

# Studi Estimasi Thermal dan Analisis Struktur Desain *Brake Shoe* Tanpa Coakan Kereta Penumpang dengan Metode Elemen Hingga

Alivia Nur Fadhila<sup>1</sup>, Anda Iviana Juniani<sup>1\*</sup>, Muhamad Ari<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>1</sup>

Program Studi Teknik Pengelasan, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>2</sup>

Email: [andaiviana@ppns.ac.id](mailto:andaiviana@ppns.ac.id)

**Abstract** – A train is a means of railroad with motion power, either running alone or coupled with other railroad facilities, which will or are moving on the railroad related to train travel. The train is composed of several components including carbody, brake system, and bogie frame. The method used in this research is the Finite Element Method where the method is used to determine the safety of the brake shoe design. This research aims to estimate the thermal and analysis the structural design of a brake shoe without cracks on a passenger train using the Finite Element Method (FEM). In this study, we conducted simulations to analysis the heat and pressure distributions that occur in the brake shoe during operation. Analysis shows that the Static Stress Brake Shoe value is 0.0059112 MPa. The thermal value of brake shoe without cracks is 50.905°C. The minimum safety factor value of PT INKA is 12. From these results, the safety factor value of the brake shoe without cracks meets the requirements (safe). These findings are expected to contribute significantly to the development of more efficient and reliable brake shoe designs for passenger trains.

**Keyword:** Brake shoe, finite element method, thermal, train

## 1. PENDAHULUAN

Kereta api merupakan transportasi massal yang diminati oleh banyak orang karena kemudahan aksesnya [1]. Hal tersebut membuat industri kereta api Indonesia atau PT.INKA terus meningkatkan sistem transportasi untuk menunjang eksistensinya [2]. Keselamatan dan kenyamanan penumpang merupakan hal utama untuk mencapai tujuan.

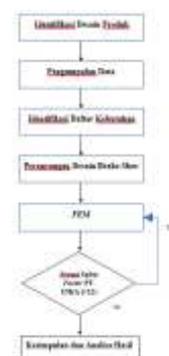
Menurut Peraturan Menteri Perhubungan PM Nomor 17 Tahun 2011 Bab 1 Pasal 1:2, Kereta api adalah sarana perkeretaapian dengan tenaga gerak, baik berjalan sendiri maupun dirangkaikan dengan sarana perkeretaapian lainnya, yang akan ataupun sedang bergerak di jalan rel yang terkait dengan perjalanan kereta api [3].

Kereta api tersusun dari beberapa komponen meliputi gerbong (*carbody*), *brake system*, dan rangka *bogie*. Dalam pengoperasian kereta, rangka *bogie* menjadi komponen yang terpenting karena sebagai penopang gerbong kereta [4]. *Bogie* tersusun dari perangkat roda, as roda, dan *brake shoe*. Analisis menunjukkan bahwa nilai *static stress brake shoe* 0.0059112 MPa. Nilai *thermal brake shoe* tanpa coakan sebesar 50,905°C. Nilai *safety factor brake shoe* tanpa coakan sebesar 15. Nilai *safety factor* minimal PT. INKA sebesar 12. Dari hasil tersebut, nilai *safety factor* brake shoe tanpa coakan memenuhi persyaratan (aman). Sehingga mencapai tujuan PT. INKA yaitu keselamatan dan kenyamanan. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan merancang suatu

desain *brake shoe* yang sesuai dengan *minimal safety factor* PT.INKA (Persero).

## 2. METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Metode Elemen Hingga dimana metode tersebut digunakan untuk mengetahui keamanan pada desain *brake shoe*[7]. Alur penelitian perancangan desain *brake shoe* terdapat pada gambar 1:



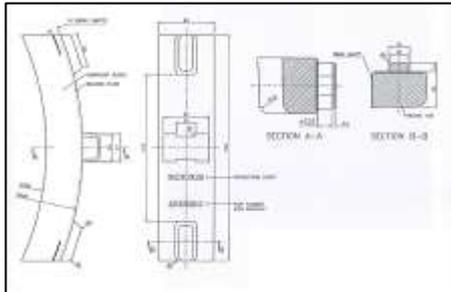
Gambar 1 Flowchart

### 2.1 Identifikasi Desain Produk

Pada penelitian ini, topik yang diangkat yaitu *design for assembly* atau perancangan yang bertujuan untuk membuat model suatu desain [8]. Desain *brake shoe* tanpa coakan nantinya akan menghasilkan desain 3D untuk menguji kesesuaian *brake shoe* tanpa coakan dengan SNI PT.INKA.

## 2.2 Pengumpulan data

Pada penelitian desain *brake shoe* PT.INKA terdapat data penunjang yaitu data desain 2D yang berasal dari PT.INKA. selain data desain 2D terdapat pula *mechanical properties brake shoe* dan ukuran utama *brake shoe*. Data tersebut digunakan untuk proses desain *brake shoe* pada software Fusion.



Gambar 2 Desain 2D Brake Shoe

Gambar yang akan didesain pada software Fusion harus mengikuti gambar 2D desain *brake shoe*. Desain 2D terdiri dari pandangan samping, pandangan atas, dan pandangan samping dari sebuah *brake shoe*.

| Bagian  | Ukuran (mm) |
|---|-------------|
| Panjang                                       | 320         |
| Lebar   | 80          |
| Tebal   | 50          |
| Jari-jari kelengkungan punggung blok rem (R1) | R 428       |
| Jari-jari kelengkungan permukaan gesek (R2)   | R 390       |
| <b>CATATAN</b> Nilai toleransi 5%             |             |

Gambar 3 Ukuran Utama Brake Shoe

Ukuran utama *brake shoe* pada gambar 4, berasal dari data yang disahkan oleh badan standarisasi nasional, sehingga bersifat tetap dan tidak dapat diubah.

| TECHNICAL SPECIFICATION OF BRAKE BLOCK T-ING |           |                     |          |
|--|-----------|---------------------|----------|
| NO.  | TEST ITEM | UNIT OF MEASUREMENT | STANDARD |
| <b>BRACKES PLATE &amp; BRACKET</b>           |           |                     |          |
| <b>A. MATERIAL CHEMICAL COMPOSITION</b>      |           |                     |          |
| 1  | Carbon    | 0.20                | 1.17     |
| 2  | Carbon    | 0.20                | 1.17     |
| 3  | Carbon    | 0.20                | 1.17     |
| 4  | Carbon    | 0.20                | 1.17     |
| 5  | Carbon    | 0.20                | 1.17     |
| <b>B. MECHANICAL MECHANICAL COMPOSITION</b>  |           |                     |          |
| 1  | Carbon    | 0.20                | 1.17     |
| 2  | Carbon    | 0.20                | 1.17     |
| 3  | Carbon    | 0.20                | 1.17     |
| 4  | Carbon    | 0.20                | 1.17     |
| 5  | Carbon    | 0.20                | 1.17     |
| <b>C. MECHANICAL PROPERTY</b>                |           |                     |          |
| 1  | Carbon    | 0.20                | 1.17     |
| 2  | Carbon    | 0.20                | 1.17     |
| 3  | Carbon    | 0.20                | 1.17     |
| 4  | Carbon    | 0.20                | 1.17     |
| 5  | Carbon    | 0.20                | 1.17     |
| <b>D. SURFACE PROPERTY</b>                   |           |                     |          |
| 1  | Carbon    | 0.20                | 1.17     |
| 2  | Carbon    | 0.20                | 1.17     |
| 3  | Carbon    | 0.20                | 1.17     |
| 4  | Carbon    | 0.20                | 1.17     |
| 5  | Carbon    | 0.20                | 1.17     |
| <b>E. OPERATIONAL REQUIREMENTS</b>           |           |                     |          |
| 1  | Carbon    | 0.20                | 1.17     |
| 2  | Carbon    | 0.20                | 1.17     |
| 3  | Carbon    | 0.20                | 1.17     |
| 4  | Carbon    | 0.20                | 1.17     |
| 5  | Carbon    | 0.20                | 1.17     |

Gambar 5 Mechanical Properties Brake Shoe

Detail komposisi material *brake shoe* yang terbuat dari komposit (perpaduan antara karbon, silikon, mangan, fosfor, dan sulfur[9]. Di dalam

gambar 3 juga terdapat persyaratan kekuatan minimal sebuah *brake shoe*.

## 2.3 Identifikasi daftar kebutuhan

Penyusunan daftar kebutuhan digunakan untuk mengetahui kebutuhan *brake shoe* dari PT.INKA. Dibuatnya daftar kebutuhan diharapkan dapat sesuai dengan permintaan PT.INKA. Dapat dideskripsikan daftar identifikasi kebutuhan desain *brake shoe* sebagai berikut.

Tabel 1. Daftar Kebutuhan

| No. | Kebutuhan Perusahaan     |
|-----|--------------------------|
| 1.  | <i>Safety Factor</i> >12 |

## 2.4 Perancangan Desain Brake Shoe

Tahap perancangan desain merupakan proses desain *brake shoe* PT. INKA. Dimana untuk proses desain sendiri dilakukan menggunakan Fusion 360.

## 2.5 Simulasi FEM Brake Shoe Tanpa Coakan

Pengujian kesesuaian desain merupakan uji yang digunakan untuk mensimulasikan desain secara numerik menggunakan metode elemen hingga.

## 2.6 Kesimpulan

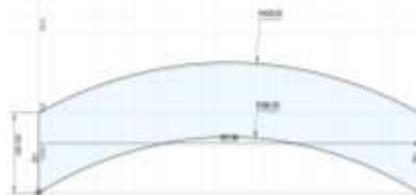
Apabila desain *brake shoe* sudah sesuai dengan SNI *brake shoe* yang diberikan oleh PT.INKA. Maka, dapat diambil kesimpulan.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan membahas desain 3D *brake shoe* PT.INKA yang telah dirancang pada Software Fusion dan disimulasikan menggunakan software ANSYS.

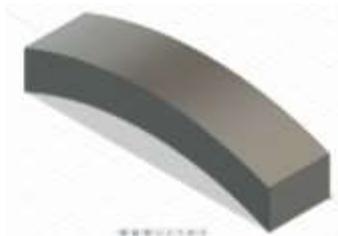
### 3.1 Perancangan Desain Brake Shoe

Perancangan desain *brake shoe* dimulai dengan membuat desain 2D *brake shoe* menggunakan software Fusion. Hasil perancangan 2D *brake shoe* dapat dilihat pada gambar 6 :



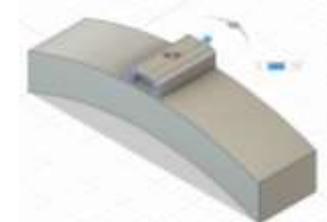
Gambar 6 Desain Brake Shoe 2D Fusion

Setelah melakukan perancangan 2D *brake shoe* dapat dilanjutkan dengan pembuatan desain 3D *brake shoe* yang diawali dengan pembuatan *brake block*.



Gambar 7 Desain Brake Block 3D

Apabila *brake block* telah terbentuk 3D, selanjutnya yaitu pembuatan *brake pad*. Proses pembuatan *brake pad* juga melihat ketentuan desain 2D *brake shoe*.



Gambar 8 Desain Brake Pad

Pembuatan *brake pad* pada 2 ujung *brake block* dengan panjang 50mm, lebar bawah 30mm dan lebar atas 24mm, serta tinggi 14mm. Kemudian *brake pad* bagian tengah dengan cara membuat sketsa 2D yang dibentuk seperti terowongan dengan ketentuan tinggi 26mm, lebar 18mm, dan panjang 65mm, lalu dilubangi dengan *extrude cut* menyesuaikan spesifikasi *brake shoe*.



Gambar 9 Desain Finishing Brake Shoe

Tahap *finishing* desain 3D merupakan serangkaian proses yang bertujuan untuk memperbaiki, menghaluskan, dan memberikan nilai tambah pada desain *brake shoe*. Pada sisi dan sudut *brake shoe* pada tahap sebelumnya masih siku atau tanpa *fillet*. Proses *finishing* dilakukan dengan menyesuaikan ketentuan yang ada.

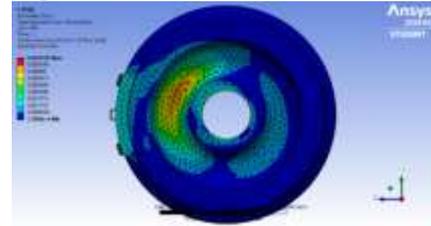
### 3.2 Analisis FEM Desain Brake Shoe Tanpa Coakan

Analisis FEM bertujuan untuk mengetahui hasil *static stress*, *thermal*, dan *safety factor* pada *brake shoe* tanpa coakan yang akan dianalisis.

#### 3.2.1 Static Stress Analysis Brake Shoe Tanpa Coakan

Analisis tegangan statis bertujuan untuk menentukan besar tegangan pada suatu benda. Tegangan yang lebih besar menunjukkan potensi kerusakan yang lebih tinggi, sedangkan tegangan yang lebih kecil menunjukkan

desain benda yang lebih baik. Hasil analisis tegangan statis untuk *brake shoe* tanpa coakan adalah:

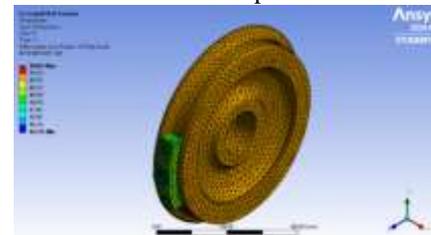


Gambar 10 Desain Finishing Brake Shoe

Tegangan statis *brake shoe* tanpa coakan sebesar 0,0059112 MPa. Tegangan maksimum berada pada bagian dalam roda kereta akibat tekanan dari *brake shoe* tanpa coakan, karena bagian roda dalam ini lebih tipis dibandingkan dengan bagian roda yang bersentuhan langsung dengan *brake shoe*.

#### 3.2.2 Analisis Pengujian Thermal Brake Shoe Tanpa Coakan

Pengujian *thermal* merupakan sebuah hasil analisis yang bertujuan untuk mengetahui besarnya panas suatu benda setelah terjadi gesekan yaitu *brake shoe* tanpa coakan dengan roda kereta api dimana diukur menggunakan hasil suhu akhir pada benda tersebut. Hasil *thermal brake shoe* tanpa coakan :



Gambar 11 Thermal Brake Shoe

Nilai *thermal brake shoe* tanpa coakan adalah 50,905°C. Hasil ini tidak jauh berbeda dari hasil pengujian lapangan yang menunjukkan suhu 52°C. Oleh karena itu, pengujian *thermal* menggunakan perangkat lunak ini dapat dianggap valid dan dapat dijadikan acuan untuk penelitian optimasi desain *brake shoe*.

### 3.2.3 Safety Factor Analysis Brake Shoe Tanpa Coakan

*Safety factor* merupakan pengujian bahan yang digunakan untuk mengetahui keamanan desain. Setiap desain memiliki tegangan yang berbeda, untuk itu dilakukan pengujian *safety factor*. Hasil analisis *safety factor brake shoe* tanpa coakan :



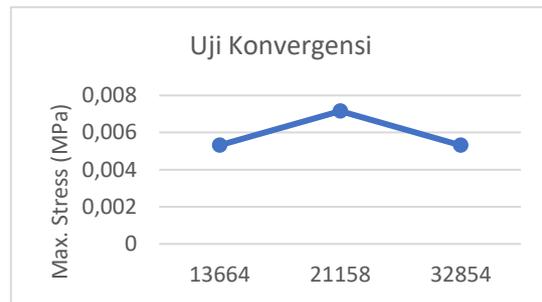
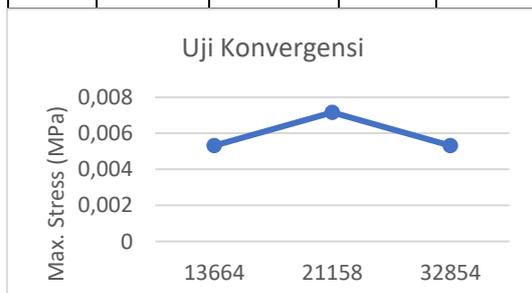
Gambar 12 *Safety Factor*

Nilai *safety factor brake shoe* tanpa coakan sebesar 15. Nilai *safety factor* minimal PT. INKA sebesar 12. Dari hasil tersebut, nilai *safety factor brake shoe* tanpa coakan memenuhi persyaratan (aman).

### 3.2.4 Uji Konvergensi Brake Shoe Tanpa Coakan

Hasil uji konvergensi digunakan untuk mengetahui kekonvergenan nilai tegangan suatu benda yang diukur. Uji konvergensi diambil dari pengujian *meshing* sebanyak 3 kali. Tabel uji konvergensi *brake shoe* tanpa coakan :

| Iterasi | Ukuran Meshing (mm) | Max. Stress (MPa) | Jumlah Nodes | Jumlah Elemen |
|---------|---------------------|-------------------|--------------|---------------|
| 1       | 25                  | 0,0059112         | 52200        | 32854         |
| 2       | 30                  | 0,0071566         | 34941        | 21158         |
| 3       | 35                  | 0,0053145         | 23132        | 13664         |



Berdasarkan tabel dan grafik uji konvergensi *brake shoe* tanpa coakan, jumlah elemen terbanyak (semakin akurat hasil analisisnya) dan hasil stress yang baik yaitu ukuran *meshing* 25mm, dengan jumlah elemen 32854 dan nilai stress 0,0059112 MPa. Maka, *meshing* 25mm merupakan ukuran *meshing* ideal untuk *brake shoe* tanpa coakan.

## 4. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Perancangan desain 3D *brake shoe* PT.INKA menggunakan software Fusion 360 dan dilakukan sesuai standar SNI *brake shoe* dari PT.INKA .
2. Hasil pengujian kesesuaian material desain 3D *brake shoe* PT.INKA telah berhasil. Desain 3D *brake shoe* sesuai dengan permintaan PT.INKA yakni menggunakan material sesuai ketentuan.
3. Berdasarkan uji kesesuaian berat *brake shoe* PT.INKA didapatkan hasil berat *brake shoe* sebesar 3.273 Kg. Berat tersebut memenuhi persyaratan yang ditentukan yaitu maksimal 3.7 Kg. Maka desain 3D *brake shoe* PT. INKA yang telah dibuat lolos uji kesesuaian.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Bina, “Analisis Ketertarikan Penumpang terhadap Angkutan Umum Kereta Rel Diesel Prameks,” *Univ. Atma Jaya Yogyakarta*, vol. 1, no. 69, pp. 5–24, 2012.
- [2] D. Cahyadi and gilang febri Azis, “Perancangan Belt Conveyor Kapasitas 30 Ton / Jam,” *Sintek*, vol. 9, no. 1, pp. 13–17, 2015, [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/sintek/article/view/299/274>
- [3] Kementerian Perhubungan, “PM No. 17 Tahun 2011,” 2011.
- [4] A. Wahidin and M. Ari, “Modifikasi Desain Frame Bogie Kereta Bangladesh Type WJC Akibat Beban Aksial dengan Material S355J2+ N,” ... *Des. Manuf.*

- Eng. its Appl.*, no. 2654, 2019.
- [5] Badan Standarisasi Nasional, “Blok Rem Komposit Untuk Sarana Perkeretaapian,” 2019, [Online]. Available: [https://twitter.com/bsn\\_sni/status/1285469479149768704/photo/2](https://twitter.com/bsn_sni/status/1285469479149768704/photo/2)
- [6] P. Ivanov *et al.*, “Study Of The Influence Of The Brake Shoe Temperature And Wheel Tread On Braking Effectiveness,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1614, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1614/1/012086.
- [7] M. P. Antartika, B. Budianto, M. Ari, and K. Suastika, “The Perbandingan Hasil Analisis Metode Elemen Hingga Berbasis Software Dengan Simple Supported Calculation Pada Kapal 50 Pax Crane Barge,” *J. Integr.*, vol. 12, no. 1, pp. 72–78, 2020, doi: 10.30871/ji.v12i1.1451.
- [8] A. I. Juniani, M. L. Singgih, and P. D. Karningsih, “Design for Manufacturing, Assembly, and Reliability: An Integrated Framework for Product Redesign and Innovation,” *Designs*, vol. 6, no. 5, 2022, doi: 10.3390/designs6050088.
- [9] R. Science, “杨福霞 1 , 杨冕 2 , 聂华林 1,” vol. 13, no. x, pp. 460–467, 2011.
- [10] KM. 43 TAHUN 2010, “KM No. 43 Tahun 2010 : Standar Spesifikasi Teknis Gerbong,” pp. 1–11, 2010.