

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Terdahulu

Berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan, diketahui bahwa telah terdapat beberapa penelitian sebelumnya mengenai perancangan dan pembuatan mesin pencacah limbah plastik. Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya digunakan sebagai landasan teori dalam perancangan dan pembuatan mesin pencacah dalam penelitian ini. Adapun penelitian terdahulu tersebut yaitu sebagai berikut.

Pertama, Muhammad, dkk (2013) penelitian di lakukan mengenai Peningkatan Kualitas Mata Pisau Baja Mesin *Crusher* Plastik Dengan Proses *Heat Treatment* Melalui Baja Fasa Ganda. Tujuan penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan metode peningkatan kekerasan pada baja karbon tinggi yang merupakan salah satu bahan dari *cutting tool* untuk bahan pisau dari mesin *crusher* plastik melalui baja fasa ganda dengan parameter utama temperatur pemanasan dan waktu penahanan yang tepat. Metodologi penelitian yang digunakan dengan *eksperimen* skala laboratorium, maka pada langkah proses pembuatan baja fasa ganda dibuat spesimen untuk temperatur pemanasan 725°C dengan variasi waktu penahanan 10, 20, dan 30 menit dilakukan *quenching* dengan media pendingin air. Selanjutnya setiap spesimen di *tempering* pada temperatur 200°C waktu penahanan 20 menit untuk mengurangi tegangan dalam dan menaikkan keuletannya. Hasil penelitian ini menunjukkan peningkatan kekerasan disertai peningkatan tegangan tarik, tegangan tarik meningkat sebesar dari 106.1 Kg/mm<sup>2</sup> sampai 131.0 Kg/mm<sup>2</sup> dan kekerasan dari 307.77 HV menjadi 379.94 HV dengan proses *heat treatment* 725°C dengan waktu selama 20 menit. Untuk penahanan waktu selama 10 dan 30 menit adalah (316,47),(346,35) HV. Hasil ini menunjukkan bahwa metode ini dapat digunakan sebagai alternatif untuk meningkatkan sifat mekanik baja karbon tinggi.

Kedua, Zainal Mustofa (2016) penelitian yang di lakukan mengenai Analisa Pengaruh Pendingin Terhadap Kekerasan Bahan Aisi 1045 Pada Proses *Heat Treatment*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui Perbedaan perubahan

kekerasan bahan AISI 1045 setelah diberikan perlakuan panas dengan media pendingin (*quenching*) air, minyak goreng, oli SAE 20W yang digunakan kombinasi variasi waktu tahan dengan 5, 10 dan 15 menit lama pendinginan. Menentukan hasil terbaik pengaruh media pendingin pada proses perlakuan panas (*heat treatment*) menggunakan temperatur 900°C dengan waktu tahan (*holding time*) 60 menit untuk mengetahui peningkatan kekerasan optimum baja AISI 1045. Pengujian kekerasan *micro Vickers* dan metode penelitian pengolahan data menggunakan metode *Taguchi* yang dibantu dengan *software Minitab 16*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses *heat treatment* dapat meningkatkan nilai kekerasan baja AISI 1045. Nilai kekerasan material sebelum diproses *heat treatment* sebesar 176,2 VHN. Peningkatan nilai kekerasan terendah pada *quenching* oli SAE 20W dengan waktu tahan 5,10,15 menit mendapatkan hasil nilai kekerasan (191,8),(183,5),(191,5) VHN dan pengaruh *quenching* dengan nilai kekerasan yang paling baik adalah media pendingin air dengan waktu tahan 5,10,15 menit dengan hasil nilai kekerasan yaitu (557,1),(302,8),(583,8) VHN. Untuk minyak goreng dengan waktu tahan 5,10,15 menit mendapatkan hasil nilai kekerasan (186,6),(185,9),(206,0) VHN.

Ketiga, Ibrahim, dkk (2021) penelitian yang di lakukan mengenai Pembuatan Mata Pisau Mesin Pencacah Sampah Plastik dengan Material AISI D2 yang Dikeraskan, dalam penelitian di lakukan *heat treatment hardening* pada mata pisau. Dimensi pisau dirancang dengan ukuran 13 mm x 95 mm x 240 mm untuk pisau statis dan 13 mm x 45 mm x 240 mm untuk pisau dinamis serta sudut mata pisau sebesar 35°. Parameter proses perlakuan panas AISI d2. Jenis tungku *Muffler Furnance*, Laju pemanasan 5°C permenit, Temperatur *Pre-heat*(1) 650°C lama penahanan 30 menit, Temperatur *Pre-heat*(2) 850°C lama penahanan 30 menit, Temperatur Austenisasi 1030°C lama penahanan 30 menit, *Quenching* media udara, Temperatur *tempering* 1 dan 2 adalah 120°C dengan waktu penahanan 120 menit. Pengujian kekerasan *micro vickers* dengan ASTM E384,2007. Pengujian di lakukan sebanyak 7 titik pada sepanjang mata pisau dengan jarak 1 mm. Nilai kekerasan sebelum di lakukan *heat treatment* sebesar 296 HV. Nilai kekerasan setelah proses *heat treatment* sebesar 710 HV.

Keempat, Ekajati, dkk (2016) penelitian yang dilakukan mengenai Perancangan Poros dan Mata Pisau Mesin Pencacah Plastik dengan proses pencacahan sampah plastik dilakukan dengan mesin pencacah tipe *Crusher*. sebuah mesin pencacah plastik yang dapat dioperasikan dengan mudah, aman dan praktis serta hasil cacahan yaitu ukuran lebar 1 cm dengan kapasitas mesin 50 kg/jam. Material mata pisau yang digunakan adalah baja perkakas JIS SKD 11 dengan  $\tau_y = 589,38$  MPa, dengan jumlah mata pisau 5 buah, 3 dinamik dan 2 statik. Dimensi mata pisau 180 mm x 50 mm x 10 mm. Sebagai dukungan, digunakan poros dengan diameter 30 mm, panjang poros 450 mm, dan material poros S30C ( $\tau = 48$  kg/mm<sup>2</sup>). sudut ideal mata pisau yaitu 35° - 45° dengan sudut mata potong 10°, dipilih sudut 35° untuk mencacah plastik jenis *Polyethylene* karena semakin kecil sudut mata pisau maka pisau tersebut akan tajam, sehingga gaya yang digunakan untuk memotong plastik akan semakin kecil.

Kelima, Azhari dan Maulana (2018). Penelitian yang dilakukan mengenai Perancangan Mesin Pencacah Plastik Tipe *Crusher* Kapasitas 50 kg/jam. Dalam perancangan mesin pencacah plastik tipe *crusher* ini dilakukan perancangan yang berupa gambar desain, perhitungan dan pemilihan bahan komponen-komponen mesin pencacah antara lain: daya, mata pisau, poros, bantalan, pasak, transmisi sabuk-v dan puli. Mesin pencacah plastik ini memiliki dimensi 400 x 300 x 1100 mm dengan konstruksi yang sederhana, mudah dioperasikan. Proses pencacahan plastik ini menggunakan sebuah poros dan silinder pisau sebagai dukungan pisau pencacah dengan 6 buah mata pisau, 4 pisau dinamis dan dua pisau statis. Penggerak utama mesin pencacah plastik menggunakan motor listrik sebesar 1 hp dengan putaran motor 1400 rpm dan putaran poros pisau pencacah 260 rpm.

Keenam, Aryani, dkk (2019) Penelitian yang dilakukan mengenai Desain Mesin Penghancur Plastik. Jenis sampah plastik untuk pencacah adalah LDPE, HDPE, PP, PS Berdasarkan desain mesin pencacah plastik dapat menghasilkan serpihan kecil dengan dimensi panjang sekitar 10 mm dan lebar 1 mm. Mesin penghancur plastik terdiri dari mata pisau atau pemotong, elemen transmisi berbentuk roda gigi taji, motor listrik, dan badan mesin. Jenis sampah plastik untuk pencacah adalah LDPE, HDPE, PP, PS Berdasarkan desain mesin pencacah plastik dapat menghasilkan serpihan kecil dengan

dimensi panjang sekitar 10 mm dan lebar 1 mm. Mesin penghancur plastik terdiri dari mata pisau atau pemotong, elemen transmisi berbentuk roda gigi taji, motor listrik, dan badan mesin. Jenis sampah plastik untuk pencacah adalah LDPE, HDPE, PP, PS. Berdasarkan desain mesin pencacah plastik dapat menghasilkan serpihan kecil dengan dimensi panjang sekitar 10 mm dan lebar 1 mm.

Ketujuh, Fazriannor, dkk (2020) Penelitian yang dilakukan mengenai Perancangan Mesin Pencacah Plastik Dengan Kapasitas 10 kg/jam. Berdasarkan hasil rancangan mesin pencacah plastik, pengujian dan analisis data yang telah di dibuat, maka dapat di simpulkan berhasil mencacah plastik Tipe LDPE dengan waktu 211,6 detik mendapatkan jumlah kapasitas sebesar 14,24 kg/jam, sedangkan Tipe PET dengan waktu 304,8 detik mendapatkan jumlah kapasitas sebesar 11,83 kg/jam, Maka dapat jumlah rata – rata kapasitas yang didapatkan berdasarkan hasil pengujian semua tipe plastik sebesar 14,52 kg/jam.

Kedelapan, Aniekan. Dkk (2017) Penelitian yang dilakukan mengenai Desain Mesin Penghancur Botol PET Bekas untuk Aplikasi Industri Skala Kecil. Oleh karena itu material tidak akan berubah bentuk atau gagal di bawah gaya yang sama dengan atau di bawah nilai kekuatan luluh material. Pengujian yang dilakukan pada desain akhir mesin menunjukkan efisiensi sebesar 82,2% yang hanya 6% lebih rendah dari efisiensi yang sudah ada.

Kesembilan, Wijoyo, dkk (2012) melakukan penelitian mengenai Rekayasa Mesin Pencacah Limbah Botol Plastik Untuk Kalangan Pengepul Sampah di Surakarta. Rekayasa alat ini dimulai dengan melakukan survei terhadap pengepul sampah untuk mengetahui jumlah pasokan dari pemulung, jumlah rata-rata cacahan yang dapat dihasilkan dengan cara manual yang tidak sama dan tidak teratur. Hasil rekayasa mesin pencacah dengan kapasitas 30 kg botol plastik/jam mampu mengatasi permasalahan yang dihadapi pengepul sampah yang tiap harinya rata-rata mendapatkan pasokan 200-300 kg botol plastik dari pemulung.

Kesepuluh, Selan, dkk (2021) melakukan penelitian mengenai Perancangan Alat Pencacah Sampah Plastik Sebagai Bahan Baku Aspal. Dalam penelitian ini dilakukan perancangan alat pencacah plastik menggunakan metode VDI sebagai salah satu

alternatif penyelesaian permasalahan dan pengoptimalan penggunaan material, teknologi, dan keadaan ekonomi. Hasil dari penelitian ini yaitu didapatkan mesin pencacah sampah plastik yang dirancang khusus untuk memotong bahan plastik berjenis *Polyethylene* (PE). Pengerak utama mesin pencacah sampah plastik ini menggunakan motor listrik berkapasitas 750 watt dengan putaran 2800 r / pm dan sistem transmisi menggunakan sabuk *V belt*.

Adapun kesamaan penelitian ini dengan penelitian-penelitian terdahulu seperti yang di atas adalah terletak pada media pendingin air (*Quenching*), alat uji kekerasan (*Vickers*) dan temperatur 700°C, 750°C dan 800°C waktu lama pendinginan 10 dan 15 menit. Sedangkan untuk perbedaannya adalah penelitian ini menggunakan material Baja JIS SUP 9 dengan dimensi sampel uji 50 mm x 50 mm x 6,7 mm dan dimensi mata pisau 260 mm x 55 mm x 6,7 mm.

## **2.2 Heat Treatment**

Proses perlakuan panas (*Heat Treatment*) adalah suatu proses mengubah sifat logam dengan cara mengubah struktur mikro melalui proses pemanasan dan pengaturan kecepatan pendinginan atau tanpa merubah komposisi kimia logam yang bersangkutan. Tujuan proses perlakuan panas untuk menghasilkan sifat-sifat logam yang diinginkan. Perubahan sifat logam akibat proses perlakuan panas dapat mencakup keseluruhan bagian dari logam atau sebagian dari logam (Mustofa, 2016).

Tujuan dari proses *heat treatment* adalah:

- Mempersiapkan material untuk pengolahan berikutnya
- Mempermudah proses *machining*
- Mengurangi kebutuhan daya pembentukan dan kebutuhan energi
- Memperbaiki keuletan dan kekuatan material
- Mengeraskan baja sehingga tahan aus dan kemampuan memotong meningkat
- Menghilangkan tegangan dalam
- Memperbesar atau memperkecil ukuran butiran agar seragam
- Menghasilkan permukaan yang keras di sekeliling inti yang ulet

Kekerasan yang di peroleh tergantung pada kadar karbon baja yang di proses *heat treatment* merupakan proses perubahan sifat terutama baja melalui perubahan struktur mikro dengan cara pemanasan dan pengaturan laju pendinginan.

proses *heat treatment* yang di lakukan:

a. *Hardening*

*Hardening* adalah perlakuan panas terhadap logam dengan sasaran meningkatkan kekerasan alami logam dengan suhu 850°C tertinggi. Perlakuan panas menuntut pemanasan benda kerja menuju suhu pengerasan, jangka waktu penghentian yang memandai pada suhu pengerasan dan pendinginan berikutnya secara cepat dengan kecepatan pendinginan kritis dengan menggunakan oli dan air.

Proses pengerasan bertujuan untuk menambahkan kekerasan, kekuatan dan memperbaiki ketahanan baja dalam pemakaiannya. Pengerasan dicapai dengan memanaskan baja hingga mencapai temperatur di atas temperatur pengerasan kemudian didinginkan pada media pendingin air. Cara pemanasannya bertahap dan pada setiap penambahan temperatur ditahan selama beberapa menit sesuai dengan ukuran sampel, apabila ukuran sampel berbeda maka dalam melakukan pemanasannya untuk sampel yang berukuran kecil diberi matras dengan ukuran sama dengan sampel yang besar sehingga kedua sampel tersebut dapat mencapai temperatur di atas temperatur pengerasan (temperatur kritis) secara bersamaan. Penahanan temperatur tersebut bertujuan supaya panas dapat merata ke seluruh benda kerja, karena benda kerja yang bentuknya tidak teratur, maka benda tersebut harus dipanaskan perlahan-lahan agar tidak mengalami distorsi ataupun retak semakin besar potongan benda, semakin lama waktu yang diperlukan untuk memperoleh hasil yang merata.

b.  *Holding time*

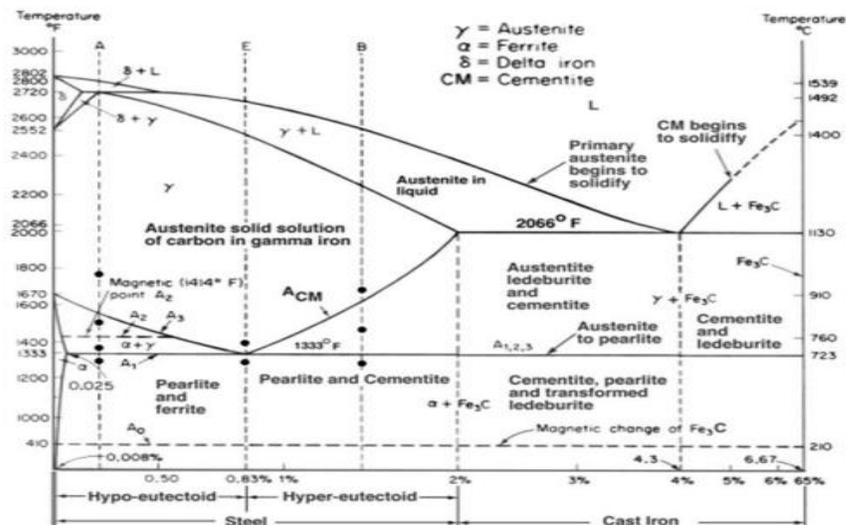
Mempertahankan temperatur pada waktu tertentu sehingga temperaturnya merata dan perubahan struktur merata agar mendapatkan kekerasan maksimum dari suatu bahan pada proses *hardening*. menahan pada temperatur pengerasan untuk memperoleh pemanasan yang homogen sehingga struktur *austenit* nya homogen atau terjadi kelarutan karbida ke dalam *austenite*, di fusikarbon dan unsur paduannya.

*Holding Time* untuk berbagai jenis baja secara umum: (Karmin, 2009)

- Baja konstruksi (baja karbon dan baja paduan rendah yang mengandung karbida yang mudah larut), di perlukan  *Holding Time*  5-15 menit.
- Baja konstruksi (baja paduan menengah atau baja sedang), diperlukan  *Holding Time*  15-25 menit.
- *Low alloy tool steel* , memerlukan  *Holding Time*  10-30 menit agar kekerasan yang diinginkan dapat tercapai. Dianjurkan menggunakan 0,5 menit permillimeter tebal benda alat.
- *High alloy chrome steel*  membutuhkan  *holding time*  yang paling panjang diantara semua baja perkakas dan juga tergantung pada temperatur pemanasan. Biasanya dianjurkan menggunakan 0.5 menit permilimeter tebal benda dengan minimum 10 menit dan maksimal 1 jam.

### c. *Quenching*

*Quenching*  adalah proses pendinginan yang dilakukan secara cepat pada paduan setelah mengalami perlakuan panas. Proses ini bertujuan untuk mempertahankan kondisi larutan padat yang telah terbentuk. Lamanya pencelupan dilakukan sampai suhu paduan sama dengan suhu media celup. Melalui pendinginan cepat maka pemisahan fasa kedua dari larutan padatnya akan dapat dicegah pada temperatur yang jauh lebih rendah, paduan berada dalam keadaan larutan padat jenuh yang tidak stabil. Untuk media pendinginan proses  *quenching*  adalah air.



**Gambar 2.1** Diagram Fasa Fe<sub>3</sub>C  
Sumber: (Van Vlack, 1992)

**Kandungan Carbon:**

- 0.008%C = Batas kelarutan maksimum *Carbon* pada *ferrite* pada temperatur kamar
- 0.025%C = Batas kelarutan maksimum *Carbon* pada *ferrite* pada temperatur 723 derajat celcius
- 0.83%C = Titik *eutectoid*
- 2%C = Batas kelarutan *carbon* pada besi gamma pada temperatur 1130 derajat celcius
- 4.3%C = Titik *eutectoid*
- 0.1%C = Batas kelarutan *carbon* pada besi delta pada temperatur 1493 derajat celcius

**Garis-Garis:**

- Garis *Liquidus* adalah garis yang menunjukkan awal dari proses pendinginan (pembekuan).
- Garis *Solidus* ialah garis yang menunjukkan akhir dari proses pembekuan (pendinginan).
- Garis *Solvus* ialah garis yang menunjukkan batas antara fasa padat dengan fasa padat atau *solid solution* dengan *solid solution*.
- Garis *Acm* = garis kelarutan Carbon pada besi *Gamma (Austenite)*
- Garis *A3* = garis temperatur dimana terjadi perubahan *Ferrit* menjadi *Autenite (Gamma)* pada pemanasan.
- Garis *A1* = garis temperatur dimana terjadi perubahan *Austenite (Gamma)* menjadi *Ferrit* pada pendinginan
- Garis *A0* = Garis temperatur dimana terjadi transformasi *magnetic* pada *Cementid*.
- Garis *A2* = Garis temperatur dimana terjadi transformasi *magnetic* pada *Ferrite*.

a. Reaksi *Eutectoid*

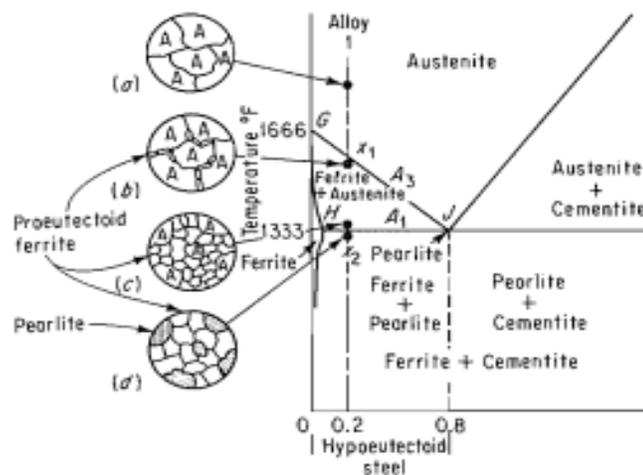
Reaksi *Etectoid* yang di bahas adalah Transformasi yang terjadi pada kondisi *equilibrium*.baja pada titik *eutectoid* memiliki kandungan karbon 0.83%. Pada temperatur di garis atas garis *liquidus* berupa larutan cair, dan bile temperature di turunkan secara perlahan pada saat mencapai garis *liquidus* (di titik 1) akan mulai terbentuk

inti *austenite*. Pembentukan selesai di titik 2 (pada garis *solidus*), seluruhnya sudah menjadi *austenite*. Pada pendinginan selanjutnya tidak terjadi perubahan hingga temperatur mencapai titik 3, yaitu di garis  $A_1$ , atau temperatur kritis bawah. Disini *austenite* yang mempunyai komposisi *eutoctoid* ini akan mengalami reaksi *eutectoid*. (Sidney, 1974).

*Austenite* → *Ferrite* + *Cementite* (*Pearlite*)

Terbentuknya *pearlite* di mulai dengan terbentuknya inti *cementite* (biasanya pada batas butir *austenite*). Inti ini akan bertumbuh dengan mengambil sejumlah karbon dari *austenite* di sekitarnya, (*cementite*  $Fe_3C$  mengandung 6.67% C sedangkan *austenite* mengandung 0.8% C) sehingga pada temperatur ini *austenite* dengan kadar karbon yang rendah akan berubah menjadi *ferrite* (*Transformasi allotropic*).

#### b. Reaksi *Hypo Eutoctoid*



**Gambar 2.2** Reaksi *Hypo Eutoctoid*  
Sumber: (Avner, Sidney, 1974 hal:237)

Reaksi *Hypo-Eutectoid* dimana terjadi transformasi pada baja karbon *Hypo-Eutectoid* yang mengandung karbon sebanyak 0.25% C. Paduan ini akan mulai membeku pada titik 1 tanpa membentuk inti *ferrite delta* yang nanti akan tumbuh menjadi *dendrit ferrite delta*. Hingga temperatur mencapai titik 2 (temperatur *Hypo-*

*Eutectoid*) paduan terdiri dari *ferrite delta* dan *liquid*. Pada titik 2 akan terjadi Reaksi *Hypo-Eutectoid*. (Sidney, 1974).

#### *Ferrite Delta + Liquid Austenite*

Pada paduan ini tidak semua *liquid* habis dalam reaksi dalam reaksi tersebut sehingga pada reaksi temperatur sedikit di bawah titik *Eutectoid*, struktur terdiri dari *liquid* dan *austenite*, makin rendah temperatur makin banyak *liquid* yang menjadi *austenite*. Perubahan berikutnya baru akan terjadi pada titik 4 (pada A3) akan mulai terjadi transformasi *allotropic gamma* menjadi *delta* transformasi ini dimulai dengan terbentuknya inti-inti *ferrite* pada batas butir *austenite*. *Austenite* pada paduan ini mengandung 0.25% C. Sedangkan *ferrite* di temperatur ini hanya mampu melarutkan sedikit sekali karbon, karena itu *austenite* yang akan menjadi *ferrite* harus mengeluarkan karbonnya sehingga sisa *austenite* akan menjadi lebih kaya karbon. Semakin rendah temperaturnya makin banyak *ferrite* yang terbentuk, makin tinggi kadar karbon pada sisa *austenite* (komposisi *austenite* akan mengikuti garis A3) pada saat mencapai titik 2, masih ada 0.25-0.8% dari *austenite*, kadar karbon (0.80%) komposisi *eutectoid*, sisa *austenite* ini selanjutnya akan mengalami reaksi *eutectoid* menjadi *pearlite* dan pada temperatur A1 paduan akan terdiri dari *ferrite* (*Hypo – Eutectoid*) dan *pearlite*. (Sidney, 1974).

### 2.2.1 Tungku Pemanas (Pembakaran)

Tungku pemanas (pembakaran) adalah sebuah alat yang digunakan untuk proses *heat treatment*. yang digunakan untuk proses pengerasan sebuah baja, Besi, Tembaga, aluminium dengan temperatur yang ditentukan. (Syandi, 2020)



**Gambar 2.3** Tungku Pemanas

**Tabel 2.1** Spesifikasi Tungku Pemanas

Sumber: (Mustofa, Zainal. 2016)

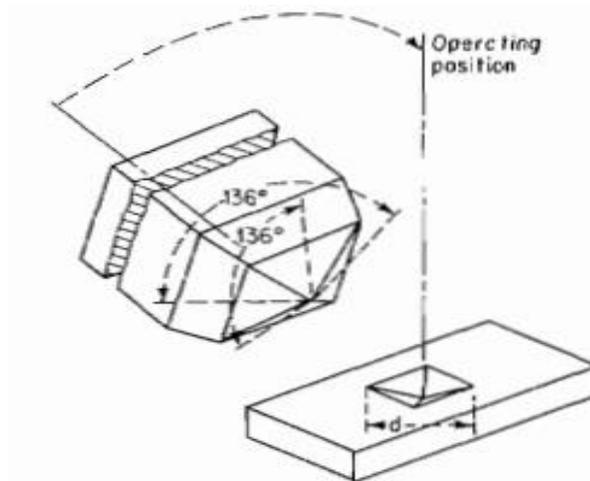
Katagori	<i>Furnace</i>
Merk	<i>Naberthem</i>
Dimensi Dalam	160 mm x 140 mm x 100 mm
Dimensi Luar	385 mm x 390 mm x 460 mm
Berat	20 kg

### 2.2.2 Prinsip Kerja Tungku Pemanas

Prinsip kerja tungku pemanas adalah sebagai alat untuk meleburkan atau memanaskan bahan baku seperti Besi, Tembaga, aluminium dll. Dengan menggunakan bahan bakar fosil dan non fosil. Dimana bahan bakar tersebut dapat memanaskan ruang bakar sehingga bahan baku yang berada di dalam ruang pembakaran dapat teraliri panas sesuai yang di inginkan (Arnofiandi, 2020).

### 2.3 Metode Pengujian *Vickers*

Pengujian kekerasan yang dilaksanakan dengan cara menekan material atau spesimen uji dengan indenter intan dengan bentuk piramida dengan alas segi empat dan besar sudut dari permukaan yang berhadapan  $136^\circ$ . Penekanan dengan indenter akan menghasilkan suatu jejak atau lekukan pada permukaan material uji. Untuk mengetahui nilai dari kekerasan material uji, maka diagonal rata-rata dari jejak tersebut harus diukur terlebih dahulu dengan memakai mikroskop. Angka kekerasan *Vickers* didapatkan dengan membagi besar beban uji yang akan digunakan dengan luas permukaan jejak. Jika  $d$  adalah diagonal rata-rata dari jejak. (Dieter, 1986)



**Gambar 2.4** Proses Uji *Vickers*  
 Sumber:(Avner, Sidney. 1974 hal:31)

Rentang beban uji yang dipakai pada pengujian kekerasan *Vickers* berkisar 1 kgf sampai 120 kgf, dan beban uji yang umum dipakai adalah 5, 10, 30 dan 50 kgf. Sedangkan waktu penerapan beban uji (*dwel time*) standarnya dilakukan antara 10 hingga 15 detik. Di dalam pengujian dengan metode *Vickers* ini perlu diperhatikan mengenai jarak minimal dari tempat titik pusat jejak ke sisi pinggir material, di mana menurut ASTM adalah sebesar 2,5 kali diagonal jejak. Dan jarak minimal antara jejak-jejak yang berdekatan juga 2,5 d untuk baja dan paduan tembaga dan 3 d untuk logam yang ringan, sementara untuk jarak minimal antara jejak adalah 3 d untuk baja dan paduan tembaga, serta 6 d untuk semua logam ringan. (Dieter, 1986)



Jejak Persegi      Jejak Bantal      Jejak Tong  
**Gambar 2.5** Tipe-Tipe Jejak Piramid Intan  
 Sumber:(Dieter, 1986 hal:290)

Jejak yang berbentuk persegi dihasilkan oleh indenter intan yang berbentuk piramid yang sempurna. Jejak berbentuk bantal akibat terjadinya penurunan logam di sekitar permukaan piramida yang datar. Keadaan demikian terjadi pada logam-logam yang dilunakkan dan mengakibatkan pengukuran panjang diagonal yang berlebihan. Serta jejak dengan bentuk tong akibat penimbunan ke atas logam-logam di sekitar

permukaan penekan tedapat pada logam-logam yang mengalami proses pengerjaan dingin. Pada pelaksanaan pengujian kekerasan material atau benda dengan menggunakan metode *Vickers* maka material atau benda yang akan diuji harus memiliki permukaan yang datar atau rata, halus, bersih (tidak ada noda seperti cat, kerak, oksida, minyak ataupun kotoran). Untuk mendapatkan permukaan yang rata ini maka harus dilakukannya proses pemolesan atau pengaplasan pada material yang akan diuji. (Dieter, 1986)

Cara penulisan kekerasan dalam metode *Vickers* ini biasanya ditulis dalam bentuk angka yang akan diikuti dengan huruf HV (*Hardness Vickers*) dan besarnya beban uji. Contohnya: 186 HV 30, yang artinya angka kekerasan material yang akan di uji adalah 186, beban uji yang dipakai adalah 30 kgf, dan lamanya waktu penerapan beban (*dwell time*) sekitar 10-15 detik. Bila waktu penerapan beban tidak terletak di antara 10-15 detik, maka waktu penerapan beban ujinya harus dicantumkan, misalnya : 472 HV 50/20, artinya angka kekerasan material uji adalah 472, besar beban uji yang diterapkan 50 kgf, dan lamanya waktu penerapan beban adalah 20 detik. (Dieter, 1986)

#### a. Kelebihan dan Kekurangan Pengujian Kekerasan *Vickers*

Dibandingkan dengan pengujian kekerasan lainnya, pengujian kekerasan dengan metode *Vickers* ini mempunyai beberapa kelebihan dan kekurangan seperti di bawah ini :

##### Kelebihan:

- Hanya menggunakan satu indentor saja untuk menguji material lunak ataupun keras.
- Pembacaan hasil dari jejak ujinya dapat dilakukan lebih akurat.
- Jenis pengujian yang relatif tidak merusak (*Non Destructive Test*).
- Metode pengujian *Vickers* dapat digunakan pada hampir semua logam.

##### Kekurangan:

- Secara keseluruhan, waktu ketika pengujian terbilang cukup lama.
- Memerlukan pengukuran diagonal jejak secara optik.
- Permukaan benda uji harus bersih dan halus.



**Gambar 2.6** Alat Uji Kekerasan (*vickers*)

**Tabel 2.2** *Technical Specifications Vickers*

Sumber: (Roni, 2020)

Kekuatan Uji <i>Vickers</i> Pada Spesimen Uji	1 kgf, 10 kgf, 25 kgf, 50 kgf, 75 kgf, 100 kgf, dan 120 kgf
Ketinggian Maksimum Spesimen Uji	80 mm
Jarak Dari Pusat Indentor Ke Dinding Luar	95 mm
Pembesaran Zoom Mikroskop Pada spesimen Uji	400X (Pengukuran) dan 100X (Pengamatan)
Rentang Pengukuran kekerasan	8-2900 HV
Output Data	Tampilan Layar LCD
Durasi Waktu	0-60 detik
Metode Gaya Pengujian Yang Diterapkan	Otomatis

dirumuskan sebagai berikut :

$$HV = \frac{f}{A_s} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$HV = \frac{2xf(\sin\frac{\alpha}{2})}{d^2} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$HV = \frac{1,854xf}{d^2} \dots\dots\dots(2.3)$$

Di mana:

f = Beban tekan untuk spesimen uji (kgf)

A<sub>s</sub> = luas permukaan identifikasi ( mm<sup>2</sup>)

d = panjang diagonal rata-rata (mm)

α = sudut muka indenter

## 2.4 Baja JIS SUP 9

baja JIS SUP 9 adalah kelompok jenis baja sedang yang berbentuk Pelat batangan dengan dimensi 400 mm x 55 mm x 6,7 mm. biasa di pakai didalam pembuatan pegas daun (*Leaf spring*), pegas coil (*Coil spring*), pegas torsi (*Torsion bar spring*) dan pisau. Baja JIS SUP 9 memiliki kekuatan mekanik yang baik serta memiliki keuletan dan kekuatan kekerasan yang baik, Namun baja JIS SUP 9 bersifat lunak jika belum disepuh atau dikeraskan. (Setyo, 2015).



**Gambar 2.7** Material Baja JIS SUP 9

**Tabel 2.3** Komposisi Kimia Baja Pegas Daun JIS SUP 9

sumber: (JIS Handbook, 1994)

No	Nama Unsur	Simbol	Kandungan %
1.	Carbon	C	0,52-0,60
2.	Mangan	Mn	0,65-0,95

**Tabel 2.3** Komposisi Kimia Baja Pegas Daun JIS SUP9 (Lanjutan)

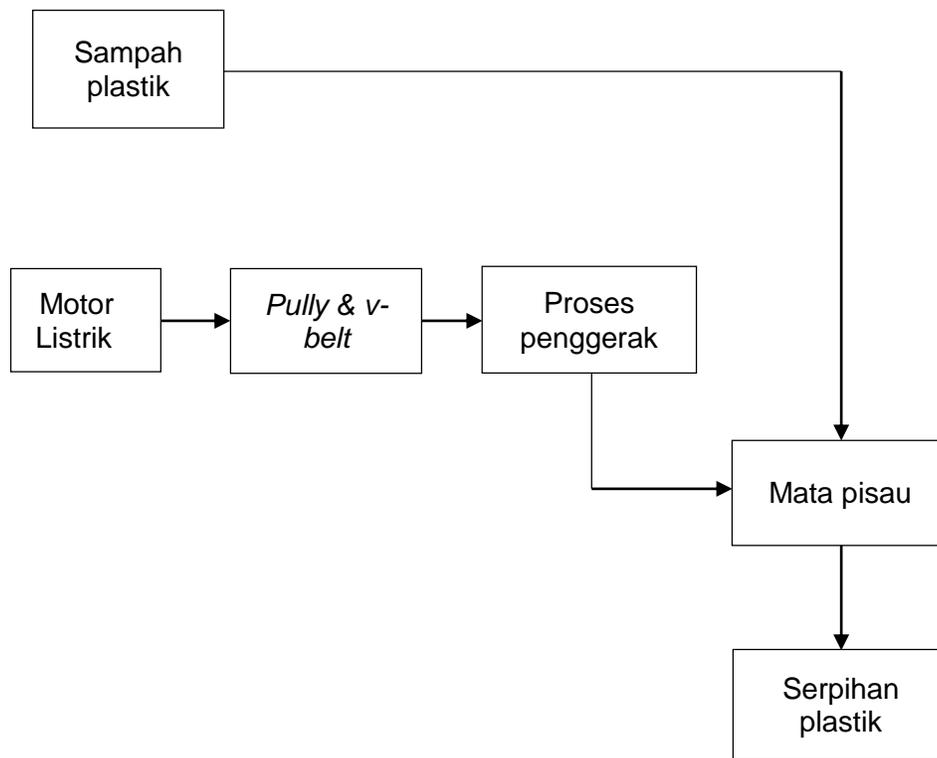
No	Nama Unsur	Simbol	Kandungan %
3.	Phospor	P	- 0,030
4.	Silicon	Si	0,15-0,35
5.	Krom	Cr	0,65-0,95
6.	Sulfur	S	- 0,035

## 2.5 Mesin Pencacah Limbah Botol Plastik

Mesin pencacah limbah botol plastik merupakan salah satu bagian dari mekanisme pengolahan limbah botol plastik untuk di daur ulang. Dalam hal ini mesin pencacah memiliki peran besar, dimana limbah botol plastik akan dicacah menjadi ukuran kecil yang kemudian diproses kembali menjadi biji plastik sebagai bahan dasar pembuatan plastik. Mesin ini memiliki komponen-komponen pendukung yang saling berkaitan sehingga menjadi suatu bagian mekanisme yang kompak, namun tetap memiliki prinsip yang simpel. Terdapat beberapa tahap proses pencacahan plastik menjadi ukuran-ukuran kecil, dimulai dari memasukkan plastik kedalam mesin melalui corong masuk atau *hopper*, lalu plastik akan jatuh ke pisau pencacah yang berputar sehingga terjadi pencacahan menjadi ukuran kecil, yang kemudian hasil cacahan akan keluar melalui corong keluar dan ditampung oleh bak. Dalam bentuk sederhana mesin pencacah terdiri dari motor penggerak, puli, sabuk dan poros. Putaran motor ditransmisikan oleh puli dan sabuk ke *gearbox* atau *reducer* untuk memutar poros yang selanjutnya memutar pisau pencacah.

### 2.5.1. Prinsip Kerja Mesin Pencacah

Mesin pencacah botol plastik ini saling berkaitan dengan elemen-elemen pendukung yang lain, sehingga dihasilkan suatu mekanisme yang kompak tetapi dengan prinsip yang sederhana. Gerakan yang serempak dari alat pencacah didapatkan dari putaran poros yang digerakan oleh elektro motor dengan gaya yang direncanakan. Secara garis besar cara kerja alat adalah sebagai berikut: (Sumber: Dwi, 2018).



**Gambar 2.8** Skema Alir Pencacahan Plastik  
 Sumber: (Desi, 2017)

### 2.5.2 Komponen Penyusun Mesin Pencacah

Pada komponen penyusun mesin pencacah ini terdiri dari beberapa komponen seperti.

#### a. Motor Listrik

Motor adalah komponen utama dalam sebuah konstruksi pemesinan yang berfungsi sebagai sumber daya mekanik untuk menggerakkan suatu proses. (Sutowo, C., 2011).

#### b. Bantalan

Bantalan adalah elemen mesin yang menumpu poros berbeban, sehingga putaran atau gerakan bolak-baliknya dapat berlangsung secara halus, aman dan panjang umurnya. (Sularso, 2013).

c. V-belt

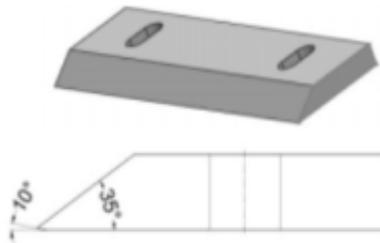
salah satu transmisi penghubung yang terbuat dari karet dan mempunyai penampang trapesium. Dalam penggunaannya sabuk-V dibelitkan mengelilingi alur pully yang berbentuk V pula. (Sularso, 1991).

d. Poros

penghubung gerakan yang diterima tenaga dari motor diteruskan dengan menggunakan V-belt ke benda yang ingin digerakan. (Sularso, 1991).

### 2.5.3 Mata Pisau (*Blade*)

Mata pisau (*blade*) ini berfungsi sebagai komponen yang akan mencacah plastik menjadi potongan-potongan kecil dengan cara diputar oleh poros penggerak, mata pisau (*blade*) ini dipasang dalam poros dimana mata pisau (*blade*) di hubungkan dengan piringan (*plate*). Pada mekanismenya yaitu mata pisau (*blade*) terpasang di poros penggerak dan mata pisau (*blade*) yang terpasang di rangka (*frame*).



**Gambar 2.9** Bentuk Mata Pisau Pencacah Plastik  
Sumber : (Anggraeni, 2017)

## 2.6 Plastik

Plastik merupakan bahan *elastomer* yang secara komersial digunakan oleh masyarakat dan industri untuk membuat barang-barang, bungkus atau kemasan dari suatu komoditas, dan lain-lain. Berbagai industri plastik berlomba-lomba menciptakan jenis plastik baru yang disesuaikan dengan kegunaannya. Seperti industri makanan dan minuman instan yang memproduksi dan menggunakan plastik berlapis aluminium *foil* atau plastik *multilayer* sebagai kemasan karena dianggap aman dan dapat menjaga produk tetap higienis. Plastik kemasan berlapis aluminium *foil* menggantikan

penggunaan kaca, kaleng dan kertas sebagai bahan baku pengemas. Namun demikian plastik tetaplah bahan baku utama yang digunakan (Sofiana, 2010).



**Gambar 2.10** Limbah Botol Plastik tipe PET

PET (*Polyethylene Terephthalate*) adalah polimer sintesis termoplastik semi-kristal, yang memiliki umur panjang karena tahan terhadap biodegradasi dan sebagai hasilnya sejumlah besar limbah PET terakumulasi. Proses daur ulang fisik, mekanik dan kimia telah dikembangkan bahkan untuk skala industri. Daur ulang secara mekanik dan fisik mempunyai kelemahan, karena itu daur ulang kimia merupakan daur ulang yang menarik di dunia. Menurut Mujiarto (2005), *Polyethylene Terephthalate* yang sering disebut PET dengan rumus kimia ( $C_{10}H_8O_3$ ) dibuat dari *glikol* (EG) dan *terephthalic acid* (TPA) atau *dimethyl ester* atau asam *terephthalat* (DMT). PET film bersifat jernih, kuat, liat, dimensinya stabil, tahan nyala api, tidak beracun, permeabilitas terhadap gas, aroma maupun air rendah. PET memiliki daya serap uap air yang rendah, demikian juga daya serap terhadap air. Penggunaan PET sangat luas antara lain untuk botol-botol untuk air mineral, *soft drink*, kemasan sirup, saus, selai, minyak makan. Botol minuman plastik yang beredar di Indonesia terbuat dari PET (*Polyethylene Terephthalate*), dapat dikenali dengan simbol angka 1 pada bagian dasar botol. PET memiliki berat jenis  $1,38 \text{ g/cm}^3$  ( $200^\circ\text{C}$ ), titik leleh  $2500^\circ\text{C}$ , titik didih  $3500^\circ\text{C}$  (terdekomposisi), *modulus elastisitas* 2800-3100 MPa, dan kuat tarik 55-75 MPa (Suhardi, 2016).