

ANALISA PENGARUH KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO TERHADAP KEGAGALAN VELG MOBIL BERBASIS ALUMINIUM ALLOY

Guruh A.Syahputra¹, Bustami Syam², Tugiman³, Farida Ariani⁴, Mahadi⁵, Ikhwansyah Isranuri⁶

^{1,2,3,4,5,6}Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara

Email: guruhandryansyahputra@yahoo.com

ABSTRAK

Velg aluminium mempunyai daerah yang dinamakan area kritis terletak di daerah *hub*, *spoke*, dan *flange*. Kegagalan pada daerah *flange*, *spoke*, dan *hub* dapat mengakibatkan banyak kerugian, baik kerugian dari segi materi maupun dari segi non materi. Tujuan penelitian ini dilakukan untuk dapat mengetahui penyebab terjadinya kegagalan pada velg aluminium *alloy* dengan pengujian eksperimental dan menggunakan simulasi numerik. Objek penelitian yang digunakan adalah velg mobil aluminium alloy Toyota Corolla Altis dengan diameter 17,5 inci (444,5 mm) dan lebar 7 inci (177,8 mm). Pengujian yang dilakukan adalah uji komposisi kimia, uji kekerasan, uji tarik, uji metalografi. Dari pengujian didapat bahwa komposisi pada material velg merupakan aluminium *alloy* dengan tipe A413.0. Kekerasan pada material velg di daerah *flange* yang normal adalah 80,9 skala BHN. Kekerasan pada daerah *flange* terdeformasi plastis adalah 74,7 skala BHN. Tegangan tarik maksimum adalah 232,990 MPa, elongasinya 5,48 %, tegangan mulurnya 190,334 MPa, Modulus Young 72,199 GPa. Foto mikro dengan 100 x dan 200 x pembesaran mendapatkan porositas pada daerah yang terjadi deformasi plastis. Hasil simulasi numerik velg standar menggunakan Ansys 14.0 *Workbench* mendapatkan *Total Deformation* maksimum menunjukkan angka sebesar 0,67475 mm dari bentuk semula. Simulasi *Equivalent Stress* menghasilkan tegangan maksimum sebesar 71,434 MPa, dan tegangan minimum yang terjadi sebesar 0,073879 MPa. Dapat disimpulkan bahwa yang menyebabkan kegagalan pada velg aluminium *alloy* adalah terjadinya banyak porositas pada daerah yang terdeformasi plastis sehingga menyebabkan kekerasan material berkurang.

Kata kunci: Porositas, Kekerasan Material, dan Simulasi ANSYS

1. PENDAHULUAN

Banyak industri otomotif yang menggunakan paduan aluminium silikon sebagai bahan baku utama untuk proses pengecoran. Salah satunya adalah velg mobil. Berdasarkan bahan bakunya, velg mobil terbagi menjadi dua jenis yaitu velg baja dan velg aluminium ^[1]. Paduan aluminium yang banyak digunakan pada velg mobil adalah aluminium silikon atau sering disebut juga paduan A413.0 ^[2]. Paduan ini memiliki mampu alir yang baik, mampu las yang baik, sifat ketahanan korosi yang baik, memiliki massa jenis yang rendah dan *heat treatable*. Dengan berbagai keutamaan tersebut maka velg dengan paduan A413.0 menjadi pilihan utama diberbagai industri otomotif sehingga permintaan velg A413.0 semakin meningkat.

Velg aluminium A413.0 adalah salah satu jenis *velg non ferrous* yang tidak mempunyai *fatigue limit*. Velg aluminium mempunyai daerah yang dinamakan area kritis atau yang disebut juga dengan *critical area* dimana area kritis itu adalah daerah terjadinya konsentrasi tegangan. Area kritis di velg terletak di daerah *hub*, *spoke*, dan *flange* ^[3].

Kegagalan pada daerah *flange* dapat mengakibatkan kerugian banyak, baik kerugian dari segi materi maupun dari segi *non materi*. Dari segi materi bagi produsen yaitu kurangnya minat pembeli velg *racing* yang dibuat tidak sesuai dengan permintaan pasar, bertambahnya biaya produksi dikarenakan velg yang mengalami keretakan harus dilebur kembali. Dan kerugian materi yang lain bagi konsumen yaitu dapat menambah biaya karena velg akan mengalami kerusakan sebelum mencapai umur pakainya dan kerugian dari segi non materi adalah timbulnya korban jiwa ketika *velg* tersebut mengalami kegagalan saat sedang dioperasikan.

Masalah di atas dapat diminimalisir dengan menggunakan analisa kegagalan atau *failure analysis*. Dengan analisa kegagalan dapat ditemukan penyebab terjadinya keretakan pada daerah *hub*

dan kegagalan yang sama tidak terulang kembali. Berdasarkan uraian di atas, maka sangatlah penting dilakukannya penelitian *failure analysis* guna meminimalisir dan mengetahui penyebab terjadinya keretakan pada velg sehingga dapat dilakukan tindakan untuk pencegahannya. Oleh karena itu, simulasi secara numerik menggunakan komputer dapat dilakukan untuk memodifikasi bentuk velg mobil agar kegagalan yang sering terjadi dapat diminimalisir.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sifat-Sifat Aluminium

Sifat teknik bahan aluminium murni dan aluminium paduan dipengaruhi oleh konsentrasi bahan dan perlakuan yang diberikan terhadap bahan tersebut. Aluminium terkenal sebagai bahan yang tahan terhadap korosi. Hal ini disebabkan oleh fenomena pasivasi, yaitu proses pembentukan lapisan aluminium oksida di permukaan logam aluminium segera setelah logam terpapar oleh udara bebas.

Lapisan aluminium oksida ini mencegah terjadinya oksidasi lebih jauh. Namun, pasivasi dapat terjadi lebih lambat jika dipadukan dengan logam yang bersifat lebih katodik, karena dapat mencegah oksidasi aluminium^[4].

2.2 Pengaruh Unsur-Unsur Pemadu Pada Paduan Aluminium

Jenis dan pengaruh unsur-unsur paduan terhadap perbaikan sifat aluminium antara lain:

1. Unsur Silikon (Si)

Unsur Si dalam paduan aluminium mempunyai pengaruh positif :

- a. Meningkatkan sifat mampu alir (*High Fluidity*).
- b. Mempermudah proses pengecoran

Pengaruh negatif yang ditimbulkan unsur Si berupa penurunan keuletan bahan terhadap beban kejut jika kandungan silikon terlalu tinggi.

2. Unsur Tembaga (Cu)

Pengaruh baik yang dapat timbul oleh unsur Cu dalam paduan aluminium:

- a. Meningkatkan kekerasan bahan dengan membentuk presipitat
- b. Memperbaiki kekuatan tarik

Pengaruh buruk yang dapat ditimbulkan oleh unsur Cu :

- a. Menurunkan daya tahan terhadap korosi
- b. Mengurangi keuletan bahan dan

3. Unsur Magnesium (Mg)

Magnesium memberikan pengaruh baik yaitu:

- a. Mempermudah proses penuangan
- b. Meningkatkan kemampuan pengerjaan mesin

Pengaruh buruk yang ditimbulkan oleh unsur Mg yaitu meningkatkan kemungkinan timbulnya cacat pada hasil pengecoran.

4. Unsur Besi (Fe)

Pengaruh baik yang dapat ditimbulkan oleh unsur Fe adalah mencegah terjadinya penempelan logam cair pada cetakan.

Pengaruh buruk yang dapat ditimbulkan unsur paduan ini adalah :

- a. Penurunan sifat mekanis
- b. Peningkatan cacat porositas.

5. Unsur Mangan (Mn)

Dengan unsur mangan aluminium sangat mudah dibentuk, tahan terhadap korosi baik, sifat dan mampu lasnya baik.

6. Unsur Nikel (Ni)

Dengan unsur nikel aluminium dapat bekerja pada temperatur tinggi, misalnya piston dan *silinder head* untuk motor.

7. Unsur Seng (Zn)

Umumnya seng dapat ditambahkan bersama-sama dengan unsur tembaga dalam persentase kecil. Dengan penambahan ini akan meningkatkan sifat-sifat mekanik pada perlakuan panas, juga kemampuan mesin ^[2].

3. METODOLOGI

Dalam penelitian ini bahan yang digunakan adalah velg mobil Toyota Corolla Altis berbasis logam aluminium *alloy* dengan diameter 17,5 inci (444,5 mm) dan lebar 7 inci (177,8 mm) seperti yang terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Velg mobil Toyota Corolla Altis jenis Aluminium Alloy A413.0

Karakteristik dari material velg aluminium jenis A413.0 terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik paduan A413.0

Sifat	Jenis Sifat	Nilai
Sifat Fisik	Densitas (g/cm ³)	2,66
Sifat Tarik (<i>Tensile</i>)	<i>Ultimate Tensile Strength</i> (MPa)	290
Sifat Tarik (<i>Tensile</i>)	<i>Tensile Yield Strength</i> (MPa)	131
Sifat Tarik (<i>Tensile</i>)	Elongasi Tarikan (%)	3,5
Sifat Elastis	<i>Shear Modulus</i> (GPa)	26,7
Sifat Elastis	<i>Shear Strength</i> (MPa)	170
Sifat Kekerasan	<i>Brinell Hardness</i> (HB)	80

Sumber: <http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=641c7123204a4c6bb81190f8685cf60d>

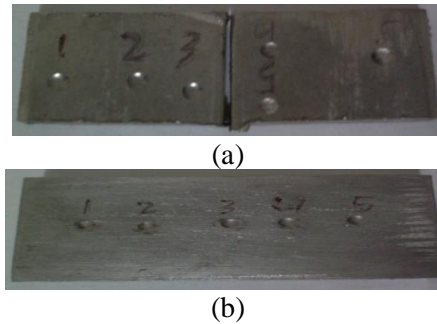
Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah :

- Uji Kekerasan
- Uji Foto Mikro
- Simulasi Ansys

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Uji Kekerasan

Berdasarkan pengujian kekerasan yang dilakukan pada velg material A413.0 di lima titik yang berbeda pada daerah *flange* antara *flange* yang normal dan *flange* yang terdeformasi plastis, diperoleh hasil pengujian seperti pada tabel 2 dan tabel 3. Hasil pembuatan spesimen uji kekerasan dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Spesimen uji kekerasan, (a) yang terdeformasi plastis, (b) yang normal
Dimensi spesimen:

- (a) Titik 1,2, dan 3
Panjang = 28,5 mm, lebar = 19,5 mm, tebal = 4 mm
Titik 4 dan 5
Panjang = 28,5 mm, lebar = 19,5 mm, tebal = 4 mm
- (b) Panjang = 62 mm, lebar = 32,45 mm, tebal = 4 mm

Tabel 2 Pengujian Kekerasan di daerah *flange* normal dengan beban 500 kg

No.	Diameter (mm)	Hardness (BHN)
1	2,85	76,8
2	2,85	76,8
3	2,75	82,6
4	2,75	82,6
5	2,70	85,7
Rata-rata		80,9

Tabel 3 Pengujian Kekerasan di daerah *flange* terdeformasi plastis dengan beban 500 kg

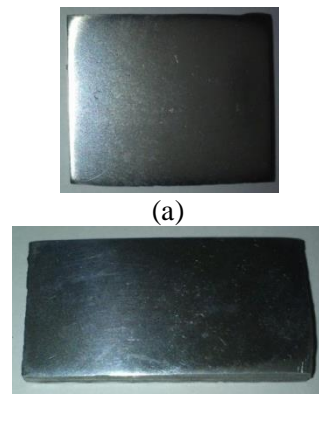
No.	Diameter (mm)	Hardness (BHN)
1	2,90	74,1
2	2,90	74,1
3	2,80	79,6
4	2,90	74,1
5	2,95	71,5
Rata-rata		74,7

Dari hasil pengujian kekerasan dapat dilihat kekerasan di daerah *flange* normal bernilai 80,9BHN dan daerah *flange* terdeformasi plastis bernilai 74,7 BHN. Hal ini menandakan bahwa kekerasan pada velg di daerah *flange* normal masuk pada standar yang digunakan di pabrik tetapi sedikit melewati *range* tertinggi yaitu 80 BHN. Sedangkan kekerasan velg pada daerah *flange* terdeformasi plastis bernilai 74,7 BHN.

Dari hasil pengujian ini, terlihat perbedaan antara daerah *flange* yang normal dan yang terdeformasi plastis. Sehingga kekerasan mempengaruhi terjadinya velg mengalami deformasi plastis.

4.2 Uji Metalografi

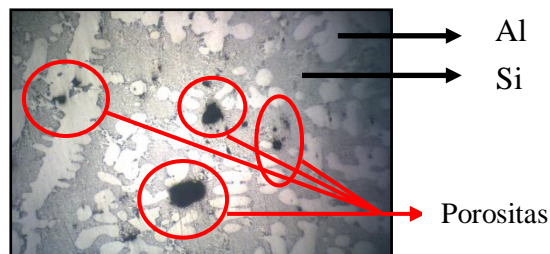
Pengujian metalografi dilakukan untuk melihat mikrostruktur yang ada pada spesimen. Pengujian ini menggunakan *Refracted Metallurgical Microscope* dengan tipe Rax Vision. Berdasarkan hasil uji metalografi pada sampel spesimen yang normal dan yang terdeformasi plastis dapat dilihat pada gambar 1 dan gambar 2. Hasil pembuatan spesimen uji metalografi dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Spesimen uji metalografi, (a) yang normal, (b) yang terdeformasi plastis

Dimensi spesimen:

- (a) Panjang = 32,4 mm, lebar = 28 mm, tebal = 9 mm
- (b) Panjang = 38,25 mm, lebar = 20,25 mm, tebal = 5,25 mm



Gambar 4. Mikrostruktur spesimen yang terdeformasi plastis dengan 200 x pembesaran

Pada gambar 4 yang dilingkari merah terdapat porositas. Alasan ini yang memungkinkan penyebab terjadinya velg mengalami deformasi plastis. Porositas merupakan cacat produk cor yang dapat menurunkan kualitas hasil coran. Salah satu penyebab terjadinya porositas pada penuangan aluminium adalah perbedaan suhu yang sangat tinggi antara cetakan dengan logam cair yang dituang. Proses pembekuan diawali pada bagian logam cair yang lebih dahulu mengenai dinding cetakan.

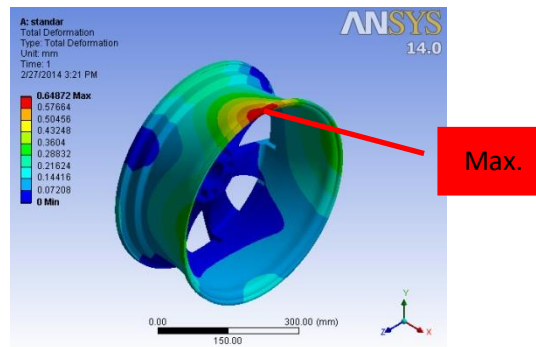
Hal ini diakibatkan oleh suhu dinding cetakan yang sangat rendah dibandingkan dengan suhu logam cair. Pembekuan yang cepat dan proses pendinginan yang tidak merata mengakibatkan sejumlah gas terperangkap, sehingga terbentuk pori. Porositas oleh gas dalam benda cetak paduan aluminium silikon akan memberikan pengaruh yang buruk pada kesempurnaan dan kekuatan dari benda tuang tersebut. Cacat ini dapat dihindari dengan penuangan logam yang cukup temperaturnya, mengontrol jumlah gas yang dihasilkan oleh material.

4.3 Simulasi Numerik

Hasil simulasi dengan Ansys 14.0 *Workbench* dapat dilihat dengan cara sebagai berikut.

4.3.1 Simulasi Hasil *Total Deformation*

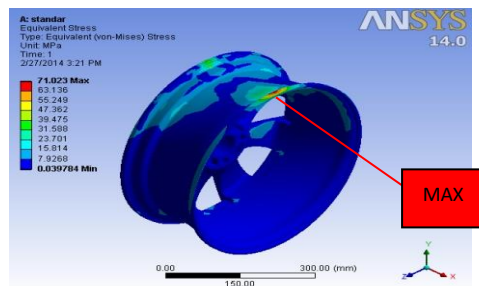
Pada gambar 5 memperlihatkan hasil *Total Deformation*.

Gambar 5. Distribusi *Total Deformation*

Distribusi perubahan bentuk yang terjadi ditandai dengan kontur warna pada gambar 5. Warna merah menunjukkan daerah konsentrasi deformasi dimana deformasi maksimum terjadi di daerah ini, dan pada titik ini pulalah yang paling berpotensi munculnya deformasi plastis pertama. Selanjutnya distribusi deformasi menjalar sesuai dengan warna sampai ke daerah yang paling aman yaitu daerah yang ditunjukkan dengan warna biru. Deformasi maksimum yang terjadi sebesar 0,64872 mm dari bentuk semula.

4.3.2 Simulasi *Equivalent Stress*

Pada gambar 6 memperlihatkan hasil *Equivalent Stress*.

Gambar 6. Distribusi *Equivalent Stress*

Tegangan maksimum yang terjadi adalah sebesar 71,023 MPa dan tegangan minimum yang terjadi sebesar 0,039784 MPa. Hal ini ditandai dengan kontur warna merah yang mendapat konsentrasi tegangan. Selanjutnya distribusi tegangan menjalar sesuai dengan warna sampai ke daerah yang paling aman yaitu daerah yang ditunjukkan dengan warna biru yang terlihat pada gambar 6

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan dan saran sebagai berikut:

1. Komposisi pada material velg aluminium *alloy* merupakan aluminium dengan tipe A413,0. Komposisi kimia pada material aluminium *alloy* didapat data seperti pada tabel 4.1 yang terilhat bahwa semua komposisi unsur pada velg masuk ke dalam standar material A413,0. Pada komposisi material ini terlihat tidak ada sesuatu yang signifikan yang dapat diperoleh dari hasil pengujian, sehingga unsur tidak mempengaruhi penyebab terjadinya deformasi pada velg.
2. Kekerasan pada material aluminium *alloy* di daerah *flange* normal adalah 80,9 skala brinell dan kekerasan pada material aluminium *alloy* di daerah *flange* yang terjadi deformasi adalah 74,7 skala brinell. Dalam pengujian ini terlihat perbedaan yang signifikan antara daerah *flange* normal dengan *flange* yang terjadi deformasi, sehingga kekerasan mempengaruhi terjadinya deformasi plastis pada velg.
3. Foto mikro dilakukan dengan 100 x pembesaran dan 200 x pembesaran. Pada spesimen yang normal setelah di uji dengan foto mikro tidak terdapat porositas sedangkan spesimen yang terjadi

deformasi plastis terdapat porositas yang terlihat pada gambar 4.7 yang dilingkari merah. Alasan ini yang memungkinkan penyebab terjadinya deformasi plastis pada velg.

4. Kekuatan tarik pada material velg aluminium *alloy* pada pengujian ini adalah 232,990 MPa, elongasinya 5,48 % dan kekuatan mulurnya 190,334 MPa. Dari hasil tersebut telah sesuai dengan standar yang digunakan, dengan kata lain tidak ada suatu hal yang signifikan penyebab terjadinya kegagalan pada velg.
5. Hasil simulasi numerik menunjukkan bahwa velg standar terbuat dari material paduan aluminium A413.0 bila diberi beban 6.500 N maka simulasi hasil *Total Deformation* maksimum menunjukkan angka sebesar 0,64872 mm dari bentuk semula dan pada titik inilah yang berpotensi munculnya deformasi plastis pertama. Simulasi *Equivalent Stress* menghasilkan tegangan maksimum sebesar 71,023 MPa, dan tegangan minimum yang terjadi sebesar 0,039784 MPa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Daryanto. 2004. *Reparasi Casis Mobil*. Bina Adiaksara. Jakarta.
- [2] Hatch, John E., 1984. *Aluminium Properties and Physical Metallurgy*. Ohio: American Society for Metals.
- [3] Anggono, Wilyanto. 2011. *Deciding the Optimum Spoke Number of Motor Cycle Cast Wheel*. Seminar Nasional Simulasi Velg. IX (2). 1-5.
- [4] A.Schey, John. 2009. *Proses Manufaktur*. Edisi ketiga. Yogyakarta: Penerbit Andi.