



Analisis Optimasi Cetakan Briket Sistem Hidrolis Menggunakan Pendekatan Finite Element Method

Elisa Sulistyorini¹, Ninik Martini², Dani Susanto³, Maulana Cahyono⁴
^{1,2,4}Teknik Mesin, Teknik Mesin, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
³PT Smarttech 2007 Reborn
¹elisasulistyorini@untag-sby.ac.id

Abstract

The briquette mold is a critical component in the manufacturing process of the hydraulic briquette molding machine. Improved mold design can increase production efficiency and quality. The finite element method simulates the structural response of the briquette mold to hydraulic pressure. An accurate mathematical model is built based on material parameters, mold dimensions, and hydraulic load characteristics. The influence of mold design variables such as geometry, materials, and internal configuration can be evaluated in detail by applying FEM. Mold optimization uses a numerical optimization algorithm to find a combination of mold parameters that provides the best structural response. The main goal of mold optimization is to increase mold durability, reduce deformation, and minimize the potential for structural failure. The optimization process is integrated with FEM analysis to achieve the optimal mold solution. Improved mold design resulting from this optimization makes a positive contribution to the efficiency of hydraulic briquette production and reduces the potential for mold damage. The results of this research by optimizing the design of the length of the rod, length of the mold, height of the central protrusion of the press, and changing the diameter of the mold, we obtained simulation results that show an even distribution of loads shown in the same color. In this study, the total deformation value was 5.0298×10^{-6} mm and the equivalent elastic strain was 3.4972×10^{-10} mm.

Keywords: Briquette Mold, Optimization, FEM, Hydraulic

Abstrak

Cetakan briket adalah komponen kritis dalam proses pembuatan mesin pencetak briket hidrolik. Perbaikan desain cetakan dapat meningkatkan efisiensi dan kualitas produksi. Metode elemen hingga digunakan untuk mensimulasikan respons struktural cetakan briket terhadap tekanan hidrolik. Model matematika yang akurat dibangun berdasarkan parameter material, dimensi cetakan, dan karakteristik beban hidrolik. Dengan menerapkan analisis FEM, pengaruh variabel desain cetakan seperti geometri, bahan, dan konfigurasi internal dapat dievaluasi secara detail. Optimasi cetakan dilakukan dengan menggunakan algoritma optimal numerik untuk mencari kombinasi parameter cetakan yang memberikan respons struktural terbaik. Tujuan utama optimal pada cetakan adalah meningkatkan daya tahan cetakan, mengurangi deformasi, dan meminimalkan potensi kegagalan struktural. Proses optimal diintegrasikan dengan analisis FEM untuk mencapai solusi cetakan yang optimal. Peningkatan desain cetakan yang dihasilkan dari optimal ini dapat memberikan kontribusi positif terhadap efisiensi produksi briket hidrolik dan mengurangi potensi kerusakan cetakan. Hasil dari penelitian ini dengan melakukan optimal desain pada panjang batang, panjang cetakan, tinggi tonjolan pusat penekan dan mengubah diameter cetakan maka didapatkan hasil simulasi yang menunjukkan adanya pemerataan distribusi beban dengan ditunjukkan warna yang sama. Pada penelitian ini didapat nilai deformasi total sebesar $5,0298 \times 10^{-6}$ mm dan regangan elastis ekuivalen sebesar $3,4972 \times 10^{-10}$ mm.

Kata kunci: Cetakan Briket, Optimasi, FEM, Hidrolik

1. Pendahuluan

Optimasi merupakan suatu proses memaksimalkan atau meminimalkan beberapa fungsi relatif terhadap himpunan tertentu yang sering kali mewakili serangkaian pilihan yang tersedia dalam situasi

tertentu [1]. Fungsi dari optimal ini membandingkan berbagai pilihan untuk menentukan mana yang mungkin terbaik. Salah satu metode optimal adalah dengan menggunakan pendekatan *Finite Element Method* (FEM).

Deskripsi hukum fisika untuk masalah yang bergantung pada ruang dan waktu biasanya dinyatakan dalam persamaan diferensial parsial atau Partial Differential Equations (PDE). Untuk sebagian besar geometri dan permasalahan, PDE ini tidak dapat diselesaikan dengan metode analitis. Sebaliknya, perkiraan persamaan dapat dibuat, biasanya berdasarkan jenis diskritisasi yang berbeda. Metode diskritisasi ini memperkirakan PDE dengan persamaan model numerik, yang dapat diselesaikan dengan menggunakan metode numerik. Solusi persamaan model numerik, pada gilirannya, merupakan perkiraan solusi nyata PDE. Metode elemen hingga (FEM) digunakan untuk menghitung perkiraan tersebut [2]. Perangkat lunak yang digunakan untuk optimal FEM adalah SolidWorks, ANSYS, Inventor, Nastran, Abaqus, CATIA, Fluent, dan Siemens NX [3].

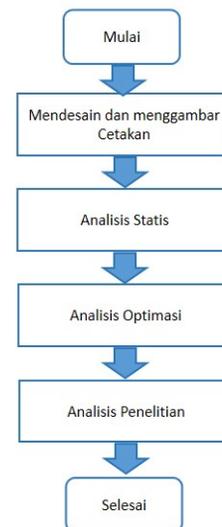
Optimasi menggunakan metode FEM telah digunakan dalam beberapa penelitian, terutama untuk mengoptimasi sebuah desain. Tahun 2021 Susastro dan rekan melakukan penelitian optimal dimensi dari kerangka paddock stand yang diberikan variasi berupa penyangga didapat diameter optimal pipa sebesar 13 mm. Pada kondisi optimal, lendutan terbesar diperoleh 4 mm dengan nilai tegangan maksimal 136,9 MPa [4]. Penelitian optimal FEM pada desain stuktur *Train Nose Frame* menggunakan simulasi dilakukan oleh Elmiawandan rekan. Dari penelitian ini didapatkan hasil semakin besar luas area maka *safety factor* makin meningkat dan semakin kecil tegangan maksimum balok maka *safety factor* semakin besar [5]. Hasil optimasi FEM pada desain kursi plastik yang ada dipasaran diteliti oleh Sakuri Dahlan dan rekan didapatkan hasil beratkursi menjadi minimal, yaitu dari 1,4 kg menjadi 0.94 kg [6].

Penelitian desain juga dapat digunakan pada optimasi sebuah mesin. Optimasi Desain Pisau Mesin Penghancur Batu Kapur dilakukan oleh Elya Heryana dan rekan. Penelitian ini mengoptimalkan kekuatan pisau penghancur batu kapur dengan daya 50 HP dan 1455 RPM. Awal mulanya pisau ini hanya memiliki kekuatan selama 3-4 minggu. Setelah dilakukan optimasi kekuatannya mencapai waktu minimal 8-12 minggu [7]. Analisis Finite Element Method pada penekuk pada mesin pembuatan begel baja tulangan. Dari penelitian penekuk tidak mengalami deformasi plastis dan mempunyai tegangan luluh material 530 Mpa untuk material 1045. Faktor keamanan (FoS) awal dari model ini adalah 2,729. Hasil simulasi pada desain yang telah dioptimasi memiliki nilai tegangan 217,2 MPa dengan faktor keamanan atau FoS 2,44. Melalui simulasi ini, massa komponen berkurang hingga 45,2% [8]. Sedangkan nilai *safety factor* untuk optimasi FEM pada mesin punch yang diatur di awal adalah 2, Sedangkan nilai pada proses simulasi didapatkan desain awal adalah 63 FOS dan pada desain akhir sebesar 31 FOS. Massa rangka yang mula-mula sebesar 76565 gram menjadi 54695 gram

pada akhir desain [9]. Analisis FEM terhadap *safety factor* juga dilakukan pada mesin penggiling sekam padi untuk mengetahui mesin penggiling sekam padi aman atau tidak. Berdasarkan hasil penelitian desain poros penggiling sekam padi yang telah dibuat dikategorikan aman secara teknis dengan *safety factor* minimum 0.093825 dan maksimum 0.056296 [10]. Pada penelitian ini nilai keamanannya lebih besar daripada penelitian yang lalu dengan kenaikan 25%. Nilai deformasi total dan regangan elastis ekuivalen sangat kecil yakni $5,0298 \times 10^{-6}$ mm dan $3,4972 \times 10^{-10}$ mm. Kelemahan dari cetakan ini belum bisa digunakan untuk mencetak bahan dasar yang kasar.

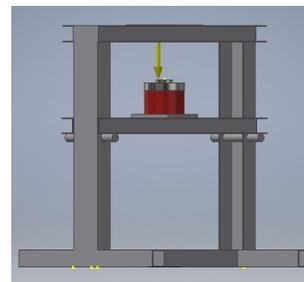
2. Metode Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan mendesain cetakan briket dan mengGambarkannya menggunakan perangkat lunak CAD. Tahap kedua, dilakukan simulasi Statis. Setelah tahap kedua selesai, dilakukan optimasi dengan menggunakan metode FEM. Tahap akhir dilakukan analisis dan menarik kesimpulan. Alur penelitian dapat diGambarkan sebagai berikut.

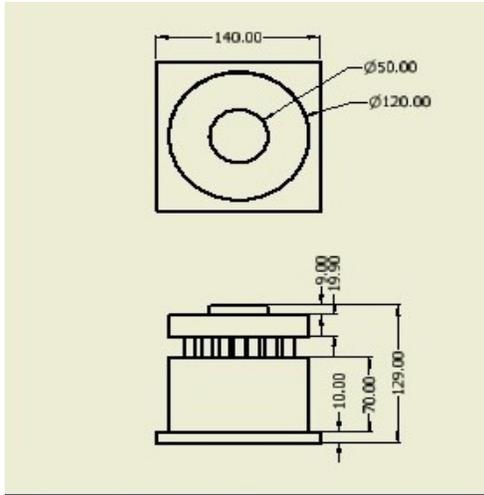


Gambar 1. Diagram alir penelitian

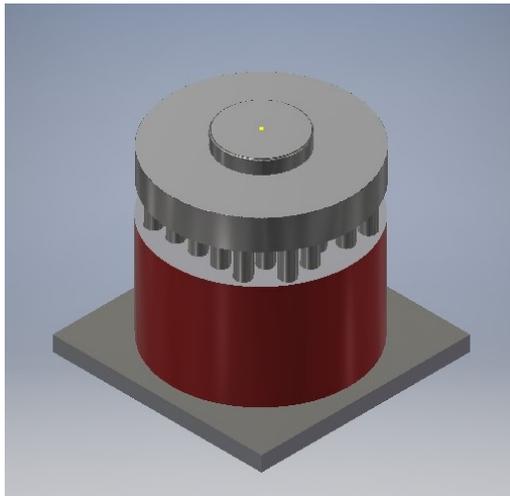
Pada penelitian ini yang dianalisis adalah cetakan briket pada alat pencetak briket yang menggunakan sistem hidrolik. Secara umum desain alat pencetak briket dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain alat pencetak briket hidrolik



Gambar 3. Dimensi cetakan



Gambar 4. Desain cetakan

Simulasi Statis Alat Pencetak Briket

Proses simulasi statis dilakukan untuk mengetahui ketahanan pencetaknya terhadap gaya atau pembebanan yang dihasilkan selama proses produksi berlangsung. Tegangan von mises biasanya dipergunakan untuk menentukan kekuatan bahan terhadap pembebanan. Simulasi pada inventor 2017 terdapat empat tahapan.

a. Pemilihan material yang digunakan

pada tahap ini, pemilihan material harus sesuai dengan material pada cetakan. Material yang digunakan adalah stainless steel 440 dengan spesifikasi yang disajikan pada Tabel 1.

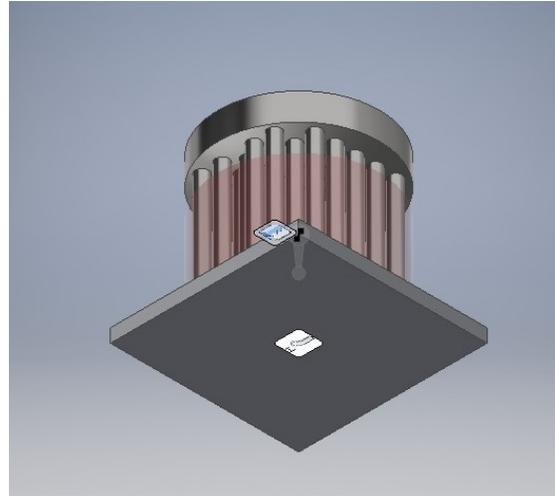
Tabel 1. Sifat Mekanik Stainless Steel 440

Mechanical Properties		Metric	English
Ultimate Strength	Tensile	1750 MPa	254000 psi

Tensile Strangth	Yield	1230 Mpa	186000 psi
Hardness (Rockwell)		58	58
Modulus of Elasticity		200 GPa	29000 ksi
Charpy Impact		190 J	140 ft-lb

b. Menentukan fixture (tumpuan)

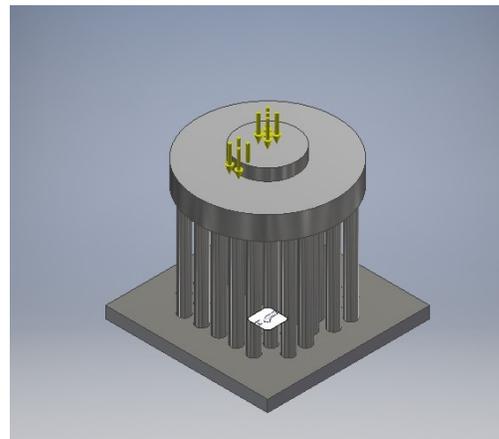
Tumpuan diberikan pada posisi bawah cetakan. Tumpuan ini mewakili peletakan cetakan di rangka alat pencetak dan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Posisi tumpuan pada cetakan

c. Penentuan Load (pembebanan)

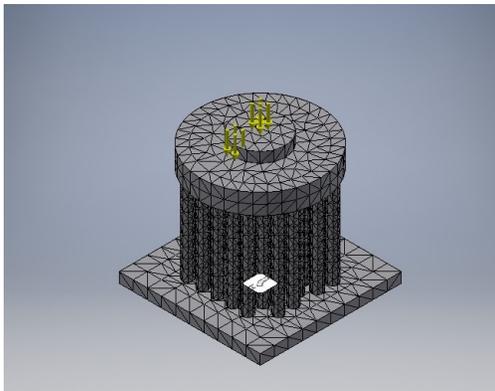
Beban atau gaya diberikan pada surface cetakan bagian atas. Besar beban dan arah yang diberikan sesuai dengan proses produksi saat melakukan press pada cetakan yaitu sebesar 6613 N dengan arah bawah. Arah beban dan gaya yang diberikan disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Arah beban dan gaya yang diberikan

d. Pembuatan meshing

meshing merupakan pembagian struktur pada rangka menjadi bagian kecil yang berfungsi memperlihatkan tegangan yang terjadi selama proses analisa statis sampai dengan komponen kecil cetakan. Meshing yang dipakai menggunakan parameter tipe curvature-based mesh dengan parameter default . cetakan yang sebelumnya berwarna merah dibuat transparan agar dapat melihat hasil meshing yang ada didalam cetakan. hasilnya dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Meshing pada cetakan yang berada di dalam

Proses optimal desain cetakan briket

Penelitian dilakukan dengan melakukan optimal desain (desain study) pada bagian cetakan. Proses optimal desain dilakukan untuk mengurangi bobot atau massa dari cetakan mesin press dengan memperhatikan beban yang dialami mesin press. Berikut langkah langkah dalam melakukan design study.

a. Menentukan variable

Pada penelitian ini, variable yang diambil berupa tinggi dan panjang dari cetakan. Kemudian untuk variasi data digunakan tipe range sehingga dapat diatur besar kecil diameter cetakan. Sehingga dapat diatur dimensi minimal,maximal, dan besar setiap kenaikan (*step*).

b. Menentukan constrains

Safety of factor merupakan parameter constrain yang digunakan. FOS minimal yang digunakan adalah 2. Semakin tinggi nilai keamanan yang dihasilkan maka semakin baik tingkat keamanan yang dimiliki oleh struktur tersebut. Dengan acuan analisis statik sebelumnya.

c. Menentukan goals

Massa merupakan tujuan dari optimal desain ini sehingga didapatkan massa terendah yang bisa diterapkan dengan memperhatikan *factor of safety* dan beban yang terjadi pada cetakan.

3. Hasil dan Pembahasan

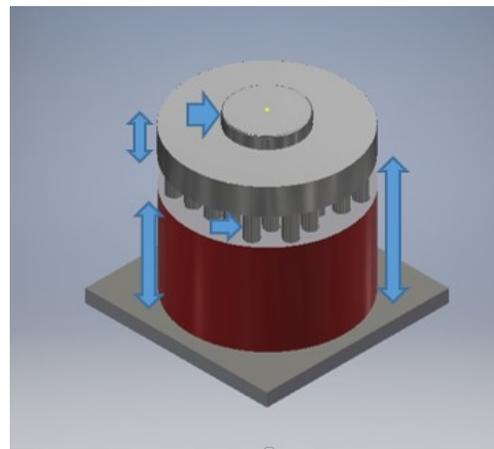
Hasil optimal desain (Desain Study) pada cetakan briket

Pengoptimalan desain menggunakan *design study* yang bertujuan untuk mengurangi massa cetakan briket menjadi lebih ringan , yang mana nilai massa menurun dengan memperhatikan tegangan yang terjadi akibat gaya yang diberikan dan factor of safety minimum . Membuat semua hasil yang dicetak dari tiap tiap lubang memiliki nilai tekanan yang dan merata. Mengurangi risiko tegangan yang timbul akibat tekanan. Optimasi desain yang akan dibuat akan memiliki dimensi pusat pressure lebih menyebar ketiap tiap batang pendorongnya sehingga menghasilkan kerapatan yang sama. Gambar 8. Menunjukkan hasil proses simulasi cetakan pada posisi maximum.

a. Variabel Desain

Tabel 2. Varibel Desain

Name	type	value	dimension
Tebal atas	Range with step	15	mm
Tinggi pencetak	Range with step	80	mm
Diameter cetakan	Range with step	10	mm
Tebal pusat atas	Range with step	1	mm
Tinggi cetakan	Range with step	60	mm



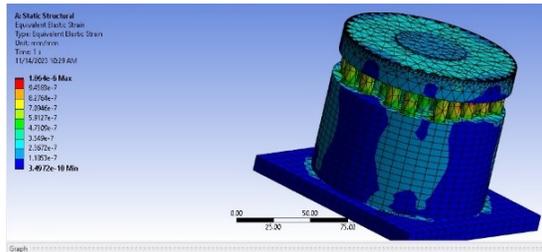
Gambar 8. Gambar desain awal

Dari desain awal akan terjadi perubahan dimana dimensi pada tiap tiap yang ditunjukkan oleh panah akan di kurangi agar hasil optimal cetakan lebih bagus.

b. Strain static

Tabel 3. Data strain

Sensor name	condition	Bounds	Study name
Minimum factor of safety	Is greater than	Min : 1,5 Max : 4,5	Static 1



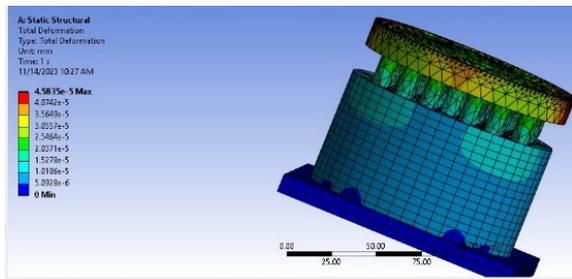
Gambar 9. Hasil strain dari proses penekanan

Dari percobaan tersebut terlihat bahwa warna pusat penekan atas memiliki warna yang sama, ini akibat dari ditipiskan pusat tonjolan penekanan atas.

c. Goals tegangan von mises

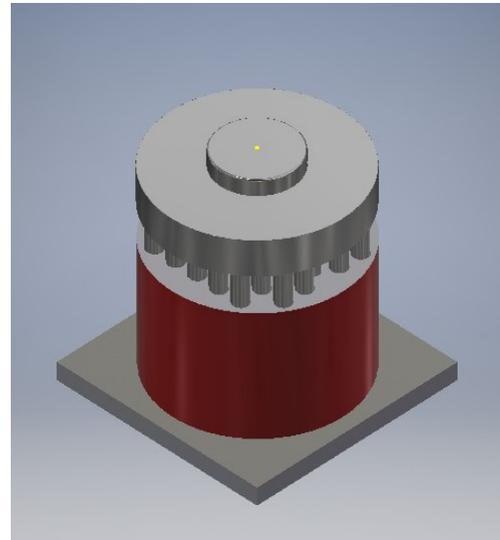
Tabel 4. Data goals

Name	goal	properties	strain
Batang penekan	merata	steel	2.0 Mpa

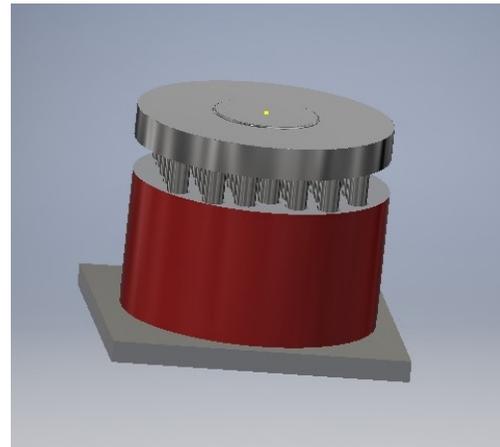


Gambar 10. Percobaan tegangan yang terjadi pada tiap batang menjadi lebih merata

Berikut perbandingan desain awal dan desain study yang ditunjukkan pada Gambar 11. Dan Gambar 12. Berdasarkan data yang dihasilkan menunjukkan bahwa massa dari desain awal lebih besar dibandingkan desain akhir yang telah dilakukan optimal. Hal ini disebabkan oleh pengaruh ketebalan dari desain yang dibuat.



Gambar 11 . Desain awal cetakan briket



Gambar 12. Desain akhir cetakan briket

4. Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa semakin panjang batang pendorong tegangannya akan terjadi tegangan yang tidak diinginkan. Untuk perbandingan desain awal dan akhir terjadi pengurangan tinggi tonjolan pusat penekan yang dimaksud berguna untuk memberikan distribusi beban/tekanan yang lebih merata pada tiap tiap batangnya. Dengan melakukan optimal desain pada panjang batang, panjang cetakan, tinggi tonjolan pusat penekan dan mengubah diameter cetakan maka didapatkan hasil simulasi yang menunjukkan adanya pemerataan distribusi beban dengan ditunjukkan warna yang sama. Pada penelitian ini didapat nilai deformasi total sebesar $5,0298 \times 10^{-6}$ mm dan regangan elastis ekuivalen sebesar $3,4972 \times 10^{-10}$ mm.

Ucapan Terimakasih

Terima kasih penulis ucapkan kepada Bapak Dani Susanto, ST., yang telah memberikan dukungan baik gagasan, tenaga, maupun materi.

Daftar Rujukan

- [1] Arora, J. S. (1993). What is optimization? *Structural Engineering in Natural Hazards Mitigation*, 1608–1613. <https://doi.org/10.1061/9780784402207.ch01>
- [2] Sulandari, Y. A. S. N., & Pranata, Y. A. (2012). Metode Elemen Hingga Sambungan Balok-Kolom. *Jurnal Teknik Sipil*, 8(2), 76–141.
- [3] Umg, H., & Gresik, U. M. (2020). (Finite Element Analysis) By : Hidayat S . T ., M . Eng. June.
- [4] Susastro, S., Muhammad, A. F. H., Lostari, A., & Fakhrudi, Y. A. (2021). Optimasi Desain Paddock Stand Sebagai Sistem Statis Dengan Menggunakan Finite Element Method. *JRST (Jurnal Riset Sains Dan Teknologi)*. <https://doi.org/10.30595/jrst.v5i1.6023>
- [5] Insano, S., & Rochardjo, H. S. B. (2023). Optimasi Desain Struktur Train Nose Frame dengan Finite Element Analysis. *KONSTELASI: Konvergensi Teknologi Dan Sistem Informasi*. <https://doi.org/10.24002/konstelasi.v3i1.7089>
- [6] Dahlan, S., & Al Hakim, R. A. N. (2018). Optimasi Desain Kursi Menggunakan Metode Elemen Hingga. *ROTASI*. <https://doi.org/10.14710/rotasi.20.3.160-164>
- [7] Elya Heryana, & Karmiadji, D. (2022). Optimasi Desain Pisau Mesin Penghancur Batu Kapur. *Teknobiz : Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin*. <https://doi.org/10.35814/teknobiz.v12i2.3633>
- [8] Fajrin, M. G. F. G., Widianoro, H., & Zainuddin, Z.-. (2022). Analisis Elemen Hingga Bagian Penekuk pada Mesin Pembuat Begel Baja Tulangan 8 mm. *Suara Teknik : Jurnal Ilmiah*. <https://doi.org/10.29406/stek.v13i1.4222>
- [9] Elmiawan, P., Paundra, F., & Pradiby, G. T. (2022). Optimasi Desain Mesin Punch Menggunakan Metode Finite Element Analysis. *J-Proteksion*. <https://doi.org/10.32528/jp.v6i2.6834>
- [10] Walidina, M. F., Kardiman, K., & Nugraha Gusniar, I. (2022). Analisis Tegangan Von Mises pada Poros Mesin Penggiling Sekam Padi Menggunakan Software Ansys. *Jurnal METTEK*. <https://doi.org/10.24843/mettek.2022.v08.i01.p05>