

# Perancangan mesin *classifier* dengan ukuran mikron untuk pemisahan dan penyaringan bahan baku semen

Barnabas Satria Wibawa, Arif Rahman Saleh, Ikhwan Taufik

Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Tidar  
Jl. Kapten Suparman, No.39, Kota Magelang, Jawa Tengah 56116  
Email korespondensi: barnabassatriawibawa@gmail.com

## Abstrak

Semen yang berkualitas merupakan faktor utama infrastruktur yang baik. Meningkatnya sektor infrastruktur akan kebutuhan semen meningkat secara pesat pada tahun 2012 yang mencapai 54 juta ton hingga tahun 2017 sebesar 84 juta ton. Adapun pada tahun 2022, konsumsi semen dalam negeri meningkat sebesar 7,6%. Berdasarkan data tersebut kebutuhan pokok terhadap semen semakin meningkat. Salah satu upaya peningkatan produksi semen yang baik dengan mengolah bahan baku sebaik mungkin, sehingga produk yang dihasilkan berupa semen yang memiliki kualitas yang tinggi. Tujuan dari kajian ini yaitu untuk merancang mesin *classifier* berjenis vibrating screen yang akan digunakan untuk mengolah bahan baku semen. Penggunaan mesin ini bertujuan untuk memisahkan dan menyaring ukuran partikel bahan baku yang telah diproses oleh mesin crusher, sehingga dapat memilah ukuran bahan baku sesuai dengan yang diinginkan. Mesin ini menggunakan material baja karbon 1020 dan Stainless steel 316, kemudian menganalisis kekuatan struktur pada rangka mesin. Dalam kajian ini, metode pemodelan menggunakan software SolidWorks 2019 dan metode Finite Element Analysis (FEA) menggunakan software ANSYS 2022. Persamaan matematis meliputi perhitungan elemen mesin, kapasitas aliran, beban yang diberikan. Analisis statik yang dilakukan yaitu Von mises stress, displacement, dan safety factor. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai Von mises stress maksimum sebesar 53,865 MPa, total deformation maksimum sebesar 2,1649 mm, dan safety factor minimum sebesar 4,6804 di atas 3, sehingga desain mesin *classifier* yang dirancang dapat dikatakan aman.

**Kata kunci:** bahan baku semen, vibrating screen, finite element analysis.

## Abstract

High-quality cement is a key factor in good infrastructure. The demand for cement increased rapidly from 54 million tons in 2012 to 84 million tons in 2017, due to the growing infrastructure sector. In 2022, domestic cement consumption increased by 7.6%. Based on this data, the essential need for cement is on the rise. One of the efforts to enhance cement production is by optimizing raw material processing to produce high-quality cement. The objective of this study is to design a vibrating screen classifier machine for processing raw cement materials. The use of this machine aims to separate and filter the particle sizes of raw materials that have been processed by the crusher, thus sorting the raw materials to the desired sizes. This machine utilizes carbon steel 1020 and 316 Stainless steel materials, then analyzes the structural strength of the machine frame. In this research, modeling is done using SolidWorks 2019 software, and Finite Element Analysis (FEA) is conducted using ANSYS 2022 software. Mathematical equations include machine element calculations, flow capacity, and applied loads. Static analysis performed includes Von mises stress, displacement, and safety factor. The analysis results indicate that the maximum Von mises stress value is 53,865 MPa, the maximum total deformation is 2,1649 mm, and the safety factor minimum is 4,6804 above 3, confirming that the designed classifier machine is considered as safe.

**Keywords:** cement raw material, vibrating screen, finite element analysis.

## 1. Pendahuluan

Industri semen merupakan salah satu industri penting dalam dunia konstruksi yang bertujuan untuk memproduksi material konstruksi yang dibutuhkan dalam pengembangan bangunan, jalan, infrastruktur dan lainnya. Hal tersebut memicu peningkatan kebutuhan konsumen. Setiap perusahaan memiliki tujuan dan hasil produk yang berbeda. Pada tahun 2017, konsumsi semen di Indonesia mencapai 84,96 juta ton, mengalami peningkatan dari tahun 2012 yang hanya 54,96 juta ton. Adapun pada tahun 2021 semen meningkat 5,9% dari tahun 2020, hal ini berlaku untuk daerah pulau Jawa maupun luar pulau

Jawa. Menurut Asosiasi Semen Indonesia (ASI), tercatat pada awal tahun 2022 konsumsi semen dalam negeri meningkat sebesar 7.6% [1].

Untuk memproduksi semen yang berkualitas, PT Indocement Tunggul Prakarsa membutuhkan bahan baku yang berkualitas. Bahan baku semen terdiri dari bahan-bahan seperti batu kapur, tanah liat, pasir silika, dan mineral lainnya. Dalam memproduksi semen yang berkualitas diperlukan target produksi batu kapur sebesar 3.600 ton/hari atau 72.000 ton/bulan [2].

Mesin *Classifier* merupakan salah satu teknologi yang digunakan dalam pemisahan dan penyaringan bahan baku semen. Mesin *classifier* bekerja dengan cara memisahkan bahan baku berdasarkan ukuran partikelnya. Mesin *classifier* modern pada umumnya dilengkapi dengan teknologi dan kontrol otomatis. Pada era modern ini banyak sekali jenis mesin *classifier* yang digunakan pada proses produksi sebagai peningkatan hasil dan kualitas dari suatu produk. Penambahan mesin yang cocok pada unit *mining* yaitu dengan menggunakan *vibrating screen* pada proses pemisahan dan penyaringan bahan baku semen. Mesin tersebut bekerja dengan sistem pengayak yang ditimbulkan oleh getaran pada motor dan komponen penggetar. Pengayakan merupakan satuan operasi pemisahan dan penyaringan dari berbagai ukuran bahan untuk dipisahkan ke dalam dua atau tiga fraksi dengan menggunakan ayakan. Setiap fraksi yang keluar dari ayakan mempunyai ukuran yang seragam [3].

Pada awalnya ayakan getarnya berupa kotak dan penyaring yang dikerjakan secara manual tanpa adanya bantuan mesin. Mesin tersebut berubah seiring berkembangnya teknologi, yaitu dengan menghadirkan mesin pengayak otomatis, tetapi memiliki keterbatasan untuk menyaring partikel yang berukuran sangat kecil, sehingga hanya dapat digunakan untuk penyaringan dengan ukuran yang terbilang cukup besar. Pada awal abad ke 21, mesin ini jauh lebih berkembang yaitu dengan penambahan frekuensi getar yang tinggi, namun meredamkan suara keras pada mesin dan sumber getar otomatis [4,5].

Kajian ini bertujuan untuk pengembangan mesin *classifier* untuk meningkatkan kualitas produk dengan cara pemisahan dan penyaringan bahan baku semen. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk meminimalisir biaya yang dikeluarkan saat proses produksi. Mesin *classifier* yang dikembangkan ini berupa *vibrating screen* yang dapat memisahkan ukuran partikel yang diinginkan dengan memodifikasi *screen mesh*, *discharge chute*, *vibrate assembly*, dan struktur rangka. Kajian ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas bahan baku dan produk akhir secara konsisten. Selain itu, mesin *classifier* yang dikembangkan ini juga dapat menjadi solusi untuk mengatasi masalah dalam pemisahan dan penyaringan bahan baku semen yang tersedia saat ini.

## 2. Metode

Pada kajian desain dan rekayasa mesin *classifier* menggunakan dua metode, yaitu pemodelan menggunakan *software* SolidWorks 2019 dan metode *Finite Element Analysis* (FEA) pada *screen mesh*, mesin menggunakan *static analysis* pada *software* ANSYS 2022 [6-9]. Kajian ini terdiri dari 3 tahapan yang dijelaskan sebagai berikut.

### **Pre-Processing**

Pada tahap ini dilakukan perencanaan perhitungan elemen mesin, kemudian menerapkannya pada pembuatan desain perancangan *prototype* mesin *classifier*. Proses pembuatan perancangan *prototype* menggunakan *software* SolidWorks 2019 [10].

### **Solving**

Pada tahap ini, desain perancangan *prototype* dari mesin *classifier* yang telah dibuat kemudian disimulasikan menggunakan *static analysis* pada *software* ANSYS 2022. Hasil simulasi terdiri dari 3 parameter yaitu *Von mises stress*, *displacement*, dan *safety factor* [11].

### **Post Processing**

Pada tahap ini, disajikan data hasil simulasi desain perancangan *prototype* mesin *classifier*. Dari data tersebut, terdapat nilai *Von mises stress*, *displacement*, dan *safety factor* [12].

Material yang digunakan pada pengujian analisis statik rangka pada mesin *classifier* adalah baja karbon 1020 dan *Stainless steel* 316 [13]. Pengujian ini menggunakan *software* Solidworks 2019 untuk pembuatan rancangan dan desain mesin *classifier*. Pengujian *Finite Element Analysis* (FEA) dilakukan dengan *software* ANSYS 2022.

Variabel yang digunakan pada kajian ini terdiri atas 3 variabel yaitu *Von mises stress*, *displacement*, dan *safety factor* [14]. Nilai *Von mises stress* tidak boleh melebihi *yield strength* dan nilai *safety factor* di atas 3 [15-16].

Adapun prosedur penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut: (1) Studi Literatur; (2) Pengambilan Data; (3) Perancangan Mesin *Classifier*; (4) Simulasi *Static Analysis*; (5) Analisis Data; dan (6) Kesimpulan.

Kajian simulasi *Static Analysis* ini dilaksanakan dalam beberapa tahapan yaitu:

### **Simplifikasi Pemodelan**

Langkah pertama yaitu dengan simplifikasi pemodelan pada rangka yang akan dianalisis. Simplifikasi ini dilakukan dengan menghilangkan *edges* dan *fillet* yang terdapat pada desain, bertujuan untuk mendapatkan hasil yang akurat dan mengurangi *error* selama simulasi berlangsung.

### **Meshing**

Fungsi *meshing* adalah untuk membagi geometri menjadi elemen-elemen dengan ukuran kecil yang dipergunakan untuk melakukan perhitungan. Semakin kecil hasil perhitungan, maka tingkat ketelitiannya semakin tinggi. Jenis *meshing* yang digunakan adalah *multizone hexagonal*.

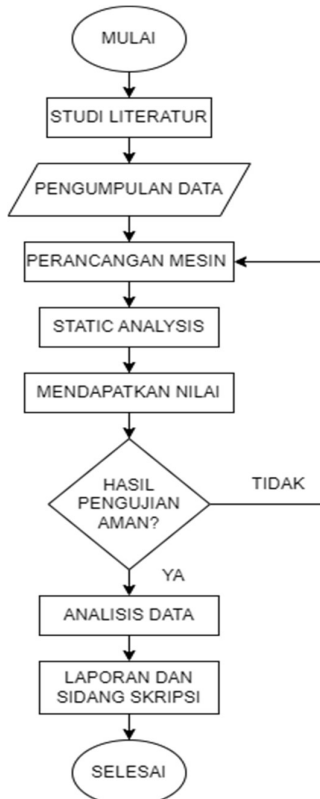
**Boundary Condition**

Proses ini berfungsi untuk menetapkan batas yang diperlukan dalam simulasi. Proses ini dibagi menjadi 2, yaitu *fix support* dan *force*.

**Hasil**

Hasil dari simulasi ini berupa nilai dari *Von mises stress*, *displacement*, dan *safety factor*. Hasil dalam simulasi ini, diharapkan nilai dari *von mises stress* tidak melebihi *yield strength*, nilai *displacement* sekecil mungkin dan *safety factor* di atas 3. Beban yang diberikan adalah beban kejut sebesar 9.087,54 N Dimensi rangka panjang 3.500 mm, lebar 1.500 mm, ketebalan 10 mm, dan ukuran lubang 80 x 80 mm.

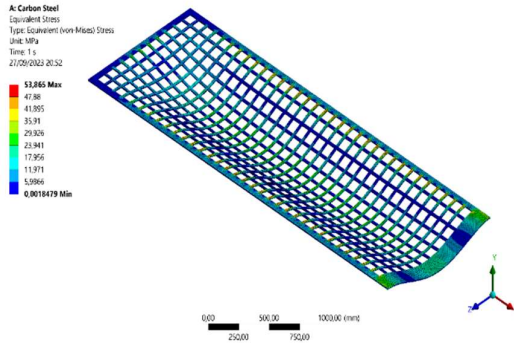
Gambar 1 berikut menunjukkan bagan alir kajian yang dilaksanakan



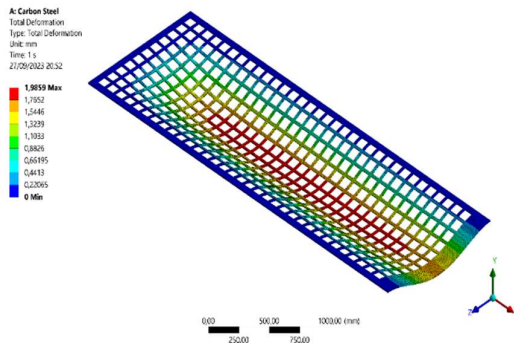
Gambar 1. Bagan alir kajian.

**3. Hasil dan Pembahasan**

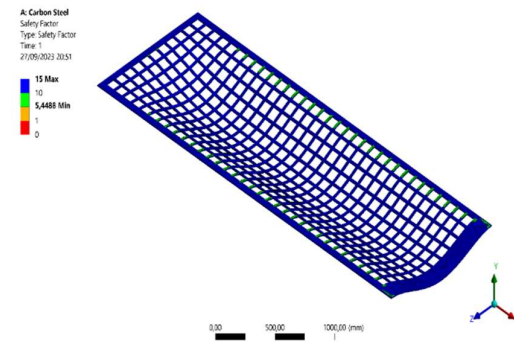
Pada Gambar 1, Gambar 2, dan Gambar 3, ditunjukkan hasil simulasi analisis *Von Mises Stress*, *Displacement*, dan *Safety Factor* pada material baja karbon 1020.



Gambar 1. Hasil analisis von mises stress pada baja karbon 1020.

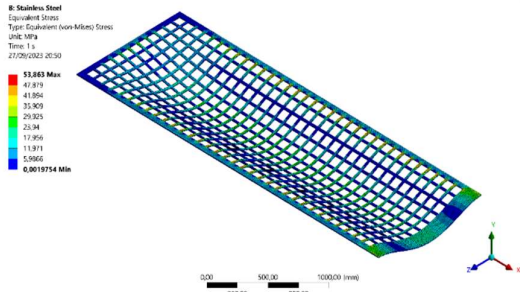


Gambar 2. Hasil analisis total deformation pada baja karbon 1020.

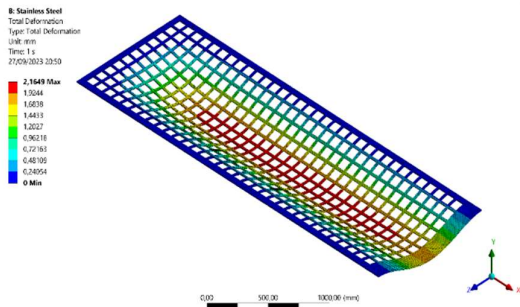


Gambar 3. Hasil analisis safety factor pada baja karbon 1020.

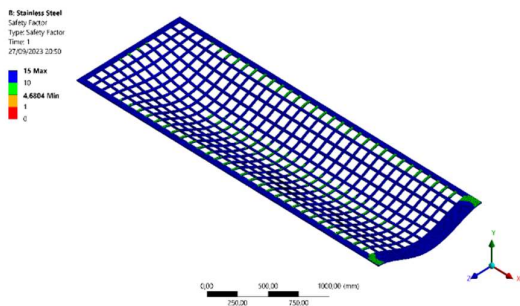
Dari hasil simulasi analisis yang dilakukan pada material baja karbon 1020, menunjukkan nilai *Von mises stress maximum* sebesar 53,865 MPa, *Total deformation maximum* sebesar 1,9859 mm, dan *Safety factor* sebesar 5,4488. Berdasarkan nilai yang sudah dianalisis, nilai *Von mises stress* tidak melebihi *yield strength* material baja karbon 1020 dan nilai *safety factor* di atas 3, sehingga dapat dikatakan aman.



Gambar 4. Hasil analisis von mises stress pada stainless steel 316.



Gambar 5. Hasil analisis total deformation pada stainless steel 316.



Gambar 6. Hasil analisis safety factor pada stainless steel 316.

Dari hasil simulasi analisis yang dilakukan pada material *Stainless steel 316*, menunjukkan nilai *Von mises stress maximum* sebesar 53,863 MPa, *Total deformation maximum* sebesar 2,1649 mm, dan *Safety factor* sebesar 4,6804. Berdasarkan nilai yang sudah dianalisis, nilai *Von mises stress* tidak melebihi *yield strength* material *Stainless steel 316* dan nilai *safety factor* di atas 3, sehingga dapat dikatakan aman.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian simulasi *analysis static* pada rangka mesin *classifier*, nilai *Von mises stress* maksimum terbesar adalah 53,865 MPa pada material baja karbon 1020 *screen* bawah, *total deformation* maksimum terbesar yakni 2,1649 mm pada material *Stainless steel 316 screen* bawah, dan nilai *Safety factor* minimum sebesar 4,6804 pada material *Stainless steel 316*. Nilai *Von mises stress* tidak melebihi tegangan luluh pada material baja karbon

1020 dan *Stainless steel 316*, nilai *safety factor*  $\geq 3$ , sehingga desain dan pemilihan material yang digunakan pada mesin *classifier* yang telah dirancang dinyatakan aman.

#### Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Tidar, atas dukungannya dalam melakukan kajian ini serta kepada dosen pembimbing yang telah membimbing dan membantu, sehingga kajian dapat diselesaikan dengan baik.

#### Daftar Pustaka

- [1] Adriana, M., B.P, A. A., & Masrianor, M. (2017). Rancang Bangun Rangka (Chasis) Mobil Listrik Roda Tiga Kapasitas Satu Orang. *Jurnal Elemen*, 4(2), 129. <https://doi.org/10.34128/je.v4i2.64>
- [2] Ankitha, N., & Rupa Sri, M. R. S. (2021). Design and Analysis of Shock Absorber. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 26(2), 433–444. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-7557-0\\_38](https://doi.org/10.1007/978-981-15-7557-0_38)
- [3] Aqueveque, P., Radrikan, L., Morales, A. S., & Willenbrinck, E. (2021). Development of a Cyber-Physical System to Monitor Early Failures Detection in Vibrating Screens. *IEEE Access*, 9, 145866–145885. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3118283>
- [4] Baragetti, S. (2015). Innovative structural solution for heavy loaded vibrating screens. *Minerals Engineering*, 84, 15–26. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2015.09.011>
- [5] Fahd Riyal Pris, Budhi M Suyitno, & Amin Suhadi. (2019). Analisis Kekuatan Velg Aluminium Alloy 17 Inc Dari Berbagai Desain Menggunakan Metode Finite Element Analysis (Fea). *Teknobiz : Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin*, 9(2), 33–39. <https://doi.org/10.35814/teknobiz.v9i2.558>
- [6] Harne, R. L. (2013). Development and testing of a dynamic absorber with corrugated piezoelectric spring for vibration control and energy harvesting applications. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 36(2), 604–617. <https://doi.org/10.1016/j.ymsp.2012.10.012>
- [7] Li, Z., Tong, X., Zhou, B., Ge, X., & Ling, J. (2018). Design and Efficiency Research of a New Composite Vibrating Screen. *Shock and Vibration*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/1293273>
- [8] Lian, H., Christiansen, A. N., Tortorelli, D. A., Sigmund, O., & Aage, N. (2017). Combined shape and topology optimization for minimization of maximal von Mises stress. *Structural and Multidisciplinary Optimization*, 55(5), 1541–1557. <https://doi.org/10.1007/s00158-017-1656-x>
- [9] Makinde, O. A., Ramatsetse, B. I., & Mpfu, K. (2015). Review of vibrating screen development

- trends: Linking the past and the future in mining machinery industries. *International Journal of Mineral Processing*, 145(January 2020), 17–22.  
<https://doi.org/10.1016/j.minpro.2015.11.001>
- [10] Masutage, V. S., & Kavade, M. V. (2018). A Review -Vibrating Screen and Vibrating Box : Modal and Harmonic Analysis . 401–403.
- [11] Mayer, A. E., Khishchenko, K. V., Levashov, P. R., & Mayer, P. N. (2013). Modeling of plasticity and fracture of metals at shockloading. *Journal of Applied Physics*, 113(19).  
<https://doi.org/10.1063/1.4805713>
- [12] Sateria, A., Yudo, E., Zulfitriyanto, Melati, R., Saputra, B., & Naufal, I. (2019). Sateria 2019. *Rancang Bangun Mesin Pengayak Pasir Untuk Meningkatkan Produktivitas Pengayakan Pasir Pada Pekerja Bangunan*, 11(1), 2621–3397.
- [13] Soeryanto, S., Budijono, A. P., & Ardiansyah, R. (2019). Analisis Penentuan Kebutuhan Daya Motor Pada Mesin Pamarut Singkong. *Otopro*, 14(2), 54.  
<https://doi.org/10.26740/otopro.v14n2.p54-58>
- [14] Taktak, M., Omheni, K., Aloui, A., Dammak, F., & Haddar, M. (2014). Dynamic optimization design of a cylindrical helical spring. *Applied Acoustics*, 77, 178–183.  
<https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2013.08.001>
- [15] Wibowo, M. Y., Maulana, I., Ghyferi, A. A., Kurniawan, B. A., & Nuril, M. (2022). Perancangan Chassis Prototype Mobil Warak dan Simulasi Statik dengan Metode Finite Element Analysis. *Jurnal Mekanik Terapan*, 3(3), 86–92.  
<https://doi.org/10.32722/jmt.v3i3.5138>
- [16] Widhihastu. (2017). Ditinjau Dari Geometri Suspensi Dan Simulasi Finite Element Analysis ( Fea ) Design of Formula Garuda 16 ( Fg16 ) Car Suspension System Considered By. *Jurnal Pendidikan Teknik Otomotif*, 16(1), 46–55.