

# RANCANG BANGUN CRUSHER BOTOL PLASTIK SISTEM SENTRIPUGAL KAPASITAS 50 KG/JAM

Wardaya<sup>(1)</sup>, Asep Hadian Sasmita<sup>(2)</sup>

*Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Universitas Pendidikan Indonesia*

## ABSTRAK

Pemanfaatan limbah plastik merupakan upaya menekan jumlah sampah plastik seminimal mungkin dan dalam batas tertentu menghemat sumber daya dan mengurangi ketergantungan bahan baku impor. Pemanfaatan limbah plastik dapat dilakukan dengan pemakaian kembali (*reuse*) maupun daur ulang (*recycle*). Pemanfaatan plastik daur ulang dalam pembuatan kembali barang-barang plastik telah dikembangkan oleh industri menengah ke atas. Sementara menengah ke bawah hanya terbatas pada penyediaan sampah plastiknya, hal ini dikarenakan mahalanya harga mesin pengolah sampah plastik. Mesin *Crusher* merupakan salah satu mesin pengolah plastik, mesin yang ada sekarang berkapasitas besar antara 150-300kg/jam sehingga harganya relatif mahal bagi industri kecil. Ditambah lagi oleh harus sering digantinya komponen utama yaitu pisau *Crusher*. Penelitian ini mencoba menawarkan pemecahan masalah tersebut dengan menyuguhkan rancang bangun mesin *Crusher* kapasitas 50kg/jam dengan menggunakan bahan pisau *K460 AMUTIT S* hasil *Flame Hardening Heat Treatment*. Perlakuan panas pada pisau dengan menggunakan metoda tersebut memberikan keuntungan biaya murah dan terbukti mampu meningkatkan kekerasan dari 10 – 20 HRC ke 58 HRC dengan tingkat keberhasilan 70%. Rancang bangun mesin *Crusher* ini diharapkan dapat memberikan manfaat untuk industri kecil sektor pengolahan limbah plastik.

**Kata kunci:** limbah plastik, mesin *Crusher*, *Flame Hardening Heat Treatment*

Sampah terbagi dua jenis, yaitu organik dan anorganik. Pengelolaan sampah anorganik sering menjadi polemik di tengah-tengah masyarakat kita, terutama masyarakat yang daerahnya akan dijadikan Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah. Sampah plastik merupakan salah satu jenis sampah anorganik, yang sebenarnya bisa dimanfaatkan dengan cara didaur-ulang menjadi barang bermanfaat lainnya.

Pemanfaatan sampah plastik sekarang ini sudah mulai dilakukan, banyak industri atau perorangan yang memanfaatkan sampah plastik ini. Pengolahan sampah plastik sementara ini hanya bisa dilakukan oleh industri menengah ke atas, sementara industri kecil dan perorangan hanya terbatas pada penyediaan sampah plastiknya saja. Bagi

perorangan dikenal dengan istilah pemulung, pengepul/agen, dan bandar sampah plastik. Limbah yang sudah terkumpulkan dijual oleh bandar ke industri pengolahan. Dengan nilai keuntungan ekonomis terbalik, artinya industri mendapatkan nilai terbesar dan yang terkecil pemulung.

Agen dan bandar sebenarnya bisa meningkatkan pendapatannya jika dapat mengolah sendiri sampah tersebut, namun terkendala dengan pengadaan mesin pengolah sampah. Mesin *Crusher* merupakan salah satu jenis mesin pengolah plastik yang mengolah sampah plastik botolan menjadi cacahan/serpihan kecil untuk selanjutnya melalui proses pencucian, pengeringan dan pembuatan pelet plastik. Mesin *Crusher* yang tersedia di pasaran berkapasitas besar antara 150-300Kg/jam, kapasitas tersebut terlalu besar

untuk agen dan pengumpul. Menurut estimasi ekonomis kapasitas yang cocok untuk mereka berkisar 50Kg/jam.

Kapasitas menjadi penting karena berhubungan dengan biaya pembelian mesin dan operasional sehari-hari. Masalah lainnya yang timbul yaitu sering rusaknya pisau *Crusher* karena menggunakan bahan yang kurang tepat (memiliki kekerasan yang kurang dari *Shear Strength* plastik). Sehingga biaya operasional harus membengkak untuk penggantian pisau ini, mahalnya pisau ini dikarenakan adanya biaya proses *hardening* pada saat pembuatan pisau.

Kebutuhan adanya mesin *Crusher* dengan kapasitas berkisar 50KG/jam dengan bahan pisau yang sesuai (tidak mudah rusak) dan yang terpenting adalah dengan harga yang relatif terjangkau oleh level masyarakat pengumpul dan agen sampah plastik mutlak adanya. Dengan adanya mesin *Crusher* tersebut, mudah mudahan bisa mengatasi masalah sampah anorganik khususnya sampah plastik. Dan diharapkan juga meningkatkan pendapatan masyarakat sasaran tersebut.

Oleh karena itu, peneliti menyuguhkan rancang bangun mesin *Crusher* botol plastik sistem sentripugal kapasitas 50Kg/jam. Adapun pisaunya menggunakan bahan *K460 AMUTIT S* yang sudah diproses *Flame Hardening Heat Treatment* sehingga diharapkan dapat meningkat harga kekerasannya dari yang semula 10-20HRC menjadi 58HRC (harga kekerasan yang sesuai dengan *maximum Shear Strength* plastik).

Proses *Flame Hardening Heat Treatment* dilakukan karena memiliki kelebihan yaitu operasionalnya murah karena tidak menggunakan tungku pemanas, hanya menggunakan nyala api karburasi dari gas *acetylene*. Dengan kelebihan tersebut maka prosesnya bisa juga dilakukan oleh bengkel mesin yang ada di daerah, sehingga ketersediaan pisau *Crusher* di daerah akan terjamin.

Untuk itu, perlu dirumuskan masalahnya agar penelitian ini lebih terfokus dan menghasilkan luaran *by*

*product* yang laku dijual. Rumusan untuk penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana proses *Heat Treatment* bahan pisau untuk meningkatkan kekerasan bahan baja amutit sampai 58HRC ?
2. Bagaimana konstruksi *Crusher* botol plastik dengan kapasitas rencana 50 kg/jam yang diharapkan dapat meningkatkan pendapatan KUKM sasaran?
3. Bagaimana bentuk dan ukuran plastik cacahan yang dihasilkan oleh mesin *Crusher* botol plastik dengan kapasitas rencana 50 kg/jam?

### ***Jenis Plastik yang Bisa Didaur-ulang***

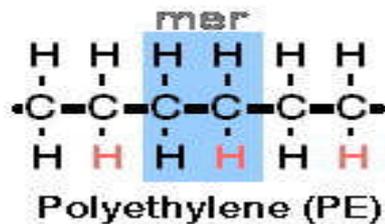
Plastik berasal dari kata *plasticus* (dalam bahasa latin yang berarti ; mampu dibentuk) dan *plastikos* (dalam bahasa Yunani yang berarti; “untuk membentuk” atau “sesuai untuk membentuk”). Plastik memiliki keanekaragaman variasi yang berguna dan relatif murah untuk diproduksi. Plastik mempunyai masa jenis yang lebih kecil daripada logam, jadi plastik lebih ringan. Kebanyakan plastik memiliki massa jenis  $0.9 - 2.2 \text{ g/cm}^3$  ( $0.45 - 1.5 \text{ oz/cu in}$ ), dibandingkan dengan massa jenis logam  $7.85 \text{ g/cm}^3$  ( $5.29 \text{ oz/cu in}$ ). plastik dapat diperkuat dengan kaca dan serat lain menjadi material yang sangat kuat. Sebagai contoh, nilon diperkuat kembali oleh kaca dan memiliki kekuatan tarik hingga 165 MPa (24,000 psi).

Semua jenis plastik, dapat dikategorikan menjadi 2 jenis; *thermoplastic* dan *thermosetting* plastik. Hal ini dilihat dari perbedaan cara merespon ketika plastik mendapatkan panas. *Thermoplastic* dapat dilelehkan kembali dengan pemanasan dan pengerasan dengan pendinginan. *Thermosetting* plastik, sebaliknya dikeraskan secara permanen setelah pemanasan satu kali. Untuk bahan dari limbah dipakai plastik *thermoplastic* diantaranya:

1. *Polysterene* adalah bahan *thermoplastic* yang khusus diciptakan untuk cetak injeksi dan ekstrusi. Ciri-ciri khasnya ialah berat jenis yang

rendah (1,07), daya tahan terhadap air dan zat kimia, stabilitas dimensi, dan kemampuan isolasi. *Polysterene* merupakan bahan pengganti karet yang baik untuk isolasi listrik. Resin stiren dapat dicetak menjadi kotak baterai, piring, bagian dari radio, roda gigi, pola untuk pengecoran, kotak es, kemasan, gelas dan ubin tembok. Bahan ini dapat dicetak injeksi, diekstrusi atau dibentuk dalam cetakan.

- Polyethylene* memiliki fleksibilitas pada suhu ruang dan suhu rendah, kedap air, tahan terhadap zat kimia, dapat disambung dengan dipanaskan (dipatri) dan dapat herwarna-warni. *Polyethylene* yang mempunyai berat jenis antara 0,91 - 0,96 terapung di atas air. Harganya murah dan karena kedap air baik sekali untuk bahan pengemasan dan botol tekan. Produk dari *polyethylene* mencakup, cetakan es, baki, pencuci film, kain, lembaran pembungkus, botol susu bayi, selang air, kabel koaksial, dan bahan isolasi untuk frekuensi tinggi. Produk *polyethylene* dibuat dengan cars cetak-injeksi, cetsk tiup atau ekstrusi lembaran, film clan filamen tunggal.

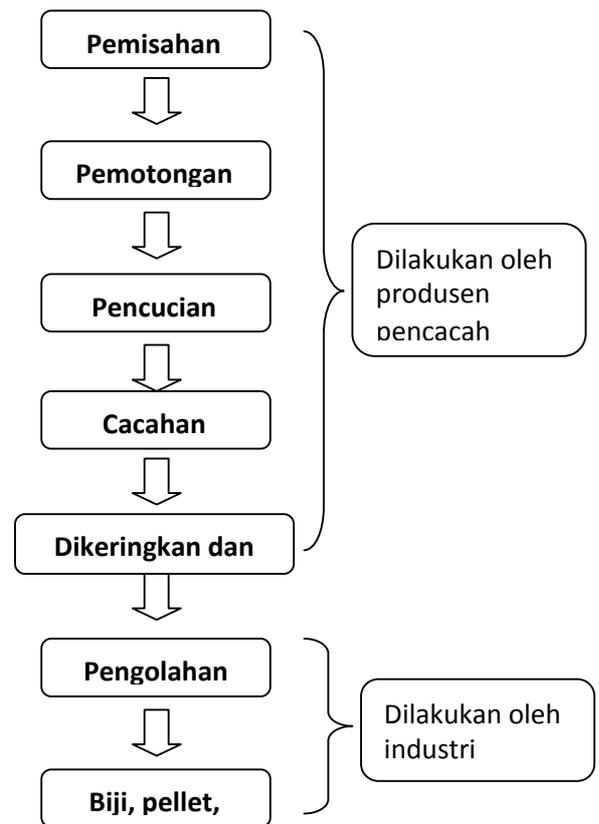


**Gambar 1.** Struktur kimia PE

Sumber : Calliter, William D (1997:162)

- Polypropylene* dapat dibentuk dengan berbagai teknik *termoplastic*. Bahan ini memiliki sifat-sifat listrik yang baik, nilai impak dan kekuatan yang tinggi, dan sangat tahan terhadap suhu clan bahan-bahan kimia. Filamen tunggal polipropilen dianyam menjadi tali/tambang, jala, clan tekstil. Contoh produk lain ialah : alat-peralatan untuk rumah sakit dan laboratorium, mainan anak-anak, koper, perabot, lembaran untuk pengemasan makanan, kotak televisi clan isolasi listrik

Jenis-jenis plastik tersebut di atas diolah melalui alur sebagai berikut:



**Gambar 2.** Alur Pengolahan Plastik

### **Bahan Pisau Crusher (K460 AMUTIT S)**

*Amutit S* merupakan baja paduan , termasuk kelompok *Cold work Tool Steel*, yang diproduksi oleh perusahaan Bohler Jerman. Komposisi kimia yang terkandung di dalam *Amutit S* sbb:

- Carbon (C) : 0,85%
- Silicon (Si) : 0,25 %
- Manggan (Mn) : 1,10 %
- Chrom ( Cr) : 0,55 %
- Vanadium (V) : 0,10%
- Wolfram (W) : 0,55%

Standar bahan yang sesuai dengan bahan *Amutit S* sbb:

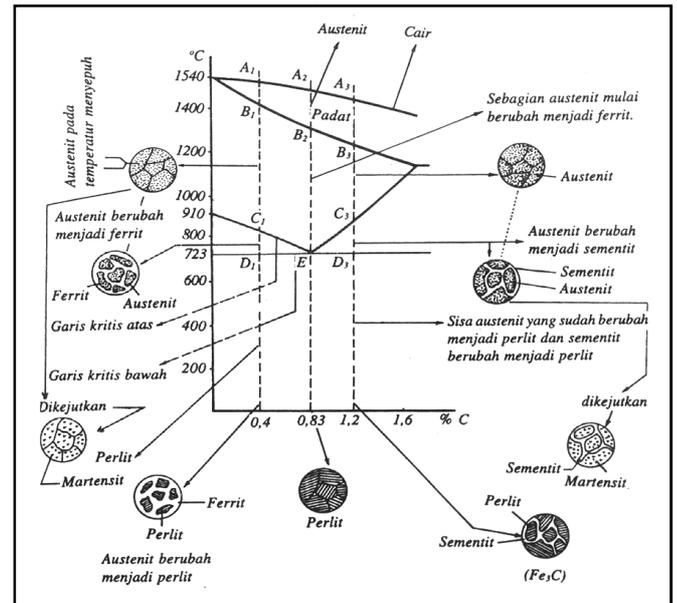
- DIN : 1.2510  
100MnCrW4
- AISI : 01
- BS : BO1
- JIS : SKS 3

*Amutit* mempunyai sifat mampu mesin yang baik sehingga banyak dipilih sebagai bahan untuk Tools. Setelah melalui proses pengerasan mampu mencapai 65 HRC, dengan variasi temperatur temper rendah, sedang dan tinggi. Pemilihan temperatur *tempering* disesuaikan dengan kekerasan akhir yang dibutuhkan; makin tinggi temperatur tempering akan menyebabkan semakin turun kekerasan akhir yang dihasilkan. Kekerasan akhir dipertimbangkan berdasarkan pemakaian dan kondisi pembebanan. Tabel 1 menunjukkan proses *Heat Treatment AMUTIT*.

### Flame Hardening Heat Treatment

*Heat treatment* adalah proses perlakuan panas terhadap logam untuk

kamar



Gambar 3. Diagram Fe-C

Tabel 1. Proses Heat Treatment AMUTIT

Heat Treatment	Temperatur C	Quenchant	Hardness	Application
Annealing	710 – 750	Oil	63 – 65 HRC	Cutting Tools, Blanking and Punching tools, Thread cutting tools, woodworking tools, metal working tools, paper, plastic tools, plastic mould
Stress relieving	- 650	Salt bath (200-250C)		
Hardening	780 - 820			
Tempering	100 200 300 400	Air	64 HRC 62 HRC 58 HRC 52 HRC	

memperbaiki sifat-sifat mekanik sesuai kebutuhan. Perlakuan panas adalah proses pemanasan bahan hingga suhu tertentu kemudian didinginkan dengan cara tertentu pula. Pengolahan panas yang terpenting untuk pengerasan baja tanpa campuran, baja tuang, baja paduan, dan besi tuang adalah pengerasan penuh serta pengerasan permukaan. Perlakuan panas tersebut meliputi memijar (*annealing*), menyepuh keras atau pencelupan (*quenching*), tempering, memuliakan, mengkarbonkan, dan menitrasi.

Dengan memperhatikan diagram Fe-C (Gambar 2.5) berikut ini kita dapat melihat apa yang terjadi pada baja, saat pemadatan dan pendinginan pada suhu

Pengerasan memakai nyala api merupakan cara pengerasan yang paling sederhana dan sekaligus paling sulit. Proses ini dapat dilaksanakan hanya memakai nyala api las asitelin yang di atur pada nyala karburasi, atau nyala api lainnya, kontrol temperatur dilihat dari spectrum warna yang muncul dari logam (baja) pada saat dipanaskan, tiap perubahan temperatur akan menampilkan spectrum warna berbeda. Pengamatan terhadap perubahan spectrum warna yang terjadi memerlukan kecermatan dan pengalaman, kesulitan melihat spectrum warna inilah yang seringkali menyebabkan kegagalan proses *Flame Hardening*.

Proses : Logam (baja) dipanaskan sampai temperatur *austenit* (warna merah ceri/merah terang),kemudian segera didinginkan kejut pada media pendingin yang sesuai, selanjutnya diteruskan proses temper warna (*tempering* dengan kontrol panas dari spectrum warna logam yang dipanaskan). Tabel berikut meperlihatkan hubungan temperatur dengan spectrum warna yang muncul pada saat baja dipanaskan.

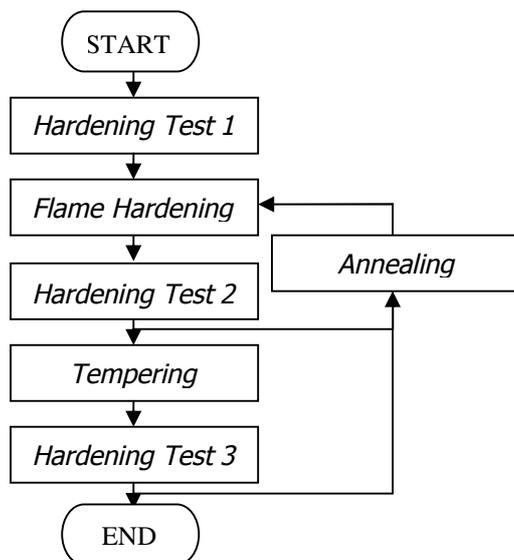
**Tabel 2. Spektrum Tempering**

WARNA	TEMP °C
kuning muda/ kuning tua	220/230
Kuning oranye/ kuning kecoklatan	240/250
Coklat kemerahan/ merah tua	260/270
Jingga/	280/
Biru Tua	290
<b>Biru muda</b>	<b>310</b>
Abu-Abu muda	330

**Tabel 3. Spektrum Hardening**

WARNA	TEMP °C
Coklat tua/ coklat muda	520-580/ 580-650
Oranye/merah kekuningan	830-880/880-1050
Merah terang	780-800
<b>Merah Muda</b>	<b>800- 830</b>
Oranye/merah kekuningan	830-880/880-1050
Kuning tua/kuning muda	1050-1150/1150-1250
Putih	1250-1320

Adapun alur proses *flame hardening heat treatment* adalah:



**Gambar 4. Alur Flame Hardening**

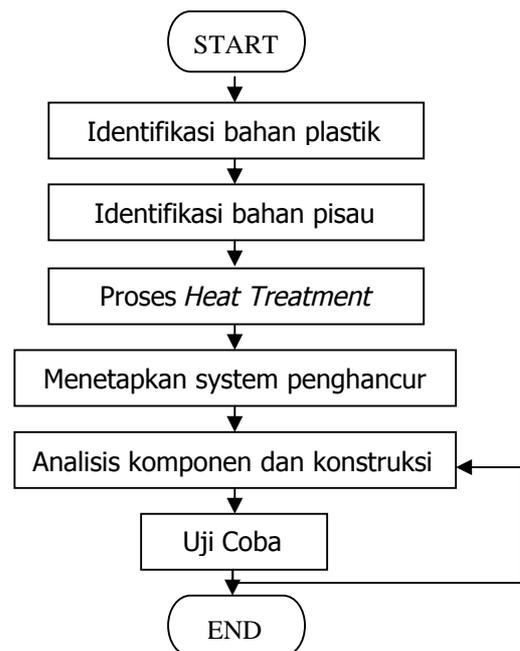
## Metoda Rancang Bangun

Data yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi data karakteristik limbah botol plastik dan dan macam-macam cara pengolahannya. Serta data karakteristik bahan pemotong dan system pemotongannya. Data yang diperlukan dalam penelitian ini diperoleh melalui studi literatur untuk mendapatkan karakteristik bahan logam dan studi dokumentasi untuk mengumpulkan data plastik.

Data yang telah terkumpul akan dianalisa untuk menghasilkan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi karakteristik bahan plastic.
2. Mengidentifikasi karakteristik bahan pisau.
3. Menentukan proses *heat treatment*.
4. Merancang mesin *crusher* melalui analisa kekuatasn komponen mesin dan konstruksi
5. Menganalisa ulang hasil uji coba untuk penyempurnaan

Langkah tersebut digambarkan oleh flowchart di bawah ini:



**Gambar 5. Alur Rancang Bangun**

## Hasil dan Pembahasan

Proses *Flame Hardening Heat Treatment* yang dilakukan dari 10 specimen uji didapatkan:

**Tabel 4. Hasil Uji Specimen**

NO	SPECIMEN	FLAME HARDENING	TEMPERING	KET
1	A	63HRc	59HRc	berhasil
2	B	64	58	berhasil
3	C	62	58	berhasil
4	D	64	49	gagal
5	E	57	48	gagal
6	F	62	58	Gagal bengkok
7	G	65	58	Berhasil
8	H	63	59	Berhasil
9	I	48	36	Gagal
10	J	63	59	Berhasil

Tiga buah benda uji yang gagal karena kekerasannya tidak tercapai, masih dapat diperbaiki melalui proses *heat treatment* ulang, dengan diawali proses *Annealing*, kemudian *Flame hardening*, setelah proses ini dilaksanakan, maka ketiga benda uji tersebut dapat mencapai kekerasan yang diharapkan.

Satu benda uji yang gagal karena *deformasi* (bengkok) sulit diperbaiki, kegagalan ini disebabkan beberapa hal antara lain: (1) pemanasan benda uji yang tidak merata, (2) pada saat pendinginan benda kerja tidak terendam seluruhnya (3) Benda uji miring pada saat masuk ke cairan pendingin. Untuk menghindari kegagalan tersebut maka pemanasan harus merata, pada saat pendinginan benda kerja terendam seluruhnya dan pada saat masuk ke cairan pendingin tidak miring.

Kegagalan terhadap kekerasan yang tidak tercapai disebabkan saat *flame hardening*, ada dua kemungkinan penyebabnya, (1) Temperatur pemanasan yang belum tercapai, dikarenakan kesulitan melihat warna logam yang muncul (merah terang), sehingga struktur logam belum *austenit* atau (2) Proses pendinginan yang lambat sehingga struktur *martensit* tidak terbentuk, pendinginan lambat dikarenakan jumlah media pendingin kekurangan sehingga menyebabkan temperatur media pendingin naik (ikut panas). Untuk

mengatasinya jumlah media pendingin ditambah sehingga teperturnya tetap terjaga pada temperatur kamar atau ada proses pendinginan terhadap media pendingin tersebut.

Kegagalan yang disebabkan *tempering*, penyebab utamanya temperatur pemanasan terlalu tinggi dari yang seharusnya dikarenakan kesulitan melihat warna biru yang muncul sesaat, untuk mengatasinya benda kerja harus dibersihkan dari sisa jelaga sampai warna logam dasar (putih) dan benda kerja dikerjakan halus, sehingga pembiasan warna terhindar. Dari hasil di atas jika dipersentasekan maka, tingkat keberhasilan mencapai kekerasan 58HRC adalah 70%.

Spesifikasi mesin *Crusher* hasil perancangan adalah sebagai berikut:

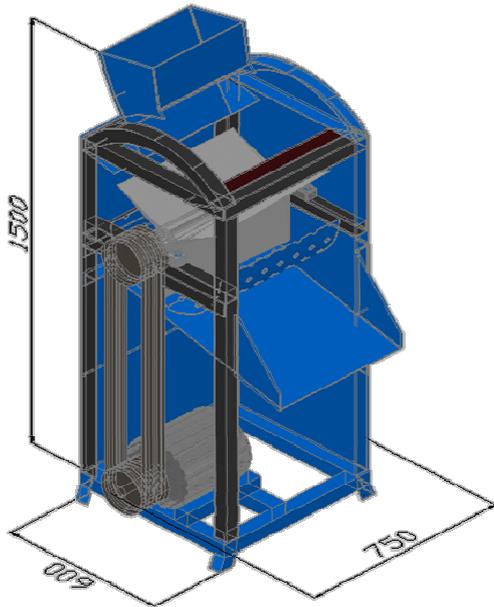
**Tabel 5. Hasil Analisa Mesin Crusher**

No	Data	Nilai
1	Jenis Motor	90S04
2	Daya <i>output</i> motor ( <i>N</i> )	1,1 kW atau 1,5 HP
3	Putaran motor ( <i>n</i> )	1500 rpm
4	Effisiensi ( $\eta$ )	77%
5	Jenis Sabuk V	Tipe B
6	Perbandingan Reduksi ( <i>i</i> )	2.5
7	Bahan Poros	S45C
8	Bahan Pasak	S30C
9	Nomor Bantalan	6206ZZ
10	Bahan pisau	K460 AMUTIT S



**Gambar 6. Pisau Crusher**

Sedangkan mesin hasil rancangan adalah sebagai berikut:



**Gambar 7.** Mesin Crusher

Ukuran cacahan plastik output mesin *crusher* ini adalah 4 Mesh atau  $\text{\O}10\text{mm}$ . Ukuran ini didapatkan dari pemasangan saringan dengan dia. lubang  $\text{\O}10\text{mm}$ . adapun bentuk dari cacahan tidak seragam berkisar antara  $\text{\O}6\text{mm}$  -  $\text{\O}10\text{mm}$ .



**Gambar 6.** Hasil Cacahan

### **Kesimpulan**

1. Flame hardening adalah proses pengerasan baja dengan memakai nyala api asitelin dan diikuti *temper*. Cara ini paling sederhana tetapi paling sulit dikarenakan kontrol temperatur mengandalkan tampilan spektrum warna logam yang dipanaskan, disertai perubahan warna yang cepat. Dari hasil percobaan diperoleh tingkat keberhasilan mencapai kekerasan minimum 58HRC adalah 70%.

2. Mesin yang dihasilkan sesuai dengan perancangan mampu menghasilkan lebih dari 50 kg/jam cacahan plastic. Dengan biaya Rp. 10.000.000,-. Menggunakan motor berdaya 1,1 KW dengan rpm 1500 rpm. Efisiensi yang terjadi ( $\eta$ )= 77 %.
3. Output plastik yang dihasilkan dari mesin *crusher* ini adalah serpihan dengan bentuk yang tidak seragam dengan ukuran 4 Mesh atau  $\text{\O}10\text{mm}$ .

### **Temuan dan Saran**

Untuk meningkatkan tingkat keberhasilan proses *Flame Hardening* dapat dilakukan hal-hal sebagai berikut:

- a) Pemanasan pada benda kerja harus merata, untuk memudahkan gunakan pembakar yang menghasilkan nyala api besar dan menyebar, dengan demikian akan terhindar dari gagal karena *deformasi* (bengkok).
- b) Pakai media pendingin dalam jumlah yang mencukupi sekurangnya 40 liter, dengan demikian mampu mendinginkan dengan cepat dan akan menghasilkan Struktur *Martensit* dengan kekerasan yang diharapkan.
- c) Benda kerja harus dibersihkan dengan baik sampai warna putih logam, sehingga spectrum warna yang muncul saat pemanasan dapat terlihat dengan jelas, dengan demikian temperatur pemanasan dapat dicapai dengan tepat.

Adapun beberapa hal yang perlu diperhatikan berkaitan dengan mesin *Crusher* diantaranya:

- a. Dalam pembuatan mesin, hendaknya mencari bahan dan

- komponen yang lebih murah dengan kualitas yang sama.
- b. Bagi pengguna mesin, secara berkala melakukan pembersihan terutama pada bagian dalam mesin.
  - c. Plastik yang telah diolah menjadi serpihan-serpihan kecil akan menambah daya jual yang cukup tinggi, dan mesin ini cocok untuk usaha industri kecil/rumahan.
  - d. Untuk mendapatkan hasil yang lebih besar ataupun kecil dapat dilakukan dengan mengatur jarak celah antar pisau diam dengan pisau putar.

Singer, FL. (1985). *Kekuatan Bahan*. Jakarta: Erlangga.

Sularso, dan Suga, K. (1997). *Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: Pradnya Paramita.

Syahfitrie, C. 2001. *Analisis Aspek Sosial Ekonomi Pemanfaatan Limbah Plastik*. [Thesis] Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor (tidak dipublikasikan)

..... (1980), *Westerman Table*, Singapura: Jhon Willey Ltd.

### **Daftar Pustaka**

Bohler (2004), *Material Spesification*, Bandung:Bohlindo Baja

Djaprie, Sriati. (1992). *Ilmu dan Teknologi Bahan*. Jakarta : Erlangga

Hartono ACK. 1998. *Daur Ulang Limbah Plastik dalam Pancaroba : Diplomasi Ekonomi dan Pendidikan*. Dana Mitra Lingkungan. Jakarta

Kent (1980), *Hand Book of Material*, London : Jhon Willey Ltd

Khurmi. (1982). *Element Machine*. New Delhi: Charch

Sasse HR, Lehmkamper O, Kwasny-Echterhagen R. 1995. *Polymer granulates for masonry mortars and outdoor plaster*. Di dalam: Ohama Y, editor. *Disposal and Recycling of Organic and Polymeric Construction Materials*. Proceeding of the International RILEM Workshop. Tokyo: 26-28 Maret 1995. Chapman & Hall. hlm 75-85.

Sato, T. (1994). *Menggambar Mesin Menurut Standar Iso*. Jakarta: Pradnya Paramita.