

Analisis kegagalan *sprocket* pada transmisi mobil Antawiryra

Muhammad Farras Farshal¹, Sri Nugroho¹, Yusuf Umardani¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto No.13 Semarang 50275
Email korespondensi: srinugroho@lecturer.undip.ac.id

Abstrak

Sprocket merupakan salah satu bagian dari sistem transmisi yang biasa digunakan pada kendaraan bermotor. Pada sistem transmisi eco-car tim Antawiryra dari Universitas Diponegoro juga menggunakan sprocket sebagai salah satu komponennya. Saat memulai balapan pertama dan melakukan full throttle, sprocket menjadi gagal karena deformasi terjadi pada sprocket. Sprocket mengalami deformasi plastis dan kemudian menyebabkan rantai keluar dari jalurnya dan terlepas. Tujuan dari kajian ini adalah untuk mengetahui penyebab kelelahan yang terjadi melalui uji kekerasan, uji komposisi kimia dan analisis tegangan. Sprocket menggunakan paduan aluminium 7075-T6 sebagai bahan. Hasil pengujian komposisi kimia didapatkan kandungan aluminium sebesar 97,3% yang melebihi batas maksimum standar yaitu 91,4%. Persentase seng adalah 0,06% sedangkan batas minimum standar adalah 5,1%. Ada juga perbedaan dari unsur kimia lain seperti magnesium dan tembaga. Penambahan unsur lain tersebut berfungsi untuk meningkatkan kekuatan material karena Al 7075-T6, dikenal sebagai material dengan kekuatan tinggi. Hasil analisis tegangan menggunakan software ANSYS didapatkan bahwa pembebanan yang terjadi menghasilkan tegangan Von-Mises sebesar 392 MPa dan kekuatan luluh material sebesar 503 MPa, dari angka tersebut menjadikan nilai faktor keamanan 1,28 dan tidak boleh terjadi deformasi pada sproket. Dari hasil pengujian kekerasan diketahui nilai kekerasan pada daerah yang mendekati deformasi adalah 76,16 HV sedangkan standarnya adalah 175 HV.

Kata kunci: sproket, kegagalan, ANSYS, aluminium. 7075-T6.

Abstract

Sprocket is one part of the transmission system commonly used in motor vehicles. In transmission system of the eco car Antawiryra team from Diponegoro University also uses sprocket as one of its components. When starting first attempt of the race and do full throttle, the sprocket become failure since deformation happens on sprocket. The sprocket run into plastic deformation and then caused chain exiting its path and come off. The purpose of this study is to find the cause of fatigue that occurs by hardness test, chemical composition test and stress analysis. Sprocket use aluminum alloy 7075-T6 as a material. As a result of chemical composition testing, aluminum content is 97.3% which is more than the standard maximum limit of 91.4%. The percentage of zinc is 0.06% while the minimum limit of standard is 5.1%. There are also differences from other chemical elements such as magnesium and copper. The addition of that other elements serves to increase the strength of the material because Al 7075-T6 is well known as material with high strength. The results of stress analysis using ANSYS software found that the loading that occurred produce a Von-Mises stress of 392 MPa and yield strength of the material is 503 MPa, from that figure makes 1.28 a safety factor value and there should be no deformation on the sprocket. As a result of the hardness test, it is known that the value of hardness in the area close to deformation is 76.16 HV while the standard is 175 HV.

Keywords: sprocket, failure, ANSYS, aluminum. 7075-T6.

1. Pendahuluan

Sprocket adalah sebuah benda bergerigi yang bergerak secara berotasi lalu dihubungkan oleh rantai dan terhubung dengan paling tidak satu *sprocket* lain atau lebih untuk mendistribusikan torsi. *Sprocket* dan rantai dapat digunakan untuk merubah kecepatan, torsi dan arah pergerakan dari mesin [2].

Pada mobil hemat energi tim Antawiryra *Urban Concept*, bagian transmisinya menggunakan *sprocket* sebagai media penyalur tenaga dari mesin ke roda. Saat melakukan kesempatan balap pertama pada *Shell Eco Marathon Asia 2019* di Malaysia, ternyata ketika saat *start*, *sprocket* mengalami kegagalan yang ternyata disebabkan oleh *sprocket* yang terdeformasi.

Kesempatan pertama itu sejatinya diperlukan untuk mengambil data awal yang berfungsi untuk pengembangan lebih lanjut agar dapat memaksimalkan performa dan keiritan bahan bakar mobil tersebut, tetapi saat memulai *start* langsung harus kembali ke *pit room* untuk melakukan pergantian *sprocket* agar bisa melanjutkan pencarian data pada kesempatan kedua dan mendapatkan hasil maksimal hingga kesempatan kelima. Kegagalan sebenarnya dapat diprediksi, tetapi prediksi tersebut tidak dapat menjamin kegagalan yang terjadi akan sesuai karena terdapat banyak faktor. Umumnya kegagalan terjadi karena penggunaan material yang tidak tepat, sehingga tidak cukup tangguh menerima

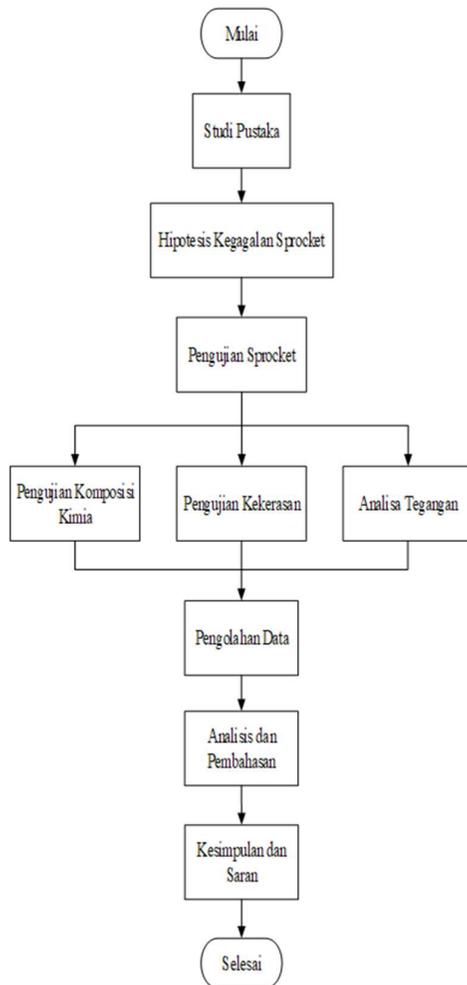
tegangan berlebih, penggunaan yang tidak sesuai peruntukkan dan proses produksi yang tidak baik.

Kajian dengan topik analisis kegagalan *sprocket* pada transmisi mobil Antawirya bertujuan untuk mengetahui faktor yang menyebabkan sebuah kegagalan terjadi dan dapat memberikan solusi apabila terjadi kegagalan yang serupa pada material yang sama [3].

2. Metode

Diagram Alir

Diagram alir merupakan sebuah diagram yang menggambarkan proses dari suatu kajian, yang berfungsi memberikan solusi selangkah demi selangkah untuk penyelesaian masalah yang ada dalam proses tersebut. Pada kajian ini langkah-langkah pengujian mengacu pada diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir.

Kajian ini dilakukan dengan melakukan beberapa tahap, yaitu:

Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kandungan unsur-unsur kimia yang terkandung dalam material. Dari kandungan utama dan unsur material paduan dari material nantinya dapat digunakan untuk mengetahui jenis material tersebut. Metode pengujian yang dilakukan adalah ASTM E 1251-11. Alat yang digunakan adalah Spektrometer TXC03. Pengujian ini dilakukan di UPTD Laboratorium Perindustrian Tegal.

Pengujian Kekerasan

Pengujian dilakukan untuk mengetahui nilai angka kekerasan pada suatu material. Metode pengujian kekerasan yang dilakukan adalah metode *Vickers* dengan standar pengujian yang digunakan adalah SNI 19.0404.1998. Metode pengujian *Vickers* merupakan salah satu metode pengukuran kekerasan menggunakan piramida intan yang ditumbukkan pada spesimen benda uji. Besaran sudut yang dihasilkan dari indentasi terhadap spesimen adalah 136° . Pengujian dilakukan pada tiga titik yang berbeda pada spesimen.

Analisis Tegangan

Analisis tegangan dilakukan untuk mengetahui tegangan yang terjadi pada spesimen, di mana perhitungan menggunakan simulasi numerik dengan bantuan *software* ANSYS 2017. Setelah mendapat nilai tegangan yang terjadi, maka dapat dibandingkan dengan spesifikasi sifat mekanik dari material untuk mengetahui nilai faktor keamanan.

3. Hasil dan Pembahasan

Data Lapangan

Dari hasil proses pengembangan mobil, didapatkan data yang berfungsi sebagai variabel-variabel untuk melakukan analisis kegagalan sebagai berikut :

- Berdasarkan hasil *dyno*, mesin memiliki torsi maksimal 10,18 Nm.
- Saat proses pengembangan sebelum perlombaan, sesi *test drive* dilakukan dengan gas yang halus karena kontur jalan yang rata dan jarak yang dekat, sehingga tidak memerlukan percepatan yang maksimal.
- Hasil proses produksi dudukan sprocket yang kurang *rigid*.

Pengamatan Visual

Berikut adalah Gambar 2 dari pengamatan visual.



Gambar 2. Deformasi pada sprocket.

Dari pengamatan visual, didapatkan bahwa *sprocket* mengalami deformasi plastis. Deformasi plastis yang terjadi kemungkinan dari gaya tarikan rantai akibat torsi yang berlebih, karena sebenarnya *sprocket* yang digunakan diperuntukan untuk sepeda, di mana seharusnya menerima torsi dari tenaga manusia, tetapi digunakan sebagai media penyalur tenaga ke roda dari mesin motor. Pada Gambar 3, diketahui bahwa *sprocket* memiliki jumlah gigi 56 dan material penyusunnya AL 7075-T6.



Gambar 3. Detail spesifikasi sprocket.

Pengujian Komposisi Kimia

Berikut adalah Tabel 1 yang menunjukkan perbandingan komposisi kimia hasil pengujian dan standar.

Tabel 1. Hasil pengujian komposisi kimia [1].

UNSUR	Al 7075	Hasil Pengujian	Al 6061
Al	87,1 - 91,4 %	97,3 %	95,8 - 98,6 %
Zn	5,1 - 6,1 %	0,06 %	Maks. 0,25 %
Mg	2,1 - 2,9 %	0,83 %	0,8 - 1,2 %
Cu	1,2 - 2 %	0,16 %	0,15 - 0,4 %
Cr	0,18 - 0,28 %	0,26 %	0,04 - 0,35 %

Dari hasil pengujian komposisi kimia, didapatkan hasil yang memiliki perbedaan yang cukup signifikan dari standar yang seharusnya. Berdasarkan data hasil pengujian, didapatkan bahwa material hasil uji memiliki kemiripan komposisi dengan material lain. Al 7075 dengan kandungan unsur paduan Zn dan Mg dapat meningkatkan kekuatan dari material tersebut, tetapi unsur paduan utama tersebut lebih rendah, jadi

dapat disimpulkan terdapat kesalahan material yang digunakan pada *sprocket* dan kekuatan yang diinginkan tidak tercapai.

Pengujian Kekerasan Vickers

Alat yang digunakan adalah *Vickers Hardness Tester* dengan pembebanan 50 gf dan indenter piramida intan. Contoh titik uji dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Titik pengujian kekerasan vickers.

Hasil pengujian dan perbandingan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian kekerasan Vickers dan standar [1].

Dekat dari Deformasi	Jauh dari Deformasi	Al 7075 T6	Al 6061 T6
76 HV	96 HV	175 HV	107 HV

Dari hasil pengujian kekerasan *vickers* diketahui bahwa rata-rata hasil pengujian bagian yang jauh dari deformasi memiliki nilai yang cenderung mendekati sifat mekanik dari Al 6061 T6, sedangkan bagian yang dekat dari daerah deformasi angka kekerasannya 76 HV. Hal ini semakin menjelaskan bahwa terdapat kesalahan material yang digunakan oleh *sprocket*, lalu terdapat kemungkinan pada saat proses *precipitation hardening* oleh produsen pembuat tidak maksimal, sehingga menghasilkan angka yang di bawah standar dan berberda-beda pada satu buah *sprocket*.

Analisis Tegangan

Diketahui data yakni Torsi mesin $T = 10,18 \text{ Nm}$, rasio *Sprocket* dari mesin terhadap *Sprocket input* 3:69 menghasilkan torsi 37,56 Nm, jari-jari *Sprocket input* = 32,15 mm, sehingga Gaya tegang rantai ditunjukkan dengan Persamaan 1 berikut.

$$F = \frac{T}{r} \quad (1)$$

$$F = \frac{37,56}{0,03215}$$

$$= 1168,27 \text{ N}$$

Gaya pada setiap gigi *sprocket* didapatkan dengan Persamaan 2 berikut [4].

$$Tk = T_o \times \{\sin \theta \div \sin(\theta + 2\beta)\}^{k-1} \quad (2)$$

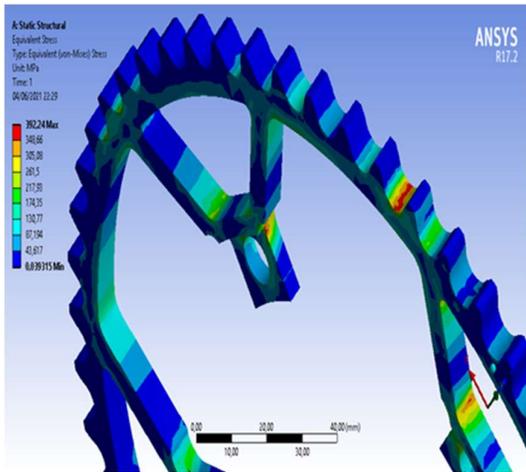
$$Tk1 = 1168,27 \times \{\sin 15,86 \div \sin(15,86 + 2(6,43))\}^0$$

$$Tk1 = 1168,27 \text{ N}$$

$$Tk35 = 1168,27 \times \{\sin 15,86 \div \sin(15,86 + 2(6,43))\}^{34}$$

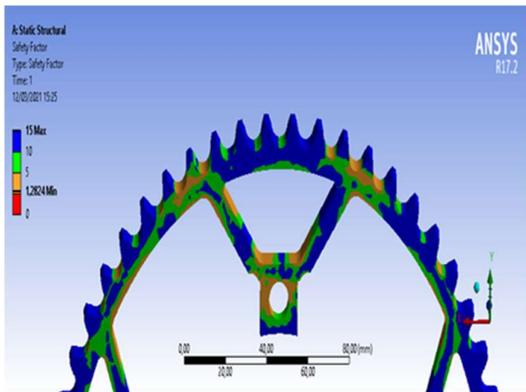
$$Tk35 = 0,017 \text{ N}$$

Perhitungan tegangan menggunakan simulasi dengan *software* ANSYS 2017, simulasi bertujuan untuk mengetahui tegangan maksimalnya dan letak bagian yang memiliki tegangan tertinggi dari *sprocket*. Hasil simulasi menggunakan variabel-variabel yang telah dihitung sebelumnya dan hasil dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil simulasi tegangan.

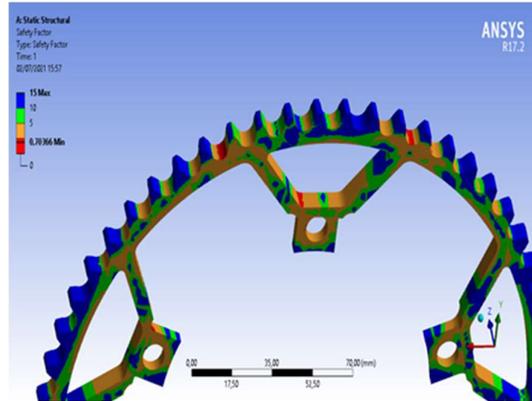
Dari Gambar 5, tegangan maksimal yang terjadi sebesar 392 MPa pada sebelah titik dengan pembebanan tertinggi. Letak tegangan maksimal berada di atas bagian *sprocket* yang mengalami deformasi plastis.



Gambar 6. Faktor keamanan Al 7075 T6.

Berdasarkan spesifikasi material Al 7075 T6, batas kekuatan luluh sebesar 503 MPa, sedangkan tegangan

yang terjadi sebesar 392 MPa. Apabila dari desain dan penggunaan material tersebut dilakukan perhitungan terhadap faktor keamanannya akan mendapatkan hasil 1,28 (Gambar 6). Karena angka tersebut melebihi 1, maka apabila penggunaan material benar menggunakan AL 7075 T6, dapat diprediksi tidak terjadi kegagalan kecuali torsi mesin ditingkatkan, sehingga menghasilkan nilai tegangan yang bertambah.



Gambar 7. Faktor keamanan AL 6061 T6.

Berdasarkan spesifikasi material Al 6061 T6, batas kekuatan luluh sebesar 276 MPa dan kekuatan tarik 310 MPa, sedangkan tegangan yang terjadi sebesar 392 MPa. Apabila dari desain dan penggunaan material tersebut dilakukan perhitungan terhadap faktor keamanannya akan mendapatkan hasil 0,703 (Gambar 7). Karena angka tersebut kurang dari 1, maka apabila penggunaan material menggunakan AL 6061 T6, dapat dipastikan terjadi deformasi bahkan hingga patah. Hasil simulasi tegangannya melebihi kekuatan tarik, terdapat kemungkinan *driver* tidak membuka gas penuh, sehingga tidak keluar torsi maksimal dan menghasilkan tegangan yang hanya melebihi dari batas kekuatan luluh material dan masih di bawah dari batas kekuatan tarik.

4. Kesimpulan

Dari beberapa pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan, didapatkan simpulan bahwa dari pengujian komposisi kimia, kekerasan dan analisis tegangan, dapat disimpulkan bahwa terdapat kesalahan material, sehingga menyebabkan *sprocket* mengalami kegagalan dan ditandai dengan deformasi plastis. Apabila material yang digunakan pada *sprocket* sesuai yaitu Al 7075 T6, maka *sprocket* tidak akan mengalami kegagalan karena tegangan yang terjadi masih jauh dari batas kekuatan luluh dengan daya dan torsi yang dihasilkan oleh mesin.

Ucapan Terima Kasih

Selesainya kajian ini tidak lepas dari peran orang-orang yang memberikan bantuan, bimbingan dan dukungan baik moril maupun materil. Oleh karena itu, Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa
2. Kedua orangtua yang senantiasa mendoakan dan memberi semangat tanpa henti.
3. Rekan-rekan Teknik Mesin 2014 yang telah menemani perkuliahan dan membantu kajian ini.
4. Semua pihak yang telah membantu yang penulis tidak dapat sebutkan satu persatu.

Penyusunan kajian ini Penulis sadari masih terdapat kekurangan dan keterbatasan, oleh karena itu kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk kesempurnaan dan kemajuan sangat diharapkan.

Daftar Pustaka

- [1] ASM. 1990, ASM Handbook Volume 2 : Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials. USA: ASM International.
- [2] REV Robotics. 2016, Sprocket and Chain Guide. REV Robotics. USA.
- [3] Syahril, M. 2013, Analisa Kegagalan Poros Roda Belakang Kendaraan. Majalah Metalurgi, pp.139-148.
- [4] Tsubakimoto. 1995, Engagement with Sprockets. <http://chain-guide.com/basics/2-1-2-engagement-with-sprockets.html>, diakses 20 Februari 2021.