

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Dalam suatu penelitian di butuhkan penelitian sebelumnya.untuk di jadikan masukkan.berikut ini merupakan beberapa penelitian yang terdahulu antara lain.

Soleh, A.A dkk (2000), ditemukan dalam analisa sebelunya yang mengenai ‘Analisa pengaruh kuat arus terhadap, struktur mikro,kekerasan,kekuatan tarik,pada baja karbon rendah dengan las SMAW menggunakan elektroda E 7016.

Tujuan dari penelitian ini merupakan untuk mengetahui struktur mikro,kekerasan dan kekuatan tarik plat baja ST 41 ketebalan 10 mm yang dibuat kampuh V dan dilas dengan arus 100 A.120 A dan 140 A dengan las SMAW menggunakan elektroda E 7016. Hasil pengamatan mikro memperlihatkan struktur ferit dan perlit pada logam induk. Sedangkan pengamatan mikro pada daerah las dan HAZ memperlihatkan bahwa penambahan arus pengelasan terlihat pada perubahan struktur mikro terutama terjadi pada daerah HAZ dan daerah lasan.dan terbentuknya butir yang besar pada pada daerah HAZ menjadikan daerah ini memiliki kekerasan yang lebih rendah dibandingkan dengan daerah las. Struktur mikro daerah las terdiri dari struktur widmanstatten yang kasar dan daerah las merupakan daerah yang paling keras dan getas. Hasil pengujian tarik ini menunjukkan daerah putus terjadi pada daerah HAZ semakin tinggi temperatur kekuatan tarik semakin besar.

Syahrani dkk (2018), ditemukan dalam analisa sebelunya yang mengenai ‘analisa kekuatan tarik,kekerasan,dan struktur mikro pada pengelasan *stainless steel* 312 dengan variasi arus listrik’bisa di tarik kesimpulan dalam hasil pengujian tarik ini pada pengelasan arus sebesar 110 A yang mempunyai nilai tertinggi adalah 665,084 Mpa dan terendah 639,680 Mpa,dan pada regangan tarik hasil nilai tertinggi pada pengelasan arus 110 A yaitu 32,72 % dan terendah 30,88 %,dan pada modulus elastis pada pengelasan arus 70 A memiliki nilai tertinggi yaitu 7282,47 Mpa dan terendah pada arus pengelasan 110 A yaitu 6719,57 Mpa, sedangkan pada pengujian kekerasan terdapat nilai tertinggi pada arus 110 A sebesar 221,92 kg/mm²

yang terdapat di daerah logam las, sedangkan pada pengujian struktur mikro daerah HAZ mengalami kenaikan butir yang meningkat dengan kenaikan heat input dan juga terdapat endapan kabida chrom yang lebih sedikit di bandingkan dengan arus yang rendah

Joko santoso (2006), ditemukan dalam analisa sebelumnya yang mengenai 'Pengaruh arus pengelasan terhadap kekekuatan tarik dan ketangguhan las SMAW elektroda E 7018' Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh arus pengelasan terhadap kekuatan tarik, ketangguhan, kekerasan, dan struktu mikro las dengan elektroda E 7018. Penelitian ini menggunakan bahan baja paduan rendah yang mengandung kadar C=0,098% SI=0,228% Mn=1,489% S=0,007% P=0,014% Ni=0,151% Nb=0,06 Cr=0,085% V=0,05% W=0,05% Ti=0,01%. Bahan diberi perlakuan pengelasan dengan variasi arus 100 A 130 A dan 160 A dengan menggunakan las SMAW DC polaritas terbalik dengan elektroda E 7018 diameter 3,2 mm. DC polaritas terbalik ialah pemegan elektroda dihubungkan dengan kutub positif dan logam induk dihubungkan dengan kutub negatif. Jenis kampuh yang digunakan adalah kampuh V sudut 70°. Spesimen dilakukan pengujian tarik, ketaangguhan, kekerasan dan foto mikro.

Suherman dkk (2019), ditemukan dalam analisa sebelumnya yang mengenai 'Pengaruh kuat arus terhadap sifat mekanis dan struktur mikro sambungan las SMAW baja SA 516 GR.70' Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh arus pengelasan terhadap kekuatan tarik, ketangguhan, kekerasan dan struktur mikro las SMAW DC polaritas terbalik dengan elektroda E 7016 pada baja SA 516 G.70. Pengelasan dilakukan dengan variasi arus 100 A.130 A. dan 160 A dengan menggunakan las SMAW DC polaritas terbalik dengan diamater elektroda 3.2 mm. DC polaritas terbalik yaitu pemegang elektroda dihubungkan dengan kutub positif dan logam induk dihubungkan dengan kutub negatif. Jenis kampuh yang digunakan adala kampuh V dengan sudut 70°. Pada penelitian ini tegangan yang digunakan 24 volt dan kecepatan pengelasan 80-220 mm/menit. ketangguhan daerah las diuji dengan uji impak metode charpy dan pengujian kekerasan dilakukan dengan metode vickers, uji tarik dilakukan menggunakan servo pulser. sedangkan pengamatan struktur mikro menggunakan mikroskop optik. hasil penelitian ini

menunjukkan bahwa nilai ketangguhan dan kekuatan tarik las di capai pada logam las dengan kuat arus 100 A yaitu masing-masing sebesar 74 Joule dan 550 Mpa. Mikrostruktur pada daerah las didominasi oleh struktur *acicular ferrite*

Santoso dkk (2011), ditemukan dalam analisa sebelumnya yang mengenai'' Pengaruh kuat arus listrik pengelasan terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro las SMAW dengan elektroda E 7016'' Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana sifat mekanik dan struktur mikro serta hubungan keduanya dari hasil pengelasan SMAW dengan variasi kuat arus yang berbeda-beda pengelasan ini menggunakan jenis elektroda E 7116. Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental dan jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif. Untuk memperoleh hasil analisis deskriptif. Nilai dari hasil uji kekuatan tarik setiap kelompok di rata-rata kemudian di bandingkan dengan nilai rata-rata uji. setiap variasi kuat arus di ambil 1 spesimen stuktur mikro pada HAZ. logam las dan logam induk. objek penelitian pengelasan yang di pakai adalah baja karbon rendah. Spesimen pengujian kekuatan tarik mengacu pada Standar ASTM E8/E8M-09. Hasil penelitian ini diperoleh kekuatan tarik sambungan las raw material 36,711 kgf/mm². Nilai kekuatan tarik dengan kuat arus pengelasan 100 A mengalami penurunan yaitu 31,863 kgf/mm². Sedangkan dengan kuat arus pengelasan 125 A mengalami peningkatan 40,827 kgf/mm². Pada kuat arus pengelasan 150 A mengalami kenaikan 48,503 kgf/mm². Struktur mikro logam induk terdiri dari perlit dan ferrit. Struktur mikro daerah HAZ dan logam las dengan kuat arus pengelasan 150 A terdiri dari bainit dan *widmanstatten ferrite*. Struktur mikro daerah HAZ dan logam las dengan kuat arus pengelasan 100 A, 125 A terdiri dari austenit sisa dan *widmanstatten ferrite*.

2.2 Pengelasan (*Welding*)

2.2.1 Sejarah perkembangan pengelasan

Menurut para ahli pengelasan dalam bentuk sederhana telah dikenal dan digunakan sejak beberapa ribu tahun yang lalu. Para ahli sejarah memperkirakan bahwa orang mesir kuno mulai menggunakan pengelasan pada tahun 5500 sebelum masehi (SM) untuk membuat pipa dan tembaga dengan memalu lembaran yang

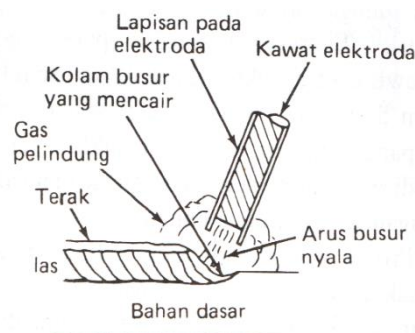
tepinnya sebelum menutupi, winterton menyebutkan bahwa benda seni orang mesir yang di buat pada tahun 3000 SM terdiri dari bahan dasar tembaga dan emas hasil peleburan dan pemukulan. Jenis pengelasan ini disebut jenis pengelasan tempa (*forge welding*) contoh pengelasan tempa kuno yang terkenal adalah pedang damascus yang dibikin dengan menempa lapisan-lapisan besi yang berbeda jenisnya (Salmon dan Jhonson, 1997a).

2.2.2 Proses dasar pengelasan

Pengelasan merupakan teknik sambungan logam dengan cara memanaskan dan mencairkan sebuah logam induk dengan tekanan atau tanpa tekanan. pengelasan atau *welding* di definisikan oleh DIN (*Deutsche Industrie normen*) merupakan pada sambungan logam yang di laksanakan dalam panas dan shingga menjadi lumer atau mencair. dengan kata lain, pengelasan adalah suatu teknik penyambungan logam menjadi satu akibat perlakuan panas, mengelas adalah suatu aktifitas penyambungan bagian dua benda atau bisa lebih dengan cara di panaskan atau menekan gabungan dari 2 benda tersebut sehingga menyatuh menjadi seperti benda sebelumnya. penyambungan bisa menggunakan bahan tambah dari (*filler metal*) yang sama atau berbeda. kebutuhan las yang semakin meningkat berbeda lurus dengan perkembangan pada pengelasan ini, contohnya pada metode pengelasan, metode pengelasan yang ada jaman sekarang ini sudah mengalami perkembangan (Alif, 1989).

2.3 SMAW (Las Shielded Metal Arc Welding)

Pengelasan busur nyala logam terlindung (*Shield Metal Arc Welding*) merupakan salah satu jenis yang paling sederhana dan paling canggih untuk pengelasan baja struktural. Prose pengelasan SMAW sering di sebut proses elektroda tingkat manual. Pemanasan dilakukan dengan busur listrik nyala antara elektroda yang dilapis dan bahan akan disambung. (Salmon dan Jhonson., 1997b)



Gambar 2.1 Pengelasan busur nyala logam (SMAW)
(Sumber: Wiryosumarto, 2000)

2.4 Elektroda (kawat las)

Pengelasan dengan menggunakan las busur ini memerlukan kawat las yang terdiri dari satu inti yang terbuat dari logam yang dilapisi dari campuran kimia. Fungsi dari kedua bagian ini yang berselaput (*fluks*) dan tidak berselaput merupakan untuk menjepitkan tang las. Untuk fungsi dari *fluks* itu sendiri yaitu untuk melindungi logam cair dari lingkungan udara, yang menghasilkan gas pelindung dan menstabilkan busur

Bahan *fluks* itu sendiri untuk jenis elektroda E 7016 yaitu serbuk besi dan hidrogen rendah. Jenis ini kadang juga di sebut jenis kapur. Dan jenis ini menghasilkan kadar hidrogen rendah sehingga kepekaan sambungan terhadap retak sangat kecil/rendah, untuk ketangguhannya sangat memuaskan.

Pengolongan elektroda diatur berdasarkan standar system AWS (*American welding society*) dan ASTM (*American Society Testing Material*). Elektroda jenis E 7018 merupakan salah satu jenis elektroda yang mempunyai spesifikasi tertentu. dalam penelitian ini yang di maksud dengan elektroda E 7016 menurut Putri (2010a) yaitu:

- E : Elektroda las listrik
- 70 : Tegangan tarik minimum dari hasil pengelasan ialah (70.000 Psi) atau sama dengan 492 Mpa
- 1 : Angka 1 disini artinya dapat digunakan dalam semua posisi pengelasan
- 6 : menunjukkan jenis selaput serbuk besi hidrogen rendah dan interval arus lasa yang cocok pada pengelasan

2.5 Arus Listrik

Arus listrik pengelasan adalah besarnya aliran atau arus listrik yang keluar dari mesin las itu sendiri. Besar kecilnya arus pengelasan itu dapat diatur dengan alat yang ada pada mesin las. Arus las harus disesuaikan dengan jenis bahan dan diameter elektroda yang digunakan pada proses pengelasan. Sedangkan penggunaan arus yang terlalu kecil dapat mengakibatkan penembusan atau penetrasi las yang kecil, sedangkan arus yang besar akan mengakibatkan terbentuknya manik las yang terlalu lebar dan deformasi dalam pengelasan itu sendiri. (Putri 2010b).

Tabel 2.1 Spesifikasi arus menurut tipe elektroda dan diameter elektroda

Diameter elektroda (mm)	Arus amper
2,4	70-100
3,2	90-165
4,0	150-220
4,8	200-275
5,6	260-340

(Sumber: Azwinur, dkk, 2020)

2.6 Baja karbon rendah

Baja karbon rendah merupakan salah satu jenis yang banyak dengan unsur karbon sebagai salah satu dasar campurannya. Di samping itu baja juga mengandung unsur-unsur lainnya seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), mangan (Mn), Sifat baja ini pada umumnya sangat dipengaruhi oleh perlakuan panas dan komposisi baja. Berdasarkan kandungan karbon baja di bagi menjadi 3 macam jenis baja yaitu:

1. baja karbon rendah (*low karbon steel*) mengandung karbon dalam campuran baja karbon kurang dari 0,3%. Baja ini merupakan baja yang keras karena kandungan karbonnya yang rendah kurang dari 0,3%C. Baja karbon rendah tidak dapat dikeraskan karena kandungan karbonnya tidak cukup untuk membentuk struktur martensit (Amanto, 1999a)

2. baja karbon menengah atau disebut baja karbon sedang baja ini mengandung karbon sebesar 0,3%C sampai dengan 0,6%C (*medium carbon steel*) dengan kandungan karbonnya dapat kemungkinan baja ini dapat dikeraskan sebagian dengan perlakuan panas(*heat treatment*) yang sesuai. Baja karbon sedang ini lebih keras dan lebih kuat dibandingkan dengan baja karbon rendah (Amanto, 1999b)
3. baja karbon tinggi baja ini mengandung 0,6%C-1,5%C dan memiliki kekerasan tinggi namun keuletannya lebih rendah, dan hampir tidak dapat diketahui jarak tegangan lumernya terhadap tegangan proporsional pada grafik tegangan dan regangan. Berkebalikan dengan baja karbon rendah, Pengerasan dengan perlakuan panas pada baja karbon tinggi tidak dapat memberikan hasil yang optimal dikarenakan terlalu banyak martensit sehingga membuat menjadi getas (Amanto, 1999c)

Sebutan baja karbon ini berlaku pada untuk baja yang mengandung unsur bukan besi dengan persentase maksimum sebagai berikut: (a). karbon 1,7, (b) mangan, 1,65, (c) silikon, 0,60, dan (d) tembaga, 0,60. karbon dan mangan adalah unsur utama untuk menaikkan kekuatan besi murni. baja seperti A36 ini mengandung karbon maksimum yang berkisar antara 0,25% dan 0,29% Tergantung pada tebalnya. Dan pengelasan yang ekonomis dan memadai pada baja ini dengan tanpa pemanasan awal, dan pemanasan akhir, atau elektroda las khusus umum hanya dapat dicapai bila kandungan karbonnya tidak lebih dari 0,30% (Salmon dan Jhonson, 1997c).

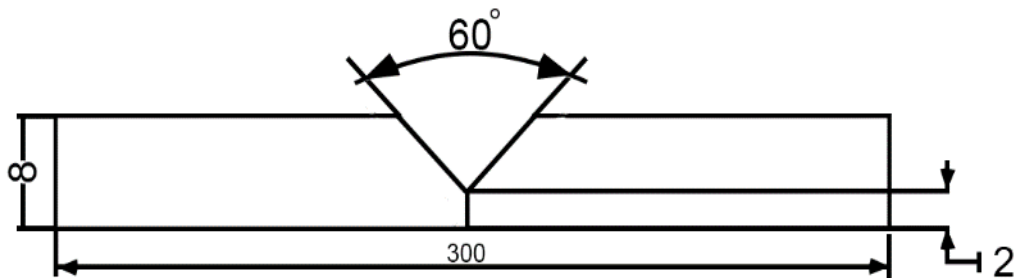
Tabel 2.2 Spesifikasi Baja ASTM A36

Identifikasi ASTM	F_y Tegangan leleh (N/mm ²)	Mpa	F_u Kekuatan tarik (N/mm ²)	Mpa	Ketebalan maksimu m untuk plat (inci)	Kelom pok A6 Untuk profil	Pemakaian yang umum
A36	220,632	220	399,896	400-500	Lebih	-	Untuk segala macam struktur dibaut atau di las,
	248,211	250	-551,581	400-500	dari 8 Sampai 8	Semua	

(Sumber: Salmon dan Jhonson, 1977)

2.7 Kampuh V

Sambungan kampuh V dipergunakan untuk menyambung 2 buah material dengan ketebalan 6-10 mm. dengan sudut kampuh terdiri dari sambungan kampuh V terbuka dan tertutup. Dengan sudut 60° - 70° jarak akar 2 mm, tinggi akar 1-2 mm (Sonawan, 2004)



Gambar 2.2 Sudut kampuh V

2.8 Pengujian Komposisi

Pengujian komposisi adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui kadar unsur-unsur yang terkandung dalam bahan. pada baja unsur yang berpengaruh dalam penguatan baja adalah karbon. dan unsur lain yang juga berpengaruh adalah:

Tabel 2.3 Pengertian unsur-unsur

Nama unsur	Sifat
Silikon (S)	Bersifat Menurunkan keuletan pada retak
Molibden (mo), tungsten (w)	Bersifat mengendalikan kegetasan pada perlakuan temper
P, Mo dan V (vanadium)	Membawa sifat penurunan keuletan pada baja
Nickel (Ni) dan Mangan (Mn)	Bersifat memperbaiki keuletan baja, Mn juga bersifat mengikat karbida sehingga perlit dan ferlit menjadi halus

Proses pengujian komposisi ini dapat dilakukan untuk menentukan jenis bahan yang digunakan dengan melihat persentase unsur yang ada

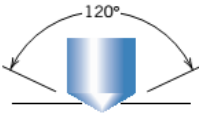



2.9 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan ini adalah kemampuan suatu bahan terhadap penetrasi atau abrasi. Kekerasan suatu bahan boleh jadi merupakan sifat mekanik yang paling penting, karena pengujian sifat ini dapat digunakan untuk menguji suatu material, selain itu dapat digunakan untuk mengetahui sifat-sifat mekanik yang lainnya. Ada beberapa metode pengujian kekerasan material antara lain adalah: Metode pengujian *brinell*, Metode pengujian *rockwell*, dan Metode pengujian *vickers*.

Pengujian kekerasan Rockwell cocok untuk semua material yang keras dan lunak, penggunaannya sederhana dan penekanannya dapat luas. 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 material. Metode ini menggunakan indenter 10 atau bola baja yang dikeraskan.

2.9.1 Standar pengujian kekerasan

Uji kekerasan Rockwell merupakan uji kekerasan yang sering digunakan karena sangat sederhana dan tidak memerlukan keterampilan khusus. Beberapa variasi skala dapat dimanfaatkan dari kombinasi bermacam-macam *indenter* dan beban yang berbeda. Uji Rockwell juga dapat diterapkan pada semua logam paduan dan beberapa jenis polimer.

<i>Test</i>	<i>Indenter</i>	<i>Shape of Indentation</i>		<i>Load</i>
		<i>Side View</i>	<i>Top View</i>	
Rockwell dan Rockwell dangkal	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Diamond} \\ \text{cone;} \\ \frac{1}{16}, \frac{1}{8}, \frac{1}{4}, \frac{1}{2} \text{ in.} \\ \text{diameter} \\ \text{steel spheres} \end{array} \right.$			$\left. \begin{array}{l} 60 \text{ kg} \\ 100 \text{ kg} \\ 150 \text{ kg} \end{array} \right\} \text{Rockwell}$
				$\left. \begin{array}{l} 15 \text{ kg} \\ 30 \text{ kg} \\ 45 \text{ kg} \end{array} \right\} \text{Rockwell dangkal}$

Gambar 2.3 Standart uji kekerasan E-18
(Sumber: Astm -E18)

Pada pengujian Rockwell menurut standar ASTM E18, *indenter* yang digunakan berupa bola baja yang dikeraskan dan kerucut intan (Brale). Bola *indenter* memiliki diameter 1/16, 1/8, 1/4, dan 1/2 inch (mm). *Indenter* kerucut intan digunakan pada bahan-bahan yang paling keras

Pada Rockwell, beban minor adalah 10 kg dan beban mayor adalah 60, 100, dan 150 kg. Sedangkan pada Rockwell dangkal, beban minor adalah 3 kg dan beban mayor adalah 15, 30, dan 45 kg. Setiap skala pada uji Rockwell direpresentasikan dengan huruf alfabet. Sedangkan pada Rockwell dangkal; skala tersebut diidentifikasi dengan nilai 15, 30, atau 45 (sesuai beban) yang diikuti dengan huruf N, T, W, X, atau Y (tergantung *indenter*).

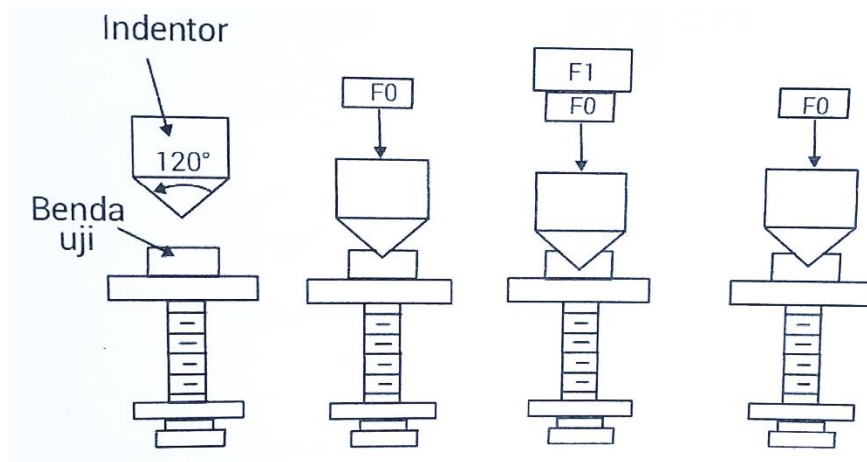
2.9.2 Pengujian kekerasan dengan metode Rockwell

Pengujian kekerasan Rockwell merupakan salah satu pengujian kekerasan bahan yang sering digunakan, hal ini dikarenakan pengujian kekerasan Rockwell yang : sederhana, cepat, tidak memerlukan mikroskop untuk mengukur jejak, dan relatif tidak rusak. (Elkan, 2017a)



Gambar 2.4 Alat uji kekerasan Rockwell

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. (Elkan, 2017b)

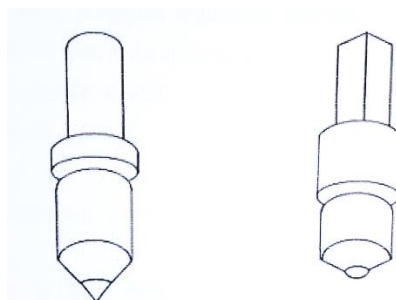


Gambar 2.5 pengujian kekerasan Rockwell
(Sumber: Elkan, 2017)

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

2.9.3 Indentor

Ada dua (2) jenis indenter yang digunakan pada pengujian kekerasan Rockwell, yaitu intan berbentuk kerucut yang memiliki sudut puncak 120° di mana bagian ujungnya sedikit bulat dengan jari-jari 0,2 mm dan yang kedua merupakan indenter bola yang memiliki diameter $1/6''$, $1/8''$, $1/4''$, dan diameter $1/2''$. indenter kerucut intan ini juga sering disebut 'Brale'



Gambar 2.6 Indentor intan dan indenter bola baja
(Sumber: Elkan, 2017)

2.9.4 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 gauge) 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, sebagian sebagai berikut,

$$HR = E - e \quad (2.1)$$

dimana,

E = Konstanta dengan nilai 100 untuk indentor intar dan 130 untuk indentor bola.

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

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,

2.10 Pengujian Tarik

Pengujian tarik ini dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanik dari suatu material yang akan diuji. dalam hal ini untuk mengetahui kekuatan tarik maksimum suatu material. pengujian tarik adalah untuk mentekukan kekuatan tarik daerah las yang dimaksud untuk mengetahui apakah kekuatan las mempunyai nilai yang sama, Putri.,(2010c)

Penarikan gaya terhadap beban akan mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk (*deformasi*) bahan tersebut. proses terjadinya deformasi pada bahan

pengujian adalah proses pergeseran butiran kristal logam yang mengakibatkan melemahnya gaya elektromagnetik setiap atom material hingga putus ikatan tersebut oleh penarikan gaya maksimal.



Gambar 2.7 Mesin uji tarik

a. Regangan

Regangan adalah perbandingan antara pertambahan panjang dengan panjang batang mula-mula

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (2.2)$$

keterangan: $\Delta L = L_\mu - L_0$

L_μ = Panjang sesudah putus

L_0 = 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 di tes, panjang L_0 dibagi menjadi 10 bagian yang sama ($N = 10$) jika n = jumlah bagian A-B, dimana A adalah titik yang diambil dari bagian putus terpendek.

B. 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.

C. Modulus elastisitas (Young)

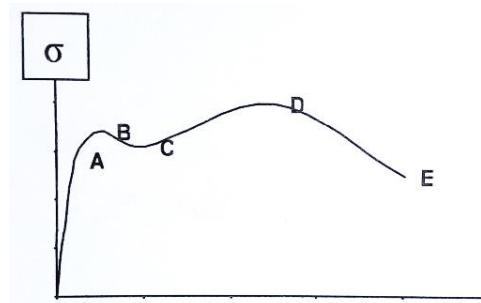
Dalam menentukan hubungan antara beban dan regangan, penampang batang harus diketahui dengan demikian tegangan yang dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \begin{array}{l} \text{Dimana } F = \text{Beban } () \\ A = \text{Luas penampang } (mm^2) \end{array} \quad (2.3)$$

Perbandingan antara tegangan dan regangan elastis disebut *modulus elastis*.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \dots\dots\dots (N/MM^2) \quad (2.4)$$

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



Gambar 2.8 Grafik uji tarik
(Sumber: Abrian.2018)

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

D. Batas proporsional dan batas elastis

Sampai pada suatu titik yang disebut batas proporsionalitas, Tegangan sebanding dengan regangan, Maka grafiknya menunjukkan garis lurus. Jika sampai

batas elastis tegangan tidak lagi sebanding dengan regangan. Jika beban dihilangkan maka panjang batang akan kembali seperti semula.

E. Batas Lumer

Jika beban yang bekerja pada batang uji diteruskan sampai diluar elastisitas, Maka akan terjadi secara tiba-tiba perpanjangan dari batang uji permanen. Hal ini disebut Yield point (batas lumer), dimana regangan meningkat sekalipun tidak ada peningkatan tegangan (hanya terjadi pada material lunak).

F. 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 Proposional. Misalnya: 0,2 % didalam ilmu bahan metode / cara ini dinamakan “Metode Offset” :

2.11 Uji ANOVA

Analisis varians (analysis of variance, ANOVA) adalah suatu metode analisis statistika yang termasuk ke dalam cabang statistika inferensi. Dalam literatur Indonesia metode ini dikenal dengan berbagai nama lain, seperti analisis ragam, sidik ragam, dan analisis variansi. Ia merupakan pengembangan dari masalah Behrens-Fisher, sehingga uji-F juga dipakai dalam pengambilan keputusan. Analisis varians pertama kali diperkenalkan oleh Sir Ronald Fisher, bapak statistika modern. Dalam praktik, analisis varians dapat merupakan uji hipotesis (lebih sering dipakai) maupun pendugaan (estimation, khususnya di bidang genetika terapan). Analisis of variance atau ANOVA merupakan salah satu teknik analisis multivariate yang berfungsi untuk membedakan rerata lebih dari dua kelompok data dengan cara membandingkan variansinya. Analisis varian termasuk dalam kategori statistik parametrik (Ghozali, 2009).

2.12 Uji Anova Satu Jalur (One Way Anova)

Analisis varians satu jalur merupakan teknik statistika parametrik yang digunakan untuk pengujian perbedaan beberapa kelompok rata-rata, di mana hanya terdapat satu variabel bebas atau independen yang dibagi dalam beberapa kelompok dan satu variabel terikat atau dependen (Widiyanto, 2013).

Hipotesis dalam ANOVA akan membandingkan rata-rata dari beberapa populasi yang diwakili oleh beberapa kelompok sampel secara bersama, sehingga hipotesis matematikanya adalah:

H₀ : $\mu_1 = \mu_2 = \mu_k$

- Seluruh mean populasi adalah sama
- Tak ada efek treatment (tak ada keragaman mean dalam grup)

H₁ : tidak seluruh mean populasi adalah sama

- Minimal ada 1 mean populasi yang berbeda
- Terdapat sebuah efek treatment
- Tidak seluruh mean populasi berbeda (beberapa pasang mungkin sama).

Tabel 2.4 ANOVA 1 Arah

Sumber Keragaman (SK)	Jumlah Kuadrat (JK)	derajat bebas (db)	Kuadrat Tengah (KT)	f hitung	f tabel
Rata-rata Kolom	JKK	db numerator = k-1	$s^2K = \frac{KTK}{k-1} = \frac{JKK}{k-1}$	f hitung = $\frac{JTK}{KTG}$	$\alpha =$ db numer = db denum = f tabel =
Galat	JKG	db denominator = N-k	$s^2G = KTG = \frac{JKG}{N-k}$		
Total JKT	JKT	N-1			

$$JKT = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}^2 - \frac{T_{**}^2}{N} \quad (2.5)$$

$$JKK = \sum_{i=1}^k \frac{T_{*i}^2}{n_i} - \frac{T_{**}^2}{N}$$

$$JKG = JKT - JKK$$

Dimana : k : banyaknya kolom
 N : banyaknya pengamatan/keseluruhan data
 n_i : banyaknya ulangan di kolom ke- i
 X_{ij} : data pada kolom ke- i ulangan ke- j
 T_{*i} : total (jumlah) ulangan pada kolom ke- i
 T^{**} : total (jumlah) seluruh pengamatan