

ANALISIS GETARAN PADA *FRICTION BLOCK* KERETA API CEPAT DENGAN BENTUK HEPTAGON MENGGUNAKAN FINITE ELEMENT METHOD

*Dhenada Dhyo Suganda¹, Achmad Widodo², Ojo Kurdi²

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: Dhyosoeganda@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik getaran *Friction block* kereta api berkecepatan tinggi heptagonal dengan metode elemen hingga (FEM). Getaran pada *Friction block* merupakan faktor penting yang mempengaruhi keamanan, kenyamanan, dan lamanya umur sistem pengereman kereta api. Memahami pola getaran dan respon dinamis dari blok gesekan sangat penting untuk merancang sistem pengereman yang efektif yang mencegah potensi kerusakan struktural dan meningkatkan pengalaman penumpang. Metode FEM digunakan untuk membangun model numerik dari blok gesekan berbentuk heptagonal dan untuk mensimulasikan respon dinamis terhadap beban pengereman. Variabel seperti kecepatan kereta api, tekanan rem, karakteristik bahan gesekan balok dan bentuk heptagonal dimasukkan dalam simulasi untuk menganalisis pengaruh terhadap getaran. Hasil simulasi memberikan gambaran tentang modus getaran utama, frekuensi alami, dan perpindahan relatif dari berbagai bagian balok gesek. Hasil utama dari penelitian ini mencakup pemahaman yang lebih mendalam tentang karakteristik getaran dari balok gesek heptagonal serta faktor-faktor yang mempengaruhinya. Penemuan ini berpotensi memandu perancangan sistem rem yang mampu meredam getaran berlebih, meningkatkan kenyamanan penumpang, dan mengurangi risiko kegagalan rem. Mengutip Fazilet Cinarlp, pakar teknik mesin: "Analisis getaran pintu menuju respon dunia terhadap struktur dinamik. Memahami getaran merupakan langkah penting dalam merancang sistem yang aman, andal, dan efisien."

Kata kunci: fem; friction block; vibration

Abstract

Study This aim For analyze characteristics vibration Friction block train fire speed tall heptagonal with method element until (FEMS). Vibration on Friction block is factor important Which influence security, comfort And age long system braking train fire. Understand pattern vibration And response dynamic from friction blocks very important For designing system braking Which effective Which prevent potency damage structural And increase experience passenger. Method FEM used For build model numeric from heptagonal shaped friction block And For simulate response dynamic to burden braking. Variable like speed train fire, pressure brake, characteristic material friction blocks And form heptagonal included in simulation For analyze influence to vibration. Results simulation give outlook about mode vibration main, frequency natural, and displacement relatively from various part friction block. Results main from study This covers understanding Which more deep about characteristic vibration from heptagonal friction blocks And factors Which affect it. Invention This potentially guide design system brake Which capable muffle vibration excess, increase comfort passenger, And reduce risk failure brake. To quote Fazilet cinarlp, expert technique engine: "Analyze vibration is door going to world response dynamic structure. Understand vibration is step important in designing system Which safe, reliable, And efficient."

Keywords: fem; friction block; vibration

1. Pendahuluan.

Secara umum, *brake pad* terdiri dari beberapa *friction block*. Oleh karena itu, bentuk, struktur, dan distribusi *friction block* akan mempengaruhi perilaku tribologi dan karakteristik dinamis antar rem [2]. Salah satu contohnya ialah bantalan rem *China Railway High-speed (CRH)*, sebagian besar *friction block* yang digunakan pada *brake pad* berbentuk poligonal, seperti segitiga, segi lima, segi enam, dan lain sebagainya [1]. Akibatnya, perilaku kontak antara bantalan rem dan cakram relatif kompleks, menyebabkan perbedaan besar pada bunyi derit yang dihasilkan oleh sistem rem kereta berkecepatan tinggi. Oleh karena itu, penelitian tentang sistem rem mobil mungkin tidak dapat diterapkan pada sistem rem kereta berkecepatan tinggi [2].

Selama bertahun-tahun, getaran yang disebabkan oleh gesekan (FIVN) telah membuat banyak peneliti melakukan penelitian lebih lanjut tentang getaran, terutama untuk derit rem otomotif, derit kopling, dan bahkan untuk pengeraman

kereta api. Namun karena sifat FIVN yang kompleks dan rumit penelitian ini mencoba untuk mengusulkan mekanisme baru untuk system pengereman pada *HST (High-Speed Train)*, karena dampak yang di timbulkan dari FIVN untuk sistem pengereman kereta api cepat adalah mengurangi presisi sistem pengereman kereta api cepat, dan mengikis permukaan serta membuat kualitas system pengereman menjadi lebih buruk, dan menciptakan polusi suara Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian tugas akhir ini yaitu:

1. Untuk mengetahui hasil analisis getaran dari sistem pengereman dengan *friction block* bentuk heptagonal.
2. Untuk mengetahui sebaran deformasi yang timbul akibat getaran yang terjadi pada sistem pengereman dengan *friction block* bentuk heptagonal.

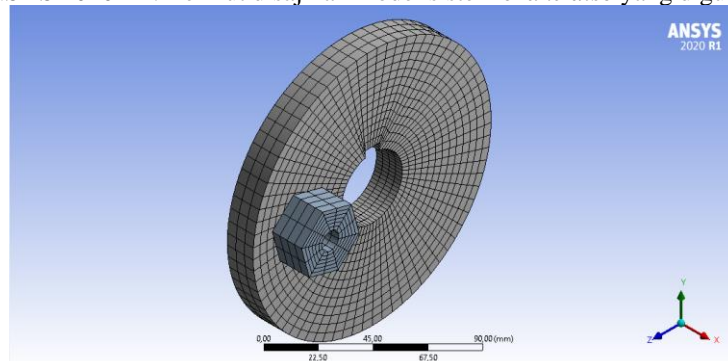
2. Metode Penelitian

Metode yang dilaksanakan dalam penelitian ini adalah dengan mensimulasikan desain sistem rem yang terdiri dari *brake disc*, *friction block*, *shaft* dan *holder* untuk mencari nilai getaran yang diakibatkan oleh pressure sebesar 0,12 MPa (sama dengan gaya pengereman $F = 190$ N). variabel independent berupa sudut pemasangan *friction block* bentuk heptagonal. Material yang digunakan untuk *brake disc* berupa *structural steel* dan *friction block* berupa *carbon steel* dengan *properties* sebagai berikut:

Tabel 1. Material properties

Structural Steel	
Density	$7,85 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^3$
Young's Modulus	$2 \times 10^5 \text{ MPa}$
Poisson's Ratio	0,3
Bulk Modulus	$1,6 \times 10^5 \text{ MPa}$
Shear Modulus	76923 MPa
Compressive Yield Strength	250 MPa
Tensile Ultimate Strength	460 MPa
Tensile Yield Strength	150 MPa
Carbon Steel AISI 1015	
Density	$7,85 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^3$
Tensile Ultimate Strength	422,60 MPa
Tensile Yield Strength	326,30 MPa

Pada penelitian ini, sistem pengereman disederhanakan menjadi *brake disc* dan *friction block* untuk mempermudah simulasi. Part lain digantikan dengan *constraint* yang sesuai. Simulasi sebaran deformasi dilaksanakan dengan menggunakan *software* ANSYS 2020 R1. Berikut disajikan model sistem *brake disc* yang digunakan.



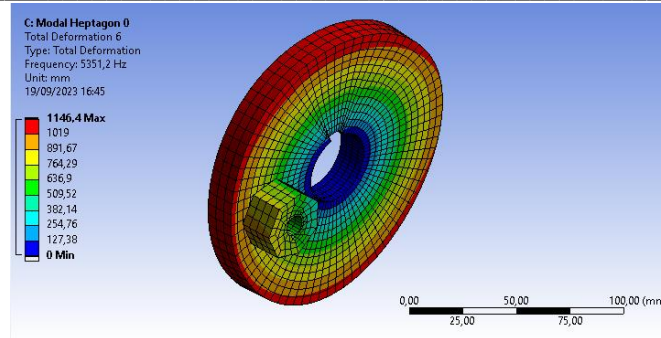
Gambar 1. Pemodelan dengan ANSYS 2020 R1

Sebelum dilakukan analisa struktur pada ANSYS, data material di input pada kolom *engineering data*. Kemudian dilanjut dengan input data parameter penelitian berupa Kecepatan sudut *brake disc* $\omega = 200$ r/min, tekanan *brake disc* yaitu $P = 0,12$ MPa, *radius friction* $R = 45$ mm

3. Hasil dan Pembahasan

Dalam mempermudah melakukan simulasi, model disederhanakan menjadi dua part yakni *brake disc* dan *friction block*. Part lain dalam model diwakili oleh parameter *input* dan *contact region* yang disesuaikan. Sistem pengereman digambarkan sebagai *brake disc* yang berputar dengan kecepatan sudut 200 rpm kemudin diberikan tekanan oleh *friction block* sebesar 0,12 MPa yang bertujuan untuk memberhentikan putaran *brake disc*.

Hasil penelitian modal analisis untuk brake system dengan *friction block* berbentuk heptagon yang telah dilakukan disajikan sebagai berikut.



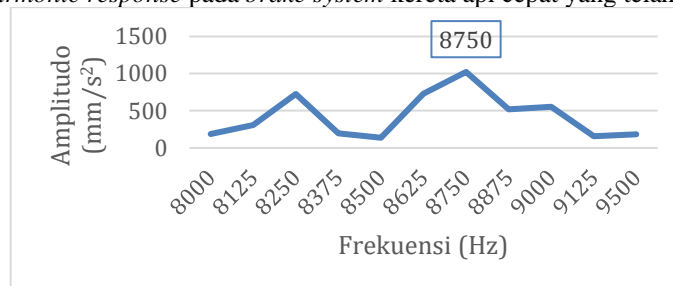
Gambar 3. Deformasi akibat getaran pada *Friction block* Heptagon 0

sebaran deformasi terjadi akibat getaran murni dan bukan diakibatkan oleh tekanan yang diberikan karena pada tahapan ini, belum diberikan parameter input berupa tekanan pada *friction block*. Berikut adalah nilai frekuensi maksimal pada setiap sudut pemasangan.

Tabel 2. Nilai frekuensi getaran maksimal

Sudut Pemasangan	Nilai Frekuensi Maksimal (Hz)
0°	5351,2
15°	5382,1
30°	5366
45°	5377,4

Berdasarkan hasil diatas data yang diperoleh selanjutnya melalui tahap analisis respon harmonik. Analisis respons harmonik merupakan jenis analisis dinamis yang mengevaluasi perilaku suatu struktur atau sistem di bawah beban siklik atau periodik. Analisis ini banyak digunakan dalam *Computer Aided Engineering (CAE)* untuk merancang dan mengoptimalkan produk yang terkena getaran, sama halnya pada *model brake system* pada penelitian ini. Berikut disajikan hasil penelitian *harmonic response* pada *brake system* kereta api cepat yang telah dianalisis.



Gambar 4. FFT Analysis pada *Friction block* Heptagon 0°

Berdasarkan hasil analisis FFT yang telah dilakukan, didapatkan data maksimal amplitudo pada setiap variasi sudut pemasangan *friction block*. Berikut disajikan grafik perbandingan antara nilai maksimal amplitudo yang dihasilkan tiap variasi sudut pemasangan.

Tabel 3. Perbandingan nilai amplitudo

Jenis <i>Friction block</i> dan Variasi Sudut Pemasangan	Nilai Max. Amplitudo (mm/s ²)
Heptagon 0°	1023
Heptagon 15°	1139
Heptagon 30°	1191
Heptagon 45°	1200
Heksagon 0°	726
Heksagon 15°	1273
Heksagon 30°	1223
Heksagon 45°	1531

Berdasarkan grafik perbandingan, terlihat bahwa nilai maksimal deformasi yang terjadi mengalami peningkatan dari variasi sudut pemasangan 0 ke variasi sudut 45. Hal ini dapat disimpulkan bahwa adanya pengaruh sudut pemasangan *friction block* terhadap besarnya amplitudo akibat tekanan yang diberikan. Semakin besar sudut pemasangan maka semakin besar nilai maksimal amplitudo yang dihasilkan.

4. Kesimpulan

Hasil FFT analisis menunjukkan bahwa *friction block* berbentuk segi tujuh memiliki nilai frekuensi mulai 8000 Hz sampai 9500 Hz dengan maksimal Amplitudo sebesar 1200 mm/s² pada variasi sudut pemasangan 45°. Sebaran nilai maksimal deformasi yang timbul akibat getaran alami dari pengereman tersebar di seluruh sisi *brake disc* dengan nilai frekuensi maksimal sebesar 5300 Hz. Kemudian diikuti nilai deformasi terkecil di tengah *brake disc*

5. Daftar Pustaka

- [1] Xiang, Z., Mo, J., Qian, H., Zhu, S., Chen, W., Du, L., (2021). The Effect Of The *Friction block* Installation Direction On The Tribological Behavior And Vibrational Response Of The High-Speed Train Brake Interface. *Wear* Pp.484-485.
- [2] Zhou, L., Yu, X., Huo, M., dan Yu, X. (2021). Research on High-Speed Railway Freight Train Organization Method considering Different Transportation Product Demands. *Mathematical Problem in Engineering*.
- [3] Ansys Mechanical Finite Element Analysis (FEA) Software for Structural Engineering. Diakses di [ansys.com](https://www.ansys.com) (tanggal akses 04/10/2023).
- [4] Chen, W., Lu, G., Shi, X., Zhang, J., dan Yang, Z. (2022). Effect of Ni₃Al Matrix Bio-Inspired Shell-Like Composite Surface Structure on Interfacial Tribological Behaviours. *Tribology International* Vol. 170.
- [5] Elhafid, M. (2014). Pengaruh Bahan Kampas Rem terhadap Respon Getaran pada Sistem Rem Cakram. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- [6] Grzes, P., Kuciej, M. (2023). Coupled Thermomechanical FE Model of A Railway Disc Brake For Friction Material Wear Calculations. *Wear* Vol. 530-531
- [7] He, J., & Fu, Z.-F. (2001). Overview Of Modal Analysis. *Modal Analysis*, 1–11. doi:10.1016/b978-075065079-3/50001-2
- [8] Kazerooni, S., Kaymak, Y., Cessa, R., Feng, N., Zhou, M., Zhang, T. (2017). Optimal Positioning Of Ground Base Stations In Free-Space Optical Communications For High-Speed Trains. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*.
- [9] Peng, T., Yan, Q., Zhang, X., Zhuang, Y. (2020). Role Of Titanium Carbide And Alumina On The Friction Increment For Cu-Based Metallic Brake Pads Under Different Initial Braking Speeds. *Frict.* Pp. 1–15.
- [10] Wu, Y., Tang, B., Xiang, Z., Qian, H., Mo, J., Zhou, Z. (2021). Brake Squeal Of A Highspeed Train For Different *Friction block* Configurations, *Appl. Acoust.* 171 107540.