
<i>Specific heat</i> (asbes)	691 J/kg.°K
<i>Poisson's ratio</i> (asbes)	0,25
<i>Thermal expansion</i> (asbes)	1,0 (10 <sup>-5</sup> /°C)
<i>Elastic modulus</i> (asbes)	14,25 GPa
<i>Coefficient of friction</i> (asbes)	0,2
<i>Compressive ultimate strength</i> (palm slag)	76,2 MPa

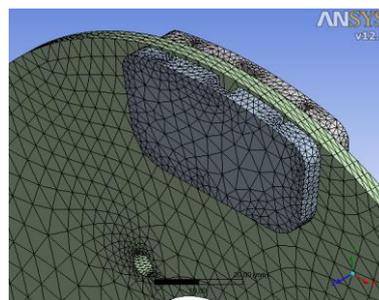
- Kondisi Batas

Prinsip kerja kanvas rem yaitu memperlambat dan menghentikan putaran poros atau roda dari kendaraan, dimana kanvas rem mendapat gesekan pada permukaan kontakannya karena diberi tekanan saat melakukan pengereman. Kondisi batas dari simulasi kanvas rem yang dilakukan yaitu piringan cakram diberikan putaran dengan nilai tertentu pada arah sumbu -X dan kedua kanvas rem dilakukan penekanan secara bersamaan.

Koneksi antar geometri kanvas rem pada sistem simulasi yang di-input kedalam ANSYS yaitu dengan tipe *frictional* menggunakan nilai koefisien gesek sebesar 0,2. *Frictional* merupakan gesekan yang terjadi pada sebuah produk dengan memberikan nilai koefisiennya. Kontak yang terjadi yaitu antara permukaan kanvas rem dengan permukaan piringan cakram.

- Meshing

*Meshing* pada kanvas rem yang digunakan yaitu tipe *Triangular*. Secara umum untuk ukuran *mesh* yang digunakan pada *software* ANSYS dilakukan otomatis (*default size*), namun pada bagian-bagian yang mengalami kontak dan rentan (mengalami tegangan yang besar) seperti pada permukaan kontak kanvas rem digunakan *refinement* 2 kali seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 *Meshing* Kanvas Rem pada Simulasi

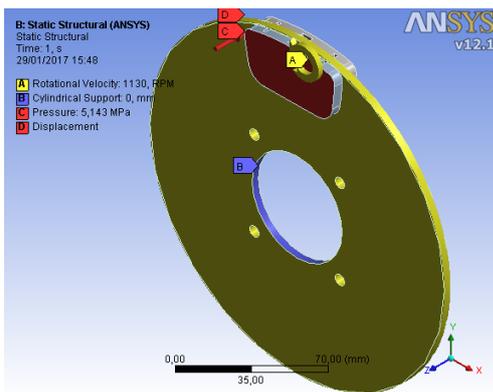
Untuk hasil *mesh* yang didapat dari kanvas rem yaitu berupa nodal dan elemen. Jumlah nodal dan elemen yang didapat dari statistik pada simulasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil *Meshing* pada Kanvas Rem

Desain	Nodal	Elemen
Desain Datum	17318	8699
Desain 1	19372	9838
Desain 2	21705	11118
Desain 3	25362	12953
Desain 4	27806	14236
Desain 5	32972	16896

### 2.3 Input Nilai Simulasi Kanvas Rem

Simulasi pada kanvas rem menggunakan *software* berbasis metode numerik dilakukan *input* nilai. Berikut ini dijelaskan beberapa nilai yang di-*input* pada simulasi dan ditunjukkan pada Gambar 4.



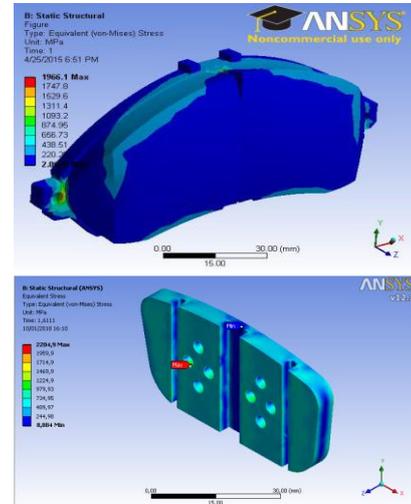
Gambar 4 *Input* Nilai pada Simulasi Kanvas Rem

- Kecepatan Putaran (*Rotational Velocity*)  
Kecepatan putaran piringan cakram pada simulasi kanvas rem diambil dari data penelitian yang dilakukan oleh Patel. B. R., 2015. Nilai kecepatan putaran piringan cakram yaitu sebesar 1130 rpm.
- *Cylindrical Support*  
*Cylindrical support* ini digunakan untuk membuat putaran dari piringan cakram hanya berputar pada satu sumbu. Dari simulasi kanvas rem ini, piringan cakram berputar searah sumbu -X dengan titik sumbu Z.
- Tekanan (*Pressure*)  
Tekanan yang diberikan pada kanvas rem menggunakan simulasi ini dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{6319,31 \text{ N}}{1228,8098 \text{ mm}^2} = 5,143 \text{ MPa}$$

Dimana nilai gaya (F) yang dipakai menggunakan data penelitian dari Patel. B. R., 2015 dan luas permukaan (A) yaitu luas dari permukaan kontak kanvas rem.

Dari hasil penelitian tentang kanvas rem yang dilakukan oleh Patel. B. R., 2015 dengan material pembuat kanvas rem lain menggunakan komposisi bahan: SiO<sub>2</sub>, CaO, K<sub>2</sub>O, MgO, FeO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Selanjutnya dibandingkan hasil simulasi dari Patel. B. R. menggunakan desain pada penelitian ini yang diperlihatkan pada Gambar 5.

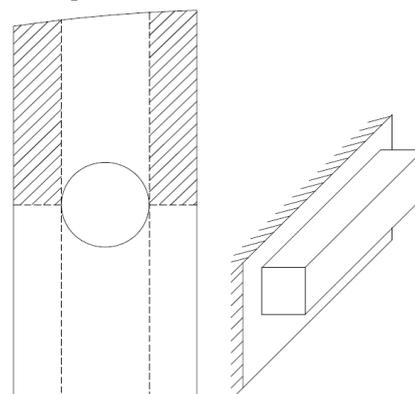


Gambar 5 Validasi Hasil Simulasi

Dimana nilai tegangan maksimum yang dihasilkan dari simulasi Patel, B.R. sebesar 1966,1 MPa dan nilai tegangan minimum sebesar 2,067 MPa sedangkan dari simulasi pada penelitian ini nilai tegangan maksimumnya sebesar 2204,9 MPa dan nilai minimum sebesar 8,884 MPa.

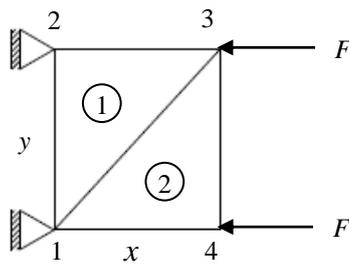
### 2.4 Rumus Perhitungan Metode Numerik Pada Kanvas Rem

Perhitungan metode numerik ini dilakukan pada kanvas rem desain 1. Untuk perhitungan distribusi tegangan secara metode numerik pada kanvas rem ini mengikuti contoh perhitungan dari buku yang di tulis oleh Daryl L. Logan. Dalam perhitungan distribusi tegangan kanvas rem dilakukan pada potongan dari kanvas rem seperti ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Perhitungan Distribusi Tegangan dengan Metode Numerik

Dari potongan yang dilakukan pada kanvas rem untuk perhitungan secara metode numerik, selanjutnya dilakukan penentuan elemen seperti ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7 Penentuan Elemen untuk Perhitungan Distribusi Tegangan

Dalam perhitungan distribusi tegangan yang dilakukan pada kanvas rem diperoleh nilai tegangan sebagai berikut:

*Equivalent (von-Mises) Stress:*

$$\sigma_v = \left[ \frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2} \right]^{1/2}$$

*Principal Stress:*

$$\sigma = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \left[ \left( \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \right)^2 + \tau_{xy}^2 \right]^{1/2}$$

Dengan penjabaran rumus dari distribusi tegangan sebagai berikut:

Persamaan matriks;

$$[F] = [K]\{d\}$$

Kekakuan matriks;

$$[k] = tA[B]^T[D][B]$$

Dimana;

$$[B] = \frac{1}{2A} \begin{bmatrix} \beta_i & 0 & \beta_j & 0 & \beta_m & 0 \\ 0 & \gamma_i & 0 & \gamma_j & 0 & \gamma_m \\ \gamma_i & \beta_i & \gamma_j & \beta_j & \gamma_m & \beta_m \end{bmatrix}$$

Dan,

$$[D] = \frac{E}{(1 - \nu^2)} \begin{bmatrix} 1 & \nu & 0 \\ \nu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1 - \nu}{2} \end{bmatrix}$$

Rumus tegangan,

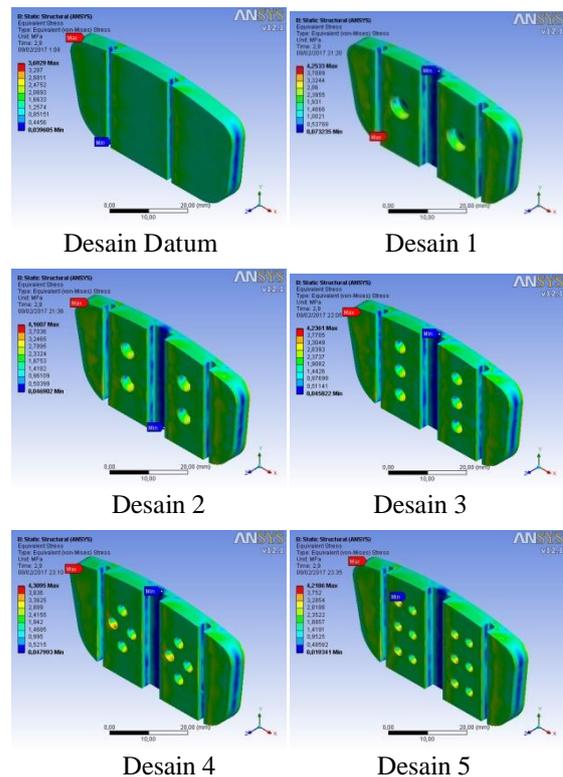
$$\{\sigma\} = [D][B]\{d\}$$

### 3. Hasil

#### 3.1 Hasil Simulasi Distribusi Tegangan pada Kanvas Rem

Distribusi tegangan yang dihasilkan untuk ke-6 desain yang telah disimulasikan dapat dilihat pada

Gambar 8. Untuk distribusi tegangan yang diambil dari hasil simulasi yang dilakukan yaitu *Equivalent (von-Mises) Stress*, *Maximum Principal Stress* dan Total Deformasi yang terjadi pada kanvas rem cakram.



Gambar 8 *Equivalent (von-Mises) Stress* dari Hasil Simulasi pada Kanvas Rem

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan, didapatkan hasil distribusi tegangan dan total deformasi pada kanvas rem tersebut. Hasil distribusi tegangan dan total deformasi dari simulasi dapat ditunjukkan pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3 Data Nilai dari Hasil Simulasi pada Kanvas Rem

Desain	Distribusi Tegangan		Total Deformasi
	<i>Equivalent Stress</i> Maks (MPa)	Min (MPa)	Maks (mm)
Datum	3,6929	0,03968	0,0013636
Desain 1	4,2533	0,0732	0,0016848
Desain 2	4,1607	0,0469	0,0016793
Desain 3	4,2361	0,04582	0,0016878
Desain 4	4,3095	0,04799	0,0016779
Desain 5	4,2186	0,01934	0,0016795

#### 3.2 Hasil Perhitungan Metode Numerik pada Kanvas Rem

Hasil dari perhitungan distribusi tegangan dengan cara metode numerik yaitu:

- Potongan 1

Dari hasil perhitungan kanvas rem pada potongan 1 dengan metode numerik didapat nilai tegangan sebagai berikut:

Elemen 1:

*Equivalent (von-Mises) Stress;*  
 $\sigma_v = 131,07 \text{ MPa}$   
*Maximum Principal Stress;*  
 $\sigma_1 = -5,93 \text{ MPa}$

Elemen 2:

*Equivalent Stress;*  
 $\sigma_v = 145,83 \text{ MPa}$   
*Maximum Principal Stress;*  
 $\sigma_1 = 111,89 \text{ MPa}$

- Potongan 2

Dari hasil perhitungan kanvas rem pada potongan 2 dengan metode numerik didapat nilai tegangan sebagai berikut:

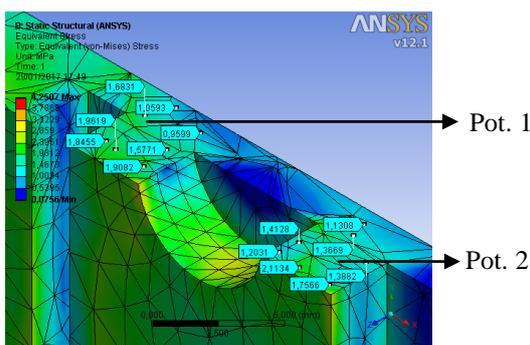
Elemen 1:

*Equivalent (von-Mises) Stress;*  
 $\sigma_v = 0,122 \text{ MPa}$   
*Maximum Principal Stress;*  
 $\sigma_1 = -0,0055 \text{ MPa}$

Elemen 2:

*Equivalent Stress;*  
 $\sigma_v = 0,135 \text{ MPa}$   
*Maximum Principal Stress;*  
 $\sigma_1 = 0,1037 \text{ MPa}$

Setelah didapat hasil perhitungan distribusi tegangan secara manual menggunakan metode numerik, selanjutnya dibandingkan dengan melihat hasil dari simulasi pada potongan dan elemen yang sama dengan perhitungan secara manual. Hasil dari simulasi tersebut dapat dilihat menggunakan perintah dari *software* yaitu *probe* seperti ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9 *Equivalent (von-Mises) Stress* pada Potongan Kanvas Rem dari Hasil Simulasi

Dari hasil simulasi pada potongan 1 didapat nilai *Equivalent (von-Mises) Stress* 0,9599 s.d 1,9619 *MPa* sedangkan pada potongan 2 nilai *Equivalent Stress* yang didapat yaitu 1,1308 s.d 2,1134 *MPa*.

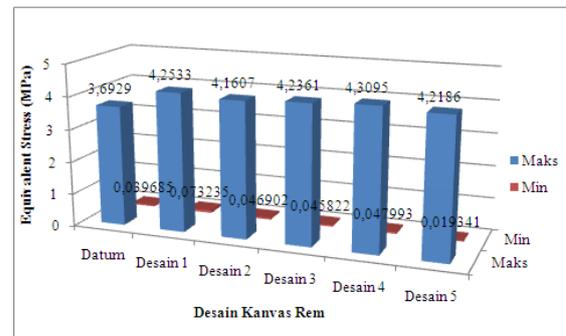
Hasil perbandingan dari simulasi dengan perhitungan manual dibuat kedalam bentuk tabel *percentage (%) error* seperti diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 4 % *Error* Hasil Simulasi dengan Perhitungan Manual pada Kanvas Rem

Jenis Tegangan	Potongan	% <i>Error</i>
<i>Equivalent (von-Mises)</i>	1	87,145
	2	0,845
<i>Maximum principal</i>	1	34,757
	2	0,909

#### 4. Pembahasan

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan, didapat bahwa kelima variasi dari desain kanvas rem cakram memiliki perbedaan nilai distribusi tegangan yang tidak terlalu besar. Hasil simulasi yang diperoleh dari kanvas rem tersebut dibuat kedalam bentuk histogram yang dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10 Histogram Tegangan Ekuivalen Terhadap Masing-masing Desain Kanvas Rem

Jika dilihat pada Gambar 10, nilai maksimum tegangan ekuivalen terbesar terdapat pada desain 4 dengan nilai tegangan sebesar 4,3095 *MPa* namun untuk nilai minimum terbesar dari tegangan ekuivalen terdapat pada desain 1 dengan nilai tegangan sebesar 0,073235 *MPa*. Untuk itu, dari hasil distribusi tegangan pada simulasi diambil desain yang terbaik yaitu desain 4.

Distribusi tegangan yang didapat dari hasil simulasi untuk keenam variasi desain kanvas rem hanya satu desain yang akan dipilih menjadi desain terbaik. Namun dari histogram terdapat dua desain yang terbaik, untuk itu dipilih kanvas rem yang terbaik dari kelima desain yaitu kanvas rem dengan desain 4. Dari kanvas rem desain 4 ini, nilai

distribusi tegangan yang terbesar dari desain lainnya.

Dari hasil perhitungan dengan cara metode numerik pada kanvas rem, nilai distribusi tegangan pada elemen yang sama dengan hasil simulasi jauh perbedaannya. Perhitungan yang dilakukan pada kanvas rem desain 1 didapat nilai tegangan ekuivalen dan tegangan principal yang mendekati hasil dari simulasi yaitu terdapat pada potongan 2 yang terletak di tengah-tengah kanvas rem..

Metode yang digunakan dalam melakukan perhitungan dengan cara metode numerik mungkin berbeda dengan metode numerik pada simulasi, sehingga hasilnya tidak sama. Dalam perhitungan secara manual juga akan terjadi kesalahan, karena hasil dari simulasi dengan *software* tidak akan sama dengan perhitungan secara manual yang dilakukan.

## 5. Simpulan

Dari penelitian simulasi distribusi tegangan pada kanvas rem cakram untuk sepeda motor standar yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

- 1) Geometri permukaan kanvas rem cakram untuk sepeda motor standar telah diperoleh pada penelitian ini. Dimana desain dengan 4 lubang mampu meningkatkan tegangan di permukaan kanvas rem cakram.
- 2) Dari hasil simulasi didapatkan bahwa pada kanvas rem desain 4 yang dipilih untuk geometri permukaan yang terbaik dengan nilai tegangan ekuivalen maksimum sebesar 4,2186 MPa dan nilai minimumnya sebesar 0,019341 MPa.

## Daftar Pustaka

Anonim. 2006. *Pedoman Pengelolaan Limbah Industri Kelapa Sawit*. <https://www.scribd.com/document/110320555/limbah-kelapa-sawit>.

Diakses Tanggal 13 Januari 2016.

Barasa, F. 2014. Kaji Pembuatan Kanvas Rem Sepeda Motor Bahan Komposit dengan Filler Palm Slag. *JOM Fakultas Teknik Universitas Riau*. Vol. 1 No. 2.

Kementrian Pertanian. 2014. *Statistik Perkebunan Indonesia Komoditas Kelapa Sawit 2013-2015*. Direktorat Jenderal Perkebunan. Jakarta.

Logan, D. L., 2007, *A First Course in the Finite Element Method*, 4 th ed. Thomson, USA.

Moenif, E. M. 2012. *Potensi, Pengembangan dan Target Implementasi Energi Terbarukan di*

*Propinsi Riau*. <https://www.scribd.com/document/193188783/kelapa-sawit>. Diakses tanggal 13 Januari 2016.

Patel, B.R. 2015. New Suggested Material Composition for Making Brake Pad. *RET Academy for International Journals of Multidisciplinary Research*. Vol. 3.

Riduan, J.P. 2014. Penyelidikan Kekuatan Tekan dan Laju Keausan Komposit dengan Filler Palm Slag sebagai Bahan Penyusun Kanvas Rem Sepeda Motor. *JOM Fakultas Teknik Universitas Riau*. Vol. 1 No. 2.

Ruzaidi, C. M., Kamarudin, H., Shamsul, J.B, Bakri, A.M.M.A, dan Rafiza, A.R. 2011. Comparative Study on Thermal, Compressive and Wear Properties of Palm Slag Brake Pad Composite with Other Fillers. *Australian J. of Basic and Applied Science*. Vol. 5(10) Hal. 790-796.

Shahril, K. 2014. Analysis of Temperature Distribution Behavior of Motorcycle Brake Pads. *Conference Colloquium on Education, Engineering and Technology*.