

PERANCANGAN ULANG KONSTRUKSI MESIN PEMOTONG BATU TAHAN API

Wardjito, Wahyu Ary Iskandar

ABSTRAK

Pada jaman yang serba modern saat ini dunia industri sudah mulai menggunakan teknologi untuk meningkatkan produktifitasnya. Peralihan tenaga manusia ke tenaga mesin sudah menjad hal yang biasa di dalam dunia industri. Kemajuan teknologi telah dimanfaatkan dengan sebaik-baiknya untuk memberikan kemudahan manusia di dalam bekerja sehingga bisa meringankan pekerjaan dan menghemat waktu pekerjaan. Oleh karena itu perlu dilakukan analisa terhadap mesin pemotong batu tahan api sehingga bisa diketahui sejauh mana hasil dan efektifitas pengoperasian mesin tersebut. Pengamatan dan penelitian terhadap mesin pemotong batu tahan api adalah untuk mengetahui kendala dan hambatan yang terjadi saat mesin tersebut dioperasikan, sehinga perlu dipelajari untuk menemukan solusinya. Perubahan yang diharapkan akan semakin mempermudah pekerjaan dengan menggunakan bantuan mesin pemotong batu tahan api khususnya pekerjaan dalam bidang refractory.

Kata kunci : batu tahan api, konstruksi mesin dan modifikasi.

PENDAHULUAN

Perkembangan dunia industri saat ini dituntut pertumbuhan di bidang teknologi yang mampu menunjang operasional dunia industri sehingga memberikan kemudahan dan efisiensi waktu di dalam proses suatu pekerjaan meskipun kemajuan teknologi bisa memberikan dampak yang positif maupun negatif. Proses pekerjaan yang biasa dilakukan oleh tenaga manusia kini mulai

menggunakan tenaga mesin sehingga bisa menghasilkan dalam jumlah yang banyak, meringankan pekerjaan yang berat dan menghemat waktu pekerjaan. Namun dampak negatif dengan digantinya tenaga manusia oleh mesin adalah mengurangi jumlah tenaga kerja sehingga orang semakin sulit mendapatkan perkerjaan. Salah satu terobosan dalam hal teknologi industri adalah Mesin Pemotong Batu Tahan Api yang berfungsi untuk memotong batu tahan api yang digunakan

dalam pekerjaan *Refractory*. Mesin pemotong batu tahan api yang umum digunakan pada dunia industri memiliki ukuran yang lumayan besar dengan bobot yang sangat berat sehingga memakan tempat dan memerlukan bantuan alat berat seperti forklift untuk memindahkan mesin tersebut. Melihat fungsi dan peranan mesin pemotong batu tahan api yang begitu penting dalam proses pekerjaan *refractory*, maka perlu dilakukan penelitian terhadap produktifitas serta efektifitas dari mesin tersebut sehingga bisa menghasilkan suatu mesin yang ukurannya lebih kecil dan bobotnya juga lebih ringan namun hasilnya tetap optimal. Tujuan penelitian ini mengetahui bahwa dengan memodifikasi mesin pemotong batu tahan api ini diharapkan memudahkan pemindahan mesin tersebut, sehingga dapat meningkatkan mobilitas dan efektifitas kerja serta produktifitas dalam pemotongan batu tahan api.

KAJIAN PUSTAKA

Mesin Pemotong Batu Tahan Api

Mesin pemotong batu tahan api memegang peranan penting di dalam pekerjaan *refractory*. Mesin pemotong batu tahan api deskripsinya adalah sebuah mesin yang menggunakan tenaga motor 3 (tiga) fasa untuk menggerakkan mata gerinda. Dalam menggerakkan mata gerinda maka motor dihubungkan pada dua puli yang dihubungkan oleh sebuah sabuk untuk menggerakkan mata gerinda.

Proses pengoperasian mesin :

1. Memasang batu gerinda sebelum mesin digunakan.
2. Mempersiapkan batu tahan api yang akan dipotong.
3. Menempatkan batu tahan api di tempat duduk yang tersedia pada mesin.

4. Menghidupkan motor sebagai penggerak utama hingga mencapai putaran yang maksimal.
5. Putaran motor diteruskan oleh puli dan sabuk sampai ke poros as atas.
6. Putaran pada poros as atas akan menggerakkan batu gerinda hingga mencapai putaran yang maksimal.
7. Tuas penekan digunakan untuk mengarahkan batu gerinda pada batu tahan api yang akan dipotong.
8. Tekan dengan kuat tuas penekan untuk memotong batu tahan api.
9. Untuk menjauhkan batu gerinda dengan batu tahan api yang sudah terpotong bisa dengan melepas tuas penekan atau menginjak pedal dibawah meja potong.
10. Batu tahan api yang sudah terpotong sesuai ukuran maka ditempatkan pada tempat yang sudah disediakan.



Gambar 1 : Mesin Pemotong Batu Tahan Api

Motor listrik

Motor listrik merupakan sebuah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk, misalnya, memutar *impeller* pompa, fan atau blower, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan dan lain-lain. Motor listrik digunakan juga di rumah (*mixer*, bor listrik, fan angin) dan di industri. Motor listrik kadangkala disebut “kuda

kerjanya” industri sebab diperkirakan bahwa motor-motor menggunakan sekitar 70% beban listrik total di industri.

Sabuk V (V-belt)

V-belt adalah sabuk atau belt terbuat dari karet dan mempunyai penampang trapezium, tenunan, teteron dan semacamnya digunakan sebagai inti sabuk untuk membawa tarikan yang besar. Sabuk V dibelitkan pada alur puli yang berbentuk V pula. Bagian sabuk yang membelit akan mengalami lengkungan sehingga lebar bagian dalamnya akan bertambah besar. Gaya gesekan juga akan bertambah besar karena pengaruh bentuk yang akan menghasilkan transmisi daya yang besar pada tegangan yang relatif rendah. Hal ini merupakan kelebihan dari sabuk model V jika dibandingkan dengan sabuk rata.



Gambar 2 : Sabuk V (*V-belt*)

Fungsi V-belt :

Jarak yang jauh antara dua buah poros sering tidak memungkinkan transmisi langsung dengan roda gigi. Maka perlu dihubungkan oleh sebuah V-belt yang dihubungkan pada poros-porosnya.

Macam-macam Sabuk (Belt)

1. Sabuk Datar (Flat Belt),
Bahan sabuk pada umumnya terbuat dari samak atau kain yang diresapi oleh karet. Sabuk datar yang modern

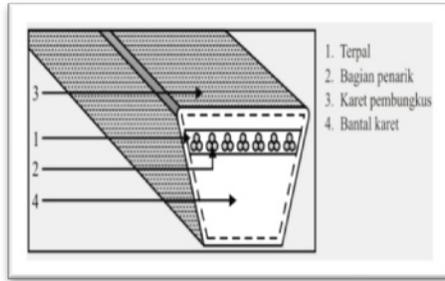
terdiri atas inti elastis yang kuat seperti benang baja atau nilon. Beberapa keuntungan sabuk datar yaitu:

- a. Pada sabuk datar sangat efisien untuk kecepatan tinggi dan tidak bising.
- b. Dapat memindahkan jumlah daya yang besar pada jarak sumbu yang panjang.
- c. Tidak memerlukan puli yang besar dan dapat memindahkan daya antar puli pada posisi yang tegak lurus satu sama lain.
- d. Sabuk datar khususnya sangat berguna untuk instalasi penggerak dalam kelompok karena aksi klos.

2. Sabuk V (*V-Belt*)

Sabuk V terbuat dari kain dan benang, biasanya katun rayon atau nilon dan diresapi karet dan mempunyai penampang trapesium. Tenunan teteron atau semacamnya dipergunakan sebagai inti sabuk untuk membawa tarikan yang besar. Sabuk V dibelitkan di sekeliling alur puli yang berbentuk V pula.

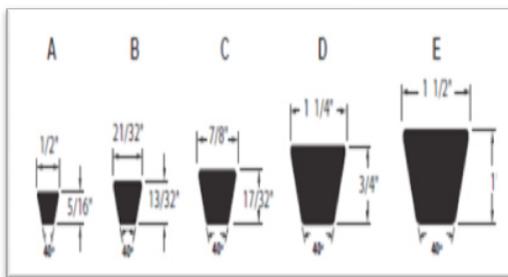
Bagian sabuk yang sedang membelit pada puli ini mengalami lengkungan sehingga lebar bagian dalamnya akan bertambah besar. Gaya gesekan juga akan bertambah karena pengaruh bentuk baji, yang akan menghasilkan transmisi daya yang besar pada tegangan yang relatif rendah. Sebagian besar transmisi sabuk menggunakan sabuk V karena mudah penanganannya dan harganya murah. Kecepatan sabuk direncanakan untuk 10 sampai 20 (m/s) pada umumnya dan maksimum sampai 25 (m/s). Daya maksimum yang dapat ditransmisikan kurang lebih sampai 500 (kW).



Gambar 3 : Kontruksi Sabuk-V

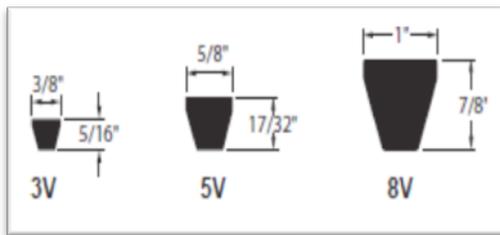
Jenis-jenis V-Belt ada tiga jenis yaitu :

1. Tipe standar; ditandai huruf A, B, C, D, & E



Gambar 4 : V-Belt Konvensional Tugas Berat

2. Tipe sempit; ditandai simbol 3V, 5V, & 8V



Gambar 5 : V-Belt Konvensional SI Tugas Berat

- 3) Tipe untuk beban ringan; ditandai dengan 3L, 4L, & 5L



Gambar 6 : V- Belt Tugas Ringan

Kelebihan Sabuk V dibandingkan dengan sabuk datar, yaitu:

1. Selip antara sabuk dan puli dapat diabaikan.
2. Memberikan umur mesin lebih lama,
3. Sabuk V mudah dipasang dan dibongkar.
4. Operasi sabuk dengan puli tidak menimbulkan getaran.
5. Sabuk V juga dapat dioperasikan pada arah yang berlawanan.
6. Sabuk V yang dibuat tanpa sambungan sehingga memperlancar putaran.
7. Sabuk V mempunyai kemampuan untuk menahan guncangan saat mesin dinyalakan.

Sedangkan kelemahan sabuk V dibandingkan dengan sabuk datar, yaitu:

1. Sabuk V tidak seawet sabuk datar.
2. Konstruksi puli sabuk V lebih rumit daripada sabuk datar.
3. Tidak dapat digunakan untuk jarak poros yang panjang.

Puli (*Pulley*)

Puli adalah suatu roda dengan bagian berongga disepanjang sisinya untuk tempat tali atau sabuk. Puli biasanya digunakan dalam suatu rangkaian yang dirancang untuk mengurangi jumlah gaya yang dibutuhkan untuk mengangkat atau menggerakkan suatu benda.



Gambar 7 : Puli

Definisi

1. Puli : cakra (disc) yang dilengkapi dengan tali (rope), terbuat dari logam atau non logam, misalnya besi tuang, kayu, atau plastik.
2. Pinggiran cakra diberi alur (groove) yang berguna untuk laluan tali.

Dengan menggunakan rumus perbandingan rasio terhadap putaran dan diameter puli, maka besar putaran dapat diturunkan seperti yang telah direncanakan. Dan juga dapat menentukan ukuran sabuk-V yang digunakan dengan menggunakan rumus untuk menghitung panjang keliling sabuk.

Jenis Puli

1. Puli tetap (fixed pulley) : terdiri dari sebuah cakra dan sebuah tali yang dilingkarkan pada alur (groove) di bagian atas dan ujungnya digantungi beban.
2. Puli bergerak (movable pulley): terdiri dari cakra dan poros yang bebas, tali dilingkarkan dalam alur bawah, salah satu ujung tali dilingkarkan tetap dan ujung lainnya ditahan atau ditarik pada waktu pengangkatan, beban digantungkan pada kait (*hook*).

Batu Gerinda Diamond

Batu gerinda adalah sebuah material padat yang dipergunakan untuk memotong atau mengasah suatu benda padat lainnya dengan memiliki bentuk dan jenis yang beragam serta dilapisi oleh bahan-bahan tertentu sehingga memiliki kemampuan untuk menggerinda atau memotong.

Pada mesin pemotong batu tahan api menggunakan jenis batu gerinda diamond. Untuk jenis batu gerinda diamond adalah batu gerinda yang terbuat dari bahan butiran-butiran berlian pada

ujung tepi mata gerinda dan digunakan untuk menggerinda bahan-bahan keras seperti : beton, batu, permata dan lain-lain



Gambar 8 : Batu Gerinda Diamond

Batu Tahan Api (*Fire Brick*)

Batu tahan api merupakan material inorganik baik bersifat natural maupun sintesis yang tahan terhadap panas atau api dengan temperatur di atas 1.000° Celcius tanpa mengalami perubahan bentuk ataupun melebur.

Tujuan dipasangnya batu tahan api adalah agar panas yang dihasilkan dalam tungku tidak merambat keluar. Kegunaan dari batu tahan api adalah sebagai penahan panas pada *furnace* untuk *boiler*, *kiln*, *rotary*, *incinerator* dan sebagainya.



Gambar 9 : Batu Tahan Api (*Fire Brick*).

Bearing

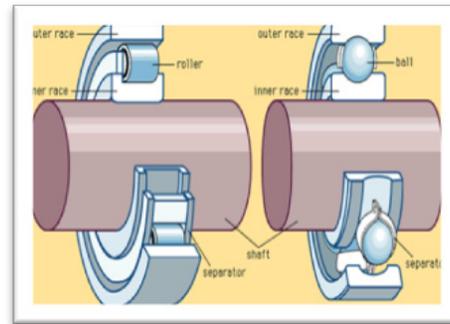
Bearing dalam Bahasa Indonesia berarti bantalan. Dalam ilmu mekanika bearing adalah sebuah elemen mesin

yang berfungsi untuk membatasi gerak relatif antara dua atau lebih komponen mesin agar selalu bergerak pada arah yang diinginkan. Bearing menjaga poros (shaft) agar selalu berputar terhadap sumbu porosnya, atau juga menjaga suatu komponen yang bergerak linier agar selalu berada pada jalurnya.

Bearing dapat diklasifikasikan berdasarkan gerakan yang diijinkan oleh desain bearing itu sendiri berdasarkan prinsip kerjanya dan juga berdasarkan gaya atau jenis beban yang dapat ditahan.

Berikut adalah macam-macam bearing dilihat dari berbagai aspek:

1. Jika berdasarkan gesekan yang terjadi pada bearing, maka bearing terbagi menjadi dua jenis yakni :
 - a. *Anti-friction bearing* : yaitu bearing yang tidak akan menimbulkan gesekan. Contoh: roller dan ball bearing
 - b. *Friction bearing* : yakni bearing kerjanya dapat menimbulkan gesekan. Contoh: bush dan plain bearing.
2. Jika dilihat dari beban yang ditahan oleh bearing, maka berikut adalah jenis-jenisnya :
 - a. *Journal Bearing* adalah bearing yang didesain untuk menahan beban yang tegak lurus terhadap sumbu shaft horisontal.
 - b. *Foot step* atau *pivot bearing* adalah bearing yang didesain pada poros vertikal untuk menahan beban yang paralel terhadap sumbu poros tersebut.
 - c. *Thrust bearing* adalah bearing yang didesain untuk menahan beban horisontal yang paralel dengan sumbu poros horisontal.



Gambar 10 : Bearing pada Transmisi.

Fungsi bearing adalah :

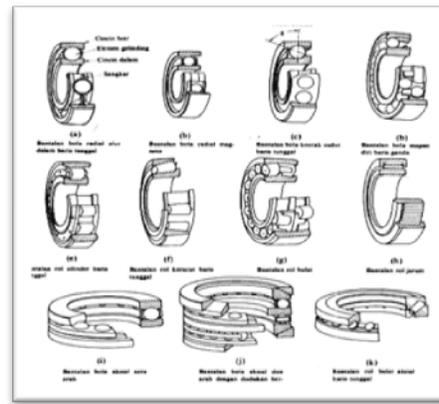
1. Mengurangi gesekan, panas dan aus.
2. Menahan beban shaft dan machine.
3. Menahan radial load dan thrust load.
4. Menjaga toleransi kekencangan.
5. Mempermudah pergantian dan mengurangi biaya operasional.

Bearing dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Berdasarkan pada gerakan bantalan terhadap poros
 - a. Bantalan gelinding (*rolling bearing*). Pada bantalan ini terjadi gesekan gelinding antara bagian yang berputar dengan yang diam melalui elemen gelinding seperti bola (peluru), rol atau rol jarum dan rol bulat.
 - b. Bantalan luncur (*sliding bearing*). Pada bantalan ini terjadi gesekan luncur antara poros dan bantalan karena permukaan poros ditumpu oleh permukaan bantalan dengan perantaraan lapisan pelumas.
2. Berdasarkan pada arah beban
 - a. Bantalan radial.
Arah beban yang ditumpu bantalan ini adalah tegak lurus sumbu poros seperti : *radial ball bearing* merupakan jenis bantalan gelinding untuk gaya yang kecil, *roller bearing* merupakan jenis

bantalan gelinding untuk gaya besar, dan sliding bearing.

- b. Bantalan aksial.
Arah beban bantalan ini sejajar dengan sumbu poros, seperti *axial ball bearing* untuk gaya yang besar, dan taper bearing untuk gaya yang kecil.
- c. Bantalan gelinding khusus.
Bantalan ini dapat menumpu beban yang arahnya sejajar tegak lurus sumbu poros, seperti : *axial radial ball bearing*.



Gambar 11 : Macam-macam Bearing

Pada perencanaan mesin bantalan yang digunakan adalah bantalan gelinding dengan model duduk karena mengingat kedudukan poros yang tegak lurus dengan bidang vertical dan mempunyai jarak diatas rangka mesin serta gaya puntir ekuivalen/sejajar terhadap poros.

Adapun alasan pemilihan bantalan gelinding ini adalah karena bantalan gelinding pada umumnya lebih cocok untuk beban yang kecil dari pada bantalan luncur. Putaran pada bantalan ini dibatasi oleh gaya sentrifugal yang timbul pada elemen gelinding tersebut. Dikarenakan konstruksinya yang sukar dan ketelitiannya yang tinggi, maka bantalan gelinding hanya dapat dibuat oleh pabrik tertentu saja.

Keunggulan bantalan ini adalah gesekannya yang sangat rendah dan pelumasannya pun sangat sederhana. Pelumasannya cukup dengan gemuk saja, bahkan pada jenis yang memakai *seal* sendiri bisa tidak diberi pelumasan. Meskipun bantalan ini kelihatannya sangat sederhana dan penggunaannya pun sangat mudah, tetapi bantalan ini sering menimbulkan suara bisik dibandingkan dengan bantalan luncur.

Besi siku

Dalam dunia industri banyak dikenal jenis besi profil diantaranya besi profil L atau biasa disebut besi siku. Penggunaannya pun disesuaikan dengan kebutuhan dari jenis pekerjaan dan kekuatan. Untuk besi siku banyak digunakan untuk kerangka mesin, bangunan dan masih banyak lagi.

Besi profil L ini mempunyai beberapa jenis yang dibedakan menurut ukuran penampangannya dan ketebalannya.



Gambar 12 : Besi Siku

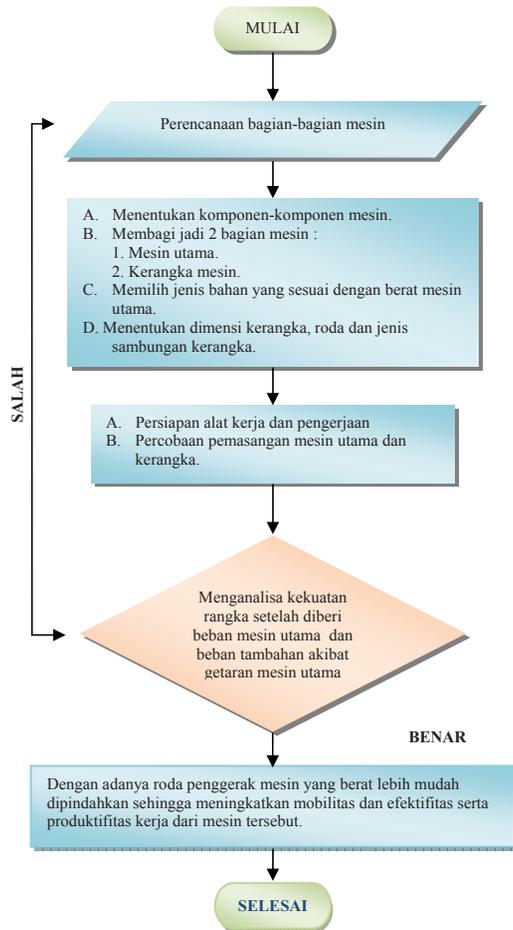
METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Desain, pengerjaan dan perakitan dilakukan pada salah satu perusahaan industri swasta yang bergerak di bidang

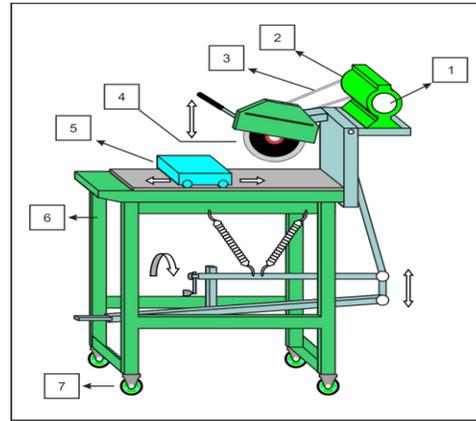
produksi tembaga di Kabupaten Gresik, Jawa Timur. Desain dan pelaksanaan pengerjaan dilakukan pada bulan September tahun 2014 sampai dengan data yang diperlukan terpenuhi.

Persiapan yang dilakukan mulai alat pembuat kerangka, material bahan untuk kerangka disiapkan secara matang sesuai rencana kerja dan desain gambar.



Memisahkan mesin utama dan kerangka

Dalam tahap ini kita akan memisahkan mesin utama dan kerangka yang akan kita modifikasi. Untuk mengetahui jarak lubang mur baut pengikat (PCD) antara mesin utama dan kerangka. Agar dalam pendesainan dan pengerjaan dapat sesuai dengan ukuran mesin utama.



Gambar 14 : Disain mesin pemotong batu tahan api

Keterangan :

1. Motor 3 (tiga) fase
2. Puli penggerak
3. V belt
4. Batu gerinda potong
5. Dudukan batu
6. Rangka utama
7. Roda penggerak

Menghitung berat mesin aslinya

Bila dilihat dari komponen-komponen mesin dan kerangkanya maka dapat dihitung berat dari mesin aslinya.

Tabel 1 : Komponen-komponen asli mesin pemotong batu tahan api.

Komponen mesin	Jumlah	Spesifikasi
Motor	1	CMG motor 3 phase, voltage 380-420V, 1.445 rpm, weight 28 kg, daya 4 KW
Puli	2	Terbuat dari besi tuang Diameter besar 110 mm x 30 mm Diameter kecil 60 mm x 30mm
V belt	2	Terbuat dari karet Panjang v belt 1300 mm Penampang v belt 12,7 mm (1/2 inch)
Batu pemotong (Diamond Grinding Wheels)	1	Diameter batu 355,6 mm x 3 mm
Dudukan batu	1	Terbuat dari plat baja panjang PxLxTb (100 mm x 80 mm x 5 mm)

Untuk menghitung berat dari mesin tersebut dapat dihitung satu per satu berat dari setiap komponen dan dijumlahkan. Atau bisa juga ditimbang langsung untuk mengetahui lebih mudah.

Untuk perhitungan per komponen maka :

1. Motor dari tabel diatas yaitu beratnya 28 kg
2. Puli terbuat dari besi cor dengan 2 diameter, yaitu :
 - a. Diameter 110 mm x 30 mm, beratnya 15 kg.
 - b. Diameter 60 mm x 30 mm, beratnya 7,7 kg.
3. 2 buah V belt beratnya 1,2 kg
4. Batu potong beratnya 7 kg
5. Dudukan batu beratnya 75,3 kg
6. Tuas penggerak beratnya 10,31 kg
7. Cover mesin beratnya 20,4 kg
8. Jumlah kerangka mesin keseluruhan dari besi siku (80 x 80 x 6) beratnya : 114,72 kg.++++
9. Dudukan mesin pada rangka plat 10 mm (120 cm x 80 cm) beratnya : 75,36 kg
10. Poros dan lain-lainya beratnya adalah 20 kg

Maka berat asli dari mesin sebelum dimodifikasi kerangkanya :

$$W = 28 + 15 + 7,75 + 1,2 + 7 + 75,3 + 10,31 + 20,4 + 114,72 + 75,36 + 20$$

$$W = 375,04 \text{ kg}$$

Tetapi bila mesin berputar maka beban mesin bertambah $\pm 60\%$ dari berat mesin utama maka $W -$ berat rangka

$$= 375,04 - 190,08$$

$$= 184,96 \text{ kg}$$

Berat total apabila mesin bekerja adalah

$$= 375,04 \text{ kg} + 60 \% \text{ berat mesin}$$

$$= 184,96 \times 60 \%$$

$$= 110,9 \text{ kg.}$$

Jadi berat total dari mesin pemotong batu tahan api ini waktu bekerja :

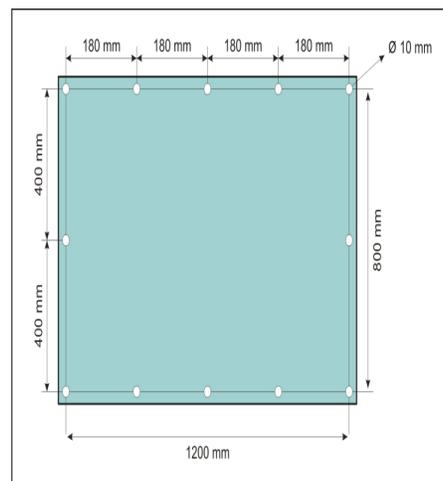
$$W_{total} = 375,04 + 110,9$$

$$= 485,94 \text{ kg}$$

Perencanaan rangka baru

Untuk perencanaan rangka baru tidaklah terlalu jauh dari rangka yang lama hanya penggunaan besi siku yang efisien dan pemberian roda pada kerangka. Material yang akan kita pakai antara lain :

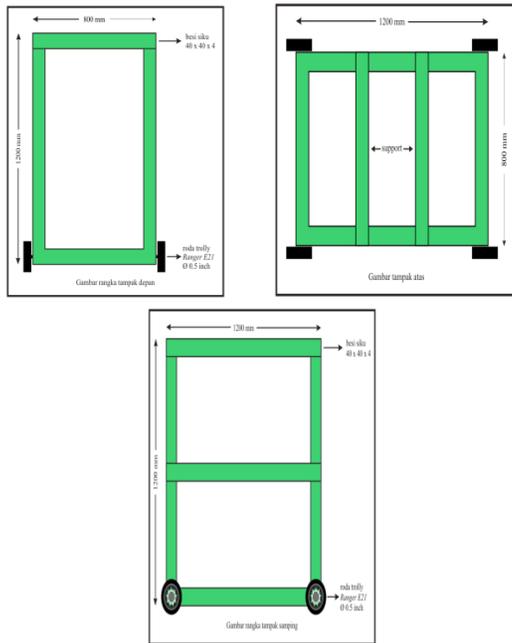
1. Besi siku 40 mm x 40 mm x 4 mm panjang 600 mm dengan berat 14,5 kg
2. Roda yang akan kita pakai adalah roda trolley yang banyak dijual di pasaran dengan spesifikasi :
 - a. Kapasitas 150 kg
 - b. Dimensi roller bearing \varnothing 5 inch sebanyak 4 buah
3. Untuk alas mesin kita menggunakan plat tebal 5 mm dengan jarak PCD disesuaikan mesin utama. Untuk dimensi sebagai berikut :



Gambar 3.4. Desain alas mesin (tampak samping)

4. Untuk sambungan kita gunakan 2 model sambungan yaitu :
 - a. Sambungan las untuk kerangka
 - b. Sambungan baut mur untuk roda penggerak (roda trolley)

5. Untuk desain kerangka atas dan bawah yang baru kita akan memberikan 4 (empat) penguat rangka (support). Dengan ukuran sebagai berikut :
 - a. Panjang 1200 mm
 - b. Lebar 800 mm
 - c. Tinggi 1200 mm



Gambar 15 : Desain rangka

6. Untuk alas dudukan roda trolley kita menggunakan plat tebal 5 mm dengan dimensi 100 mm x 100 mm.

Bagian-bagian rangka

Untuk mempermudah pembuatan maka pemotongan akan dilakukan secara bertahap. Dengan membagi beberapa bagian antara lain :

1. Rangka
 - a. Bagian ukuran panjang, 40 mm x 40 mm x 4 mm, dengan panjang 1200 mm dibuat 4 buah
 Bagian ukuran tinggi, 40 mm x 40 mm x 4 mm, dengan panjang 1200 mm dibuat 4 buah
 - b. Bagian ukuran lebar, 40 mm x 40 mm x 4 mm, dengan panjang 800 mm dibuat 4 buah

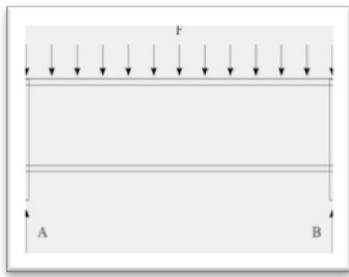
- c. Bagian support atas dan bawah, 40 mm x 40 mm x 4 mm dengan panjang 800 mm dibuat 4 buah
- d. Dudukan mesin utama Pada bagian ini ukuran plat 1200 mm x 800 mm x 5 mm dibuat 1 buah
- e. Penopang roda. Pada bagian ini ukuran plat 100 mm x 100 mm x 5 mm dibuat 4 buah.
- f. Sambungan las dan baut mur

2. Parameter yang digunakan dalam sambungan las pada rangka adalah:
 - a. Las busur listrik arus AC
 - b. Jenis logam yang digunakan adalah St.37 karena merupakan baja karbon rendah.
 - c. Jenis kampuh las adalah las tumpul dengan kampuh V
 - d. Untuk alas mesin menggunakan baut M 16 x 30 mm.
 - e. Untuk penyangga roda trolley menggunakan baut M 12 x 30 mm.

Analisis Statis

Sebelum melakukan pengujian (simulasi), kita tentukan analisa pembebanan statis dalam simulasi. Dimana bisa menentukan tumpuan pada rangka tersebut sebagai acuan utama, memberikan gaya luar dengan pembebanan merata dan penentuan material yang digunakan adalah St 37.

1. Jenis pembebanan yang digunakan adalah pembebanan terpusat pada satu titik.
2. Gaya luar yang diberikan sebesar beban dari mesin utama.
3. Pemberian tumpuan pada rangka adalah pada kaki-kaki rangka (roda).



Gambar 16 : Pembebanan Terdistribusi Merata

Keterangan :

Panjang rangka = 1200 mm

Profil L = 40 mm x 40 mm x 4 mm

Massa jenis plat baja = 7850 kg/m³

Maka :

1. Berat plat baja dudukan mesin

$$\text{Panjang} \times \text{Lebar} \times \text{Tebal} \times \text{Massa jenis}$$

2. Berat siku baja

$$\text{Luas profil L} \times \text{Tebal siku} \times \text{Massa jenis}$$

3. Untuk gaya berat :
Dengan percepatan gravitasi = 10 m/s².

$$\text{Berat baja} \times \text{Percepatan gravitasi}$$

4. Gaya terdistribusi merata diubah menjadi gaya terpusat (Q)

$$Q = \text{Gaya berat} \times \text{panjang rangka}$$

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} \sum M &= 0 \\ \sum F &= 0 \end{aligned}$$

Untuk mengetahui kekuatan rangka maka perlu dilakukan perhitungan antara lain :

1. Analisa tegangan dan momen.
2. Analisa faktor keamanan.
3. Analisa diagram momen dan gaya.
4. Efisiensi berat antara rangka lama dan baru.

Perhitungan dan pembuatan rangka mesin.

1. Pembuatan rangka

Dalam pembuatan rangka mesin ini ada beberapa peralatan yang digunakan antara lain:

- a. Mistar baja
- b. Roll meter
- c. Siku pengukur
- d. Kapur pengores
- e. Mesin potong
- f. Mesin gerinda
- g. Mesin bor
- h. Mesin las
- i. Mata bor \varnothing 16 mm, \varnothing 12 mm, \varnothing 6 mm, \varnothing 3 mm

Selain alat bahan yang digunakan antara lain :

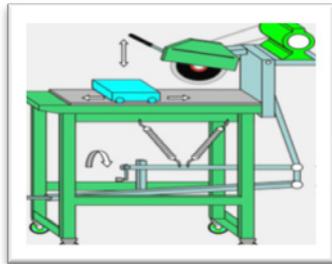
- a. Besi siku ukuran 40 mm x 40 mm x 4 mm, panjang 600 mm jumlah 3 buah.
- b. Plat baja ukuran 1200 mm x 800 mm x 5 mm jumlah 1 buah.
- c. Plat baja ukuran 100 mm x 100 mm x 5 mm jumlah 4 buah.
- d. Mur baut M 16 x 30 mm jumlah 16 buah.
- e. Mur baut M 12 x 30 mm jumlah 16 buah.
- f. Kawat las Lb ukuran \varnothing 3 mm.
- g. Roda trolley \varnothing 5 inch jumlah 4 buah.

2. Perakitan rangka mesin

Dalam proses perakitan ada beberapa tahap antara lain :

- a. Besi siku dipotong sesuai dengan desain yang direncanakan.
- b. Penyambungan rangka siku dilakukan dengan mesin las.
- c. Pemotongan plat baja dilakukan sesuai dengan desain yang direncanakan.

- d. Perakitan dilakukan secara bertahap dan dibagi sesuai dengan desain yang direncanakan.
- e. Untuk lubang pengikatudukan mesin dan landasan roda dilakukan secara bertahap pula.
- f. Setelah dirakit semua maka penyesuaian handel-handel pendukung kerangka yang sudah jadi.
- g. Pemasangan mesin utama dilakukan sesuai dengan desain.



Gambar 17 : Hasil rancangan kontruksi mesin pemotong batu tahan api

Perhitungan Beban Mesin dan Kekuatan Kerangka Mesin

Sebagai pembanding beban kerangka lama dan baru maka kerangka yang baru harus diketahui beban atau beratnya. Untuk menghitung beban dari kerangka maka dapat dihitung sebagai berikut :

1. Beban total kerangka
Beban kerangka dari besi siku
Diketahui :
 - a. Panjang besi siku yang digunakan
 - 1) 1200 mm x 8 buah = 9600 mm
Maka 9600 mm \approx 9,6 meter
 - 2) 800 mm x 8buah \approx 6400 mm
Maka 6400 mm \approx 6,4 meter
 - 3) Jumlah total = 9,6 + 6,4 = 16 meter
 - b. Ukuran siku 40 mm x 40 mm x 4 mm

- c. Massa jenis besi = 0,01512 kg / m³ (sesuai katalog)

Ditanya : Berat besi siku?

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{Berat} &= L \times Tb \times P \times \text{massa jenis} \\ &= 40 \times 4 \times 16 \times 0,01512 \\ &= 38,70 \text{ kg} \end{aligned}$$

2. Beban plat alas mesin

Diketahui :

- a. Panjang 1200 mm \approx 1,2 m
- b. Lebar 800 mm \approx 0,8 m
- c. Tebal plat 5 mm \approx 0,005 m
- d. Massa jenis 7850 kg/m³

Ditanya : berat plat..... ?

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{Berat} &= (P \times L \times Tb) \times \text{massa jenis} \\ &= (1,2 \times 0,8 \times 0,005) \times 7850 \\ &= 37,68 \text{ kg} \end{aligned}$$

3. Beban plat penyangga roda

Diketahui :

- a. Ukuran 100 mm x 100 mm \approx 0,1 m x 0,1 m
- b. Tebal 5 mm \approx 0,005 m
- c. Massa jenis 7850 kg/m³
- d. Jumlah 4 buah

Ditanya : berat....?

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{Berat} &= (\text{Sisi} \times \text{Tebal}) \times \text{massa jenis} \\ &= (0,1 \times 0,05) \times 7850 \\ &= 3,925 \text{ kg} \end{aligned}$$

Karena jumlahnya 4 buah, maka
Berat total = 3,925 x 4 = 15,7 kg

4. Jadi total berat dari kerangka

- a. Beban total kerangka
38,70 + 37,68 + 15,7 = 92,08 kg
- b. Bila roda trolley dirakit maka beratnya bertambah menjadi :
Roda trolley @ 3 kg x 4 + 16 baut mur
M 12 x 30 mm
Maka : 12 kg + 3 kg = 15 kg
Jadi : 92,08 + 15 = 107,08 kg

Beban total setelah mesin dipasang

Beban dari total kerangka dan mesin adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Beban total mesin} &= \text{beban total kerangka} \\ &+ \text{beban total mesin utama} \\ &= 107,08 + 184,96 \\ &= 292,04 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kekuatan Kerangka

Untuk mengetahui kekuatan kerangka mesin maka harus dihitung tegangan dan momen, faktor keamanan dan diagram momen dan gaya.

1. Tegangan dan momen

Diketahui :

- a. Panjang rangka = 1,2 m
- b. Profil L= 0,04 m x 0,04 m x 0,005m
- c. Plat landasan mesin = 1,2 m x 0,8 m
- d. Massa jenis baja = 7800 kg/m³

Ditanya : tegangan dan momen.....?

Jawab :

Berat penampang 1,2 m

Luas profil L x 1,2 x massa jenis baja
40 x 4 x 1,2 x 0,01512 = 2,90 kg

Gaya berat (q) = berat baja x percepatan gravitasi = 2,9 kg x 10 m/s² = 29 N

Gaya terdistribusi merata diubah menjadi gaya terpusat (Q)

$$Q = 29 \text{ N} \times 1,2 \text{ m} = 34,8 \text{ N}$$

Penyelesaian: $\sum F = 0$ $\sum m = 0$

$$\sum F = 0$$

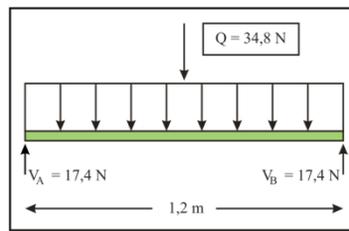
$$0 = V_A + V_B - 34,8 \text{ N}$$

$$V_A + V_B = 34,8 \text{ N}$$

$$\sum m = 0$$

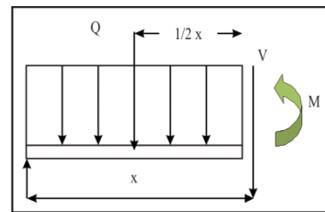
$$0 = V_B \times 1,2 \text{ m} - 34,8 \times 0,6 \text{ (}\frac{1}{2} \text{ dari panjang rangka)}$$

$$V_B = \frac{20,88}{1,2} = 17,4 \text{ N}$$



Gambar 18 : Momen pembebanan

Kemudian tentukan persamaan momen maka :



Gambar 19 : Persamaan momen

$$q = 29 \text{ N} \cdot x$$

$$q = 29 x$$

Maka :

$$\sum F = 0$$

$$0 = A - q - V$$

$$0 = 17,4 \text{ N} - 29 x - V$$

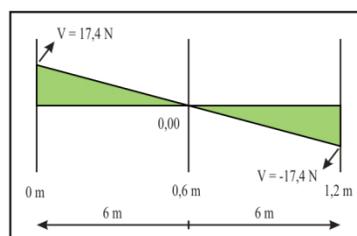
$$V = 17,4 \text{ N} - 29 x$$

Sehingga :

$$x = 0 \rightarrow V = 17,4 \text{ N}$$

$$x = 0,6 \text{ m} \rightarrow V = 0$$

$$x = 1,2 \text{ m} \rightarrow V = -17,4 \text{ N}$$



Gambar 20 : Diagram gaya geser

$$\sum M = 0$$

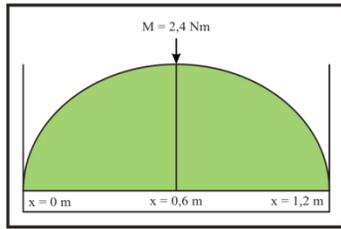
$$0 = M + q \cdot \frac{1}{2} x - A \cdot x$$

$$0 = M + 29 \cdot \frac{1}{2} x \cdot \frac{1}{2} x - 17,4 x$$

$$0 = M + \frac{29}{2} x^2 - 17,4 x$$

$$M = 17,4 x - \frac{29}{2} x^2$$

Sehingga :
 $x = 0 \rightarrow M = 0$
 $x = 0,6 \text{ m} \rightarrow M = 2,9 \text{ Nm}$
 $x = 1,2 \text{ m} \rightarrow M = 0$



Gambar 21 : Diagram momen bengkok

2. Tegangan maksimum yang didapat
 Dari tabel profil L dimensi 40 x 40 x 4 mm

Didapat: $y = 1,09 \text{ cm}$ $I = 5,60 \text{ cm}^4$

$$\tau_{\max} = \frac{M_{\max} \cdot y}{I}$$

Maka

$$\tau_{\max} = \frac{29 \text{ N} \times 1,09}{5,60 \text{ cm}^4} = \frac{31,61}{5,60} = 5,6 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Tegangan kerangka } (\sigma) = \frac{34,8 \text{ N/m}}{16 \text{ m}} = 2,175 \text{ N/m}^2$$

Pembagian beban setiap roda trolley
 Beban pada roda sebelum mesin bekerja

Dari hasil diatas maka berat yang diterima dari setiap roda trolley adalah sebagai berikut :

Beban keseluruhan dibagi dengan jumlah roda maka :

$$\text{Beban yang terima setiap roda} = \frac{\text{Beban keseluruhan}}{\text{Jumlah roda}} = \frac{292,04 \text{ kg}}{4 \text{ buah}} = 73,01 \text{ kg}$$

3. Beban pada roda saat mesin bekerja
 Beban yang ada pada mesin akan bertambah kurang lebih 60% dari berat benda maka :

$$\text{Beban saat mesin bekerja} = \text{Berat benda} \times 60\% = 292,04 \times 60\% = 175,22 \text{ kg}$$

$$\text{Jadi total beban saat mesin bekerja} = 292,04 + 175,22 = 467,26 \text{ kg}$$

Maka beban yang diterima setiap roda trolley pada saat mesin bekerja adalah :

$$\text{Beban mesin / Jumlah roda} = \frac{467,26 \text{ kg}}{4} = 116,8 \text{ kg}$$

Jadi roda trolley harus mempunyai kapasitas beban : 150 kg per roda.

4. Untuk tegangan geser setiap baut penyangga roda

Diketahui :

Gaya geser (V) : 17,4 N

Luas penampang (A) : 0,1 m²

Ditanya : tegangan geser.....?

Jawab :

$$\text{Tegangan geser } (\tau) = \frac{\text{Gaya geser } (V)}{\text{Luas } (A)} = \frac{17,4}{0,1} = 174 \text{ N}$$

Maka :

$$\text{Tegangan geser tiap baut} = \frac{174 \text{ N}}{4} = 43,5 \text{ N}$$

5. Perbandingan antara mesin lama dengan yang baru

Untuk mempermudah membandingkan antara mesin lama dan baru maka ada beberapa metode yaitu :

Menggunakan tabel pembandingan

Pengunaan tabel pembandingan bertujuan untuk mempermudah dalam mendeteksi perbedaan antara ke dua variabel. Untuk tabel pembandingan kinerja mesin

Tabel 2 : Pembandingan mesin lama dan baru

Unsur Pembandingan	Mesin Pemotong Batu tahan api	
	Lama	Baru
Jam mulai kerja	12.00	08.00
Tenaga	1 forklift	2 orang
Biaya	500.000 per hari	0
Berat	± 485,94 kg	± 292,04 kg

Di dalam tabel dapat dilihat perbedaan yang sangat besar dari beberapa kebutuhan mesin dan didapat keunggulan desain mesin yang baru baik dari segi penggunaan, efisiensi kerja dan berat mesin.

1. Untuk berat desain mesin lama dan baru.

Untuk presentasi yang menjadi batas maksimal adalah 1 ton \approx 1000 kg = 100 %, maka :

Berat max =

$$\begin{aligned} & \text{berat mesin lama} + \text{berat mesin baru} \\ & = 485,94 \text{ kg} + 292,04 \text{ kg} \\ & = 777,98 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka = 1000 kg – 777,98

$$\begin{aligned} & = \frac{222,02}{2} \\ & = 111,01 \text{ kg} \end{aligned}$$

2. Untuk desain mesin lama :

$$485,94 \text{ kg} + 111,01 \text{ kg} = 596,95 \text{ kg}$$

3. Untuk desain mesin baru :

$$292,04 \text{ kg} + 111,01 \text{ kg} = 403,05 \text{ kg}$$

Maka grafik sebagai berikut :



Gambar 22 : Grafik efisiensi berat

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil perancangan ulang konstruksi mesin pemotong batu tahan api dapat disimpulkan bahwa :

1. Dengan pemberian roda penggerak maka mesin yang berat ini dapat dipindahkan dengan sangat mudah.
2. Dengan mendesain ulang pada perancangan konstruksinya maka didapatkan rangka yang sesuai dengan berat mesin dan kerjanya yang semula dengan memakai besi siku 80 x 80 x 5 dapat diperkecil menjadi 40 x 40 x 4. Sehingga lebih ringan tetapi tidak mengurangi kemampuan mesin itu sendiri.
3. Dengan hasil sebagai berikut :
 - a. Tegangan kerangka
 $(\sigma) = (34,8 \text{ N/m}) / (16 \text{ m}) = 2,175 \text{ N/m}$
 - b. Tegangan izin = 5,6 N/m
4. Jadi tegangan kerangka lebih kecil dari tegangan izin, maka kerangka yang dibuat aman dan layak digunakan.
5. Tegangan geser pada setiap baut adalah 43,5 N/m², sedangkan tegangan izin menurut tabel mur baut M 12 x 1,25 dengan bahan Fe 490 adalah 70 N/m², maka baut yang digunakan sangat aman dan layak digunakan.
6. Sedang untuk selisih beratnya antara 193,9 atau sekitar 19 % lebih ringan desain mesin baru.

Saran

1. Penelitian bisa dilanjutkan lebih mendalam.
2. Dengan meninjau ulang bahan kerangka mesin maka didapatkan penggunaan bahan yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Nasution, S. (1998), *Buku Penuntun Membuat Thesis, Skripsi, Disertai Makalah*, Bandung, Jemars.
- Raffei, M dan Suarpradja Tedja (1997), *Bagian-Bagian Mesin 2*, Jakarta, Depdikbud.

- Stolk, Jac (1986), *Elemen Mesin*, Jakarta, Erlangga.
- Sukoadji, M. dan Basuki (1997), *Mesin dan Peralatan Teknik I*, Jakarta, Depdikbud.
- Sularso (1980), *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*, Jakarta, PT Pratnya Paramita.