

BAB II

TINJAUAN PUSAKA

2.1 Kajian Pusaka

Berbagai penbaelitian tentang peleburan dengan pemanas induksi telah di lakukan oleh nyak peneliti. Ada banyak tinjauan pusaka yang melandasi munculnya gagasan untuk meneliti judul yang di tulis karena adanya dorongan untuk mencari metode baru dan pembahasan baru sehingga dapat membantu dalam penyusunan laporan ini. Ada banyak jurnal penelitian yang mengangkat tentang materi yang disajikan.

Penelitian yang dilakukan oleh (KURNIAWAN, Drs. Abdul Rouf, M.I.Kom;Tri Wahyu Supardi, S.Si., M.Cs., 2019) *Implementasi Induction Furnace* Kapasitas 1000W Untuk Peleburan Logam Perak Menggunakan Refraktori Grafit. Tujuan penelitian ini adalah untuk mencari alternatif tungku pelebur dengan energi listrik. Salah satu cara peleburan logam menggunakan listrik adalah dengan menggunakan metode pemanas induksi. Dibandingkan dengan metode konvensional, pemanas induksi memiliki keunggulan yaitu sangat efisien. Peleburan logam dengan tungku induksi memanfaatkan fenomena arus eddy pada kumparan yang mengelilingi tungku induksi. Penelitian ini telah berhasil merancang sebuah purwarupa tungku induksi untuk peleburan perak dengan kapasitas daya maksimal 900 Watt. Tungku induksi yang dirancang terdiri dari rangkaian kontrol pembangkit sinyal menggunakan TL494 dan rangkaian daya menggunakan rangkaian *switching* MOSFET IRFP460. Pada logam perak, jumlah atau massa tidak berpengaruh terhadap frekuensi resonansi, sehingga ditambahkan wadah grafit sebagai pemanas. Rata-rata efisiensi sistem elektronika tungku induksi yang telah dibuat ialah 90,86%. Semakin besar daya yang masuk maka akan semakin besar penambahan panas pada objek uji. Efisiensi keseluruhan sistem rancangan tungku induksi adalah 7,57%.

Penelitian yang dilakukan oleh (Ismail Mukti Adi¹, Wahyu Purwo Raharjo², Eko Surojo², 2014). Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan merakit tungku peleburan aluminium dengan kapasitas 2kg energi listrik. Energi listrik digunakan karena lebih mudah diperoleh dari pada bahan bakar lainnya.

Elemen pemanas melilit kowi dengan diameter 140mm dan tinggi 130 mm. Dinding tungku dilapisi dengan bahan kalsium silikat yang tahan panas hingga suhu 1000°C dan dinding luar dilapisi pelat baja. Diameter tungku 285mm dengan tinggi 210mm dan dudukan yang diberikan untuk kemudahan menuangkan aluminium cair dengan memutar tuas sehingga tidak perlu menaikkan tungku dan aman bagi pekerja. Proses pengujian kinerja dilakukan dengan meletakkan sensor panas (termokopel) pada elemen pemanas dan juga pada logam cair. Ini untuk mengetahui panas yang dipancarkan oleh elemen pemanas dan panas yang diterima oleh logam cair. Pengambilan data diperoleh dari perubahan suhu seiring waktu. Temperatur tungku panas dapat diatur dengan menggunakan termokontroller. Hasil tes ini menunjukkan bahwa alat ini memberikan suhu tinggi hingga 800°C. Penggunaan pada suhu 750°C menghasilkan efisiensi 64,05% yang secara teoritis mampu melelehkan 2kg logam aluminium dalam waktu 54,24 menit dan waktu aktual 55 menit pada suhu logam cair 745°C. Tenaga listrik yang dibutuhkan tungku adalah 3385,3 W.

Penelitian yang dilakukan oleh (Widi Wintang Pratiwi, 2018) Kaji Eksperimen Pengaruh Variasi Temperatur Tuang dan Durasi Penekanan Pada Metode *Squeeze Casting* Terhadap Struktur Mikro dan Korosi Pada Perlakuan Panas T6 Bahan Mur dan Baut Dari Komposit Al Paduan-Abu Dasar Batubara. Penelitian ini bertujuan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh parameter proses *squeeze casting* (variasi temperatur tuang dan durasi penekanan) terhadap korosi dan stukturmikro bahan Al paduan (seker bekas)-abu dasar batubara. Proses *squeeze casting* merupakan suatu proses dimana bahan dilebur di kowi sampai mencair kemudia di cetak dengan cara ditekan. Peleburan material dilakukan dengan temperatur diatas temperatur tuang. Temperatur tuang yang digunakan 680°C, 700°C, dan 750°C dan ditekan dengan beban 100 Kg selama 30 detik menggunakan cetakan temperatur 300°C, 60 detik, dan 120 detik, delay time 5 detik. Dari hasil pengujian korosi didapat bahwa variasi temperatur tuang dan durasi penekanan sangat berpengaruh terhadap laju korosi. Laju korosi tertinggi terdapat pada temperatur tuang 700°C durasi penekanan 120 detik sebelum proses perlakuan panas T6 Setelah dilakukan proses perlakuan panas T6 laju korosinya

semakin meningkat dikarenakan strukturmikro yang terbentuk semakin mengecil dibanding dengan sebelum perlakuan panas T6 peingkatan.

Penelitian yang dilakukan oleh (ISRO'UF GERIO PANGESTU, 2018) Studi Pengaruh Variasi Waktu *Holding* Pada Proses Peleburan *Direct Reduced Iron* (Dri) Terhadap Kandungan Fe Total Dan *Recovery Fe* Dalam Proses Pembuatan Pig Iron Dengan Metode *Electric Arc Furnace* . Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi waktu *holding* pada peleburan *direct reduced iron* terhadap *recovery Fe* dan kandungan Fe total dalam pembuatan *pig iron* dengan metode *electric arc furnace* . Terdapat empat variasi waktu *holding* , yaitu 2 menit, 4 menit, 6 menit, dan 8 menit. Metode penelitian dengan mereduksi pasir besi yang di briket dan ditambahkan campuran dolomit dan batubara, reduksi menggunakan *muffle furnace* pada temperatur 1350°C selama 10 jam lalu didinginkan yang menghasilkan produk DRI. Kemudian DRI dilebur dengan tambahan batubara dan *fluks* SiO₂ menggunakan *electric arc furnace* dengan tegangan 16,2V dan arus 180A dan waktu *holding* mengikuti variabel untuk mendapatkan produk *pig iron* . Sampel *pig iron* ditimbang untuk mendapatkan nilai *recovery Fe* dan diuji menggunakan alat EDX dan XRD untuk mengetahui kandungan Fe total dari *pig iron* . Nilai kandungan Fe total tertinggi dari variasi waktu *holding* 4 menit dan terendah 2 menit. Dan, nilai *recovery Fe* tertinggi dari variasi waktu *holding* 6 menit dan terendah 2 menit.

Penelitian yang dilakukan oleh (Samsul Bahri, 2017) Pemanfaatan Limbah Serbuk Besi Sebagai Agregat Halus Pada Campuran Aspal Panas. Tujuan penelitian ini adalah mencari pengaruh dan perbandingan nilai karakteristik Marshall antara campuran aspal panas normal dengan campuran aspal panas yang agregat halus nya diganti dengan limbah serbuk besi. Penelitian dilakukan di laboratorium dengan metode *Marshall test* . Komposisi penggantian agregat halus dengan limbah serbuk besi ditetapkan sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%. Hasil penelitian yang memenuhi spesifikasi kadar aspal optimum dan uji Marshall hanya variasi penggantian 0% dan variasi 25%. Variasi 25% lebih unggul dalam pemenuhan parameter Marshall. Ketika agregat halus diganti dengan limbah serbuk besi sebesar 25%, terjadi efisiensi penggunaan aspal sebesar 17,86%.

Dengan demikian limbah serbuk besi dapat dimanfaatkan sebagai pengganti agegrat halus dalam campuran aspal (PANAS) dengan kadar maksimum 25%.

Tabel 2.1 Komparasi Kajian Pustaka

No	Judul-Penulis-Tahun	Bahan (komposit)	Kesimpulan
1	<p>Judul: <i>Implementasi Induction Furnace</i> Kapasitas 1000 W Untuk Peleburan Logam Perak Menggunakan Refraktori Grafit</p> <p>Penulis: KURNIAWAN, Drs. Abdul Rouf, M.I.Kom;Tri Wahyu Supardi, S.Si., M.Cs.</p> <p>Tahun: Universitas Gadjah Mada, 2019</p> <p>Diakses: 25 januari 2020, 13:10</p>	Logam Perak	<p>Peleburan logam dengan tungku induksi memanfaatkan fenomena arus eddy pada kumparan yang mengelilingi tungku induksi. Penelitian ini telah berhasil merancang sebuah purwarupa tungku induksi untuk peleburan perak dengan kapasitas daya maksimal 900 Watt. Tungku induksi yang dirancang terdiri dari rangkaian kontrol pembangkit sinyal menggunakan TL494 dan rangkaian daya menggunakan rangkaian switching MOSFET IRFP460. Pada logam perak, jumlah atau massa tidak berpengaruh terhadap frekuensi resonansi, sehingga ditambahkan wadah grafit sebagai pemanas. Rata-rata efisiensi sistem elektronika tungku induksi yang telah dibuat ialah 90,86%. Semakin besar daya yang masuk maka akan semakin besar penambahan panas pada objek uji. Efisiensi</p>

			keseluruhan sistem rancangan tungku induksi adalah 7,57%.
2	<p>Judul: Rancang bangun tungku pencairan logam alumunium berkapasitas 2 kg dengan mekanisme tahanan listrik (pengujian performansi)</p> <p>Penulis: Ismail Mukti Adi, Wahyu Purwo Raharjo, Eko Surojo</p> <p>Tahun: Universitas Sebelas Maret 2014</p> <p>Diakses: 25 januari 2020, 13:10</p>	Logam alumunium	<p>KESIMPULAN Berdasarkan hasil yang diperoleh dari analisa data, maka dapat disimpulkan performansi dari tungku listrik tersebut sebagai berikut :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tungku tahanan listrik ini dapat menghasilkan suhu hingga 800oC. 2. Proses pencairan 2 kg logam Al dengan pengaturan suhu 750oC tungku ini secara aktual memerlukan waktu total 58 menit sedangkan secara teoritis hanya 54,24 menit. 3. Efisiensi tungku 64,05 % dengan daya listrik 3385,3 W. 4. Perbedaan waktu hasil pengukuran dan perhitungan bisa disebabkan karena : <ol style="list-style-type: none"> a. Komposisi paduan logam alumunium tidak homogen. b. Pengukuran kurang cermat. c. Konstanta perhitungan belum sesuai jenis

			logam.
3	<p>Judul: Kaji Eksperimen Pengaruh Variasi Temperatur Tuang dan Durasi Penekanan Pada Metode <i>Squeeze Casting</i> Terhadap Struktur Mikro dan Korosi Pada Perlakuan Panas T6 Bahan Mur dan Baut Dari Komposit Al Paduan-Abu Dasar Batubara.</p> <p>Penulis: Widi Wintang Pratiwi</p> <p>Tahun: Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya 2018</p> <p>Diakses: 24 Juni 2020, 23:12</p>	Alumunium Dural T6	<p>Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:</p> <p>1. Pengujian Korosi</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dari hasil pengujian korosi variasi durasi penekanan sangat berpengaruh pada laju korosi. Semakin lama durasi penekanan menghasilkan laju korosi semakin meningkat kecuali pada durasi penekanan 120 detik pada temperatur tuang 750°C terjadi penurunan laju korosi yang disebabkan oleh luas permukaan yang semakin besar dan mengakibatkan berkurangnya porosity. - Sedangkan hasil dari temperatur tuang juga sangat berpengaruh pada nilai laju korosi. Semakin lama temperatur tuang laju korosinya semakin mengecil atau menurun. Namun pada temperatur 680°C durasi penekanan 120 detik mengalami kenaikan. Hal ini di akibatkan karena temperatur tinggi dengan durasi penekanan yang cukup lama membuat struktur mikro

			<p>tidak menyebar secara merata dan menghasilkan luas permukaan yang lebih besar.</p> <p>- Setelah dilakukan perlakuan panas T6 nilai laju korosi semakin tinggi atau meningkat dibandingkan dengan sebelum perlakuan panas T6.</p> <p>2. Pengujian XRD</p> <p>- Dari hasil pengujian XRD variasi temperatur tuang dan durasi penekanan setelah proses perlakuan panas T6 yang telah terkorosi semakin lama temperatur tuang dan durasi penekanan maka senyawa yang dihasilkan semakin banyak, dan Kandungan oksigennya juga semakin besar. Pada temperatur tuang dan durasi penekan terdapat senyawa yang dominan terbentuk yaitu Al, Ca, Cu, dan O.</p>
4	<p>Judul: Studi Pengaruh Variasi Waktu <i> Holding </i> Pada Proses Peleburan <i> Direct Reduced Iron </i> (Dri) Terhadap Kandungan Fe Total Dan <i> Recovery Fe </i> Dalam Proses Pembuatan <i> Pig </i></p>	<p>DIRECT REDUCED IRON (DRI)</p>	<p>Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:</p> <p>1. <i> Pig iron </i> yang memiliki kandungan Fe total tertinggi yaitu sebesar 92,935% adalah <i> pig iron </i> yang memiliki variasi</p>

	<p><i>Iron Dengan Metode Electric Arc Furnace</i></p> <p>Penulis: Isro'uf Gerio Pangestu</p> <p>Tahun: Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018</p> <p>Diakses: 24 Juni 2020, 00:23</p>		<p>waktu <i>holding</i> 4 menit sementara <i>pig iron</i> yang memiliki variasi waktu holding 2 menit yaitu sebesar 90,925%</p> <p>2. Nilai recovery Fe yang tertinggi dihasilkan dari <i>pig iron</i> dengan variasi waktu holding 6 menit yaitu sebesar 98,780%, sedangkan <i>pig iron</i> yang memiliki nilai recovery Fe terendah yaitu sebesar 50,282% dihasilkan dari variasi waktu holding 2 menit.</p> <p>3. Fasa yang dominan terlihat pada <i>pig iron</i> adalah fasa besi (Fe) untuk semua variasi waktu holding, tetapi untuk variasi waktu holding 8 menit juga terdapat fasa ilmenit (FeTiO₃) dan fasa SiO₂ dengan intensitas yang rendah.</p> <p>4. Kandungan Fe tertinggi yang terdapat dalam slag dari variasi waktu holding 2 menit dan yang terendah dari variasi waktu holding 4 menit. Fasa yang dominan terlihat pada slag untuk semua variasi waktu holding adalah fasa SiO₂, diopside, dan fasa ilmenit.</p>
--	---	--	--

5	<p>Judul: Pemanfaatan Limbah Serbuk Besi Sebagai Agregat Halus Pada Campuran Aspal Panas</p> <p>Penulis: Samsul Bahri1</p> <p>Tahun: Fakultas Teknik UNIB Bengkulu 2017</p> <p>Diakses: 11-agustus-2020 12:35</p>	limbah serbuk besi	<p>Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pada variasi penggantian limbah serbuk besi 0% didapatkan kadar aspal optimum sebesar 5,6% 2. Pada variasi penggantian limbah serbuk besi 25% didapatkan kadar aspal optimum sebesar 4,6%. 3. Persentase terbaik pada penggantian agregat halus dengan limbah serbuk besi terdapat pada kadar penggantian sebesar 25% dari berat campuran. 4. Variasi 25% lebih unggul dalam pemenuhan syarat-syarat parameter Marshall. 5. Terjadi penghematan penggunaan aspal sebesar 17,86% ketika agregat halus diganti dengan limbah serbuk besi sebesar 25%. 6. Limbah serbuk besi dapat dimanfaatkan sebagai pengganti agregat halus dalam campuran aspal dengan kadar maksimum 25%.
---	---	--------------------	---

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Proses Manufaktur

Manufaktur adalah suatu cabang industri yang mengaplikasikan mesin, peralatan dan tenaga kerja dan suatu medium proses untuk mengubah bahan mentah menjadi barang jadi yang memiliki nilai jual. Dimana hasil dari pengerjaan manufaktur menghasilkan produk permesinan, konstruksi, industri rumah tangga, dan lain-lain. Disini sebagai topic pembahasan tentang manufaktur peneliti lebih memilih material logam sebagai bahan penunjang dibidang konstruksi dimana bahan yang digunakan sangat banyak ditemukan. Dalam proses manufaktur ada namanya pengerjaan pembubutan yang dimana suatu material akan dibentuk dengan cara pemahatan sesuai dengan bentuk yang di inginkan. Pada saat selesai proses pembubutan biasanya akan ada sisa-sisa material yang disebut brum. Brum disini biasanya berbentuk serabut atau spiral yang biasanya brum pada hasil pembubutan akan menjadi limbah dan tak terpakai.



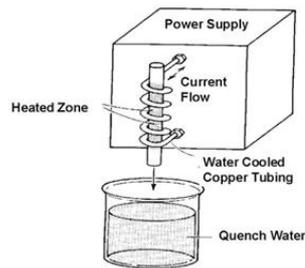
Sumber: Google

Gambar 2.1 Mesin Bubut Standar

2.2.2 Pengertian *Induction Heater*

Pemanas induksi adalah salah satu teknik pemanasan logam dengan cara mengalirkan listrik arus bolak-balik dengan frekuensi yang tinggi pada kumparan kerja, sehingga pada kumparan kerja tersebut terbentuk ggl yang digunakan untuk menginduksi suatu logam (Mahardika, T, 2012). Setelah logam tersebut terinduksi maka pada logam akan mengalir Eddy atau arus pusar yang arahnya melingkar sehingga menyebabkan panas pada logam, prinsip ini hampir sama dengan prinsip

kerja transformator, besarnya arus yang mengalir pada logam yang terinduksi kumparan kerja, tergantung pada besar arus yang mengalir pada kumparan kerja dan jumlah lilitan kumparan kerja dengan perbandingan lilitan N_1/N_2 dan I_2/I_1 ketika logam dianggap satu lilitan maka besar yang mengalir setara $I_2 = N_1 \times I_1$ (Zhulkarnaen, y., 2014) dengan arus yang besar dan frekuensi yang tinggi maka akan timbul panas pada logam tersebut.



Sumber: Google

Gambar 2.2 Metode Pengerasan Induksi

Karakteristik *Induction Heater* adalah sebagai berikut:

- Mampu melepaskan panas dalam waktu yang relatif singkat. Hal ini dikarenakan kerapatan energinya tinggi.
- Dengan induksi dimungkinkan untuk mencapai suhu yang sangat tinggi.
- Pemanasan dapat dilakukan pada lokasi tertentu.
- Sistem dapat dibuat bekerja secara otomatis.

2.3 Metode Manufaktur

2.3.1 Pengecoran (*casting*)

Casting adalah proses pembuatan benda dari bahan logam atau *alloy* (logam campuran) dengan cara mencairkan logam tersebut kemudian menuangkannya atau mensentrifugasikannya ke dalam ruangan (*Mould Chamber*) yang sudah dipersiapkan sebelumnya. Dalam hal ini logam dicairkan dengan cara pemanasan (peleburan) dan dengan tekanan, logam cair tersebut didorong masuk ke dalam *mould chamber*. Maka terbentuklah benda dari logam yang berbentuk sama dan sebangun dengan model malam sebelumnya (Harty dan Ogston, 1995).

Pengertian *Mould Chamber* adalah suatu ruangan yang terdapat dalam bahan pendam (*Investment Materials*) yang merupakan ruangan bekas model

malam yang sudah dicairkan atau diuapkan keluar dari bahan pendam (Harty dan Ogston, 1995). Pengecoran suatu proses manufaktur yang menggunakan logam cair dan cetakan untuk menghasilkan parts dengan bentuk yang mendekati bentuk geometri akhir produk jadi. Logam cair akan dituangkan atau ditekan ke dalam cetakan yang memiliki rongga sesuai dengan bentuk yang diinginkan (Harty dan Ogston, 1995).

Menurut Harty dan Ogston (1995) proses pengecoran sendiri dibedakan menjadi dua macam, yaitu *traditional casting* dan *non-traditional/contemporary casting*.

A. Teknik *traditional* terdiri atas :

1. *Sand-Mold Casting*
2. *Dry-Sand Casting*
3. *Shell-Mold Casting*
4. *Full-Mold Casting*
5. *Cement-Mold Casting*

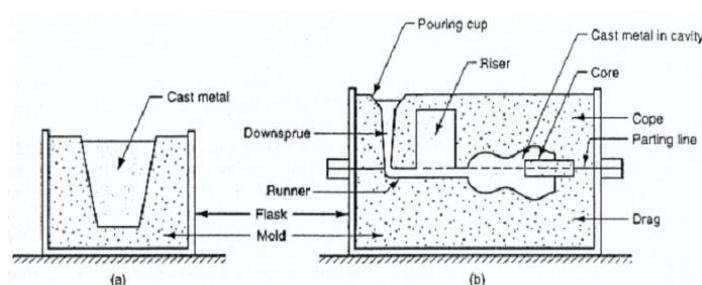
B. Teknik *non-traditional* terbagi atas:

1. *High-Pressure Die Casting*
2. *Permanent-Mold Casting*
3. *Centrifugal Casting*
4. *Plaster-Mold Casting*
5. *Investment Casting*

Jenis logam yang kebanyakan digunakan di dalam proses pengecoran adalah logam besi bersama-sama dengan aluminium, kuningan, perak, dan beberapa non logam lainnya (Annusavice dan Kenneth, 2003). [1]

Tahap -tahap dalam cara proses pengecoran:

1. Pembuatan cetakan;
2. Persiapan dan peleburan logam;
3. Penuangan logam cair ke dalam cetakan :
 - a. untuk cetakan terbuka (lihat gambar 2.3.a) logam cair hanya dituang hingga memenuhi rongga yang terbuka,
 - b. untuk cetakan tertutup (lihat gambar 2.3.b) logam cair dituang hingga memenuhi sistem saluran masuk;



Sumber: Google

Gambar 2.3 Dua Macam Bentuk Cetakan (a) Cetakan Terbuka, (b) Cetakan Tertutup

2.4 Non Destructive Test

2.4.1 Pengujian *Visual*

Pengujian *visual* dilakukan untuk mendeteksi adanya cacat pada material di daerah yang terjangkau oleh mata normal tanpa menggunakan alat bantu. Namun, keandalan inspeksi visual sangat dipengaruhi oleh faktor manusia bahkan personil yang berpengalaman saja dapat tertipu oleh adanya goresan atau tanda permesinan dalam melihat cacat yang tidak tampak.

2.4.2 Pengujian *Surface*

Dilakukan untuk melihat bagian permukaan atas material, apakah terindikasi cacat pada bagian permukaan.

2.5 Sifat - Sifat Mekanik pada Baja

Sifat mekanik pada baja sangat berperan penting dalam pemilihan bahan dasar untuk penelitian di dunia perteknikan. Hal ini dikarenakan baja memiliki sifat mekanik yang cukup baik. Adapun beberapa sifat-sifat mekanik yang perlu kita ketahui, yaitu:

1. Kekuatan (*Strength*), yaitu kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan bahan menjadi patah. Kekuatan ini ada beberapa macam, tergantung pada jenis beban yang bekerja. Contohnya : kekuatan tarik, kekuatan geser, kekuatan tekan kekuatan torsi, dan kekuatan lengkung.
2. Kekerasan (*Hardness*), yaitu ketahanan baja terhadap besarnya gaya yang dapat menembus permukaan baja. Cara ujinya dengan kekerasan *Brinell*, *Rockwell*, *ultrasonic*, dll.
3. Ketangguhan (*Toughness*), yaitu hubungan antara jumlah energi yang dapat di serap oleh baja sampai baja tersebut putus. Semakin kecil energy yang di serap oleh baja, maka baja tersebut makin rapuh dan makin kecil ketangguhannya. Cara ujinya dengan cara memberi pukulan ledakan (*impact*).
4. Keuletan (*Ductility*), yaitu kemampuan baja untuk berdeformasi sebelum menjadi putus. Keuletan ini berhubungan dengan besarnya regangan/*strain*

yang permanen sebelum baja putus. Keuletan ini juga berhubungan dengan sifat yang dapat di kerjakan pada baja. Cara ujinya berupa uji tarik.

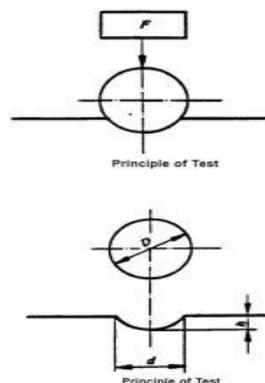
2.6 Destructive Test

2.6.1 Uji Kekerasan

Uji kekerasan adalah pengujian yang paling efektif untuk menguji kekerasan dari suatu material, karena dengan pengujian ini kita dapat dengan mudah mengetahui gambaran sifat mekanis suatu material. Meskipun pengukuran hanya dilakukan pada suatu titik, atau daerah tertentu saja, nilai kekerasan cukup valid untuk menyatakan kekuatan suatu material. Dengan melakukan uji keras, material dapat dengan mudah di golongan sebagai material ulet atau getas. Pengujian kekerasan terbagi 3 metode yaitu *Brinell*, *Rockwell*, *Vickers*.

1. *Brinell* (HB/BHN)

Pengujian Brinell Hardness merupakan pengujian kekerasan dengan cara menekan spesimen menggunakan indenter berbentuk bola yang terbuat dari baja yang sudah dikeraskan atau karbida tungsten. Indentor bola baja digunakan untuk material yang memiliki kekerasan Brinell ≤ 450 . Indentor bola karbida tungsten harus digunakan apabila material yang di uji memiliki kekerasan Brinell antara 451-650. Pengujian yang standar dilakukan dengan menggunakan diameter 10 mm bola baja atau karbida tungsten dengan beban 3000 kg untuk logam keras, beban 1500 kg untuk logam pertengahan, dan beban 500 kg serta lebih rendah untuk material lunak.



Sumber: Google

Gambar 2.4 pengujian Brinell

Indentor selain diameter 10 mm bisa digunakan, misal 5 mm, 2,5 mm dan 1 mm. Jika menggunakan diameter indentor selain 10 mm maka pembebanan harus disesuaikan mengikuti formula $P/D^2 = \text{konstan}$. Nilai konstanta tergantung pada material yang di uji, 30 untuk baja dan paduannya, 10 untuk tembaga dan paduannya dan 5 untuk aluminum dan paduannya. Waktu pembebanan antara 10-15 detik Jarak antar indentasi sedikitnya 2,5 kali diameter indentasi, diukur dari center indentasi ke sisi paling luar indentasi berikutnya. nilai kekerasan dapat dihitung dengan formula:

The *Brinell hardness number* is calculated as:

$$HBW = \frac{2F_{kgf}}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

where:

F_{kgf} = test force in kgf,

D = diameter of the indenter ball in mm, and

d = measured mean diameter of the indentation in mm

Sumber: Google

Gambar 2.5 Formula Pengujian Brinell

HBW berarti hardness brinell dengan indentor karbida tungsten. Jika indentor yang digunakan bola baja (steel ball) maka kekerasan dinyatakan dengan HBS. Atau secara umum biasanya dinyatakan dengan BHN.

Keterbatasan Pengujian Brinell Hardness

- Mengukur material yang sangat keras. Indentor bola dapat mengalami deformasi yang berlebihan.
- Mengukur kekerasan spesimen tipis. Indentasi dapat lebih besar dari pada tebal specimen.
- Mengukur material yang dikeraskan permukaan. Indentasi dapat menusuk lebih dalam dari pada tebal permukaan yang dikeraskan sehingga pengukuran menjadi tidak valid (tidak benar) sebab mengakibatkan pengukuran bagian dalam yang lunak juga.

2. Rockwell (HR/RHN)

Pengujian kekerasan dengan metode Rockwell bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap indentor

berupa bola baja ataupun kerucut intan yang ditekan pada permukaan material uji tersebut. Dibawah ini merupakan rumus yang digunakan untuk mencari besarnya kekerasan dengan metode Rockwell.

$$HR = E - e$$

Dimana :

F0 = Beban Minor(Minor Load) (kgf)

F1 = Beban Mayor(Major Load) (kgf)

F = Total beban (kgf)

e = Jarak antara kondisi 1 dan kondisi 3 yang dibagi dengan 0.002 mm

E = Jarak antara indentor saat diberi minor load dan *zero reference line* yang untuk tiap jenis indentor berbeda-beda yang bias dilihat pada table 1

HR = Besarnya nilai kekerasan dengan metode *hardness*

Tabel dibawah ini merupakan skala yang dipakai dalam pengujian Rockwell skala dan range uji dalam skala *Rockwell*.

Tabel 2.2 Rockwell Hardness Scales

Scale	Indentor	F0 (kgf)	F1 (kgf)	F (kgf)	E	Jenis Material Uji
A	Diamond cone	10	50	60	100	Extremely hard materials, tugsen carbides, dll
B	1/16" steel ball	10	90	100	130	Medium hard materials, low dan medium carbon steels, kuningan, perunggu, dll
C	Diamond cone	10	140	150	100	Hardened steels, hardened and tempered alloys
D	Diamond cone	10	90	100	100	Annealed kuningan dan tembaga
E	1/8" steel ball	10	90	100	130	Beryllium copper, phosphor bronze, dll

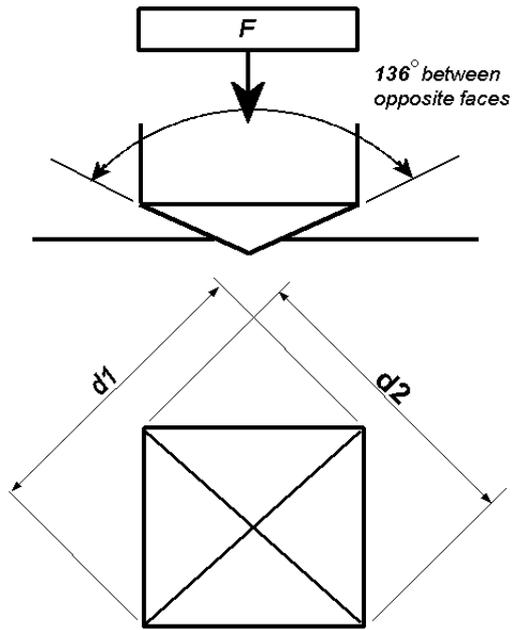
F	1/16" steel ball	10	50	60	130	Alumunium sheet
G	1/16" steel ball	10	140	150	130	Cast iron, alumunium alloys
H	1/8" steel ball	10	50	60	130	Plastik dan soft metals seperti timah
K	1/8" steel ball	10	140	150	130	Sama dengan H scale
L	1/4" steel ball	10	50	60	130	Sama dengan H scale
M	1/4" steel ball	10	90	100	130	Sama dengan H scale
P	1/4" steel ball	10	140	150	130	Sama dengan H scale
R	1/2" steel ball	10	50	60	130	Sama dengan H scale
S	1/2" steel ball	10	90	100	130	Sama dengan H scale
V	1/2" steel ball	10	140	150	130	Sama dengan H scale

3. Vickers (HV/VHN)

Pengujian kekerasan dengan metode Vickers bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam yaitu daya tahan material terhadap indentor intan yang cukup kecil dan mempunyai bentuk geometri berbentuk piramid seperti ditunjukkan pada gambar 3. Ada dua rentang kekuatan yang berbedayaitu micro (10g – 1000g) dan macro (1kg – 100kg). Standar uji Vickers antara lain :

- a. ASTM E 384 – Rentang micro (10g – 1000g)
- b. ASTM E 92 – Rentang macro (1kg – 100kg)
- c. ISO 6507 – Rentang micro dan macro

Rumus yang digunakan pada pengujian Vickers adalah :



Gambar 2.6 Pengujian Vickers

$$\text{HV} = \frac{1,854 F}{D^2}$$

Dimana :

VHN = Vickers Hardness Number

P = Beban yang diberikan (kgf)

D = Panjang diagonal rata-rata hasil indent

