

# BAB I PENDAHULUAN

## I.1 Latar Belakang

Analisis kegagalan komponen penting karena memberikan informasi mendetail tentang penyebab kegagalan, sehingga bisa dilakukan perbaikan dan pencegahan di masa depan. Melalui analisis ini, insinyur dapat memahami kekuatan dan kelemahan material, desain, atau proses manufaktur, sehingga dapat meningkatkan keandalan dan kinerja komponen. Ini adalah alat penting untuk meningkatkan keandalan dan keamanan, sehingga memahami penyebab kegagalan menjadi langkah penting dalam pengembangan produk dan proses manufaktur. (Melkote, S. N. 1998).

M. Cuartas et al., Studi ini menggunakan machine learning untuk mengoptimalkan pembuatan *coil spring* baja dengan tujuan memperpanjang masa pakai komponen. Dalam studi ini, dilakukan 529 uji kelelahan lentur rotasi pada *coil spring* yang diproduksi dengan berbagai parameter. Model regresi berbasis algoritma *Gradient Boosting* dikembangkan dan mencapai nilai  $R^2$  sebesar 0.877, menunjukkan prediksi yang andal. Temuan utama mengungkapkan bahwa suhu temper memiliki dampak signifikan terhadap kinerja kelelahan. Suhu temper yang terlalu tinggi menyebabkan penurunan kekerasan permukaan dan peningkatan kekasaran, yang memicu retakan dan mengurangi masa pakai kelelahan. (Ruiz et al., 2022).

V. Infante, M. Freitas, and R. Baptista Penelitian ini menganalisis tiga *coil spring* parabola yang retak pada suspensi gerbong dua gandar. Pemeriksaan material dan retakan menggunakan *mikroskop* optik dan elektron mengungkapkan bahwa retakan dimulai di area kontak antar daun coil spring, menunjukkan mekanisme kelelahan fretting. Analisis elemen hingga (FEA) menunjukkan bahwa tegangan maksimum terjadi di dua lokasi di bagian tengah daun dan sepanjang jarak dari bagian tengah, terutama di area dengan penurunan ketebalan daun dan momen lentur kritis. (Infante, Freitas and Baptista, 2022).

M. A. Kumbhalkar, D. V Bhope, and A. V Vanalkar Penelitian ini menyelidiki kegagalan *coil spring* kompresi heliks pada suspensi utama kereta barang melalui analisis material dan tegangan. Analisis material menunjukkan beberapa kegagalan disebabkan oleh komposisi kimia yang tidak sesuai, terutama rendahnya kandungan vanadium, sementara kegagalan lainnya dipicu oleh desain yang kurang optimal,

dengan tegangan melebihi batas material. Simulasi FEA mengungkapkan bahwa tegangan tinggi terkonsentrasi pada *coil* kedua hingga ketiga, terutama saat menerima beban aksial dan lateral bersamaan. (Kumbhalkar, Bhope and Vanalkar, 2015).

L. Chen, W. Xing, L. Wu, J. Chong, and T. Lei, Studi ini mengulas faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja *coil spring heliks* komposit (CHS), yang populer di sektor transportasi dan dirgantara karena keunggulannya seperti bobot rendah, kekuatan dan modulus spesifik tinggi, ketahanan korosi, kelelahan, serta kapasitas penyimpanan energi regangan tinggi. Analisis kinerja CHS dilakukan melalui pendekatan teoretis, metode elemen hingga (FED), dan studi eksperimental, dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti parameter geometris, sifat material, struktur penguatan, dan metode manufaktur. (Chen et al., 2022)

D. Pastorcic, G. Vukelic, and Z. Bozic Studi ini menyelidiki kegagalan *coil spring* pada kendaraan pribadi setelah digunakan selama 145.000 km dan 7 tahun. Melalui observasi visual, *mikroskop optik* dan *elektron* pemindai (SEM), analisis kimia, dan pengujian kekerasan, ditemukan bahwa lubang korosi akibat kontak terus-menerus menjadi penyebab utama retak dan patahnya *coil*. Analisis elemen hingga (FEA) memodelkan *coil spring* dan mensimulasikan tegangan di bawah beban dinamis, menunjukkan bahwa tegangan geser sesuai dengan hasil eksperimental. (Pastorcic, Vukelic and Bozic, 2019)

C. Zhou et al. Penelitian ini mengidentifikasi kegagalan *coil spring* pada kendaraan metro akibat getaran abnormal pada frekuensi 55-70 Hz, yang terkait dengan mode pembengkokan bagian dalam coil spring dan ketidakrataan rel. Untuk menangani masalah ini, dikembangkan model dinamis yang menggabungkan model *coil spring* fleksibel dengan kendaraan dan jalur. Saran optimasi meliputi modifikasi kekakuan bantalan karet, pengurangan amplitudo ketidakrataan, dan pengurangan kecepatan kereta untuk meningkatkan keamanan dan memperpanjang masa layanan *coil spring*. (Zhou et al., 2020)

P. Zhang et al. Studi ini menyelidiki umur kelelahan dan mekanisme kegagalan pada *coil spring* torsi kembar dari baja tahan karat SUS 631 melalui uji kelelahan, analisis patahan dengan SEM, pengujian kekerasan mikro, dan simulasi elemen hingga (FE). Hasil uji menunjukkan patah kelelahan sering dimulai di tepi akibat konsentrasi tegangan dan cacat material. SEM mengungkapkan porositas penyusutan dan

kekasaran permukaan di area patah. Simulasi FE menunjukkan korelasi baik dengan hasil eksperimen, mengidentifikasi tegangan maksimum di zona patah. Studi menyimpulkan bahwa cacat material, goresan, dan konsentrasi tegangan tinggi mempengaruhi umur kelelahan, serta menyarankan perlakuan permukaan untuk meningkatkan ketahanan kelelahan.(Zhang et al., 2021)

S. Perichiyappan and T. Jagadeesha, Studi ini menganalisis kinerja dan kegagalan *coil spring* suspensi primer kereta api India menggunakan analisis elemen hingga (FEA). Tiga material dievaluasi *Chromium Vanadium*, *Maraging Steel*, dan *Beryllium Copper*, dengan mempertimbangkan variasi material, beban, dan diskontinuitas geometris. Hasil menunjukkan bahwa *coil spring Chromium Vanadium* mengalami tegangan geser dan deformasi signifikan, *Maraging Steel* mengalami deformasi lebih rendah namun dengan tegangan geser serupa, sementara *Beryllium Copper* mengalami deformasi tinggi dan gagal pada kecepatan lebih rendah.(Perichiyappan and Jagadeesha, 2021).

Wu and Hsu meneliti efek penutupan dan peredaman pada *coil spring* kerucut. Model statis yang divalidasi secara eksperimental menunjukkan kesalahan maksimum 4,6%. Model dinamis yang menggabungkan laju *non-linear* dan efek peredaman diselesaikan dengan metode perturbasi dan numerik. Hasilnya menunjukkan frekuensi alami *coil spring* bervariasi dengan amplitudo awal karena benturan koil saat kompresi. Amplitudo maksimum pada kompresi lebih kecil dibandingkan ekstensi, menunjukkan pentingnya mempertimbangkan efek penutupan *coil* dalam desain. Studi ini memberikan wawasan untuk meningkatkan desain dan kinerja *coil spring* kerucut dalam aplikasi praktis.(Wu and Hsu, 1998).

B. Janoko and E. P. Budiana Studi ini menyelidiki kegagalan *coil spring* pada *bogie* NT 11 (K5) gerbong kereta ekonomi di Indonesia, yang terbuat dari baja SUP 9. Hasil uji menunjukkan komposisi kimia *coil spring* menyimpang dari standar JIS SUP 9, dengan kandungan Si, Cr, dan P yang lebih tinggi, meningkatkan kekerasan dan kerentanan terhadap korosi. Desain celah 10 mm juga menyebabkan konsentrasi tegangan dan retak. Studi ini merekomendasikan penyesuaian komposisi kimia sesuai standar dan pengurangan celah menjadi 1 mm untuk meningkatkan kinerja dan daya tahan *coil spring*.(Bayu Janoko, Triyono and Eko Prasetya Budiana, 2014)

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan penanganan bila terjadi kegagalan yang sama dikemudian hari, dari segi penyebab kegagalannya maupun segi solusi yang ditawarkan.

## **I.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah terkait analisis kegagalan *Coil spring* pada lokomotif dapat meliputi:

1. Mode pembebanan dan pola retakan apakah yang terjadi pada *Coil spring* lokomotif ?
2. Tipe patahan (*transgranular* atau *intergranular*) apakah yang terjadi pada area letak patahan ?
3. Apakah terdapat ketidaksesuaian komposisi kimia pada *coil spring*?
4. Apakah desain *geometry* dapat mempengaruhi distribusi tegangan pada desain ?

Rumusan masalah ini akan membantu memahami faktor-faktor penyebab kegagalan *Coil spring* lokomotif dan tindakan yang dapat diambil untuk mencegah kegagalan serupa dan meningkatkan keandalan sistem.

## **I.3 Tujuan penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah menganalisa kegagalan komponen *Coil spring outer* dalam *bogie* lokomotif. Mengoptimasi desain *Coil spring outer* dengan menggunakan metode *Finite Element Desain* (FED) dan *Finite Element Analysis* (FEA)

## **I.4 Batasan masalah**

Agar penelitian ini menjadi terarah dan memberikan kejelasan analisis permasalahan, maka dilakukan pembatasan permasalahan sebagai berikut :

1. Pengambilan data skunder uji *Coil spring* di upt balai yasa yogyakarta
2. Pengujian sifat mekanik komponen *Coil spring* dengan menggunakan metode uji kekerasan, uji komposisi, uji citra *makroskopik*, uji *Scanning*

*Electron Microscope*. dan untuk uji tarik tidak dilakukan dikarenakan keterbatasan ukuran material yang terbatas.

### **I.5 Manfaat penelitian**

Pada penelitian kali ini memiliki manfaat yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan penanganan bila terjadi kegagalan yang sama dikemudian hari, dari segi penyebab kegagalannya maupun segi solusi yang ditawarkan.
2. Dasar pengembangan pada ilmu pengetahuan selanjutnya.