

PERANCANGAN PISAU *SHREDDER* PADA MESIN PENCACAH PLASTIK

Vici Inoky Panjaitan^{1,*}, DR.Eng Asep Ridwan Setiawan¹, dan Megarini Hersaputri S.T.,M.T²

¹Program Studi Teknologi Pengelasan dan Fabrikasi, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sains Bandung

Abstrak. Pada saat ini plastik menjadi masalah besar bagi masyarakat. Sebagian masyarakat tidak dapat mempergunakan sampah plastik menjadi bahan yang lebih berguna. sehingga dibuat Mesin Pencacah Plastik sebagai awal dari daur ulang sampah plastik. Mesin Pencacah Plastik adalah alat yang dirancang untuk mencacah plastik bekas yang tidak dapat digunakan lagi menjadi serpihan kecil. Sehingga dapat mempermudah proses pembuatan plastik menjadi pelet plastik. Untuk mendapat hasil potongan yang baik, pisau dirancang dengan cara pertama menentukan kriteria desain dan material yang digunakan pada pisau adalah baja perkakas AISI D2. Alat dan mesin yang digunakan adalah mesin band saw, mesin milling, mesin bor, mesin gerinda, muffle furnace, dan perkakas tangan lainnya. Proses pembuatan pisau meliputi: menentukan kriteria pisau, proses pemilihan material, perancangan desain dengan software Solidwork, persiapan seluruh alat dan komponen yang digunakan, proses permesinan, mulai dari proses pemotongan material, proses pembubutan, proses pengeboran, setelah itu ,masuk ke proses perlakuan panas dan proses penggerindaan (finishing), serta proses perakitan pada seluruh komponen mesin. Hasil pembuatan pisau diperoleh spesifikasi ukuran panjang mata pisau dinamis 240 mm sebanyak 3 buah dan pisau statik 240 mm sebanyak 2 buah. Pengujian kinerja pada pisau diperoleh hasil pisau mampu mencacah sampah plastik menjadi ukuran yang lebih kecil dan pisau pencacah plastik berfungsi dengan baik.

kata kunci: Pisau, Mesin, Perajang, Sampah, Organik

^{1*} Corresponding author: vicipanjaitan02@gmail.com

1 Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Menurut Kepala Dinas Kebersihan dan Keindahan (DKK) Kabupaten Bekasi, saat ini mengelola 180 ton sampah pertahun, dimana 60% diantaranya adalah sampah plastik. Keseluruhan sampah tersebut dikelola di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) di daerah Lemah Abang, Cikarang Selatan.



Gambar 1. Sampah plastik di Kab. Bekasi

sampah plastik yang sudah terkumpul di TPA, kebanyakan dikumpulkan oleh pemulung atau pengepul atau dijual ke penampungan sampah yang ada di TPA, karena TPA Kab. Bekasi tidak mampu mengelola sampah plastik dalam jumlah yang begitu besar. Dikarenakan sifat dari sampah plastik yang sulit terdegradasi oleh tanah, penanganan sampah plastik dengan sistem *landfill* maupun *open dumping* bukan merupakan pilihan yang tepat. Penggunaan teknologi insinerasi dengan cara dibakar juga tidak tepat karena akan menghasilkan polutan ke udara sehingga menyebabkan polusi lingkungan. Untuk meminimalisir dampak lingkungan dari sampah plastik, maka material plastik harus didaur-ulang untuk mendapatkan kembali produk plastiknya ataupun untuk menghasilkan produk lain yang bernilai ekonomi (Nofriadi & Rusmardi, 2014).

Salah satu jenis plastik yang dapat didaur ulang adalah plastik botol air mineral atau PET (*Polyethylene Terephthalate*) dapat didaur ulang menjadi biji plastik dan *paving block*, Untuk diolah menjadi produk tersebut, limbah botol plastik harus melewati proses pencacahan terlebih dahulu. Teknologi pencacahan limbah plastik tersebut umumnya menggunakan mesin pencacah yang terdiri dari pisau-pisau bergerak dan diam. Untuk menunjang langkah tersebut maka dibuat suatu perancangan mesin untuk mengolah sampah untuk memperkecil volume dan meningkatkan daya jual yang nantinya disetorkan ke pabrik daur ulang. Ketika survei dilakukan kepada masyarakat sekitar Cikarang terdapat berbagai masalah terkait ketika botol plastik masih dalam keadaan utuh, selain harga jual yang rendah, memerlukan tempat penyimpanan yang luas dan juga pasti harus menyediakan transportasi yang lebih besar dalam pengangkutan akibat volume yang besar dengan beban yang ringan

1.2. Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah diatas, maka tujuan yang akan dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Perancangan mesin pencacah plastik jenis *shredder*.
2. Merakit komponen pisau *shredder* yang dirancang.
3. Mengetahui kekerasan pisau yang dirancang.
4. Mengetahui urutan proses pembuatan dari komponen pisau

1.3. Batasan Masalah

Pada penelitian ini, permasalahan yang akan dibatasi adalah sebagai berikut :

1. Proses perancangan mata pisau jenis *shredder* pada mesin pencacah plastik
2. Material pisau yang digunakan adalah Baja perkakas AISI D2
3. Desain perancangan pisau dengan *Software Solidwork*

1.4. Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian ini, maka penelitian ini diharapkan mempunyai manfaat sebagai berikut :

1. Memperoleh pengetahuan dan pemahaman mengenai perancangan mesin pencacah plastik jenis *shredder* yang berguna bagi masyarakat sekitar Cikarang.
2. Meningkatkan keterampilan dalam proses produksi yang meliputi bidang perancangan, pengelasan dan permesinan.

2 Dasar Teori

2.1. Pengertian Plastik

Plastik merupakan bahan yang sangat penting dalam dunia permesinan dan industri modern. Plastik adalah bahan sintesis berasal dari minyak mineral, gas alam, atau dibuat dari bahan asal batu bara, batu kapur, udara, air dan juga binatang- binatang serta tumbuh-tumbuhan.

Plastik dapat digolongkan dalam beberapa kelompok kode yang mana terdapat tujuh kelompok plastik kemasan yang digunakan untuk pangan dengan kode angka (dapat dilihat di Tabel 2.1). Angka tersebut biasanya ditulis ditengah gambar segitiga (simbol daur ulang). Jenis plastik yang dapat dicacah dengan mesin ini adalah jenis plastik yang berkarakter cenderung keras dan tebal (bukan tipis seperti tas plastik tas kresek) yaitu jenis termoplastik, contohnya adalah botol minuman, kotak makanan, kursi plastik, tutup galon, dan sebagainya.

2.2 Mesin pencacah plastik

2.2.1. Mesin pencacah plastik secara umum

Mesin pencacah plastik merupakan suatu mesin yang berfungsi menghancurkan wadah plastik menjadi ukuran diameter ± 10 mm. Wadah plastik dihancurkan menjadi serpihan melalui beberapa tahap, dimulai dengan memasukkan plastik yang sudah dipipihkan ke dalam corong input, plastik kemudian akan jatuh ke arah pisau yang berputar sehingga akan mengalami penyayatan menjadi ukuran yang lebih kecil.

2.3. Jenis Mesin Pencacah Plastik

Merupakan mesin pencacah yang memiliki fungsi utama menggiling atau mencacah benda kerja menggunakan prinsip gesekan, cacahan, dan rotary pada benda kerja. Umumnya mekanisme digunakan untuk benda yang bersifat relatif kaku seperti , drum, botol bekas oli, jeregen



Gambar 2. Mesin Pencacah Plastik, Grinder, Shredder, dan Crusher.

Prinsip kerja mesin pencacah plastik adalah dengan memasukan sampah plastik ke corong input dan sampah plastik akan terpotong oleh mata pisau yang dimana mata pisau tersebut digerakan oleh motor 1 fasa yang terikat dengan poros dan dimana poros dan mata pisau menyatu dengan menggunakan baut.

2.4 Pengertian Pisau jenis Shredder

Pisau pencacah plastik jenis *shredder* bekerja dengan pisau yang berputar dengan kecepatan tinggi pada suatu wadah untuk menghancurkan botol atau wadah plastik yang terbuat dari bahan *PET*. Pada ujungnya pisau memiliki sudut kemiringan 35° dan dibuat tajam untuk mencacah benda yang masuk ke dalam wadah. Selain pisau yang berputar terdapat juga pisau yang tidak bergerak. Pisau diam ini juga dibuat lancip dengan tujuan membantu proses pemotongan agar lebih efisien. Kondisi pisau yang berputar seperti baling-baling akan mencabik benda yang dimasukkan dengan acak.

2.5 Material Pisau

Baja AISI D2 adalah logam paduan dengan besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0.2% hingga 2.1% berat sesuai *grade*-nya. Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur penguat. Unsur paduan lain yang biasa ditambahkan selain karbon adalah mangan (*manganese*), krom (*chromium*), vanadium, dan nikel. Dengan unsur kandungan karbon dan unsur paduan lainnya, berbagai jenis kualitas baja bisa didapatkan. Penambahan kandungan karbon pada baja dapat meningkatkan kekerasan (*hardness*) dan kekuatan tariknya (*tensile strength*), namun di sisi lain membuatnya menjadi getas (*brittle*) serta menurunkan keuletannya (*ductility*). Pengaruh utama dari kandungan karbon dalam baja adalah pada kekuatan, kekerasan, dan sifat mudah dibentuk.

2.7 Komposisi Baja Perkakas AISI D2

Baja perkakas AISI D2 banyak diaplikasikan pada bidang manufaktur diantaranya :

Elemen paduan wt%	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	V	Co	Cu	Al	N
	1.5	0.45	0.25	12	0.15	0.4	0.4	1.00	0.15	0.03	0.017

Tabel 1. Komposisi Kimia AISI D2

2.8 Proses Pemesinan

Proses pemesinan dengan menggunakan prinsip pemotongan logam dibagi dalam tiga kelompok dasar, yaitu : proses pemotongan dengan mesin pres, proses pemotongan konvensional dengan mesin perkakas,

dan proses pemotongan non konvensional . Proses pemotongan dengan menggunakan mesin pres meliputi pengguntingan (*shearing*), pengepresan (*pressing*) dan penarikan (*drawing, elongating*). Proses pemotongan konvensional dengan mesin perkakas meliputi proses bubut (*turning*), proses frais (*milling*), sekrup (*shaping*). Proses pemotongan logam ini biasanya dinamakan proses pemesinan, yang dilakukan dengan cara membuang bagian benda kerja yang tidak digunakan menjadi beram (*chips*) sehingga terbentuk benda kerja. Dari semua prinsip pemotongan di atas akan dibahas tentang proses pemesinan dengan menggunakan mesin perkakas. Proses pemesinan adalah proses yang paling banyak dilakukan untuk menghasilkan suatu produk jadi yang berbahan baku logam contohnya yaitu pisau. Diperkirakan sekitar 60% sampai 80% dari seluruh proses pembuatan pisau yang komplit dilakukan dengan proses pemesinan. Tujuan proses pemesinan secara umum adalah untuk menghasilkan pisau sesuai dengan ukuran, bentuk dan kekasaran permukaan yang diminta (Ekajati, 2013)

2.6 Sifat Mekanik Baja Perkakas AISI

Baja perkakas AISI D2 secara umum masuk kelompok baja perkakas dengan karbon dan chromium tinggi, disertai dengan unsur paduan lain terutama molybdenum dan vanadium maka baja perkakas dingin memiliki sifat mekanik diantaranya :

- Memiliki kekerasan yang tinggi
- Tahan terhadap aus
- Anti korosi
- Material yang tangguh

seperti gambar 3.1, dengan berbagai aspek pertimbangan ukuran panjang botol minuman adalah 230 mm, sehingga diambil pertimbangan untuk menentukan ukuran panjang pisau 250 mm sebelum dilakukan proses *machining*, setelah dilakukan berbagai tahapan proses *machining* ukuran pisau berubah menjadi 240 mm, hal ini dikarenakan ,mata pisau tersebut sudah dipotong dan dihaluskan



Gambar 3 Botol minuman aqua

3 Perancangan Mata Pisau

3.1. Menentukan Kriteria Dimensi Pisau

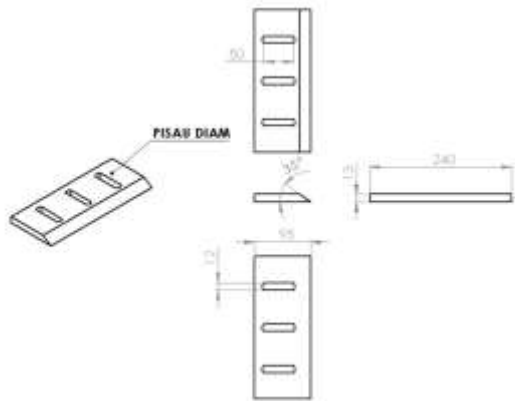
Pada tahap ini membuat gambar yaitu dengan menentukan kriteria bentuk dan dimensi ukuran pisau yang akan digunakan. Dengan ukuran sebagai berikut:

- Pisau dinamis 240 mm x 45 mm x 13mm
- Pisau statis 240 mm x 95 mm x 13mm

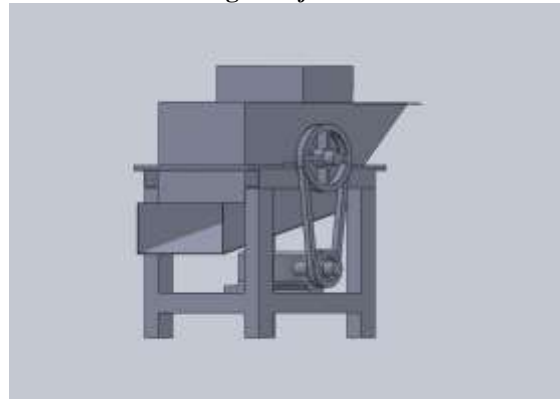
Dengan dilakukan penelitian , alasan untuk memilih kriteria dan ukuran pisau pada perancangan mata pisau adalah pisau dibuat sesuai dengan ukuran botol plastik minuman

3.2. Pemilihan Material Pisau

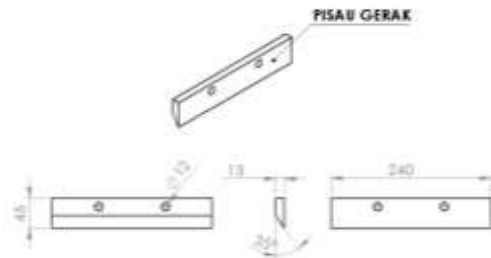
Jenis material yang digunakan untuk membuat mata pisau pencacah plastik adalah SKD 11. Baja perkakas pengerjaan dingin (*cold-work tool steel*) mengacu pada standart JIS SKD 11 atau dalam AISI dengan nama D2 merupakan baja *cold-working* kualitas atas dengan *hardenability* yang tinggi, alasan memilih material Baja Perkakas (Tool Steel) AISI D2, karena pada pemilihan material ini sudah dipertimbangkan dalam berbagai aspek mulai dari sifat mekanik nya seperti kekuatan maupun kekerasan dan ketangguhan yang dibandingkan dengan material lainya seperti S45 C, selain kekerasan dan keuletan bahan material untuk pisau yang baik, adalah material AISI D2 yang dimana material AISI D2 memiliki stabilitas dimensi, kekuatan tekan yang tinggi, dan termasuk material yang tangguh serta sifat tahan korosi dan ketahanan aus yang tinggi , maka dari itu material SKD 11 dipilih sebagai jenis material yang digunakan untuk perancangan pisau.



3.3. Desain dengan Software Solidwork



Gambar 4. Desain Mesin Pencacah Plastik



Gambar 5 . Desain Pisau Dinamis

Gambar 6. Desain Pisau Statis

4 Pembuatan Pisau Jenis *Shredder*

4.1. Proses Permesinan

4.1.1. Proses Pemotongan

Pada tahap pemotongan material, material pisau yang sudah dibeli, dipotong kembali sesuai dengan ukuran pisau yang diinginkan, dengan menggunakan gergaji band saw. Proses pemotongan pisau diawali dengan melihat desain ukuran yang ditentukan, kemudian menyiapkan seluruh alat yang dibutuhkan ketika pemotongan material pisau, kemudian mengukur material AISI D2 sesuai dengan ukuran selanjutnya langsung ke proses pemotongan material baja perkakas AISI D2 dengan tujuan untuk mendapatkan hasil potongan yang sesuai dengan kriteria desain, kemudian sisa potongan akan dibuang sebagai sampah atau disebut scrap. Tujuan dari pemotongan agar dimensi pisau sesuai dengan ukuran dimensi yang diberikan. Dalam hal mesin gergaji band saw mampu memotong pisau dalam bentuk-bentuk tidak lurus atau lengkung yang tidak beraturan. Kecepatan gergajinya bervariasi antara 18 m/menit sampai 450 m/menit agar dapat memenuhi kecepatan potong dari jenis material pisau.



Gambar 7. Gergaji potong Bandsaw

4.1.2. Proses Milling

Mesin Frais CNC (CNC milling machine) salah satu dari jenis mesin perkakas yang digunakan pada proses pembuatan pisau jenis

shredder, untuk melakukan pemotongan serta pembentukan terhadap material pisau sesuai dengan bentuk yang diinginkan dimana prinsip dasarnya ialah alat potong (*cutting tools*) berputar sedangkan pisau (*workpiece*) atau material yang dipotong diam (*tercekam*). Proses *milling* yang dilakukan pada pisau bertujuan untuk memperoleh ketebalan pisau yang diinginkan dan untuk membentuk pisau sesuai dengan kriteria desain yang sudah dibuat. Hal yang terjadi pada proses *milling* pada pisau dimana pisau dikikis dengan cara memutar benda kerja kemudian pada *cutting tools* yang digerakan dengan translasi sejajar dengan sumbu putar dari pisau, yang bertujuan agar volume material pisau sesuai dengan ukuran yang diinginkan. Sekaligus bertujuan untuk meratakan permukaan pisau yang akan digunakan.

Cara pembuatan pisau pada mesin *milling* terlebih dahulu operator membuat program CNC sesuai pisau yang akan dibuat, dengan cara pengetikan langsung pada mesin CNC maupun dibuat pada komputer dengan software pemograman CNC, program CNC tersebut lebih dikenal sebagai G-Code, seterusnya dikirim dan dieksekusi oleh prosesor pada mesin CNC untuk menghasilkan pengaturan motor servo pada mesin, untuk menggerakkan pisau yang bergerak melakukan proses permesinan, hingga menghasilkan mata pisau sesuai desain yang telah ditentukan.



Gambar 8. Mesin Milling

4.1.3. Proses Pengeboran (*Drilling*)

Pada proses pengeboran pada pisau yang dilakukan yang bertujuan untuk membuat lubang yang berukuran 12 mm dan 10 mm untuk baut sehingga pisau dan poros dapat menyatu dengan kuat ketika dipasang.



Gambar 9. Mesin Driling

4.2. Proses Quality Control



Gambar.10 Alat pengukur sudut Pisau

Pada proses pengecekan kualitas pisau, yang dilihat menggunakan calliper dan busur derajat yang bertujuan agar mengetahui dimensi ukuran pisau yang sudah dibuat sudah sesuai dengan ukuran dan desain gambar kerja yang ditentukan sebelumnya dan melihat apakah sudut ketajaman pisau yang dibuat sudah sesuai 35° dengan menggunakan busur derajat, jika sudut ketajaman pisau belum memenuhi kriteria pemotongan maka selanjutnya akan di repair kembali dengan mengulang ke proses *milling* untuk dilakukan perbaikan, namun jika ketajaman pisau sudah memenuhi kriteria yang sudah ditentukan, maka pisau akan masuk ke proses perlakuan panas (*Heattreatment*).

4.3. Proses Perlakuan Panas (*Heat Treatment*)

Pada proses perlakuan panas yang dilakukan pada pisau, terlebih dahulu untuk mengetahui berapa kekerasan yang ingin dicapai terhadap pisau, kekerasan Baja

perkakas AISI D2 yang sangat direkomendasikan terhadap pisau adalah 58-60 HRC [9]. Untuk mencapai kekerasan tersebut setelah dilihat dari referensi diatas, hal yang dilakukan untuk mencapai kekerasan tersebut dengan diawali pemanasan awal pada mata pisau dengan laju pemanasan yaitu 650°C dengan lama penahanan selama 30 menit, pada temperatur ini tegangan dalam yang berkembang akibat tidak homogenya pemanasan dipermukaan dan di bagian tengah sedikit-demi sedikit dapat dihilangkan. Setelah itu, pemanasan diatas temperatur tersebut dapat dilakukan dengan laju pemanasan yang relatif cepat. Pemanasan awal juga diperlukan jika temperatur pengerasannya tinggi, karena manahan benda kerja pada temperatur tinggi dalam waktu singkat dapat memperkecil terbentuknya terak dan dekarburasi. Benda kerja yang rumit bentuknya atau baja-baja paduan tinggi harus diberi pemanasan awal dua kali sebelum mencapai temperatur austenisasinya, kemudian dipanaskan kembali sampai temperatur pre heat 2 yaitu 850°C dengan lama penahanan 30 menit kemudian diteruskan pemanasannya sampai temperatur austenisasinya yaitu sampai temperatur 1030°C yang diikuti dengan proses pendinginan dengan media udara. Media pendingin dengan udara dipilih sebagai media pendingin karena dimensi pisau nya relatif kecil karna kalau dimensi yang besar seperti *dies* maka digunakan media pendingin seperti air dan oli karena jika dimensinya besar kehomogenan kekerasannya akan berbeda, kemudian dimensi yang besar menggunakan udara maka bagian luar material sudah keras namun bagian dalam masih cenderung lunak, sedangkan jika dimensi relatif kecil dengan menggunakan media pendingin udara maka kehomogenan kekerasan mata pisau tersebut bisa tercapai, sedangkan proses pre heat bertujuan untuk menghomogenkan panas diseluruh bagian material pisau, sehingga transformasi dapat berlangsung sempurna. Setelah proses pendinginan mencapai temperatur kamar, kemudian dilanjutkan sesegera mungkin ke proses tempering untuk menghindari terjadinya *cracking*, proses temper dilakukan sebanyak dua kali, masing-masing pada temperatur 200°C dengan lama penahanan 120 menit. Sifat mekanik yang diperoleh pada baja perkakas AISI D2 pada saat proses perlakuan panas. Struktur mikro dan sifat mekanik yang dihasilkan setelah proses perlakuan panas dipengaruhi oleh komposisi kimia pada kondisi annealed, temperatur austenisasi dan temperatur tempering. Sifat mekanik utama yang harus dihasilkan baja perkakas AISI D2 antara lain hardenability, kekerasan, ketangguhan dan ketahanan aus yang tinggi (Ibrahim, 2016)

4.4. Proses Penggerindaan

Pada proses penyelesaian permukaan pada pisau dilakukan dengan mesin gerinda datar. Pada proses ini dilakukan mengasah/menghaluskan permukaan dan sudut pisau yang telah dibuat dengan tujuan agar sudut ketajaman pisau mencapai 35°. Prinsip kerja mesin gerinda datar pada pisau batu gerinda berputar bersentuhan dengan pisau sehingga terjadi pengikisan, penajaman, pengasahan, atau penghalusan. Tujuan dari proses penggerindaan untuk mendapatkan ketajaman pisau dengan sudut yang sudah ditentukan dan membersihkan sisa-sisa gram yang menempel pada proses pemesinan yang sebelumnya dilakukan pada pisau.

4.5. Kesimpulan

Berdasarkan proses pembuatan komponen pisau pada mesin pencacah plastik jenis *shredder*, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada Tugas Akhir ini telah berhasil di rancang mata pisau jenis *shredder* dengan jumlah 3 pisau putar (dinamis) dan 2 pisau diam (statik) dengan sudut ketajaman diperoleh 35° sesuai dengan desain, ukuran kriteria pisau yang diinginkan.
2. Melalui proses Heat Treatment kekerasan pisau diperoleh sebesar 60 Hrc, nilai kekerasan diketahui dari referensi jurnal (Abdul, 2007) yang sudah melakukan tahapan proses Heat Treatment pada jenis material Baja perkakas AISI D2 dengan nilai temperatur pemanasan awal di suhu 650 °C – suhu 1080 °C, holding time selama 30 menit, proses temper sebanyak 2 kali di suhu 200 °C, dan metode pengujian kekerasan dengan metode Rockwell.
3. Pada Tugas Akhir ini telah berhasil pembuatan pisau jenis *shredder* melalui tahapan proses perencanaan perancangan mulai dari mencari studi literatur, menentukan kriteria bentuk ukuran pisau, menentukan jenis material yang baik, membuat desain dengan *software solidwork*, dan proses pembuatan pisau jenis *shredder* mulai dari Pemotongan material, *Milling*, *Drilling*, *Quality control*, proses *Heat Treatment*, dan proses penggerindaan.
4. Biaya dari proses pembuatan pisau dihasilkan sebesar Rp. 2.652.000.

4.6. Saran

Saran yang diberikan kepada pengguna dan penelitian selanjutnya sebagai berikut :

1. Sebaiknya dilakukan pengujian terhadap pisau yang sudah dibuat agar mengetahui hasil cacahan
2. Untuk peneliti selanjutnya disarankan untuk mengembangkan kapasitas mesin pencacah plastik yang sudah dibuat
3. Mampu mengaplikasikan *software* khususnya dalam pembuatan desain
4. Untuk peneliti selanjutnya sebaiknya disarankan untuk menyempurnakan mesin pencacah plastik jenis *shredder* untuk meningkatkan hasil produksi.

Referensi

1. [http://Pusat-lingkarang.com/2017/11/mesin-gerinda-datar-surface-grinding, html](http://Pusat-lingkarang.com/2017/11/mesin-gerinda-datar-surface-grinding.html). (2017, 11 9). Dipetik 7 15, 2020, dari [http://Pusat-lingkarang.com/2017/11/mesin-gerinda-datar-surface-grinding, html](http://Pusat-lingkarang.com/2017/11/mesin-gerinda-datar-surface-grinding.html): www.mesin-gerinda-datar.com
2. Abdul, A. (2007). Pengaruh Perlakuan Panas. *e-journal*.
3. Ekajati, A. L. (2013). Perencanaan Proses Permesinan. *Perencanaan Permesinan Fakultas Teknik Mesin Universitas Gunadarma*, 3.
4. Harfit, A. R. (2009). Jurusan Teknik Mesin. *Elemen Mesin I*, 1-20.
5. Harsokoesoemo. (2004). *Analisis Perancangan mesin penghancur Plastik*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
6. Ibrahim, S. (2016). *Kajian perbandingan komposisi kimia, sifat mekanik, dan ketahanan aus terhadap baja perkakas AISI D2*. Bandung: Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara ITB.
7. Latief, & Dkk. (2016). *Perancangan Poros dan mata pisau Mesin pencacah plastik*. Jakarta: Unkris (Diakses 13 September 2013).
8. Maloney. (1989). Rancang Bangun. *Mesin Pencacah Plastik*, 105-121.
9. Nofriadi, I. N., & Rusmardi. (2014). Pengembangan mesin pencacah sampah / limbah plastik dengan sistem chrusher dan silinder pemotong tipe red. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi* (hal. 12). Jakarta: Politeknik Negeri Jakarta.
10. Schey, A. (2009). *Proses Manufaktur*. Yogyakarta: Penerbit Erlangga.

