

Analisis Komparasi Struktur dan Termal Piringan Rem Cakram Berventilasi

Darto¹, I Made Sunada², Roman^{3*}

^{1,3} Jurusan Teknik Mesin Universitas Merdeka Malang
Jalan Taman Agung 1 Malang Indonesia

¹darto@unmer.ac.id

^{3*}roman.purnomo@gmail.com

Abstrak— Komponen kendaraan yang berkaitan dengan sistem pengereman menjadi yang utama untuk diperhatikan dalam produksi sebuah kendaraan dalam hal ini adalah mobil. Pengereman adalah bagian terpenting dalam kendaraan. Rem berfungsi untuk memperlambat dan menghentikan rotasi/putaran roda. Untuk menghentikan putaran roda, kampas rem bekerja secara mekanis terhadap piringan rem cakram pada kedua sisi permukaan. Energi kinetik yang bekerja pada pengereman berubah menjadi energi termal dan membuat putaran roda melambat dan berhenti. Analisis struktur dan termal bertujuan untuk mengetahui kinerja piringan rem cakram pada saat proses pengereman berlangsung. Di dalamnya dapat diketahui persebaran panas dan kekuatan struktur, deformasi dan ekuivalen tegangan pada piringan rem cakram berventilasi. Proses analisis ini menggunakan perangkat lunak ANSYS Workbench 18.1. Hasil yang didapat bahwa temperatur piringan rem cakram akan terus meningkat saat proses pengereman berlangsung. Material grey cast iron dengan variabel uji tekanan 1, 2, 5, dan 10 MPa memiliki nilai deformasi terendah dibandingkan dengan material Al. MMC dan stainless steel dengan rata-rata deformasi 0,36 mm.

Kata kunci— Piringan rem cakram berventilasi, struktur, termal, ANSYS Workbench

Abstract— Vehicle components related to the braking system become the main focus in the production of a vehicle especially in automobile industries. Braking System is the major part of the vehicle. Brake works to slow and stop rotation / wheels rotation. To stop wheels rotation, braking pads work mechanically by pressing disc brake on both sides of the disc's surface. Kinetic energy which working on the braking system than turns into thermal energy and makes the wheel spin slow-down and stop. Structural and thermal analysis aims to know and determine the performance of disc brake during braking process. On it, it will known about thermal distribution and structural strength, deformation and equivalent stress (von Mises) of ventilated disc brake. The analysis process uses software ANSYS Workbench 18.1. The results obtained that disc brake's temperature will continue to increase when the braking process occurs. Gray cast iron with pressure test variables 1, 2, 5, and 10 MPa has the lowest deformation value compared with Al. MMC and stainless steel with an average deformation of 0.36 mm

Keywords— Ventilated Disc Brake, Structure, Thermal, ANSYS Workbench.

I. PENDAHULUAN

Semakin berkembangnya dunia otomotif saat ini, semakin menuntut para ilmuwan untuk menemukan inovasi-inovasi baru dalam dunia otomotif. Beberapa hal yang menjadi fokus utama dalam membangun sebuah mobil antara lain : pemesinan, kenyamanan, keamanan dan pengaplikasian teknologi dalam sistem kendaraan itu sendiri.

Namun dari hal-hal yang penting di atas faktor keamanan tetap menjadi hal utama yang harus selalu diperhatikan dalam perencanaan sebuah mobil. Salah satunya adalah sistem pengeremannya. Fokus utama dalam pengereman pada suatu mobil yaitu harus dapat mengimbangi performa mesin mobil itu sendiri. Sehingga pada saat kondisi darurat rem dapat bekerja dengan optimal dan keselamatan pengemudi dan pengguna jalan lain tetap terjaga.

Tipe rem yang saat ini digunakan pada sebagian besar kendaraan mobil ada dua yakni tipe rem tromol dan rem cakram. Pada tugas akhir ini penulis mengangkat tema tentang rem cakram berventilasi. Secara garis besar tipe rem cakram itu sendiri terdapat dua jenis, rem cakram tipe solid dan rem cakram tipe berventilasi.

Sebelumnya beberapa peneliti telah melakukan penelitiannya masing-masing yang berhubungan dengan rem baik tipe solid atau berventilasi dan telah diterbitkan dalam jurnal internasional. Penelitian tersebut menjadi masukan penting bagi penulis sebagai variabel penelitian dalam membuat tugas akhir ini. Penelitian tersebut antara lain :

1. Structural and Thermal Analysis of Rotor Disc of Disc Brake yang telah diteliti oleh Manjunath T.V dan Dr. Suresh P.M. Dalam penelitiannya di jelaskan bahwa penggunaan rem cakram berventilasi lebih baik dibanding dengan rem cakram tipe solid karena nilai tegangan, deformasi, dan temperatur yang lebih baik.

2. Thermal and Structural Analysis using FEA on Pillar Vans Type Ventilated Disc Brake Rotor yang telah diteliti oleh Anurag Patel dan Ankur Malviya. Dalam hasil penelitiannya disebutkan bahwa rem cakram berbahan stainless steel memiliki nilai deformasi yang lebih baik dibanding dengan rem cakram berbahan grey cast iron, sedangkan berdasarkan nilai tegangannya bahan grey cast iron memiliki kemampuan performa yang lebih baik dibanding bahan stainless steel.

3. Design and Analysis of a Vented Disc Brake Rotor yang diteliti oleh Gowrisankar Madu dan Kandula Deepthi. Dalam hasil penelitian struktural dijelaskan nilai intensitas tegangan lebih rendah pada piringan rem cakram tipe ventilasi dibandingkan dengan tipe solid dan untuk material terbaik dalam analisa struktural ialah AL MMC dibandingkan dengan stainless steel dan cast iron. Begitu pula didapatkan pada analisa termal, material AL MMC memiliki nilai termal yang lebih rendah dibandingkan stainless steel dan cast iron

II. METODE

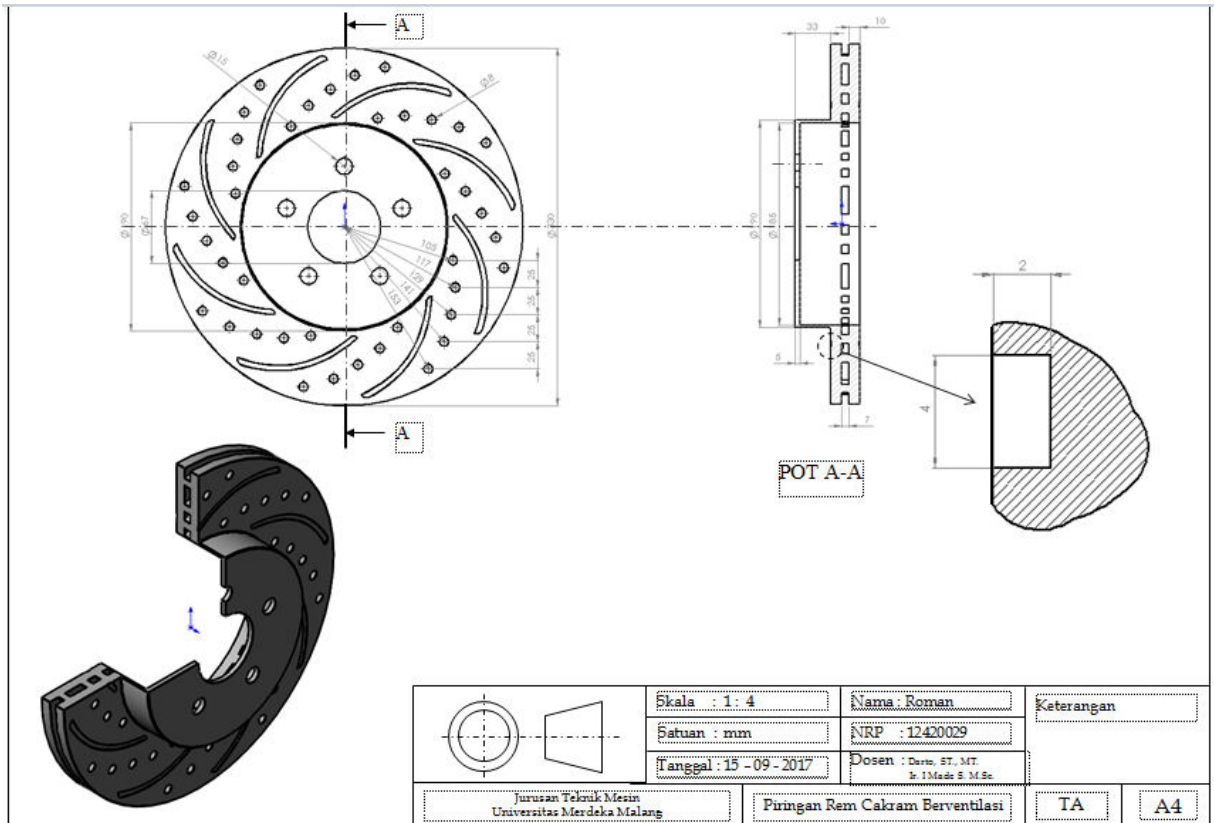
Metode yang dilaksanakan dalam penelitian ini adalah dengan mensimulasikan desain rem cakram berventilasi untuk satu variabel tetap yaitu dimensi rem cakram berventilasi dan variabel tidak tetap berupa jenis material rem cakram yaitu

1. SAE J431 Grade G3000 Grey Cast Iron
2. Al. MMC (Metal Matrix Composite)
3. Stainless Steel

Sedangkan parameter yang dihitung dalam simulasi adalah variabel energi kinetik yang terjadi saat pengereman, jarak pengereman sampai kendaraan berhenti serta daya pengereman total, sehingga mendapatkan hasil kemampuan struktural dan termal pada piringan rem cakram menggunakan perangkat lunak ANSYS 18.1

Tabel I
MATERIAL PROPERTIES

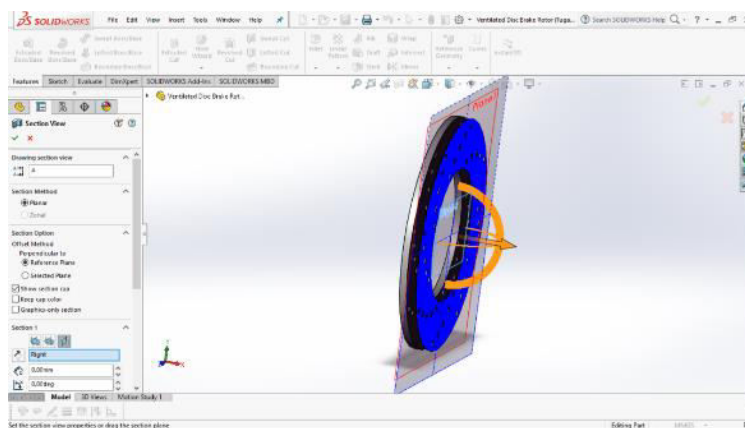
Kekuatan Bahan	Nilai			Satuan
	G.C.I	AlMMC	S.T	
Density (ρ)	7500	2765,2	7750	kg/m ³
Elastic (Young's) Modulus (E)	180	98,5	193	Gpa
Thermal Conductivity (k)	54,0	181,65	15,1	W/mk
Poisson Ratio	0.29	0,33	0,31	-
Specific Heat Capacity	490	836,8	500	J/kg-K
Thermal Expansion (α)	12	17,5	17	$\mu\text{m/m-K}$
Kecepatan sudut (ω)	44,91			Rad/s
Tekanan hidrolik total pada piringan (P)	1, 2, 5, 10			MPa
Temperatur piringan rem cakram (T)	22			°C



Gambar 1. Desain Ventilated Disc Brake

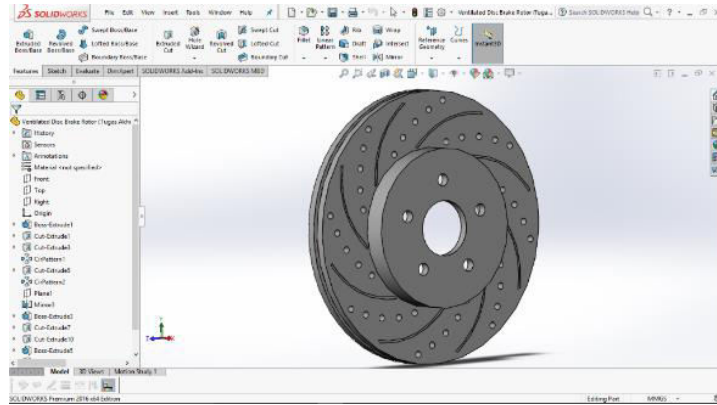
III. HASIL

Dalam perancangan, piringan rem cakram ini didesain menggunakan perangkat lunak Solidworks 2016 dan kemudian dilanjutkan dengan analisa struktur dan termal menggunakan perangkat lunak ANSYS 18.1.



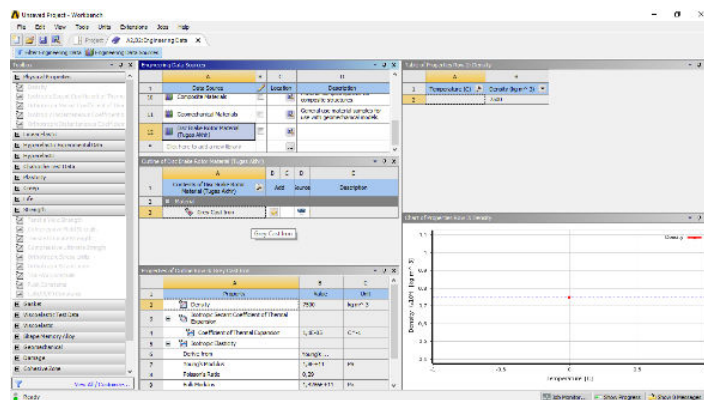
Gambar 5 Pemodelan dengan Solidworks

Proses desain piringan rem cakram berventilasi dilakukan pada perangkat lunak Solidworks dengan dimensi dan ukuran seperti tertera pada tabel 3.



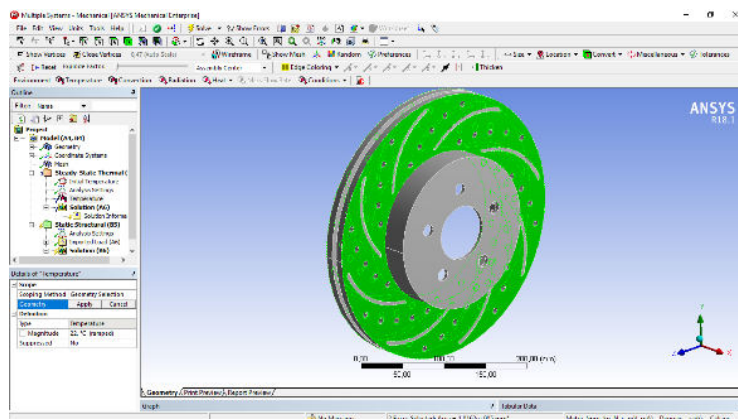
Gambar 6 Bentuk Jadi Piringan Rem Cakram

Hasil dari pemodelan pada solidworks kemudian disimpan dalam format *.igs agar selanjutnya dapat langsung diimpor pada perangkat lunak ANSYS 18.1 untuk dilakukan analisis struktur dan termal.



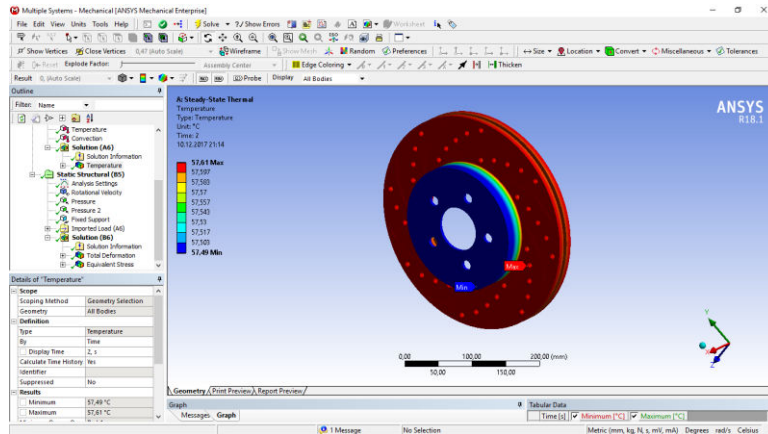
Gambar 7 Engineering Data

Sebelum dilakukan analisa struktur dan termal pada ANSYS, data-data tentang kekuatan bahan material (grey cast iron, Al. MMC, stainless steel) di *input* pada kolom *Engineering Data*.



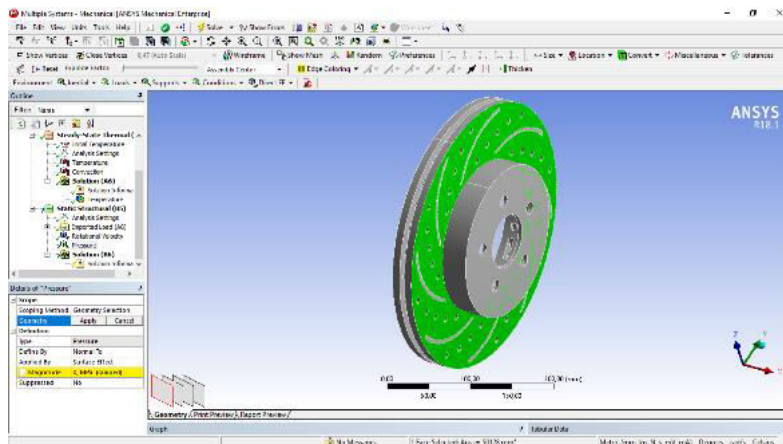
Gambar 8 Environment Termal

Pada tahap *Environment* ini dilakukan input data pendukung penelitian pada analisa termal berupa temperatur awal sebelum pengereman (22°C), waktu pengereman (2,4,6,8,10 detik), dan penandaan bidang *convection*.



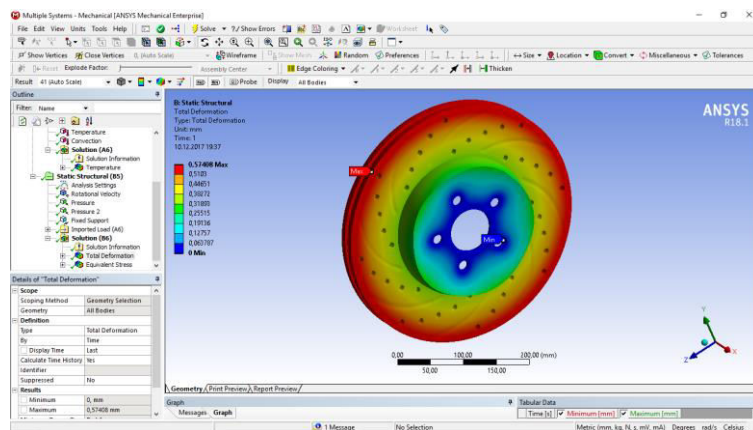
Gambar 9 Hasil Analisis Termal

Hasil yang diperoleh setelah dilakukan analisa termal pada piringan rem cakram berventilasi. Gradien warna yang berbeda menunjukkan tingkat temperatur. Warna merah menunjukkan tingkat temperatur paling tinggi/paling panas berada pada bidang piringan rem cakram, sedangkan warna biru tua menunjukkan tingkat temperatur yang paling rendah berada pada bagian *hat* rem cakram.



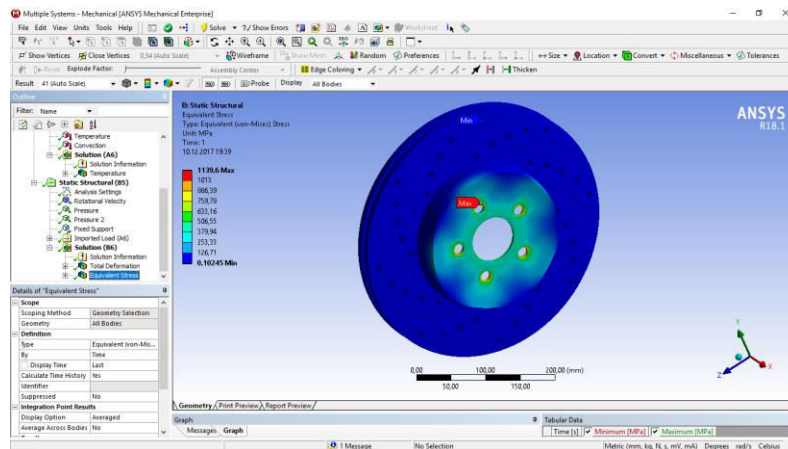
Gambar 10 Environment Struktur

Tahap *Environment* ini dilakukan *input* data pendukung penelitian pada analisa struktur berupa tekanan yang di terima oleh piringan rem cakram (1, 2, 5, 10 MPa), *Fix support* pada bagian *bolt*, dan kecepatan putaran sudut (44,91 Rad/s).



Gambar 11 Hasil Total Deformasi

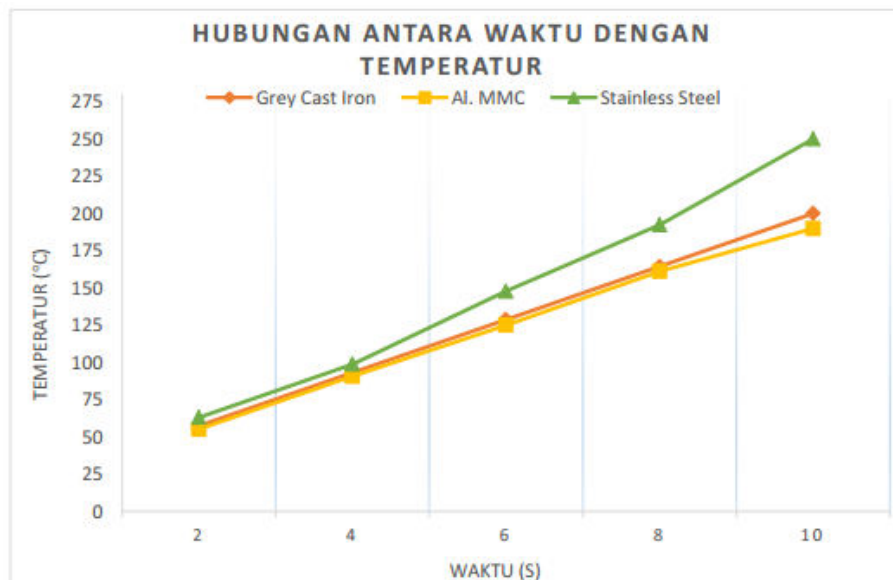
Hasil yang diperoleh berbentuk gradien warna yang berbeda yang menunjukkan besaran deformasi yang terjadi pada piringan rem cakram berventilasi. Deformasi terbesar terjadi pada ujung/pinggir piringan karena dampak tekanan langsung yang didapat dari gerakan hidrolis piston di kaliper.



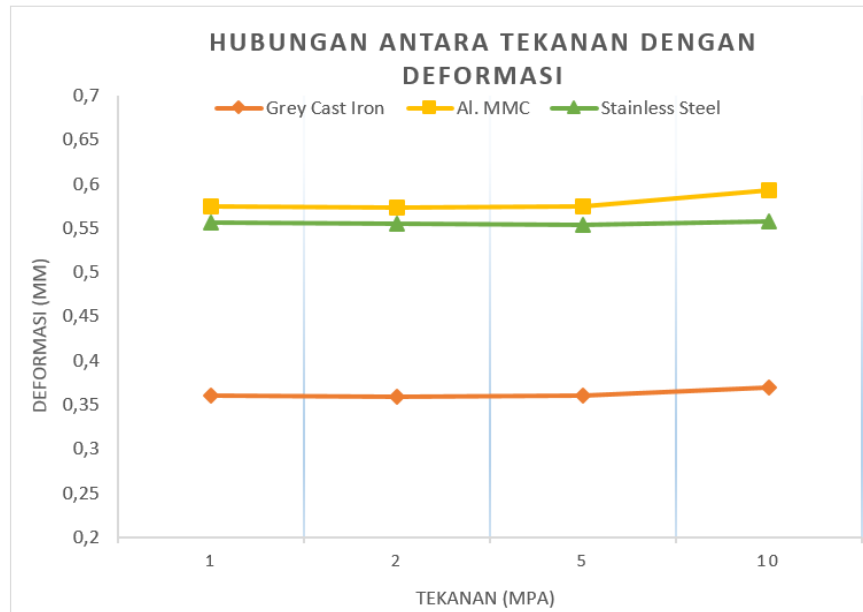
Gambar 12 Hasil Ekuivalen Stress (von Mises)

Terlihat pada hasil simulasi yang dilakukan nilai ekuivalen tegangan dengan nilai terbesar terletak pada bagian lubang bolt, hal ini terjadi karena posisi tersebut berkaitan langsung dengan sambungan yang menghubungkan sistem pengereman dengan bagian poros roda, posisi dimana getaran terbesar pada saat pengereman terjadi.

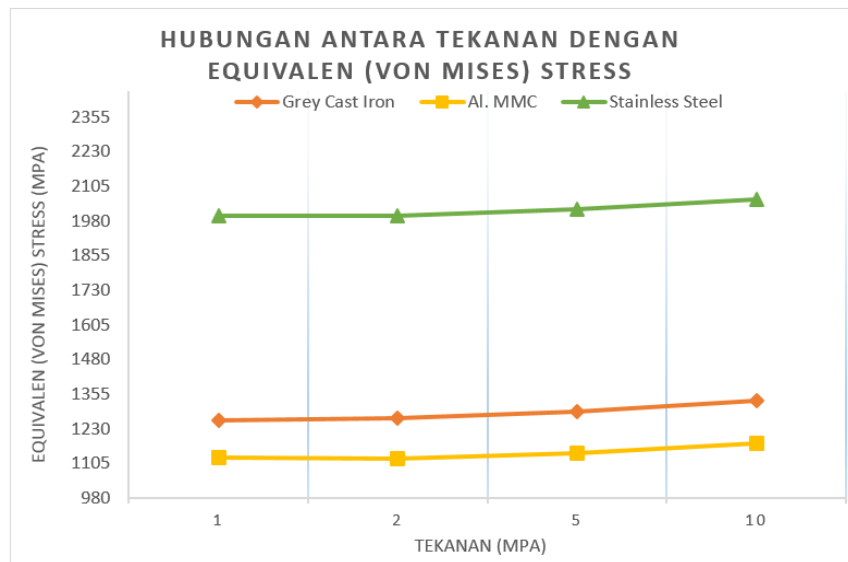
Hasil simulasi yang dilakukan dengan bantuan perangkat lunak ANSYS Workbench 18.1 dengan kondisi operasional konstan dengan temperatur awal 22 °C , Kecepatan Sudut (ω) = 44,91 Rad/s dengan bahan material piringan rem cakram Grey Cast Iron, Al. MMC., Stainless Steel didapatkan hasil sebagai berikut :



Gambar 2. Material Rem Cakram Dengan Waktu Pengereman



Gambar 3. Deformasi Rem Cakram Dengan Tekanan Pengereman



Gambar 4. Tegangan Yang Terjadi Pada Rem Cakram Dengan Tekanan Pengereman

IV. PEMBAHASAN

Berdasarkan Gambar 2, material Al. MMC menghasilkan peningkatan temperatur paling rendah dibanding material grey cast iron dan stainless steel karena pada susunan material Al. MMC terdapat SiC (keramik) sebesar 15 % sehingga hasil dari pencampuran alumunium dan keramik ini menghasilkan bahan yang memiliki daya tahan vibrasi sekaligus konduktifitas panas yang paling baik diantara dua material lainnya. Ditambah lagi dengan rem cakram tipe ventilasi yang membuat aliran panas yang terdapat pada material pada saat proses pengereman berlangsung dapat dengan baik didistribusikan keluar.

Berdasarkan Gambar 3, Nilai deformasi pada material grey cast iron paling kecil dibandingkan dengan material Al. MMC dan stainless Steel. Hal ini dikarenakan grey cast iron memiliki derajat kelentingan (resilience) yaitu kemampuan satu bahan dalam menyerap energi dalam fase perubahan elastis yang paling baik dibanding dua material

yang lain. Sehingga perubahan bentuk (deformasi plastis) saat menerima sebuah tekanan dapat di redam.

Berdasarkan Gambar 4, Hasil dari simulasi yang telah dilakukan menunjukkan nilai resultan tegangan (Von Mises) saat pengereman berlangsung mengalami peningkatan seiring bertambahnya tekanan yang diberikan. Hasil yang didapat material Al. MMC memiliki nilai resultan tegangan paling rendah dibandingkan dengan material grey cast iron dan stainless Steel. Hal ini salah satunya dikarenakan Al. MMC memiliki unsur Silikon (SiC) sebesar 15 %, dimana unsur tersebut mempunyai kelebihan yaitu keuletan, kemampuan dan ketangguhan dalam menahan beban yang lebih baik.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah disimulasikan pada perangkat lunak ANSYS Workbench didapat beberapa hasil sebagai berikut temperatur piringan rem cakram akan terus meningkat saat proses pengereman berlangsung, temperatur piringan rem cakram (Al. MMC) rata-rata mengalami kenaikan temperatur yang stabil dan paling rendah dibandingkan dengan grey cast iron dan stainless steel. Hal tersebut terjadi dikarenakan memiliki daya tahan vibrasi sekaligus konduktifitas panas yang paling baik

Material grey cast iron dengan variabel uji tekanan 1, 2, 5, dan 10 MPa memiliki nilai deformasi terendah dibandingkan dengan material Al. MMC dan stainless steel dengan rata-rata deformasi 0,36 mm serta material Al. MMC memiliki nilai Von Mises stress terendah dibandingkan material grey cast iron dan stainless steel dengan rata-rata nilai 1141,65 MPa

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Laboratorium Komputer Program Studi Teknik Mesin Universitas Merdeka Malang yang telah mendukung penggunaan perangkat lunak dalam menyelesaikan penulisan artikel ini.

REFERENSI

- [1] MANJUNATH T.V, DR. SURESH P.M. (2013). *STRUCTURAL AND THERMAL ANALYSIS OF ROTOR DISC OF DISC BRAKE*. (JURNAL INTERNASIONAL ISSN : 2319-8753). VOL. 02, ISSUE 12.
- [2] Anurag Patel, Ankur Malviya. (2015). *Thermal and Structural Analysis using FEA on Pillar Vans Type Ventilated Disc Brake Rotor*. (Jurnal Internasional ISSN : 2321-0613). Vol. 03, Issue 10.
- [3] Madu. Gowrisankar, Kandula deepthi. (2015) Design and Analysis of a Vented Disc brake Rotor. (Jurnal Internasional ISSN (e) : 2250 – 3005). Vol 05, Issue 02.
- [4] Make It From. (2017). SAE-ASTM Grade G3000 (F10006) Grey Cast Iron . <https://www.makeitfrom.com/material-properties/SAE-ASTM-Grade-G3000-F10006-Grey-Cast-Iron>. (diakses 2 September 2017).
- [5] Autoexpose. (2017). Sistem Rem Cakram. <http://www.autoexpose.org/2017/01/sistem-rem-cakram.html>. (diakses 1 September 2017).
- [6] Leanse, Alex. (2016). How Disc Brake Works. <https://www.yourmechanic.com/article/how-disc-brakes-work>. (diakses 1 September 2017).
- [7] Monforton, Greg. (2017). Brake System Evolution : A History. <https://www.gregmonforton.com/evolution-brake-systems.html>. (diakses 18 Oktober 2017).
- [8] Innovacomunity. (2014). Sejarah Rem. <https://innovacomunity.wordpress.com/2014/10/30/sejarah-rem/>. (diakses 18 Oktober 2017).
- [9] Abdhi, Yayan. (2016). Pengertian ABS, EBD, BA/EBA pada Fitur Pengereman Mobil. <http://carusermagz.com/pengertian-abs-ebd-ba-eba-rem-mobil/>. (diakses 18 Oktober 2017).