

Analisis Kegagalan Pada Coil Spring Depan Sepeda Motor Kapasitas 160 CC

***Dosma Ruben R Nababan¹, Sri Nugroho², Rifky Ismail²**

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

*E-mail: dosmanababan83@gmail.com

Abstrak

Coil spring dalam sepeda motor merupakan komponen penting dalam sistem suspensi kendaraan, dimana coil spring digunakan di sisi depan atau belakang yang fungsinya untuk menyerap energi tumbukan yang diterima roda. Pada penelitian ini coil spring mengalami kegagalan berupa patah sehingga akan dilakukan beberapa pengujian untuk menganalisis mekanisme dan penyebab dari kegagalan tersebut. Pengujian yang dilakukan yaitu pengamatan visual, pengujian komposisi kimia, pengujian metalografi, pengujian kekerasan dan simulasi FEM. Hasil pengamatan visual menunjukkan kegagalan yang dialami coil spring berupa patah lelah yang ditandai dengan adanya *crack initiation*, *crack propagation (beachmark)* dan *final rupture*. Dari pengujian komposisi kimia menunjukkan bahwa material yang digunakan adalah baja SAE 9254 dimana baja ini merupakan baja paduan rendah. Struktur mikro yang terbentuk adalah fasa ferit dan perlit, dikarenakan tidak adanya proses *quenching* and *tempering* pada proses produksi *coil spring*. Hasil pengujian kekerasan menunjukkan jika material memiliki kekerasan rata-rata 216,6 HV hal ini membuktikan bahwa tidak adanya proses *quenching* and *tempering* pada proses produksi coil spring. Pada hasil simulasi FEM menunjukkan bahwa tegangan tidak melebihi *yield strength* material.

Kata kunci: *coil spring*; patah lelah; sae 9254

Abstract

Coil springs in motorcycles are crucial components in the vehicle's suspension system, where they are used in the front or rear to absorb the impact energy experienced by the wheels. In this study, the coil spring experienced a failure in the form of fracture, prompting several tests to analyze the mechanism and causes of this failure. The conducted tests include visual observation, chemical composition testing, metallographic testing, hardness testing, and FEM simulation. The visual observation results indicate that the failure experienced by the coil spring is due to fatigue fracture, which is characterized by the presence of crack initiation, crack propagation (beachmarks), and final rupture. The chemical composition testing reveals that the material used is SAE 9254 steel, which is a low-alloy steel. The formed microstructure consists of ferrite and pearlite phases, as the quenching and tempering processes were not employed in the coil spring production. The hardness testing results show an average hardness of 216,6 HV which confirms the absence of quenching and tempering in the coil spring production process. The FEM simulation results show that the stress does not exceed the yield strength of the material.

Keywords: *coil spring*; fatigue; sae 9254

1. Pendahuluan

Analisis kegagalan adalah proses pengkajian mendalam terhadap suatu komponen yang mengalami kegagalan atau kerusakan yang disebabkan oleh beberapa faktor yang mempengaruhi kinerja suatu alat. Kegagalan yang terjadi pada komponen-komponen mesin itu sangat merugikan bagi suatu industri apabila komponen mesin yang mengalami kegagalan merupakan komponen mesin yang sangat penting bagi industri itu sendiri. Salah satu contoh komponen yang bisa mengalami kegagalan yaitu *coil spring* dimana kegagalan ini bisa disebabkan oleh berbagai faktor.

Coil spring adalah salah satu komponen penting dalam berbagai aplikasi teknik, termasuk industri otomotif, manufaktur, dan mesin industri lainnya. *Coil spring* dalam bidang otomotif merupakan komponen penting dalam sistem suspensi kendaraan, dimana coil spring digunakan di sisi depan atau belakang yang fungsinya untuk menyerap energi tumbukan yang diterima roda saat bersentuhan dengan medan yang tidak beraturan [1].

Coil spring terdiri atas berbagai macam jenis diantaranya yaitu *compression spring*, *extension spring*, *torsion spring*, serta *volute spring*. *Compression spring* adalah salah satu jenis *coil spring* yang paling umum dan dirancang untuk menahan gaya kompresi dan juga *compression spring* memiliki sifat elastis dimana ketika sebuah gaya diterapkan pada pegas maka pegas akan terkompresi dan menyimpan energi dan ketika gaya tersebut dihilangkan pegas akan kembali ke bentuk semula [2]. *Extension spring* digunakan untuk menyerap dan menyimpan energi serta menciptakan resistensi

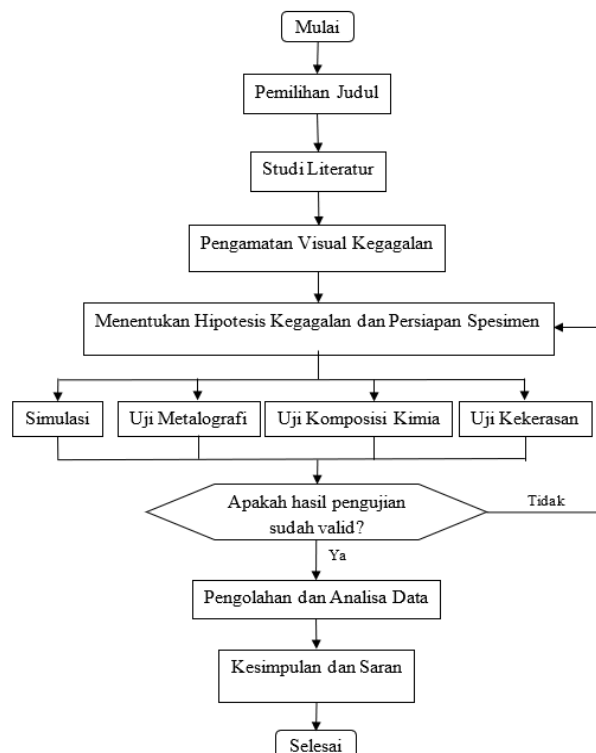
terhadap gaya tarik dan juga pada *extension spring* biasanya terdapat kait atau loop di di ujungnya yang menempel pada komponen yang berlawanan [3]. *Torsion spring* merupakan salah satu jenis spring atau pegas yang bekerja dengan cara memutar atau melilitkan spring pada sumbu tengahnya dan juga *torsion spring* biasanya digunakan dalam sistem kemudi *rack-and-pinion*, di mana roda kemudi menggerakkan rak yang bergerak maju-mundur untuk menggerakkan roda depan [4]. *Volute spring* dapat menahan tekanan yang lebih besar karena konfigurasi saat ujung-ujung pegas terkena beban akan menegang di tepinya dan ketika tekanan beban meningkat maka kumparan bergerak melewati satu sama lain, yang memungkinkan pegas untuk mengompres ke bentuk yang sangat pendek [5].

Kegagalan yang biasa terjadi pada *coil spring* umumnya berupa patah lelah, patah getas, dan patah ulet. Patah lelah merupakan kerusakan yang bisa disebabkan akibat adanya beban berulang [6]. Patah terdiri atas 3 tahapan yaitu *crack initiation*, *crack propagation*, dan *final rupture*. *Crack initiation* terjadi karena permukaan menerima beban terbesar dan paling memungkinkan terjadinya konsentrasi tegangan yang dapat menyebabkan terjadinya awal retakan [7]. *Crack propagation* atau perambatan retak pada suatu komponen terjadi jika tegangan maksimum pada ujung retakan berada di atas kekuatan material. Hal ini mengakibatkan peningkatan konsentrasi tegangan pada ujung retak. *Final rupture* terjadi ketika perambatan retak terus menyebar dan secara bertahap mengurangi luas penampang bagian atau spesimen uji, maka akan melemahkan spesimen sehingga patah total dapat terjadi hanya dengan satu aplikasi beban saja [8].

Patah getas merupakan patah yang terjadi pada material yang diawali terjadinya retakan secara cepat dibandingkan patah ulet tanpa deformasi terlebih dahulu dan dalam waktu yang singkat. Biasanya patah getas terjadi pada material yang berstruktur martensit atau material yang memiliki komposisi karbon yang sangat tinggi sehingga sangat kuat dan rapuh [9]. Sedangkan patah ulet adalah fenomena patah yang ditandai oleh deformasi plastis yang cukup besar, sebelum dan selama proses penjalaran retak. Jenis perpatahan adalah berserat (*fibrous fracture*), yang melibatkan mekanisme pergeseran bidang-bidang kristal didalam bahan (logam) yang ulet [10].

2. Metode Penelitian

Dalam menganalisa jenis kegagalan yang telah terjadi menggunakan metodologi penelitian seperti yang terdapat dalam diagram alir pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Diagram alir

2.1 Pengujian

Untuk dapat mengetahui jenis dan penyebab dari patahan yang terjadi pada penelitian ini maka perlu dilakukan beberapa prosedur pengujian diantaranya adalah pengujian komposisi kimia, pengamatan visual, pengujian metalografi, pengujian kekerasan Vickers, dan simulasi numerik elemen hingga. Pengujian komposisi kimia dilakukan dengan

menggunakan alat hitachi flexem 1000 yang dapat dilihat pada Gambar 2. Tujuan dari pengujian ini untuk mengetahui komposisi kimia apa yang terkandung di dalam *coil spring* serta untuk mengetahui juga jenis material yang digunakan.



Gambar 2. Hitachi flexem 1000

Pengamatan visual pada patahan dilakukan dengan bantuan mikroskop makro yang dapat dilihat pada Gambar 3. Tujuan pengamatan ini adalah untuk mengetahui jenis kegagalan apa yang terjadi pada *coil spring*.



Gambar 3. Mikroskop makro

Pengujian metalografi dilakukan dengan beberapa proses yaitu pemotongan spesimen, pembuatan *mounting* pada specimen, pengamplasan, polishing, pengetsaan, serta terakhir pengamatan butir-butir material menggunakan mikroskop optik yang dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Mikroskop optic

Pengujian kekerasan Vickers dilakukan dengan alat uji kekerasan Vickers yang dapat dilihat pada Gambar 5. Tujuan dari pengujian ini adalah kita dapat mengetahui nilai kekerasan pada *coil spring*.



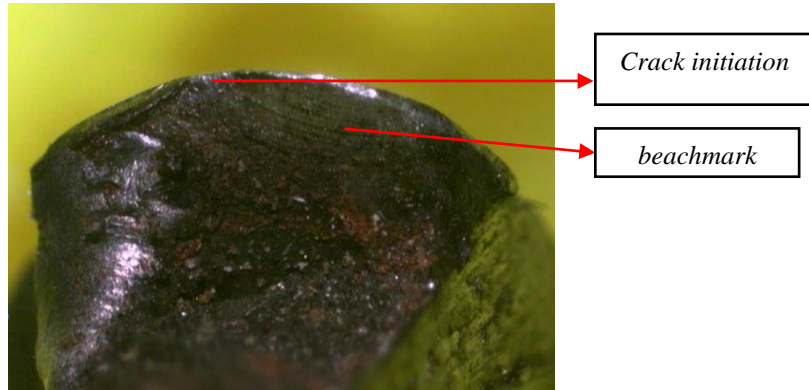
Gambar 5. Alat uji kekerasan Vickers

Simulasi FEM dilakukan dengan menggunakan *software* Ansys 2020 R2 dengan tujuan agar dapat diketahui nilai *stress* maksimum yang terjadi pada *coil spring*.

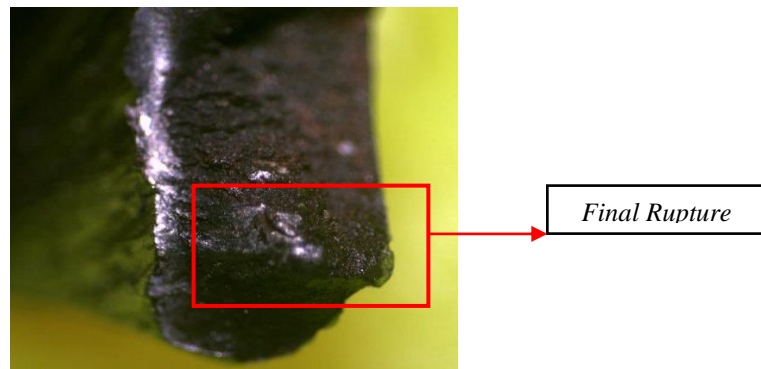
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengamatan Visual

Berdasarkan pengamatan visual yang dilakukan pada *coil spring* dapat diketahui bahwa *coil spring* mengalami kegagalan berupa patah lelah. Gambar 6, Gambar 7 dan Gambar 8 menunjukkan bagaimana bentuk patahan yang terjadi pada *coil spring*.



Gambar 6. Area terjadinya *crack initiation*, *crack propagation* (*beachmark*).



Gambar 7. *Final rupture*



Gambar 8. Sudut patahan

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa *coil spring* mengalami patah lelah atau fatigue hal ini dapat dilihat dari tanda – tanda patahan yang terjadi. Pada *coil spring* terdapat *crack initiation*, *crack propagation* (*beachmark*), dan *final rupture*. Berdasarkan pengamatan visual diketahui bahwa patahan tidak membentuk sudut 45°.

3.2 Pengujian Komposisi Kimia

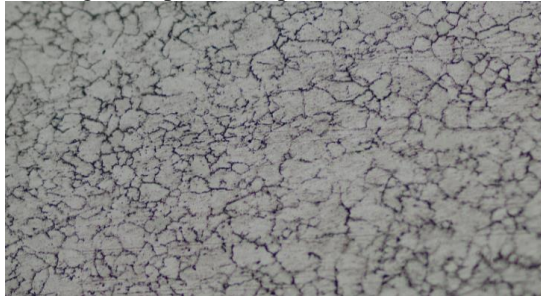
Dari hasil pengujian komposisi kimia dapat diketahui bahwa baja yang digunakan adalah baja SAE 9254 dimana hasil pengujian ini dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil pengujian komposisi kimia

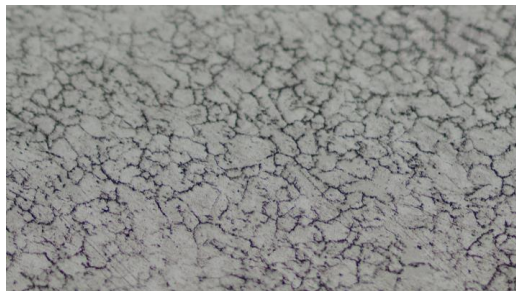
Material	C	Si	Mn	Cr	Fe
SAE 9254	0,51-0,59	1,3-1,6	0,6-0,8	0,6-0,8	Balance
Spesimen	0,56	1,41	0,65	0,68	96,63

3.3 Pengujian Metalografi

Dalam pengujian metalografi, dilakukan pengamatan struktur mikro terhadap kedua spesimen menggunakan mikroskop mikro. Hasil pengujian metalografi dapat dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10 berikut.



Gambar 9. Hasil pengujian metalografi bagian dekat patahan skala perbesaran 500x.



Gambar 10. Hasil pengujian metalografi bagian jauh patahan skala perbesaran 500x.

Dari Gambar 9 dan Gambar 10 diatas dapat dilihat bentuk fasa pada coil spring bagian spesimen gagal dan bagian tidak gagal memiliki fasa yang sama yaitu ferit perlit yang diakibatkan karena tidak adanya proses quench dan tempering pada proses manufaktur.

3.4 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan pada kedua sampel yang dilakukan pada titik – titik pada daerah yang mengalami kegagalan dan pada daerah yang jauh dari kegagalan tersebut. Hasil pengujian kekerasan dapat dilihat pada Tabel 2.

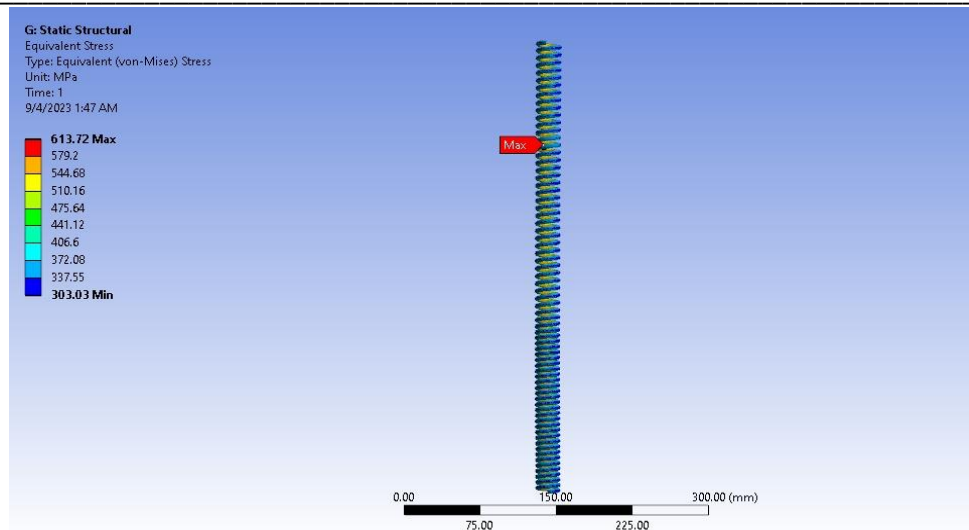
Tabel 2. Hasil uji kekerasan

Titik Uji	Variasi Spesimen (HV)	
	Daerah Dekat	Daerah Jauh
1	183	218
2	192	235
3	208	228
4	214	242
5	212	234

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai kekerasan dari *coil spring* lebih hanya berkisar dari 180 hingga 234. Hal ini bisa terjadi karena tidak adanya proses *quenching* dan *tempering* pada proses produksinya sehingga *coil spring* tidak mengalami proses *hardening*.

3.5 Simulasi Numerik

Simulasi numerik dilakukan untuk menganalisis tegangan pada coil spring. Gaya yang bekerja telah dihitung didapatkan gaya pada coil spring sebesar 463,05 N dan *torsional moment* 5.731,38 N.mm. Hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Hasil simulasi von Mises

Dari hasil simulasi diperoleh nilai *stress* maksimum pada *coil spring* adalah 613,72 MPa dimana nilai tersebut tidak melebihi nilai *yield strength* material (1825 MPa).

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pengujian yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian, diketahui bahwa komposisi kimia komponen *coil spring* terbuat dari baja paduan rendah (*low alloy steel*) dengan nilai paduan chromium 0,68%. Struktur mikro yang terbentuk adalah fasa ferit perlit. Fasa yang terbentuk diakibatkan karena *coil spring* kemungkinan besar tidak mengalami proses *quenching* and *tempering*. Ditandai dengan nilai kekerasan berkisar 180 - 250 HV.
2. Mekanisme kegagalan pada *coil spring* yang mengalami patah terjadi dikarenakan adanya fenomena *fatigue fracture* atau patah lelah. Dimana patah lelah ini ditandai dengan adanya *crack initiation*, *crack propagation* dan *final rupture*

5. Daftar Pustaka

- [1] Alsahlani, A., Khashan, M. K., & Khaleel, H. H., 2018. Design and analysis of coil spring in vehicles using finite elements method. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development*, 8(4), 615–624.
- [2] Zhu, Y., Wang, Y., & Huang, Y. 2014. Failure analysis of a helical compression spring for a heavy vehicle's suspension system. *Case Studies in Engineering Failure Analysis*, 2(2), 169–173.
- [3] Werner, B. T., Antoun, B. R., & Sartor, G. B. 2016. Thermal degradation of extension springs. In *Challenges in Mechanics of Time Dependent Materials*, 2(1).
- [4] Liu, L., Sun, F., Liu, Z., Tian, L., Liu, C., Xu, N., Ding, N., & Zhang, M. 2023. Failure analysis and finite element assessment of a torsion spring. *Engineering Failure Analysis*, 146, 107096.
- [5] Floyd, C., Bourmelis, I., & Clark, C. 2016. *Use of Volute Springs in Space Applications*. NASA Ames Research Center.
- [6] Amiruddin, A., & Alisyahnara Lubis, F. (2018). MEKANIK. In *Teknik Mesin ITM*, 4(2).
- [7] Kurniawan, R. T., Wibisono, A. T., & Noerochim, L. (2017). Analisis Kegagalan Komponen Spring Rod dalam Spring Suspension Assembly pada Coal Mill Tuban I PT. Semen Indonesia Tbk. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), F376-F380.
- [8]. Wulpi DJ., 1999. Understanding How Components Fail.
- [9] Azwinur, A., Ismy, A. S., Nanda, R., & Ferdiansyah, F. 2020. Pengaruh arus pengelasan SMAW terhadap kekuatan sambungan las double lap joint pada material AISI 1050. *Journal of Welding Technology*, 2(1), 1-7.
- [10] Siddiq, M., Nurdin, N., & Amalia, I. 2019. Pengaruh jenis kampuh terhadap ketangguhan sambungan pengelasan material St37 dengan AISI 1050 menggunakan proses SMAW. *Journal of Welding Technology*, 1(1), 11-16