

## ANALISIS KEGAGALAN PADA *DISC BRAKE* MOTOR MATIC 110 CC

\*Da'i Bima Sakti<sup>1</sup>, Sri Nugroho<sup>2</sup>, Rifky Ismail<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

<sup>2</sup>Dosen Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

\*E-mail: daibima76@gmail.com

### Abstrak

Sistem penggereman merupakan salah satu bagian krusial dari kendaraan bermotor yang berperan untuk mengurangi kecepatan dan menghentikan pergerakan kendaraan. *Disc brake* banyak digunakan pada sepeda motor modern karena responsif dan memiliki kemampuan pembuangan panas yang baik, namun dapat mengalami kegagalan akibat faktor material, desain, atau beban berlebih. Penelitian ini menganalisis kegagalan *Disc brake* motor matic 110 cc melalui pengujian eksperimental dan simulasi numerik. Metode meliputi pengamatan visual (fraktografi), uji komposisi kimia (spektrometri), uji metalografi, uji kekerasan (Micro Vickers), serta simulasi elemen hingga dengan beban impact 8.000 N. Hasil menunjukkan material *Disc brake* merupakan baja tahan karat martensitik AISI 410 dengan struktur martensit dan sedikit karbida. Nilai kekerasan rata-rata 405 HV menunjukkan kekuatan sedang dan ketangguhan baik. Simulasi menghasilkan tegangan maksimum  $\pm 11.000$  MPa, melebihi yield strength 1.225 MPa, menandakan kegagalan terjadi akibat beban kejut berlebih, bukan cacat material.

**Kata kunci:** aisi 410; analisis kegagalan; *disc brake*; uji kekerasan; simulasi elemen hingga

### Abstract

The braking system is an important component of a vehicle that functions to slow down and stop movement. *Disc brakes*, commonly used in modern motorcycles, provide responsive performance and efficient heat dissipation, but are susceptible to failure due to material, design, or excessive load factors. This study analyzes the failure mechanism of a 110cc motorcycle *Disc brake* through experimental testing and finite element simulations. Tests include fractography, chemical composition, metallography, and Micro Vickers hardness. The results show the material is AISI 410 martensitic stainless steel with a hardness of 405 HV and a martensitic microstructure. Simulations show stress up to  $\pm 11,000$  MPa, exceeding the yield strength ( $\approx 1,225$  MPa), which indicates failure due to excessive impact loads. Keywords: *Disc brake*, failure analysis, AISI 410, hardness, finite element simulation.

**Keywords:** aisi 410; *disc brake*; failure analysis; finite element simulation; hardness test

### 1. Pendahuluan

Analisis kegagalan merupakan suatu metode yang dipakai untuk menganalisa suatu spesimen yang mengalami kegagalan atau *failure* dengan cara mencari sumber penyebab kegagalannya dengan tujuan untuk memberikan evaluasi mengenai kegagalan yang terjadi. Sistem penggereman merupakan elemen vital dalam kendaraan bermotor yang berperan untuk mengurangi kecepatan dan menghentikan pergerakan kendaraan [1].

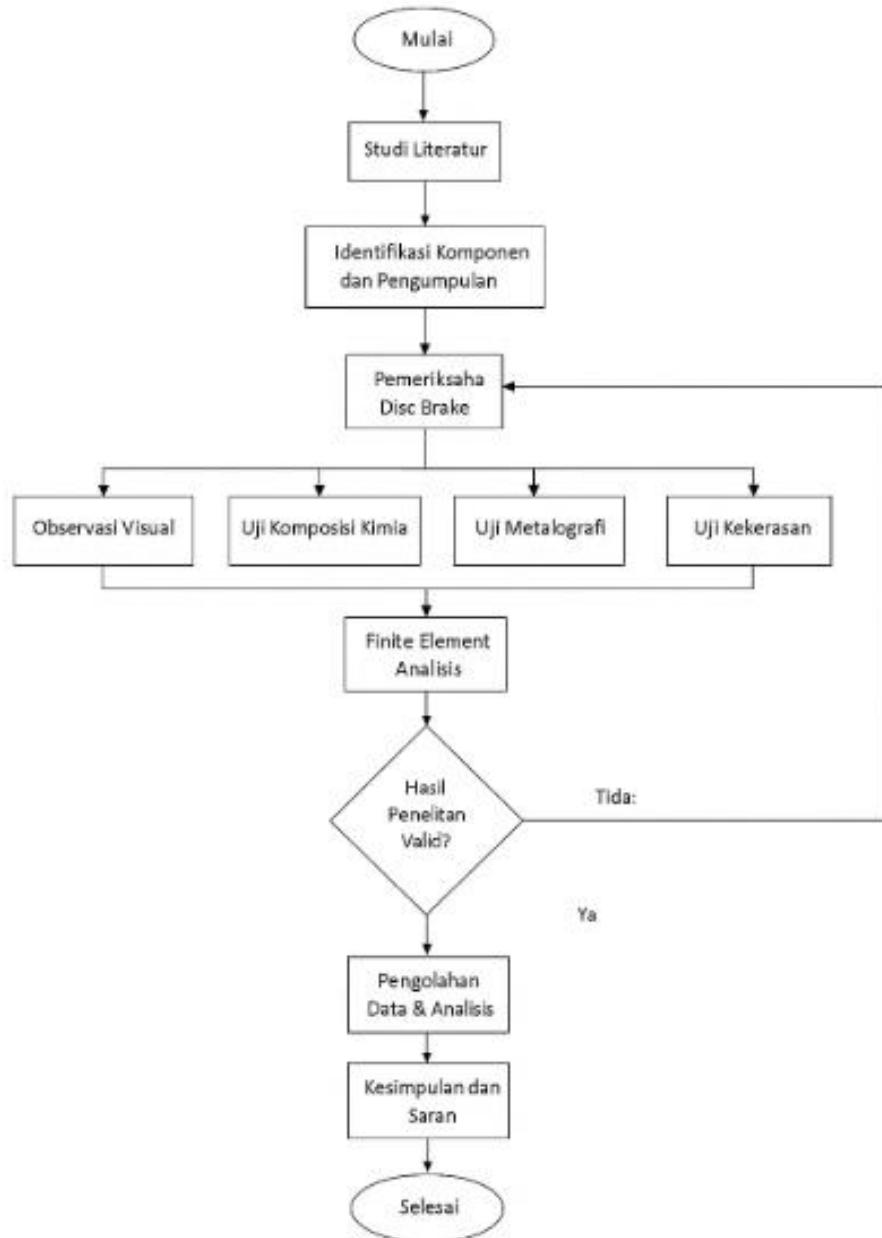
Beberapa faktor yang dapat menyebabkan kegagalan *Disc brake* adalah kualitas material, desain, penerimaan beban yang berlebih, dan kurangnya pemeliharaan [2]. Gambar 1.1 adalah komponen *Disc brake* yang umum digunakan pada kendaraan bermotor.



Gambar 1. *Disc brake*

## 2. Spesimen dan Metodologi Penelitian

Untuk menurunkan atau menghapus angka kegagalan pada Rem Cakram, perlu dilakukan penelitian terkait faktor-faktor penyebab kegagalan yang telah muncul serta melakukan perbaikan atau peningkatan kualitas agar kegagalan serupa tidak terulang [3]. Dalam menganalisis suatu kegagalan, digunakan metodologi penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Metode Penelitian

### 2.1 Bahan

Material untuk *Disc brake* ini adalah baja tahan karat martensitik AISI 410 dengan komposisi yang terdiri dari Fe 85,7%, Cr 12,6%, C 0,167%, Si 0,263%, Mn 0,182%, P 0,0441%, S <0,005%, Ni 0,0845%, Mo 0,0266%, Cu 0,0782%, V 0,0786%, dan Nb 0,0178% [4]. Kehadiran Cr memberikan sifat tahan korosi, C berkontribusi pada peningkatan kekerasan, sementara unsur Si dan Mn berfungsi untuk memperkuat struktur material. Nilai P dan S yang rendah menunjukkan bahwa kualitas material tergolong baik dengan sedikit kontaminan. Secara keseluruhan, komposisi ini mengindikasikan bahwa baja ini memiliki kekuatan yang tinggi, ketahanan terhadap keausan, serta ketahanan korosi yang memadai.

## 2.2 Metodologi Penelitian

Agar mendapatkan penyebab kegagalan serta mengetahui jenis patahan yang terjadi pada *Disc brake* ini maka perlu dilakukan beberapa pengujian yaitu:

1. Observasi Visual
2. Uji Komposisi
3. Uji Struktur Mikro
4. Uji Kekerasan

Selain pengujian-pengujian yang tersebut juga dilakukan perhitungan rumus gaya *impact* yang terjadi serta penggambaran pembebanannya dibawah ini.

Rumus gaya impact:

$$F = \frac{m \cdot \Delta v}{\Delta t}$$

Dimana:

$F$  = gaya impak ( $N$ )

$m$  = massa kendaraan ( $kg$ )

$\Delta v$  = perubahan kecepatan ( $m/s$ )

$\Delta t$  = waktu perlambatan ( $s$ )

Data yang digunakan mengacu pada studi literatur sebagai berikut:

Massa kendaraan + pengendara ( $m$ ) = 100 kg

Kecepatan awal ( $v_i$ ) = 72 km/jam = 20 m/s

Kecepatan akhir ( $v_f$ ) = 0 m/s

Waktu perlambatan akibat tumbukan ( $\Delta t$ ) = 0,25 s

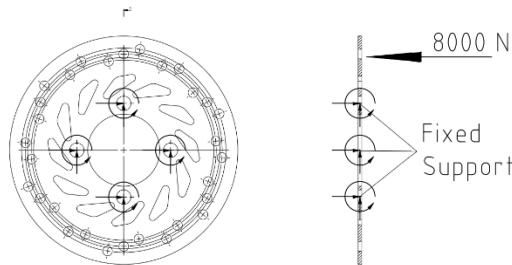
Berdasarkan data di atas nilai gaya *impact* menjadi:

$$F = \frac{m \cdot \Delta v}{\Delta t}$$

$$F = \frac{100 \text{ kg} \cdot (20 - 0) \text{ m/s}}{0,25 \text{ s}}$$

$$F = 8000 \text{ N}$$

Dari perhitungan di atas maka diperoleh nilai besarnya gaya *impact* yang diterima pada saat mengalami tabrakan sebesar 8000 N [2]. Diagram benda bebas terdapat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Benda Bebas

## 3. Hasil dan Pembahasan

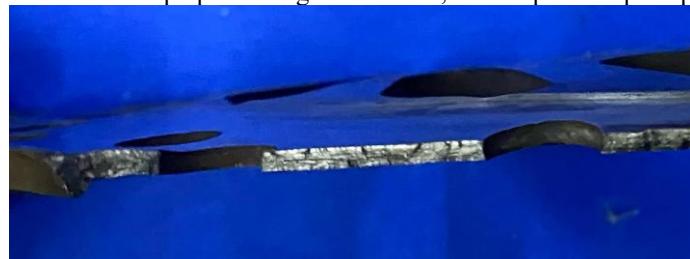
Gambar 4. Merupakan spesimen *Disc brake* yang mengalami kegagalan akibat tabrakan yang menyebabkan spesimen tersebut mengalami patahan.



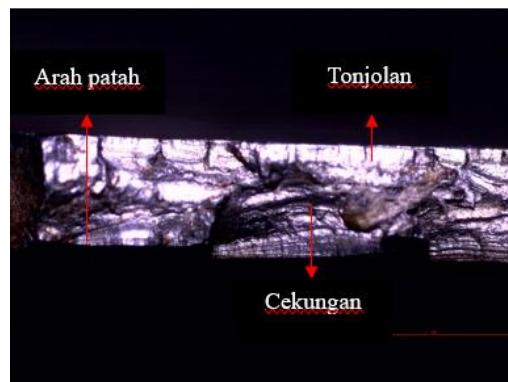
Gambar 4. *Disc brake* Patah

### 3.1 Observasi Visual dan Uji Makrografi

Uji Visual dan uji makro ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis kegagalan pada spesimen, seperti patahan, dengan memanfaatkan mata dan mikroskop optik. Dengan demikian, bentuk patahan pada permukaan specimen [4].



Gambar 5. Bentuk Patahan Secara Visual



Gambar 6. Bentuk Patahan Menggunakan Mikroskop Optik

Dari di atas dapat disimpulkan bahwa *Disc brake* megalami kegagalan berupa patahan ulet. Dimana pada permukaan terlihat tidak beraturan [5].

### 3.2 Uji Komposisi Kimia

Pengujian berfungsi untuk mencari komposisi kimia disc brake yang diteliti dan akan disamakan menggunakan standar yang ada agar mengetahui nilai komposisi kimia dari disc brake.

Tabel 1. Perbandingan komposisi Kimia Spesimen Dengan Standar Komposisi Kimia Baja Tahan Karat AISI 410 [6].

Unsur	Sample Uji	
	Disc brake (%)	Baja Tahan Karat AISI 410
Fe	85,7	83.0 – 87.0
C	0,167	0.08 – 0.15
Si	0,263	≤ 1.00
Mn	0,182	≤ 1.00
P	0,0441	≤ 0.04
S	<0,005	≤ 0.03
Cr	12,6	11.5 – 13.5
Mo	0,0266	≤ 0.50
Ni	0,0845	≤ 0.75
Al	0,0071	-
Co	0,0228	-
Cu	0,0782	≤ 0.50
Nb	0,0178	-
Ti	<0,005	-
V	0,0786	≤ 0.20
W	<0,025	-
Pb	<0.005	-

Berdasarkan hasil pengujian komposisi kimia, material *Disc brake* dapat dikategorikan sebagai baja tahan karat. Hal ini ditunjukkan oleh kandungan kromium (Cr) sebesar 12,6%, yang menempatkan material ini ke dalam kelompok baja tahan karat dengan kadar Cr di atas 11,5%, serta kandungan karbon sebesar 0,167%, yang termasuk dalam rentang

baja karbon rendah [7]. Bila dibandingkan dengan standar SAE-AISI, komposisi tersebut paling mendekati *Stainless Steel AISI 410*.

### 3.3 Uji Kekerasan

Untuk menentukan nilai kekerasan disc brake, dilakukan pengujian kekerasan menggunakan mikro vikers yang dimana beban utama sebesar 0,5 Kgf dengan 5 detik. Pengujian dilaksanakan pada dua spesimen, yaitu pada bagian yang dekat dengan patahan dan pada bagian jauh dari patahan. Pengujian kekerasan mikro Vickers ini mengacu pada standar ASTM E384 [8]. Dibawah ini adalah tabel nilai kekerasan spesimen yang diperoleh dari hasil pengujian Vickers:

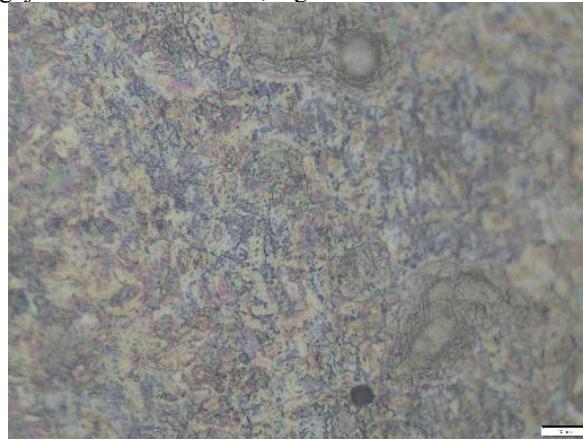
**Tabel 2.** Hasil Pengujian Kekerasan Micro Vickers

Radius dari tengah (mm)	Nilai Kekerasan Disc brake Dekat Patahan (HV)	Nilai Kekerasan Disc brake Jauh Patahan (HV)	Nilai Kekerasan Disc brake Dekat Patahan (HRC)
0	400	408	39
0.7	399	401	40
1.4	395	401	45
2.1	390	398	41
2.8	400	405	42
Rata-rata	396,8	402,6	42

Nilai kekerasan *Disc brake* berkisar antara 405–408 HV, menunjukkan bahwa material telah mengalami proses pengerasan, kemungkinan akibat perlakuan panas seperti *quenching* dan *tempering*. Nilai ini lebih tinggi dari kondisi *annealed* (170–200 HV) namun lebih rendah dari *fully hardened* (480–550 HV), menandakan bahwa *Disc brake* memiliki kekerasan sedang dengan keseimbangan antara kekuatan dan ketangguhan [9].

### 3.4 Pengujian Metalografi

Uji metalografi ini bertujuan untuk mencari bentuk struktur mikro spesimen. Hasil dari pengujian ini ditunjukkan pada Gambar 7 dengan perbesaran 200 x. Pengambilan gambar dilakukan pada area permukaan potongan disc brake yang dekat dengan patahan. Pada pengujian struktur mikro ini, digunakan metode Nital etching.



**Gambar 7.** Hasil Uji Mikrografi

Gambar 7. menunjukkan struktur mikro dari spesimen *Disc brake* yang mengalami kegagalan. Spesimen tersebut memiliki struktur martensitik yang mirip dengan material *Stainless steel AISI 410* [10].

### 4. Kesimpulan

Hasil pengamatan menunjukkan *Disc brake* mengalami patah ulet (ductile fracture) dengan permukaan patahan tidak rata dan adanya deformasi plastis. Uji komposisi kimia mengonfirmasi material sesuai standar baja tahan karat martensitik AISI 410, sehingga kualitas material bukan penyebab kegagalan. Struktur mikro memperlihatkan martensit kasar dengan karbida di dekat patahan dan martensit halus dengan sedikit ferrit di area jauh patahan, menandakan perbedaan perlakuan panas. Nilai kekerasan rata-rata 400–408 HV relatif seragam, menunjukkan homogenitas material. Dikarenakan beban yang diberikan 11.780 MPa, melebihi ultimate tensile strength AISI 410, sehingga kegagalan disebabkan oleh beban impact berlebih, bukan cacat material atau perlakuan panas.

---

## 5. Daftar Pustaka

- [1] Rahman, M., & Shafie, S., 2020, "Analysis of Motorcycle Brake Failure", *Journal of Mechanical Engineering Research*, 12(4), 156–167.
- [2]. Zuska, A., Kurczyński, D., & Jackowski, J. T., 2023, "Study of Loads Acting on the Load During the Sudden Braking of a Vehicle", *Applied Sciences*, 13(3), 1559.
- [3] Fadli, M., Haris, A., & Yulianto, A., 2020, "Analisis Kinerja Sistem Pengereman Sepeda Motor", *Jurnal Teknik Mesin*, 12(2), 45–56.
- [4]. Donald, J. W., 1999, "Understanding How Components Fail Second Edition", ASM International, Materials Park, Ohio, USA.
- [5]. Callister Jr., William D., 2007, "Materials Science and Engineering", 7th Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York, USA.
- [6]. ASTM E384–99, 2002, "Standard Test Method for Microindentation Hardness of Materials", ASTM International.
- [7]. ASTM International, 2019, "ASTM E399 – Standard Test Method for Linear-Elastic Plane Strain Fracture Toughness K<sub>Ic</sub> of Metallic Materials", ASTM International.
- [8] MatWeb, n.d., *MatWeb – The Online Materials Information Resource*, retrieved November 10, 2025,
- [9] Kurniawan, A., & Setiawan, B., 2019, "Material Analysis of Motorcycle Brake Discs", *Indonesian Journal of Automotive Engineering*, 4(1), 45–52.