

PERANCANGAN ALAT PENGHANCUR CETAKAN PASIR SILIKA UNTUK LABORATORIUM PENGECORAN LOGAM

¹Tri Mulyanto, ²Supriyono, ³Risal Herman

^{1,2,3}Fakultas Teknologi Industri Universitas Gunadarma

Jl. Margonda Raya No. 100, Depok 16424, Jawa Barat

¹tri_mulyanto@staff.gunadarma.ac.id, ²Supriyono@staff.gunadarma.ac.id,

³RisalHerman@gmail.com,

Abstrak

Pengecoran dengan cetakan pasir digunakan secara luas untuk memperoleh bentuk benda kerja yang diinginkan. Pasir silika digunakan sebagai bahan cetakan pasir selain perekat, pelarut, katalis dan bahan tambahan lain. Limbah cetakan pasir akan menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan, sehingga perlu dilakukan daur ulang. Proses daur ulang yang dilakukan adalah menghancurkan cetakan pasir untuk diolah menjadi butiran pasir yang memenuhi syarat untuk membuat cetakan baru. Penghancuran cetakan pasir yang dilakukan pada Laboratorium Pengecoran Logam Universitas Gunadarma dilakukan dengan cara manual. Sehingga diperlukan suatu alat penghancur yang dapat menghancurkan cetakan pasir tersebut. Perancangan diawali dengan mendefinisikan dan menentukan kebutuhan yang diperlukan sampai hasil akhir disain produk. Kapasitas rancangan alat telah sesuai dengan kapasitas yang dibutuhkan yaitu 15 kg. Hasil analisis pisau penghancur diperoleh nilai tegangan geser (τ) yang terjadi 0.269 kg/mm^2 dan tegangan geser maksimum (τ_{maks}) 1.45 kg/mm^2 lebih kecil dari tegangan geser (τ_a) yang diijinkan 5 kg/mm^2 . Sehingga alat penghancur cetakan pasir yang dirancang aman untuk digunakan.

Kata Kunci: Alat penghancur, Cetakan pasir, Daur ulang, Pasir cetak, Pengecoran logam

Abstract

Casting with sand molds is widely used to obtain the desired shape of the workpiece. Silica sand is used as a sand molding material in addition to adhesives, solvents, catalysts and other additives. Sand mold waste will have a negative impact on the environment, so it needs to be recycled. The recycling process carried out is crushing the sand mold to be processed into sand grains that meet the requirements to make new molds. The Destruction of sand molds carried out at the Metal Casting Laboratory of Gunadarma University was carried out manually. So we need a crusher that can destroy the sand mold. The design begins with defining and determining the requirements needed to produce the final product design. The design capacity of the tool has been in accordance with the required capacity of 15 kg. The results of the analysis of the crushing knife obtained that the shear stress value (τ) which occurs is 0.269 kg/mm^2 and the maximum shear stress (τ_{max}) is 1.45 kg/mm^2 which is smaller than the allowable shear stress (τ_a) of 5 kg/mm^2 . So that the designed sand mold crusher is safe to use.

Keywords: Crusher tools, Mold sand, Recycling, Sand molding, Metal foundry

PENDAHULUAN

Salah satu proses manufaktur yang banyak digunakan adalah pengecoran logam, dimana proses adalah untuk menghasilkan produk yang umumnya memiliki bentuk yang rumit atau bahan yang tidak dapat diproses

dengan proses pemesinan. Metode pengecoran dengan cetakan pasir (*sand casting*) digunakan luas meliputi industri tradisional hingga modern untuk memperoleh bentuk logam sesuai dengan yang diminati karena merupakan metode yang paling

ekonomis untuk produksi dalam jumlah terbatas. Pada dasarnya proses cetakan pasir, meliputi: pembuatan pola yang dimasukkan dalam cetakan pasir, pembuatan sistem saluran, memindah pola dari cetakan pasir, menuang logam cair ke dalam cetakan, pembekuan di dalam cetakan, dan penghancuran cetakan pasir, serta pemindahan hasil coran [1].

Penggunaan cetakan pasir harus mempunyai karakteristik sesuai dengan bentuk benda kerja, dimensi, sifat fisis dan mekanik yang diinginkan. Penggunaan pasir cetak merupakan salah satu hal yang sangat mempengaruhi kualitas benda coran yang menurunkan efektivitas dari proses produksi pengecoran. Pasir cetak yang biasa dipakai adalah pasir gunung, pasir pantai, pasir sungai, dan pasir silika yang disediakan oleh alam. Beberapa dari mereka dipakai begitu saja dan yang lain dipakai setelah dipecah-pecah menjadi ukuran butir yang sesuai [2, 3].

Limbah Cetakan Pasir.

Perkembangan penggunaan proses pengecoran dengan cetakan pasir menyebabkan kebutuhan pasir cetak dalam industri menjadi besar. Hal ini menyebabkan jumlah limbah pasir cetak yang dihasilkan kian berlimpah, yang tentunya akan berdampak negatif terhadap lingkungan apabila tidak dimanfaatkan. Salah satu untuk mengurangi dampak tersebut adalah dengan mendaur ulang pasir cetak, akan tetapi terjadi penurunan kualitas pasir sehingga perlu proses untuk mengkompensasikan penurunan kualitas tersebut.

Untuk itu perlu dilakukan proses penghancuran cetakan pasir agar diperoleh ukuran besar butir pasir yang sesuai. Sehingga limbah cetakan pasir tidak terbuang dan bisa digunakan kembali yang tentunya mengurangi dampak lingkungan serta dapat menghemat biaya [4]. Saat ini proses penghancuran cetakan pasir hasil pengecoran dilakukan dengan cara manual. Hal ini akan membutuhkan waktu yang lama dan tenaga kerja untuk mendaur ulang bekas cetakan pasir [5]. Selain itu butiran-butiran hasil daur ulang yang tidak merata ukurannya dan dapat menyebabkan terjadinya cacat yang disebabkan adanya bungkalan-bungkalan hasil daur ulang tersebut.

Selama ini pengecoran logam dengan skala besar telah melakukan daur ulang. Akan tetapi untuk skala kecil dan menengah hal ini tidak dilakukan. Pasir cetak bekas hanya diperlakukan sebagai limbah dan dibuang serta tidak termanfaatkan. Pembuatan sistem daur ulang pasir cetak memungkinkan penggunaan kembali limbah pasir cetak untuk pengecoran logam dengan sifat teknis pasir cetak yang memenuhi kualitas yang diinginkan [6].

Mesin Penghacur Cetakan Pasir.

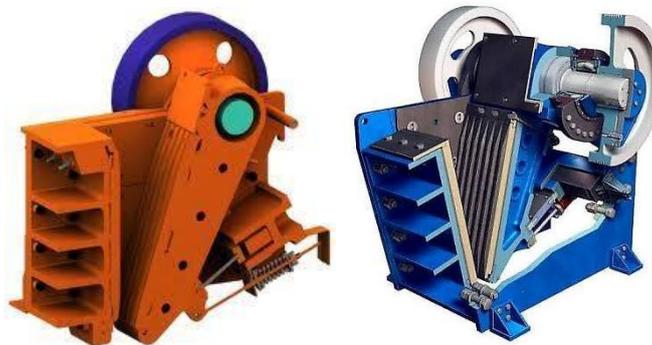
Komponen utama sistem pasir cetak terdiri dari bahan baku pasir yang merupakan pasir baru dan pasir hasil daur ulang, perekat, pelarut, katalis dan bahan tambahan lain untuk mendapatkan sifat tertentu dari pasir, misalnya sifat mampu bakar. Penggunaan cetakan pasir dari pasir hasil daur ulang,

pengaruhnya terhadap produk logam perlu diselidiki lebih mendalam. Hal ini dikarenakan ikatan antar butir pasir dari limbah pasir tersebut mempunyai sifat keras serta tidak mudah hancur [4].

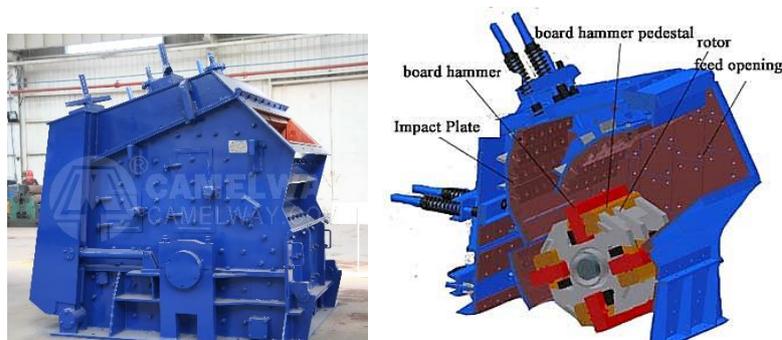
Proses daur ulang pasir cetak dapat dilakukan dengan cara *dry reclamation*; *wet reclamation*; dan *thermal reclamation*. Dimana masing-masing tipe sistem daur ulang tentunya memiliki kelebihan dan kekurangan. Pada proses untuk mendaur ulang pasir dengan sistem tipe *dry reclamation* dapat dilakukan secara mesin (alat) juga dapat dilakukan secara manual. Untuk proses daur ulang secara manual, proses pemecahan limbah cetakan pasir dilakukan dengan memukul bongkahan dengan palu/ penumbuk

pasir dan penyaringan menggunakan ayakan dengan diameter lubang 1,4 mm [6].

Pada industri pengecoran logam dengan skala besar, mesin penghancur cetakan pasir merupakan salah satu mesin yang penting. Fungsi utama mesin adalah dalam proses mereduksi ukuran (*size reduction*) butiran pasir bekas pengecoran. Ada dua metode untuk mereduksi limbah pasir cetak yaitu dengan cara pemecahan (*crushing*) dan penghalusan (*grinding*). Pengertian istilah pemecahan dan penghalusan umumnya tergabung menjadi satu dengan sebutan mesin *Jaw crusher* (Gambar 1). Mesin ini bekerja untuk menghancurkan limbah pasir cetak dalam proses daur ulang pasir cetak sehingga dapat digunakan kembali dalam proses pembuatan cetakan.



Gambar 1. Contoh mesin *Jaw crusher*



Gambar 2. Contoh mesin *Impact crusher*

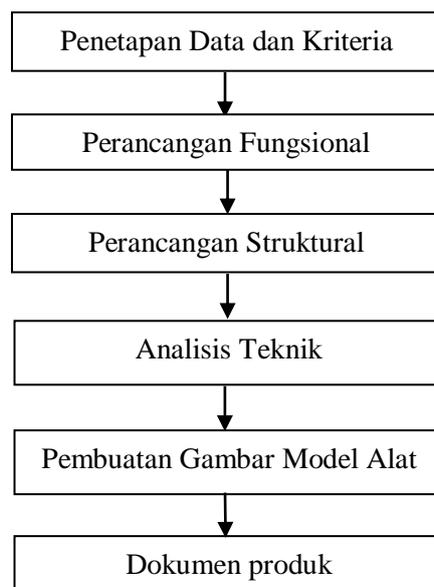
Proses pendauran ulang material sisa cetakan pasir yang lain dengan cara pemukul hingga pecah yang disebut dengan mesin *Impact crusher* (Gambar 2). Mesin ini bekerja dengan cara melempar dan menggiling limbah pasir cetak dalam proses daur ulangnya sehingga didapat ukuran pasir yang diinginkan.

Industri pengecoran logam skala kecil saat ini menghadapi permasalahan dengan limbah pasir cetak dimana biasanya langsung dibuang. Ini menyebabkan proses pembuatan cetakan pasir cukup tinggi karena bahan baku yang dipergunakan seluruhnya pasir baru yang berakibat biaya produksi cukup tinggi. Agar limbah pasir cetak dapat digunakan kembali, perlu dilakukan proses daur ulang pasir bekas tersebut. Hal tersebutlah yang menjadi tujuan penelitian ini, yaitu merancang alat penghancur cetakan pasir untuk laboratorium pengecoran logam

dengan kapasitas yang kecil sesuai kebutuhan namun tetap memperhitungkan pemilihan komponen yang tepat sesuai dengan pembebanan yang terjadi dan kekuatan materialnya. Hasil dari perancangan diharapkan dapat digunakan pada industri kecil dan menengah dikarenakan alat sederhana dengan biaya produksi rendah tetapi menghasilkan butiran pasir sesuai standard.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini digunakan metode pendekatan rancangan secara umum dimana pendekatan lebih kearah rancangan fungsional. Rancangan fungsional menyangkut segi fungsi dan kegunaan dari setiap komponen atau elemen mesin penyusun alat penghancur cetakan pasir untuk laboratorium pengecoran logam Universitas Gunadarma.



Gambar 3. Tahap Perancangan produk

Tahapan perancangan belum bisa dikatakan selesai sebelum hasil akhir produk dapat dipergunakan dengan tingkat performa yang dapat diterima dan dengan metode kerja yang terdefinisi dengan jelas [7]. Langkah awal hingga akhir penelitian ditunjukkan melalui diagram alir seperti pada Gambar 3.

Kriteria yang diharapkan pada alat penghancur cetakan pasir silika untuk laboratorium pengecoran logam yang akan dibangun adalah:

- a. Dapat menghancurkan cetakan pasir dan menjadikan ukuran butiran pasir sesuai yang diharapkan.
- b. Kapasitas alat yang direncanakan adalah 15 kg, sesuai dengan limbah yang dihasilkan laboratorium pengecoran logam.
- c. Daya motor listrik diharapkan berkisar 1 sampai 1,5 HP.
- d. Mudah dalam perawatan/membersihkan alat.
- e. Material kuat dan mudah didapatkan.

Pada rancangan fungsional alat penghancur cetakan pasir ini perlu direncanakan beberapa komponen utama alat.

Sebagai awal rancangan dengan menentukan dimensi hopper untuk menentukan kapasitas alat dengan memakai massa jenis benda (ρ), massa benda (m) dan volume benda (v) pada persamaan (1).

Komponen poros penggiling merupakan komponen penting untuk meneruskan daya dan putaran dari motor listrik ke pisau penggiling. Hal penting yang perlu direncanakan dan dihitung terkait dengan spesifikasi poros adalah torsi yang terjadi (T) yang dipengaruhi oleh daya rencana (Pd), putaran poros (n) seperti pada persamaan (2).

Dalam menentukan diameter poros perlu diperhatikan faktor koreksi tumbukan (K_t), faktor koreksi beban lentur (C_b) dan torsi poros (T), dimana nilai diameter poros (d_s) didefinisikan pada persamaan (3).

Pemilihan material (d disesuaikan dengan kekuatan dan beban yang terjadi), tegangan geser (τ) dan tegangan lentur (σ) dan momen lentur (M) yang terjadi pada poros [8] yang ditentukan dengan persamaan (4) dan persamaan (5).

$$\rho = \frac{m}{v} \text{ (kg/m}^3\text{)} \quad (1)$$

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{Pd}{n} \text{ (N.m)} \quad (2)$$

$$d_s = \left[\frac{5.1}{\tau_a} K_t C_b T \right]^{1/3} \text{ (mm)} \quad (3)$$

$$\tau = \frac{5.1 \times T}{d_s^3} \text{ (kg/mm}^2\text{)} \text{ dan } \sigma = \frac{32 \times M}{\pi \times d_s^3} \text{ (kg/mm}^2\text{)} \quad (4)$$

$$\tau_{maks} = \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma)^2 + 4(\tau)^2} \text{ (kg/mm}^2\text{)} \quad (5)$$

Dalam perancangan struktural beban statis yang terjadi pada komponen krusial dalam menerima beban yaitu pada poros mata pisau penggiling. Sehingga dalam poros tersebut dihitung beban statis apa saja yang diterima, dan dihitung reaksi gaya vertikal untuk mengetahui keseimbangan gaya dan momennya.

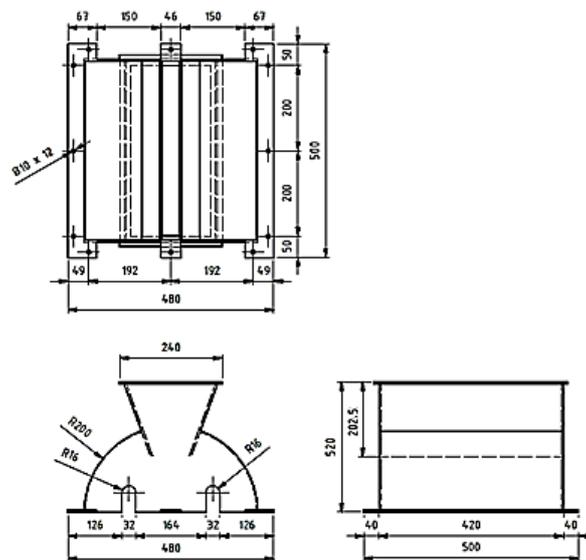
HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebagai penampungan awal limbah cetakan pasir, fungsi hopper dirancang untuk saluran masuk. Bentuk penampung hopper trapesium terpancung dengan ukuran bawah (b) = 46 mm, atas (a) = 240 mm, tinggi (t) = 202,5 mm dan panjang (l) = 380 mm, sehingga volume (V_h) = $10997067 \text{ mm}^3 = 0,011 \text{ m}^3$. Massa jenis pasir silika (ρ) = 1364 kg/m^3 , sehingga kapasitas hopper sesuai dengan persamaan (1) diperoleh $1364 \text{ kg/m}^3 \times 0,011 \text{ m}^3 = 15,01 \text{ kg}$. Kapasitas hopper 15,01

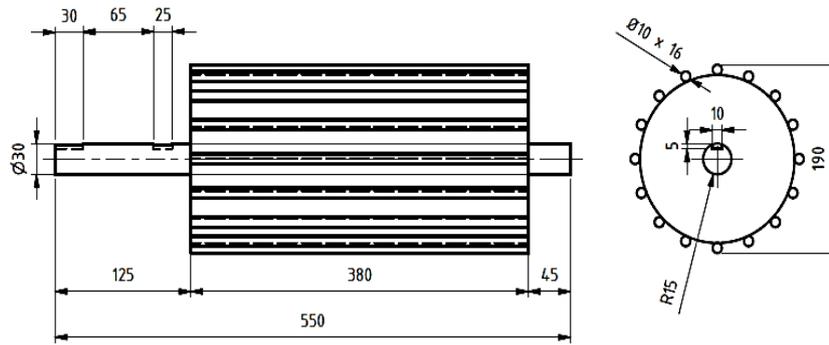
kg, sehingga alat penghancur cetakan pasir untuk aplikasi laboratorium pengecoran logam telah memenuhi rancangan kapasitas kerja alat yaitu 15 kg.

Rumah penggiling direncanakan menampung dua buah mata pisau berbentuk silindris, dari spesifikasi desain hopper alat penghancur cetakan pasir maka ukuran alat dirancang tidak terlalu besar, maka rumah penggiling direncanakan untuk penghancur cetakan pasir ditunjukkan Gambar 4.

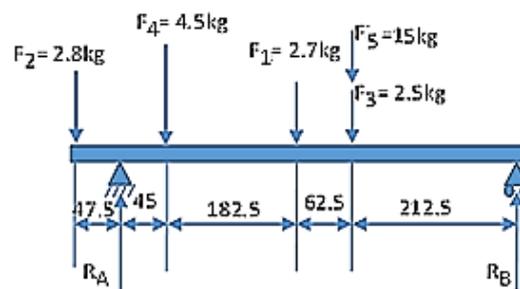
Mata pisau merupakan komponen yang digunakan untuk menghancurkan cetakan pasir, dibuat 2 buah dengan dimensi yang sama namun dalam kerjanya berputar berlawanan arah agar terjadi proses penggilingan. Pada rancangan poros dan mata pisau menjadi satu perangkat dibuat dari baja untuk proses penghancuran cetakannya. Poros dan mata pisau yang telah dibuat menjadi satu perangkat ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 4. Rumah penggiling alat penghancur cetakan pasir.



Gambar 5. Mata pisau alat penghancur cetakan pasir.



Gambar 6. Diagram benda bebas

Untuk memutar poros mata pisau yang sesuai dengan kapasitas hopper (F) = 15 kg sehingga Torsi (T) = $F \cdot d = 15 \cdot 95 = 1425$, maka daya rencana motor listrik yang digunakan untuk putaran poros mata pisau 700 rpm, sesuai dengan persamaan (2) diperoleh $= \frac{(1425) \times 700}{9,74 \times 10^5} = 1,02$ kW. Daya rencana yang didapat adalah 1,02 kW = 1,34 HP, sehingga daya motor listrik telah memenuhi rencana rancangan yaitu 1,5 HP. Dipilih motor listrik 1 phase dengan daya 1,5 HP dan putaran 1400 rpm karena terjadi reduksi pada puli transmisi.

Bahan poros direncanakan dari batang baja karbon S45C-D yang difinish dingin, sesuai standar JIS G 4501 maka memiliki tegangan tarik (σ_B) = 60 kg/mm².

Dengan mengambil angka keamanan bahan (Sf_1) = 6 dan angka keamanan terhadap alur pasak dan konsentrasi tegangan (Sf_2) = 2, maka diperoleh tegangan geser (τ_a) sebesar = $\sigma_B / (Sf_1 \times Sf_2) = 5$ kg/mm². Dengan mengambil faktor koreksi tumbukan (K_t) = 3 dan faktor koreksi beban lentur (C_b) = 2.3, maka diameter poros (d_s) sesuai dengan persamaan (3) adalah $\left[\frac{5,1}{5 \text{ kg/mm}^2} \cdot 3 \times 2,3 \times 1425 \right]^{1/3} = 21,57$ mm.

Agar lebih aman maka diameter poros diambil sesuai dengan ukuran standard yang ditentukan yaitu 30 mm. Karena itu tegangan geser yang terjadi pada poros (τ) sesuai dengan persamaan (4) adalah: $\frac{5,1 \times 1425 \text{ kg.mm}}{(30 \text{ mm})^3} = 0,269$ kg/mm². Nilai tegangan geser yang

terjadi ini (τ) < (τ_a), sehingga masih dalam batas yang diijinkan.

Pada analisis struktural pada poros mata pisau penggiling, beban statis yang terjadi mempengaruhi nilai tegangan geser maksimum. Terlebih dahulu membuat diagram beban lentur pada poros ditunjukkan Gambar 6.

Poros selain menerima beban torsi juga menerima beban lentur yang meliputi: beban poros (F_1) = 2.7 kg, beban puli (F_2) = 2.8 kg, beban pisau (F_3) = 2.5 kg, beban roda gigi (F_4) = 4.5 kg dan beban pasir silika (F_5) = 15 kg, sehingga total beban lentur adalah (F_T) = 27,5 kg. Dari diagram benda bebas, reaksi gaya yang terjadi pada tumpuan poros adalah poros R_A = 16,11 kg dan R_B = 11,39 kg dan momen lentur poros adalah (M_L) = $F_T \cdot (L/2)$ = 6909,38 kg.mm, sehingga tegangan lentur (σ) pada poros yang terjadi adalah

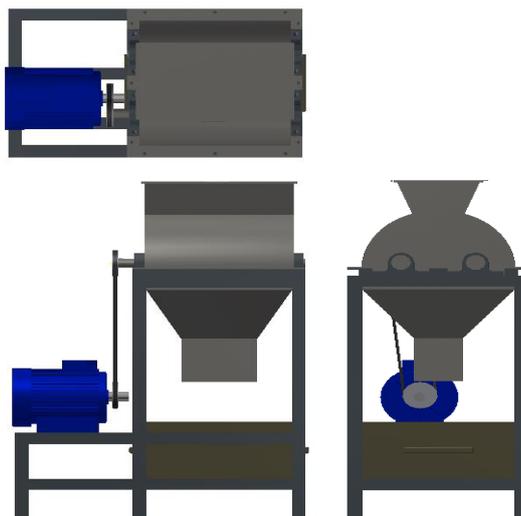
$$\frac{32 \times 6909,38 \text{ kg.mm}}{3,14 \times (30 \text{ mm})^3} = 2,6 \text{ kg/mm}^2,$$

sehingga tegangan geser maksimum (*Von Misses Stress*) yang terjadi pada poros berdasarkan persamaan (5) adalah :

$$\begin{aligned} \tau_{maks} &= \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma)^2 + 4(\tau)^2} \\ &= \frac{1}{2} \sqrt{(2,6)^2 + 4(0,269)^2} = \\ &1,45 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

Karena nilai tegangan geser maksimum (*Von Misses Stress*) yang terjadi ini (τ_{maks}) < (τ_a), sehingga masih dalam batas yang diijinkan. Dari hasil analisis dapat yang dilakukan maka alat penghancur cetakan pasir untuk laboratorium yang dirancang telah memenuhi keamanan untuk digunakan.

Dari analisis yang dilakukan, maka alat penghancur cetakan pasir yang telah dirancang dari hasil penggabungan komponen-komponen akan membentuk alat seperti ditunjukkan Gambar 7.



Gambar 7. Alat penghancur cetakan pasir.

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil perancangan alat penghancur cetakan pasir silika untuk laboratorium pengecoran logam dapat disimpulkan bahwa alat penghancur cetakan pasir dapat digunakan secara aman karena nilai tegangan geser (τ) yang terjadi 0,269 kg/mm² dan tegangan geser maksimum (τ_{maks}) yang terjadi 1,45 kg/mm² lebih kecil dari tegangan geser (τ_a) yang diijinkan 5 kg/mm². Kapasitas rancangan *hopper* telah sesuai dengan kapasitas alat yang direncanakan yaitu 15 kg.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Surdia, Tata dan Kenji Chijiwa, "Teknik Pengecoran Logam", Jakarta: PT. Pradnya Paramita, 1996
- [2] Puspitasari P., Tuwoso, dan Eky Aristiyanto, "Pengaruh Penggunaan Pasir Gunung Terhadap Kualitas Dan Fluiditas Hasil Pengecoran Logam Paduan Al-Si", Jurnal Teknik Mesin, Vol. 23, No. 1, hal. 21-28, 2015.
- [3] Tantawi, Moch. Amrullah Sayid, "Pengaruh Cetakan Pasir Silika Dengan Zat Pengikat Bentonit Pada Pengecoran Kuningan Terhadap Cacat Coran, Struktur Mikro, Dan Kekerasan", Skripsi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Semarang, 2017
- [4] Muttahar, Moch Iqbal Zaelana, Hamdan Akbar Notonegoro, Greida Frista, Bambang Soegijono, Hasanudin Gufron Fachrudin, Ferry Budhi Susetyo, dan Nazarudin, "Pengaruh Cetakan Pasir Daur Ulang Berpengikat Waterglass Terhadap Permukaan Logam Hasil Pengecoran", Flywheel, Jurnal Teknik Mesin Untirta, Vol. 4, No. 1, hal. 39 – 44, 2018.
- [5] Slamet, S. dan Yanuwar Bastian, "Daur Ulang Pasir Silika Bekas Inti Cor Melalui Teknik Ball Mill Untuk Mengembalikan Daya Ikatnya", Jurnal Simetris, Vol. 9, No. 1, hal. 211-218, 2018.
- [6] Undayat D.F., Cecep Ruskandi dan M. Nur Hidajatullah, "Perancangan Sistem Daur Ulang Pasir Pada Industri Pengecoran Logam Skala Kecil Untuk Peningkatan Efisiensi Biaya dan Pengurangan Limbah", Jurnal Teknologi Terapan, Vol. 4 No. 1, hal. 55-62, 2018
- [7] Ulrich, Karl T., dan Steven D. Eppinger, "Perancangan dan Pengembangan Produk", Salemba Teknika, Jakarta, 2001.
- [8] Sularso - Kiyokatsu Suga, "Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin", Pradnya Paramita, Jakarta, 2004.