

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Bagian ini menerangkan tentang perkembangan terkini tentang topik penelitian yaitu berupa hasil-hasil apa saja yang telah dicapai oleh penelitian sejenis, yang berasal dari jurnal ilmiah, makalah, laporan penelitian, maupun tesis.

Tabel 2.1 Kajian pustaka beberapa peneliti

Pengarang	Judul	Tahun	Kesimpulan
Bayu Viantoro	Pengaruh Kadar Garam Dapur (NaCl) Sebagai Media Pendingin Las Mig Terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Plat Baja ST. 41	2016	<p>Pengelasan <i>Gas Metal Arc welding</i> (GMAW) banyak digunakan dalam dunia industri salah satunya untuk pengelasan baja karbon rendah. Baja karbon rendah banyak digunakan antara lain untuk konstruksi jembatan, rangka kendaraan dan konstruksi bangunan. Daerah sambungan las memiliki kekuatan yang rendah dari pada logam induk. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh kadar garam dapur sebagai media pendingin terhadap kekuatan tarik sambungan las plat baja St. 41.</p> <p>Berdasarkan pengamatan sambungan plat baja yang dilas bersifat getas, sehingga memiliki kekuatan tarik yang rendah. Kekuatan tarik yang rendah tersebut diakibatkan oleh media pendingin yang digunakan. Metode dalam penelitian</p>

			<p>ini menggunakan metode penelitian kuantitatif. Desain penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimental yang dilakukan di laboratorium. Teknik analisis data pada penelitian dengan analisis deskriptif untuk hasil pengujian tarik. Bahan penelitian ini adalah baja karbon rendah St. 41 yang diberi perlakuan pengelasan dan pendinginan dengan media pendingin larutan garam dapur dengan kadar garam 15%, 25% dan 35%. Spesimen yang telah didinginkan kemudian dilakukan uji tarik kemudian di analisis. Peningkatan kadar garam pada media pendingin las menurunkan kekuatan tarik sambungan las. penurunan tersebut disebabkan oleh tegangan sisa yang terjadi selama pendinginan dan mengakibatkan retak dingin. Untuk mendapatkan nilai kekuatan tarik sambungan las yang optimal dapat menggunakan media pendingin garam dapur dengan kadar garam 15%.</p>
Budi Susila Darma	Pengaruh Media Pendinginan Terhadap Sifat Mekanik Hasil Pengelasan Material ST 37	2017	<p>Penelitian ini bertujuan untuk. Untuk mengetahui pengaruh media pendinginan udara terhadap sifat mekanik hasil pengelasan material ST 37. Dengan metode yang digunakan dalam penilitan ini adalah</p>

			<p>metode eksperimen dengan variabel bebas adalah media pendingin udara,air laut dan oli dan variabel terikatnya adalah kekuatan impact,kekerasan dan metalografi.</p> <p>Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan impact tertinggi pada media pendinginan oli dengan nilai impactnya 0,482 joule/mm!,dan untuk nilai kekerasan tertinggi pada media pendinginan udara dengan nilai kekerasannya 46,42 kg/mm!,dari hasil metalografi menunjukkan media pendinginan air laut mempunyai sifat yang keras dan getas karena di pengaruhi pendinginan yang cepat,sedangkan pada media pendinginan udara mempunyai sifat yang lunak dan kuat karena di pengaruhi pendinginan yang paling lambat dari media pendinginan oli.</p>
Sukamto	Pengaruh Media Pendingin Terhadap Hasil Pengelasan Tig Pada Baja Karbon Rendah	2009	<p>Elektroda tidak diumpankan, dapat menjangkau pada proses pengelasan yang luas dan mempunyai kemampuan yang tinggi untuk menyatukan logam serta dapat pula mengelas pada segala posisi pengelasan dengan kepadatan yang tinggi , daya busurnya tidak tergantung pada bahan tambah yang diperlukan. Pelaksanaan pengelasan dilakukan masing-masing 3 spesimen</p>

		<p>dengan pendinginan air laut, 3 spesimen untuk pendinginan air biasa dan 3 spesimen untuk pendinginan udara. Masingmasing specimen untuk pengujian tarik, pengujian kekerasan dan pengujian metalografi, dimana benda uji hasil pengelasan didinginkan menggunakan media pendingin air laut, air biasa dan udara bebas. Dari hasil pengujian tarik diketahui bahwa pada logam induk sebelum pengelasan mempunyai tegangan tarik sebesar 34,63 kg/mm². Pada benda uji setelah pengelasan menggunakan proses pendinginan air mempunyai tegangan tarik sebesar 20,25 kg/mm², dengan pendinginan udara mempunyai tegangan tarik 22,75 kg/mm² dan dengan pendinginan air laut mempunyai tegangan tarik 27,07 kg/mm². Kekerasan dengan pendinginan air laut mempunyai nilai lebih tinggi dibanding dengan pendinginan air dan udara. Pada uji metalografi benda uji dengan pendinginan air mempunyai struktur butir 35,2 mm²/mm³, benda uji dengan pendinginan udara mempunyai struktur butir 32 mm²/mm³, benda uji dengan pendinginan air laut mempunyai struktur butir 48 mm²/mm³.</p>
--	--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

2.2 Landasan Teori

Bagian ini menerangkan tentang teori-teori yang mendukung penelitian serta perhitungan-perhitungan yang diperlukan dalam penelitian ini.

2.2.1. Pengertian Las Listrik

Las busur listrik atau umumnya disebut dengan las listrik adalah suatu proses penyambungan logam dengan tenaga listrik sebagai sumber panas. Jenis sambungan dengan las listrik adalah merupakan sambungan tetap. Ada beberapa macam proses las yang dapat digolongkan kedalam proses las listrik antara lain yaitu:

- a. Las listrik dengan elektroda karbon, misalnya:
 - Las listrik dengan elektroda karbon tunggal
 - Las listrik dengan elektroda karbon ganda

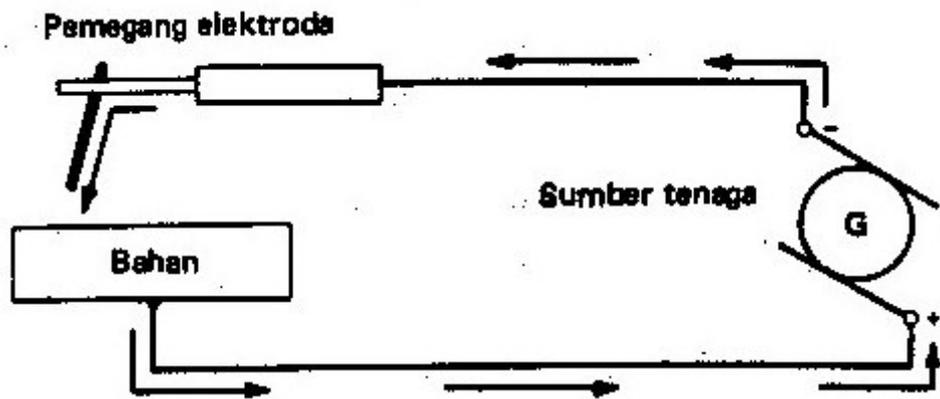
- b. Las listrik dengan elektroda logam, misalnya:
 - Las listrik dengan elektroda berselaput
 - Las listrik TIG (*Tungsten Inert Gas*)
 - Las listrik *submerged*

2.2.2. Prinsip-Prinsip Las Listrik

Pada dasarnya las listrik yang menggunakan elektroda karbon maupun logam menggunakan tenaga listrik sebagai sumber panas. Busur listrik yang terjadi antara ujung elektroda dan benda kerja yang dapat mencapai temperatur tinggi yang dapat melelehkan sebagian bahan yang akan dilas.

a. Las listrik dengan elektroda karbon

Busur listrik yang terjadi antara ujung elektroda karbon dengan logam akan memanaskan dan mencairkan logam yang akan dilas. Sebagai bahan tambah dapat dipakai elektroda dengan bahan fluksi atau elektroda yang berselaput fluksi.



Gambar 2.1 Las listrik dengan elektroda karbon

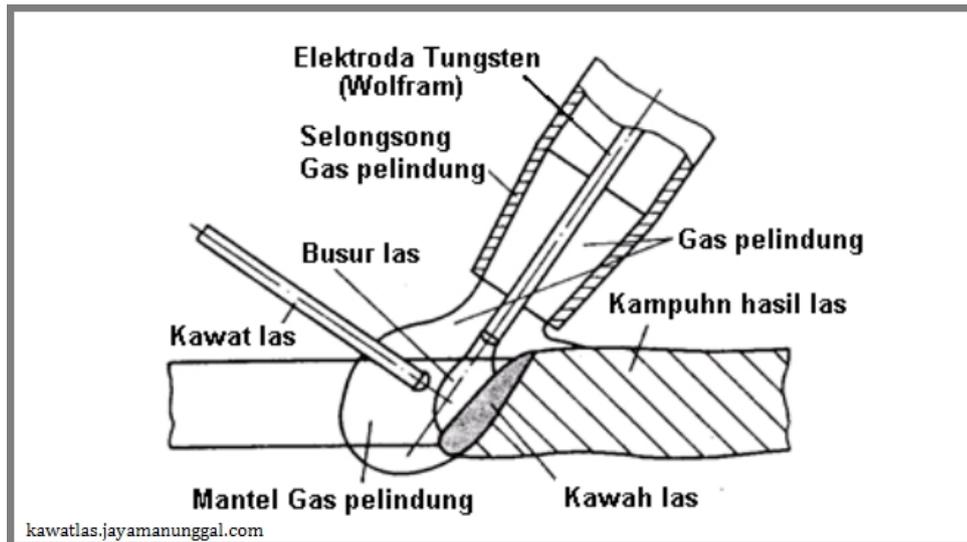
(Sumber: Aji, 2013)

b. Las listrik dengan elektroda berselaput

Las listrik ini menggunakan elektroda berselaput sebagai bahan tambahannya. Busur listrik yang terjadi diantara ujung elektroda dan bahan dasar akan mencairkan ujung elektroda dan sebagian bahan dasar. Selaput elektroda yang akan turut mencair dan menghasilkan gas yang melindungi ujung elektroda, kawat las, busur listrik, dan daerah las disekitar busur listrik terhadap pengaruh daerah luar. Cairan selaput elektroda yang membeku akan menutupi permukaan las yang juga berfungsi sebagai pelindung terhadap pengaruh luar.

Las *TIG* menggunakan elektroda wolfram yang bukan merupakan bahan tambah. Busur listrik yang terjadi antara ujung elektroda wolfram dan bahan dasar adalah sumber panas untuk pengelasan. Titik cair dari elektroda wolfram sedemikian tingginya sehingga tidak ikut mencair pada saat terjadi busur listrik. Tangkai las dilengkapi oleh nozel keramik untuk penyemburan gas pelindung yang melindungi daerah las dari pengaruh luar ada saat pengelasan.

Sebagai bahan tambah dipakai elektroda tanpa selaput yang digerakkan dan didekatkan ke busur listrik yang terjadi antara elektroda wolfram dengan bahan dasar. Sebagai gas pelindung dipakai argon, helium atau kedua campuran gas tersebut yang pemakaiannya tergantung dari jenis logam yang akan dilas. Tangkai las *TIG* biasanya didinginkan dengan air yang bersirkulasi.



Gambar 2.2 Las listrik dengan elektroda berselaput
(Sumber: Purnama, 2015)

2.2.3. Elektroda

Elektroda berselaput yang dipakai pada las busur listrik mempunyai perbedaan komposisi selaput maupun kawat inti. Pelapisan fluksi pada kawat ini dapat dengan cara destrusi, semprot ataupun celup. Ukuran diameter kawat inti dari 1,5 mm sampai 7 mm dengan panjang antara 350 mm sampai dengan 450 mm. Jenis-jenis selaput fluksi pada elektroda misalnya selulosa, kalsium karbonat (CaCO_3), titanium dioksida (rutil), kaolin, kalium oksida, mangan, oksida besi, serbuk besi, besi silikon, besi mangan, dan sebagainya dengan presentase yang berbeda-beda, untuk tiap jenis elektroda. Tebal selaput elektroda berkisar antara 10% sampai 50% dari diameter elektroda tergantung dari jenis selaput.



Gambar 2.3 Elektroda

Pada waktu pengelasan, selaput elektroda akan turun dan mencair dan menghasilkan gas CO_2 yang melindungi cairan las, busur listrik dan sebagian

benda kerja terhadap udara luar. Udara luar yang mengandung O₂ dan N akan dapat mempengaruhi sifat fisik dari logam las. Cairan selaput yang disebut terak akan terapung dan membeku melapisi permukaan las yang masih panas.

Pemilihan elektroda ini berdasarkan:

- Sifat dari bahan yang akan dilas
- Posisi pengelasan
- Tipe sambungan
- Jumlah pengelasan
- Kerapatan sambungan pengelasan
- Jenis arus yang tersedia

a. Klasifikasi elektroda

Elektroda baja lunak dan baja paduan rendah untuk las busur listrik menurut klasifikasi AWS (American Welding Society) dinyatakan dengan tanda E XXXX yang artinya sebagai berikut :

- E = elektroda untuk jenis las SMAW
- E70xx = dua digit pertama (angka 70) menunjukkan kekuatan tariknya dalam Ksi (kilopound-square-inch).
- Angka 60 berarti kekuatan tariknya 60 ksi, jika angkanya 70 berarti 70 ksi. Kalau dibaca dalam ukuran 'psi (pound square inch)' sama dengan 70000 psi, dimana 1 Ksi = 1000psi.
- Exx1x = digit ketiga (angka 1) adalah posisi pengelasan.
 kode angka 1 – untuk semua posisi
 kode angka 2 – untuk posisi flat dan horizontal
 kode angka 3 – hanya untuk posisi flat.
- Exxx2 = digit keempat (angka 2) menunjukkan:
 - jenis salutan
 - penetrasi busur
 - arus las
 - serbuk besi (%)

Contoh : **E7018**, artinya:

- Elektroda,

- kekuatan tarik 70000psi, atau setara dengan 49,21 Kg/mm².
- dapat digunakan semua posisi (datar, horisontal, vertikal dan overhead)
- penetrasi las sedang, daya AC/DC, kandungan selaputnya serbuk besi 25%-40%, hidrogen rendah.

b. Elektroda *low alloy steel*

Spesifikasi kawat las terbungkus untuk Low Alloy Steel diatur pada AWS A5.5. Dengan kode yang sama seperti elektroda mild steel diikuti dengan garis (dash) dan huruf serta angka sebagai unsur paduan, yaitu:

- A = ditambahkan unsur carbon molybdenum
- B = ditambahkan unsur chromium molybdenum
- C = ditambahkan unsur nickel steel
- D = ditambahkan unsur manganese molybdenum molybdenum
- G = ditambahkan unsur lainnya
- R akhir kode = mengindikasikan ketahanan terhadap serapan uap (moisture pickup) (80% humidity, 80°F, 9 jam).

c. Elektroda *Stainless Steel*

Spesifikasi kawat las terbungkus untuk Stainless Steel diatur dalam AWS A5.4. Tiga (3) digit pertama adalah nomor tipe AISI dari stainless steel. Kemudian diikuti dengan garis dan 2 angka. Contoh : E316-16, E308-16, E309-16 dan lain-lain.

Dua angka dibelakang mengandung arti:

- Angka 15 = lapisannya mengandung CaO, TiO₂ & arusnya DCRP.
- Angka 16 = lapisannya mengandung TiO & K₂O & arusnya DCRP atau AC.
- Angka 17 = lapisannya mengandung CaO, TiO₂ K₂O SiO₂ & arusnya DCRP atau AC.

2.2.4. Baja Karbon

Sesuai dengan karakter baja, maka pengelasan sering dilakukan terhadap baja karbon, dimana baja karbon ini dapat diklasifikasikan dalam berbagai cara.

a. Menurut komposisi kimianya:

1. Baja karbon (*carbon steel*), dibagi menjadi 3 yaitu:
 - Baja karbon rendah (*low carbon steel*), 0,05% - 0,30% C. Sifatnya mudah ditempa dan mudah pada proses permesinan.
 - 0,05% - 0,20% C, digunakan untuk bahan bangunan, perpipaan, rantai, skrup, dan pasak.
 - 0,20% - 0,30% C, digunakan untuk *gear, shaft, bolt*, jembatan, dan bahan bangunan.
 - Baja karbon menengah (*medium carbon steel*), 0,30% - 0,60% C. Sifatnya sulit untuk dibengkokkan, dilas, dipotong, dan kekuatannya lebih tinggi dari baja karbon rendah.
 - 0,30% - 0,40% C, digunakan untuk pembuatan *connecting rods, crank pin*, dan *axles*.
 - 0,40% - 0,50% C, digunakan untuk *crankshaft, rail*, dan *screwdrivers*.
 - 0,50% - 0,60% C, digunakan untuk pembuatan palu dan linggis.
 - Baja karbon tinggi (*high carbon steel*), 0,60 % - 1,50% C. Sifatnya sulit dibengkokkan, dilas, dan dipotong.
 - Digunakan untuk obeng, palu tempa, pisau, bor, alat-alat permesinan, dan gergaji besi.
2. Baja paduan (*alloy steel*), baja paduan menurut kadar karbonnya dibagi menjadi 3 yaitu:
 - *Low alloy steel*, jika elemen paduannya $\leq 2,5\%$
 - *Medium alloy steel*, jika elemen paduannya 2,5% - 10%
 - *High alloy steel*, jika elemen paduannya $> 10\%$

Baja paduan juga dibagi menjadi 2 golongan yaitu baja campuran khusus (*special alloy steel*) dan high speed steel.

➤ Baja paduan khusus (*special alloy steel*)

Baja jenis ini mengandung satu atau lebih logam-logam seperti nikel, chromium, mangan, tungsten, dan vanadium. Dengan menambahkan logam tersebut kedalam baja maka baja paduan tersebut akan berubah sifat-sifat mekanik dan kimianya seperti menjadi lebih kuat, keras, dan ulet bila dibandingkan dengan baja karbon (*carbon steel*)

➤ *High speed steel (HHS)*

Kandungan karbon: 0,70% - 1,50%. Disebut *high speed steel* karena alat potong tang dibuat dengan material tersebut dapat dioperasikan dengan kecepatan dua kali lebih cepat dibanding dengan *carbon steel*.

3. Baja paduan dengan sifat khusus

➤ Baja tahan karat (*Stainless steel*)

- Memiliki daya tahan yang baik terhadap panas, karat, dan gesekan.
- Tahan terhadap temperatur rendah maupun tinggi.
- Memiliki kekuatan besar dengan masa yang kecil.
- Keras, liat, densitasnya besar dan permukaannya tahan aus.
- Kuat dan dapat ditempa.
- Mudah dibersihkan.
- Mengkilap dan tampak menarik.

➤ *High Strength Low Alloy Steel (HSLA)*

Sifat dari *HSLA* adalah *tensile strength* yang tinggi, anti bocor, tahan terhadap abrasi, mudah dibentuk, tahan terhadap korosi, ulet, sifat mampu mesin yang baik dan sifat mampu las yang tinggi. Untuk mendapatkan sifat-sifat tersebut baja ini diproses dengan menambahkan unsur-unsur seperti: Tembaga (Cu), Nikel (Ni), Chromium (Cr), dan Vanadium (Va).

2.2.5. Media Pendingin

Dalam proses pengelasan dibutuhkan media pendingin untuk mendapatkan hasil pengelasan yang diinginkan dalam sifat mekaniknya, media pendingin yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

➤ Air Garam

Menurut Daryanto (2006:80) untuk mendapatkan pendinginan yang cepat digunakan larutan garam atau soda api yang dimasukkan kedalam air, dan pendinginan yang sangat lambat digunakan hembusan udara. Penggunaan garam dapur atau natrium klorida (NaCl) dikarenakan senyawa garam dapur terbentuk dari unsur golongan IA dan VIIA sehingga NaCl yang dihasilkan mempunyai ikatan ionik yang kuat dan mudah larut dalam air.

Kamenichny (1965:82) menyatakan bahwa air yang digunakan sebagai media pendingin dapat menurunkan suhu dengan cepat yaitu 600°C/s pada suhu 18°C , sedangkan garam dapur jika larut dalam air mampu meningkatkan laju pendinginan yaitu 1100°C/s pada suhu 18°C .

➤ Coolant

Radiator coolant (RC) pada setiap jenisnya memiliki karakteristik yang berbeda, demikian juga dengan kelebihan dan kekurangannya masing-masing tergantung pada banyaknya campuran zat yang terkandung di dalamnya, Pada umumnya *radiator coolant* (RC) memiliki kandungan air murni, *Etilen glikol* dan anti-karat. *Etilen glikol* menjadi unsur terpenting di dalamnya. Karena fungsinya digunakan sebagai pendingin. Senyawa ini tak berwarna dan tak berbau serta berasa manis.

➤ Oli Bekas

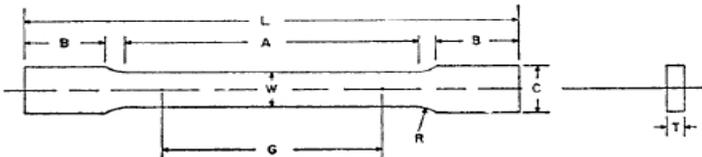
Oli memiliki nilai viskositas atau kekentalan yang tertinggi dibandingkan dengan media pendingin lainnya dan massa jenis yang rendah sehingga laju pendinginannya lambat. Angka di belakang huruf SAE inilah yang menunjukkan tingkat kekentalannya (viskositas).

Semakin tinggi angkanya, semakin kental pelumas tersebut. Penulisan angka viskositas misalnya SAE 10W-40 artinya standar oliya SAE 10 pada suhu 10°C standar sampai SAE 40 pada suhu 100°C. Angka ini berdasarkan pada angka yang ditentukan oleh *Society Automotive Engineers* (Organisasi Insinyur) di Amerika Serikat.

2.2.6. Pengujian Tarik

a. Spesimen uji tarik

 E8/E8M - 09



	Dimensions		
	Standard Specimens		Subsize Specimen
	Plate-Type, 40 mm [1.500 in.] Wide	Sheet-Type, 12.5 mm [0.500 in.] Wide	6 mm [0.250 in.] Wide
	mm [in.]	mm [in.]	mm [in.]
G—Gage length (Note 1 and Note 2)	200.0 ± 0.2 [8.00 ± 0.01]	50.0 ± 0.1 [2.000 ± 0.005]	25.0 ± 0.1 [1.000 ± 0.003]
W—Width (Note 3 and Note 4)	40.0 ± 2.0 [1.500 ± 0.125, -0.250]	12.5 ± 0.2 [0.500 ± 0.010]	6.0 ± 0.1 [0.250 ± 0.005]
T—Thickness (Note 5)		thickness of material	
R—Radius of fillet, min (Note 6)	25 [1]	12.5 [0.500]	6 [0.250]
L—Overall length, min (Note 2, Note 7, and Note 8)	450 [18]	200 [8]	100 [4]
A—Length of reduced section, min	225 [9]	57 [2.25]	32 [1.25]
B—Length of grip section, min (Note 9)	75 [3]	50 [2]	30 [1.25]
C—Width of grip section, approximate (Note 4 and Note 9)	50 [2]	20 [0.750]	10 [0.375]

Gambar 2.4 Spesimen uji tarik

(Sumber: ASTM E8/E8M-09, 2010)

Standar spesimen uji tarik yang digunakan untuk pengujian ini menggunakan standar *ASTM*.

b. Regangan

Regangan adalah perbandingan antara pertambahan panjang dengan panjang batang mula – mula.

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

Keterangan : $\Delta L = L_u - L_o$
 $L_u =$ Panjang sesudah putus
 $L_o =$ Panjang mula-mula

Jika batang uji putusnya tidak ditengah-tengah antara dua titik ukuran dari jarak patahnya kurang dari sepertiga panjangnya terhadap salah satu titik, maka penentuan regangannya sebagai berikut:

Sebelum batang uji dites, panjang L_o dibagi menjadi 10 bagian yang sama ($N = 10$) jika $n =$ jumlah bagian A-B, dimana A adalah titik yang diambil dari bagian putus terpendek.

c. Elastisitas

Jika batang ditarik dan mengalami Regangan, tetapi bila beban tariknya dihilangkan batang kembali ke dimensi semula, maka hal ini dikatakan Elastis. Dalam Diagram Tegangan – Regangan, sifat Elastisitas suatu bahan terjadi sampai batas Proporsional dimana Hukum Hooke masih berlaku.

d. Modulus Elastisitas (Young)

Dalam menentukan hubungan antara beban dan Regangan, penampang batang harus diketahui dengan demikian Tegangan yang dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

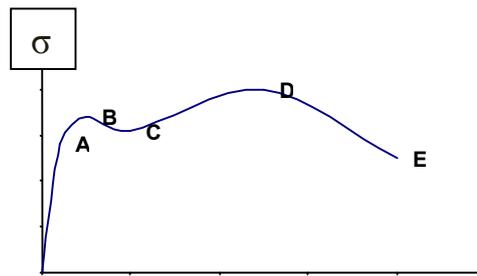
Dimana, F = Beban (Kgf)

A = Luas Penampang (mm^2)

Perbandingan antara tegangan dan regangan elastis disebut *Modulus Elastisitas*.

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \dots (N/mm^2)$$

Modulus elastisitas suatu bahan sangat penting bagi ahli teknik dalam merencanakan suatu konstruksi.



Keterangan :

- A = Batas Elastisitas
- B = Batas Lumer Atas
- C = Batas Lumer Bawah
- D = Tegangan Maksimum
- E = Tegangan Patah

e. Batas Proporsional dan Batas Elastis

Sampai pada suatu titik yang disebut batas Proporsionalitas, Tegangan sebanding dengan Regangan, maka Grafiknya menunjukkan garis lurus. Jika sampai pada batas Elastis Tegangan tidak lagi sebanding dengan Regangan. Jika beban dihilangkan maka panjang batang akan kembali seperti semula.

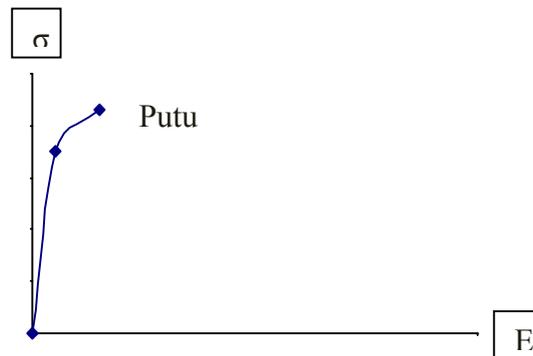
f. Batas Lumer

Jika beban yang bekerja pada batang uji diteruskan sampai diluar batas Elastisitas, maka akan terjadi secara tiba-tiba perpanjangan dari batang uji yang permanen. Hal ini disebut Yield Point (batas lumer), dimana Regangan meningkat sekalipun tidak ada peningkatan Tegangan (hanya terjadi pada material lunak).

g. *Yield Strength / Proof Stress*

Untuk beberapa Logam Paduan Non Ferro dan baja – baja keras, Yield Point sukar untuk dideteksi begitu pula batas limitnya. Oleh karena itu dinyatakan perpanjangan Non Proporsional. Misalnya :

0,2 %. Didalam Ilmu bahan metode/cara ini dinamakan “Metode Offset”.



h. *Ultimate Tensile Strength (Tegangan Tarik)*

Tegangan nominal maksimum yang mampu ditahan oleh benda uji sebelum patah disebut tegangan tarik, yaitu merupakan perbandingan antara beban maksimum yang dicapai selama percobaan tarik dan penampang mula-mula.

$$\sigma_t = \frac{F_{max}}{A}$$

Dimana :

σ_t = Tegangan tarik bahan (N/mm^2)

F_{max} = Beban Maksimum (N)

A = Luas Penampang (mm^2)

i. *Konstraksi/Reduksi (Pengecilan Penampang)*

Konstraksi adalah pengecilan penampang akibat adanya beban tarik dan biasanya dinyatakan dalam Presentase.

$$C = \frac{A_0 - A_u}{A_0} \times 100\%$$

Dimana :

A_0 = Luas penampang mula-mula

A_u = Luas penampang sesudah putus

2.2.7. Pengujian Kekerasan

Untuk mengetahui kekerasan suatu material, kita dapat melakukan pengujian kekerasan. Pengujian kekerasan adalah satu dari sekian banyak pengujian yang dipakai, karena dapat dilaksanakan pada benda uji yang kecil.

Pengujian kekerasan memiliki metode yang beragam, yang banyak digunakan diantaranya pengujian kekerasan Brinell, Rockwell dan Vickers.

Pengujian kekerasan Brinell merupakan pengujian standar secara industri, tetapi karena penekannya dibuat dari bola baja yang berukuran besar dengan beban besar, maka bahan lunak atau keras tidak dapat diukur kekerasannya. Pengujian kekerasan Rockwell cocok untuk semua material yang keras dan lunak, penggunaannya sederhana dan penekanannya dapat dengan leluasa.

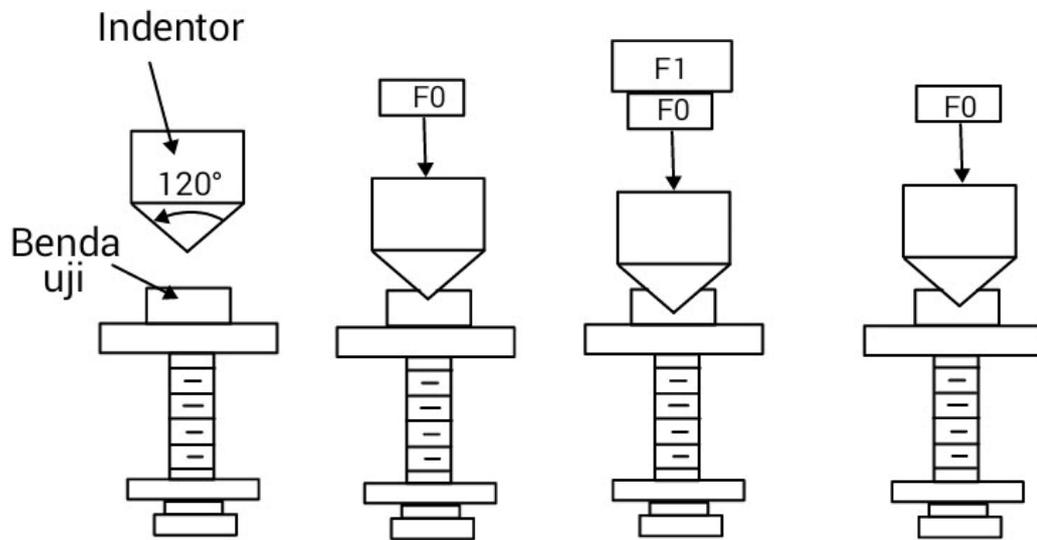
Metode pengujian Rockwell dikembangkan oleh Mr. Rockwell pada tahun 1931. Karena kemudahan dan pelaksanaannya metode ini paling dikenal dalam dunia industri. Metode Rockwell menggunakan dalamnya bekas penekanan sebagai ukuran kekerasan material. Metode ini menggunakan indenter intan kerucut dengan sudut 120° atau bola baja yang dikeraskan.

a. Pengujian Kekerasan Bahan dengan Metode Rockwell

Pengujian kekerasan Rockwell merupakan salah satu pengujian kekerasan bahan yang banyak digunakan, hal ini dikarenakan pengujian kekerasan Rockwell yang : sederhana, cepat, tidak memerlukan mikroskop untuk mengukur jejak, dan relatif tidak merusak.

Pengujian kekerasan Rockwell dilaksanakan dengan cara menekan permukaan spesimen (benda uji) dengan suatu indenter. Penekanan indenter ke dalam benda uji dilakukan dengan menerapkan beban pendahuluan (beban minor),

kemudian ditambah dengan beban utama (beban mayor), lalu beban utama dilepaskan sedangkan beban minor masih dipertahankan.



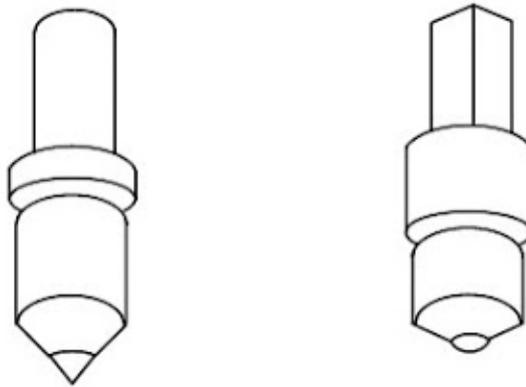
Gambar 2.5 Pengujian kekerasan *Rockwell*

(Sumber: Elkan, 2017)

Besarnya beban minor ini adalah 10 kgf sedangkan besarnya beban utama biasanya adalah 50 kgf, 90 kgf, atau 140 kgf. Penerapan beban minor pada hakekatnya dimaksudkan untuk membantu mendudukan indenter di dalam benda uji (spesimen) dan menghilangkan pengaruh dari penyimpangan permukaan sehingga menciptakan permukaan spesimen yang siap untuk menerima beban utama. Dengan demikian permukaan benda uji tidak perlu dibuat dengan sehalus dan selicin mungkin.

b. Indentor

Ada dua jenis indenter yang digunakan pada pengujian kekerasan Rockwell, yaitu intan berbentuk kerucut yang memiliki sudut puncak 120° di mana bagian ujungnya sedikit dibulatkan dengan jari-jari 0,2 mm dan indenter bola yang terbuat dari baja yang dikeraskan atau dari tungsten karbida yang memiliki diameter $1/16''$, $1/8''$, $1/4''$, dan diameter $1/2''$. Indentor kerucut intan sering disebut juga sebagai 'Brale'.



Gambar 2.6 Indentor intan dan indentor bola

(Sumber: Elkan, 2017)

Indentor kerucut intan pada umumnya digunakan untuk menguji material-material yang keras. Sementara indentor bola baja sering digunakan untuk menguji kekerasan material-material yang lebih lunak.

c. Perhitungan *Rockwell*

Berbeda dengan pengujian kekerasan Brinell dan Vickers yang mengukur luas dari jejak, pada pengujian kekerasan Rockwell yang diukur adalah kedalaman jejak hasil penetrasi indentor. Dalam hal ini, seberapa jauh indentor bergerak turun secara vertikal ketika melakukan penetrasi.

Skala pada jam ukur (dial gage) mesin Rockwell terdiri dari 100 pembagian, masing-masing pembagian sama dengan kedalaman penetrasi sejauh 0,002 mm. Pada pengujian kekerasan bahan dengan metode Rockwell, kedalaman penetrasi permanen yang dihasilkan dari penerapan dan pelepasan beban utama dipakai untuk menentukan angka kekerasan Rockwell, sebagai berikut,

$$HR = E - e$$

Di mana,

E = konstanta dengan nilai 100 untuk indentor intan dan 130 untuk indentor bola.

e = kedalaman penetrasi permanen karena beban utama (F1) diukur dengan satuan 0,002 mm. Jadi, $e = h/0,002$

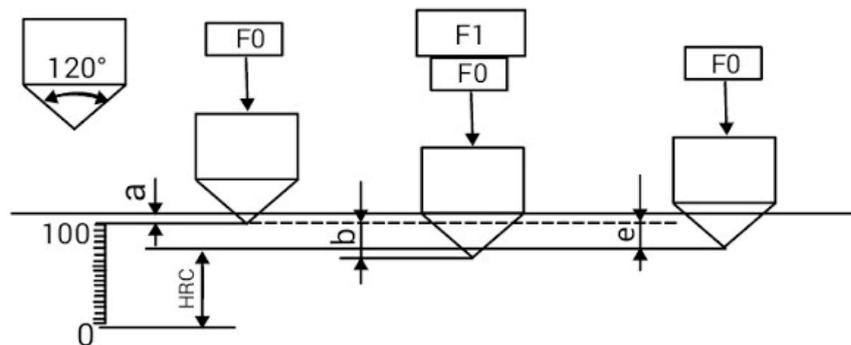
Misalnya pada pengujian digunakan indenter intan dengan kedalaman penetrasi (h) = 0,082 mm, maka angka kekerasan Rockwell adalah :

$$\begin{aligned} \text{HR} &= 100 - (0,082 : 0,002) \\ &= 100 - 41 = 59 \text{ HR} \end{aligned}$$

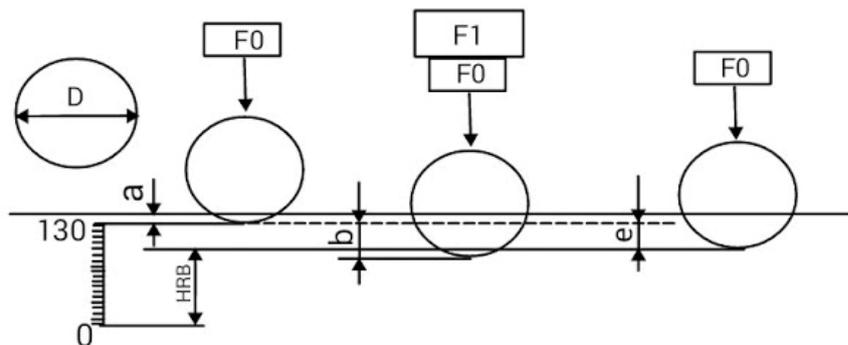
Untuk kedalaman penetrasi yang sama jika digunakan indenter bola menjadi,

$$\begin{aligned} \text{HR} &= 130 - (0,082 : 0,002) \\ &= 130 - 41 = 89 \text{ HR} \end{aligned}$$

Di dalam prakteknya angka kekerasan Rockwell dapat dibaca langsung pada jam ukur (dial gage), atau ditampilkan pada layar jika menggunakan mesin pengujian kekerasan Rockwell digital.



Pengujian kekerasan Rockwell dengan indenter kerucut intan



Pengujian kekerasan Rockwell dengan indenter bola

Gambar 2.7 Pengujian kekerasan *rockwell* dengan indenter intan dan bola

(Sumber: Elkan, 2017)

Keterangan :

F0 = beban pendahuluan (beban minor)

F1 = beban utama (beban mayor)

a = kedalaman penetrasi oleh beban minor

b = kedalaman penetrasi oleh beban total (F0 + F1)

e = kedalaman penetrasi setelah beban utama dilepaskan

Cara penulisan nilai kekerasan Rockwell adalah dengan menulis angka kekerasannya lalu diikuti dengan huruf HR yang artinya *kekerasan Rockwell* (Hardness Rockwell) dan pembubuhan nama skala yang digunakan dalam pengujian, seperti HRA untuk penggunaan skala A, HRB untuk penggunaan skala B dan seterusnya. Sebagai contoh, 32 HRC artinya '32' merupakan angka kekerasan Rockwell dan 'HRC' artinya pengujian dilaksanakan pada skala C dari pengujian kekerasan Rockwell. Semakin tinggi angka pada setiap skala berarti semakin keras material yang diuji.



Gambar 2.8 Alat uji kekerasan Rockwell