

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Material Baja

Material Baja merupakan material bangunan logam paduan antara besi dan karbon yang berikatan secara sangat kuat dan tersementasi akibat proses termokimia, yang mana baja diperoleh dari hasil proses kembali besi kasar dengan mereduksi kadar karbon dibawah 2% dan sedikit kotoran yang ada seperti fosfor, silikon, belerang, dan mangan (Suseno, 2010). Fungsi karbon pada baja yaitu sebagai unsur penguat dengan mencegah dislokasi bergeser pada pori kristal (*crystal lattice*) atom besi. Unsur paduan lain yang biasa ditambahkan selain karbon adalah mangan, krom, vanadium, dan tungsten. Dengan divariasikannya kandungan karbon dan unsur paduan lainnya, berbagai jenis kualitas baja bisa didapatkan. Penambahan kandungan karbon dalam baja dapat meningkatkan kekerasan (*hardness*) dan kekuatan tariknya (*tensile strength*), namun di sisi lain membuat material baja menjadi getas (*brittle*) serta menurunkan keuletannya.

Menurut Suseno (2010), berdasarkan kandungan karbon yang terkandung di dalamnya material baja dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

- Baja Karbon Rendah (*Low Carbon Steel*) merupakan baja struktural dengan kandungan karbon berkisar 0,15% – 0,25%
- Baja Karbon Sedang (*Medium Carbon Steel*) merupakan baja struktural dengan kandungan karbon berkisar 0,25% - 0,70%
- Baja Karbon Tinggi (*High Carbon Steel*) merupakan baja struktural dengan kandungan karbon berkisar 0,70% - 1,50%

Sedangkan jika mengacu pada Effendi (2009) ciri-ciri umum baja paduan antara lain:

- Keuletan yang tinggi tanpa pengurangan kekuatan tarik.
- Kemampuan kekerasan pada saat pencelupan dalam minyak atau udara dan dengan demikian kemungkinan retak atau distorsinya.
- Tahan terhadap korosi dan kekerasan tergantung pada jenis paduan.
- Tahan terhadap perubahan suhu.

2.2 Kekerasan

Nilai kekerasan adalah ketahanan bahan terhadap deformasi tekan atau penetrasi sementara yang dilakukan oleh indentor yaitu ujung alat yang berfungsi membuat deformasi. Biasa terbuat dari material baja ataupun berlian, tergantung ketahanan akan material. Pengujian terhadap kekerasan bertujuan untuk mengukur ketahanan material terhadap deformasi plastis. Prinsip pengukuran kekerasan yaitu dengan pemberian gaya tekan pada permukaan material menggunakan indentor. Dimana luas ataupun diameter indentor sudah terukur. Adapun indentor yang digunakan uji kekerasan pada umumnya berbeda-beda bentuknya, yaitu bola, kerucut dan piramida. Nilai kekerasan dihitung menggunakan formula dari alat masing-masing dari perubahan deformasi per tiap jejaknya saat indentasi.

Metode yang biasanya digunakan pada uji kekerasan yaitu metode Brinell, metode Vickers dan metode Rockwell.

1. Metode Brinell

Pada metode Brinell, indentor yang digunakan terbuat dari baja yang dikeraskan dan berbentuk bola. Tegangan yang dapat diberikan oleh alat ini berkisar sekitar 500-3000 kilogram. Dimana pada metode Brinell, nilai kekerasan merupakan perbandingan beban penekanan dengan luas indentasi yang terjadi.

2. Metode Vickers

Indentor pada metode Vickers menggunakan berlian berbentuk piramida dan memiliki kemiringan sudut 136 derajat. Dengan metode Vickers, pembacaan nilai kekerasan cukup beragam berkisar sekitar 5 HV hingga 1500 HV. Dimana HV sendiri merupakan satuan kekerasan Vickers.

3. Metode Rockwell

Pada metode Rockwell, indentor yang digunakan dapat berupa bola baja yang dikeraskan ataupun kerucut berlian. Nilai kekerasan dilihat dari pengukuran kedalaman penetrasi yang dilakukan oleh indentor berlian. Pada rockwell, skala kekerasan dibagi akan HRB yang dapat memberikan beban hingga 100 kilogram dan HRC yang dapat memberikan beban hingga 150 kilogram.

Adapun penelitian yang dilakukan oleh Sudarno (2010) mengenai klasifikasi penentuan kelompok logam, diketahui adanya korelasi tegangan dengan kekerasan yang mana jika tegangan dan kekerasan dikorelasikan menggunakan metode regresi, maka didapatkan hubungan untuk klasifikasi kelompok logam yang mana dapat dilihat pada Tabel 2.1, dimana klasifikasi logam tersebut dilihat dari koefisien determinasi yang dihasilkan pada regresi hubungan tegangan dan kekerasan pada baja yang diujikan.

Tabel 2.1

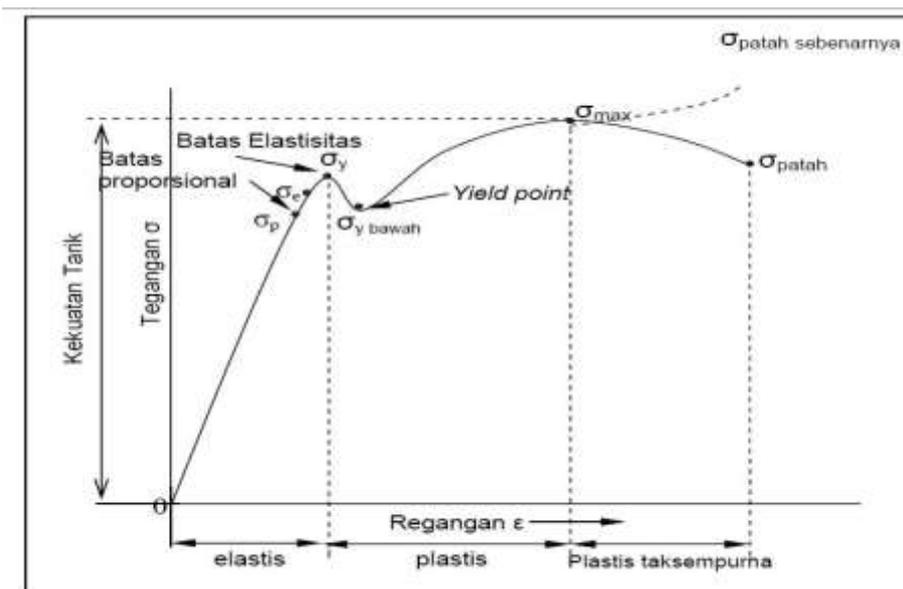
Klasifikasi Logam berdasarkan Korelasi Tegangan dan Kekerasan

Absis (X)	Ordinat (Y)	Kelompok Logam	Korelasi, R^2				
			Regresi Linier	Regresi Logaritma	Regresi Polinomial (orde-1)	Regresi Perbandingan	Regresi Polinomial
Hv	σ_u	Ulet	0,9968	0,9855	0,9998	0,9986	0,9586
		Gelas	0,5085	0,5010	0,5135	0,5120	0,4780

Sumber : Sudarno (2010)

2.3 Sifat Mekanik Baja

Menurut Setiawan (2008), model pengujian yang paling akurat untuk mendapatkan sifat-sifat mekanik dari material baja yaitu dengan melakukan pengujian tarik terhadap suatu benda uji baja. Hal tersebut disebabkan uji tekan yang tidak dapat memberikan data yang akurat karena adanya kemungkinan tekuk pada benda uji yang mengakibatkan ketidakseimbangan dari benda uji tersebut. Adapun hasil dari uji tarik material baja digambarkan melalui grafik hubungan tegangan-regangan, dapat dilihat pada *Gambar 2.1*. Berdasarkan kurva tegangan regangan pada *Gambar 2.1*, diketahui bahwa hubungan tegangan dan regangan masih bersifat linier sampai titik proporsional dan jika beban dihilangkan, maka material baja masih dapat kembali ke bentuk semula. Daerah linier sampai dengan batas elastisitas ini disebut dengan daerah elastis baja.



Gambar 2.1 Kurva Tegangan Regangan pada Uji Tarik Baja

Sumber: Indrawahyuni dkk (2010)

2.3.1 Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas merupakan kemiringan dari diagram tegangan dan regangan yang masih dalam kondisi elastis. Modulus elastisitas yang besar menunjukkan kemampuan dalam menahan tegangan ataupun beban yang cukup besar dalam kondisi regangan yang masih kecil, artinya bahwa baja tersebut mampu menahan tegangan (desak utama) yang cukup besar akibat beban-beban yang terjadi pada suatu regangan (kemampuan terjadi retak) kecil, tolak ukur yang umum dari sifat elastisitas yang merupakan perbandingan dari desakan yang diberikan dengan perubahan bentuk persatuan panjang sebagai akibat dari desakan yang diberikan.

Sifat keelastisitas suatu bahan berhubungan langsung dengan kekakuan suatu bahan dalam penerimaan beban. Modulus elastisitas merupakan perbandingan antara tegangan yang diberikan dengan perubahan bentuk persatuan panjang. Dimana semakin besar modulus elastisitas maka semakin kecil lendutan yang terjadi. Selama gaya (F) yang bekerja pada benda elastis tidak melampaui batas elastisitasnya, maka perbandingan antara tegangan (σ) dengan regangan (ϵ) adalah tetap. Bilangan (konstanta) tersebut dinamakan modulus elastis atau modulus Young (E). Jadi, modulus elastis atau modulus Young merupakan perbandingan antara tegangan dengan regangan yang dialami oleh suatu benda.

Sesuai dengan Hukum Hooke maka berlaku persamaan :

$$\sigma = E \cdot \epsilon \quad \dots\dots\dots (2-1)$$

$$\sigma = P/A \quad \dots\dots\dots (2-2)$$

$$\epsilon = \Delta L/L \quad \dots\dots\dots (2-3)$$

Sehingga dari persamaan (2-1), (2-2), dan (2-3) dapat dicari nilai modulus elastisitas dengan persamaan:

$$E = \frac{P \cdot L}{A \cdot \Delta L} \quad \dots\dots\dots (2-4)$$

Dimana :

- σ = Tegangan Aksial (kg/cm²)
- ϵ = Regangan Aksial
- P = Gaya Aksial (kg)
- L = Panjang struktur mula-mula (cm)
- E = Modulusi Elastisitas (kg/cm²)
- A = Luas Penampang Batang (cm²)
- ΔL = Pertambahan panjang struktur (cm)

Beberapa nilai Modulus Elastisitas untuk beberapa jenis bahan ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel 2.2

Modulus Elastisitas

Zat	Modulus Elastisitas (N/m ²)
Besi	100 x 10 ⁹
Baja	200 x 10 ⁹
Tembaga	110 x 10 ⁹
Perunggu	100 x 10 ⁹
Aluminium	70 x 10 ⁹
Beton	20 x 10 ⁹
Batu Bara	14 x 10 ⁹

Sumber : Wikipedia

2.3.2 Tegangan

Tegangan adalah besaran pengukuran intensitas gaya (F) yaitu reaksi yang timbul dari dalam material per satuan luas (A). Jika tegangan yang terjadi merupakan tegangan merata pada luasan (A) dan tegangan (σ) bernilai konstan, maka persamaan yang digunakan menurut Singer (1995) dijabarkan dalam persamaan (2-2).

Tegangan atau Stress dapat dikelompokkan menjadi:

1. Tegangan Normal

Tegangan normal merupakan tegangan pada bidang yang tegak lurus dengan arah gaya. Dimana tegangan (σ) yang dimaksud bukan tegangan di suatu titik pada penampang A , tetapi tegangan rata-rata semua titik pada penampang A . Pada umumnya tegangan di suatu titik tidak sama dengan tegangan rata-rata. Tetapi dalam prakteknya, tegangan ini dianggap seragam, kecuali pada titik beban, atau adanya konsentrasi tegangan.

2. Tegangan Tarik

Tegangan tarik adalah tegangan yang diakibatkan beban tarik atau beban yang arahnya tegak lurus meninggalkan luasan permukaan. Tegangan tekan adalah tegangan yang diakibatkan beban tekan atau beban yang arahnya tegak lurus menuju luasan

permukaan Suatu benda yang statis, jika dipotong harus tetap statis dengan resultan gaya = 0 ($\Sigma F=0$)

3. Tegangan Geser

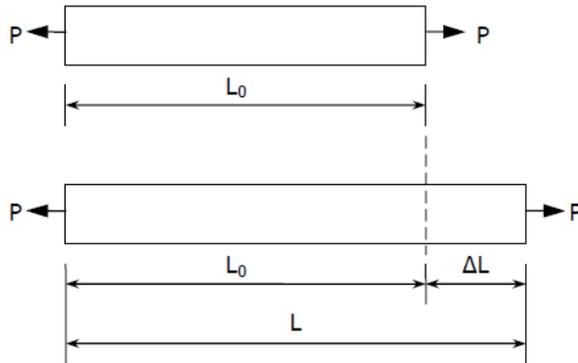
Tegangan geser adalah tegangan yang diakibatkan oleh gaya yang arahnya sejajar dengan luasan permukaan (gaya tangensial). A adalah luas penampang yang menahan beban P . Tegangan yang terjadi pada luasan A disebut tegangan geser (τ). Jika permukaan geser hanya satu, maka disebut geseran tunggal. Sedangkan jika permukaan geser dua, maka disebut geseran ganda.

2.3.3 Regangan

Regangan atau *strain* adalah perubahan pada ukuran benda karena gaya dalam kesetimbangan dibandingkan terhadap ukuran semula. Ketika batang tersebut mengalami tarik, maka regangan nya disebut regangan tarik (*tensile strain*), yang menunjukkan perpanjangan elemen. Jika batang tersebut mengalami tekan, maka regangannya adalah regangan tekan (*compressive strain*) dan batang akan mengalami perpendekan. Regangan tarik bertanda positif dan regangan tekan bertanda negatif. Regangan (ϵ) disebut regangan normal karena regangan ini berkaitan dengan tegangan normal (Gere & Timoshenko, 1997). Regangan juga dapat dikatakan sebagai tingkat deformasi.

Pertambahan beban pada bahan yang telah mengalami kekuatan puncak tidak dapat dilakukan dikarenakan pada kondisi ini material telah mengalami deformasi total. Jika beban tetap diberikan maka regangan akan bertambah dimana material seakan menguat yang disebut dengan perkuatan regangan (*strain hardening*) yang selanjutnya benda akan mengalami putus pada kekuatan patah (Singer dan Pytel, 1995).

Deformasi terjadi bila material mengalami gaya ataupun reaksi terhadapnya. Selama deformasi, bahan menyerap energi sebagai akibat adanya reaksi yang bekerja sepanjang deformasi yang terjadi. Sekecil apapun gaya yang bekerja, maka benda akan mengalami perubahan bentuk dan ukuran. Perubahan ukuran secara fisik ini disebut deformasi. Deformasi ada d ua macam yaitu deformasi elastis dan deformasi plastis. Yang dimaksud deformasi elastis adalah deformasi yang terjadi akibat adanya beban yang jika beban ditiadakan, maka material akan kembali keukuran semula. Sedangkan deformasi plastis didefinisikan deformasi yang bersifat permanen jika bebannya dilepas. (Edi Jasmani, 2001).



Gambar 2.2 Benda kerja bertambah panjang ΔL ketika diberi beban P

Sumber: Edi Jasmani (2001)

Dengan melakukan pembebanan maka akan menyebabkan benda uji mengalami deformasi seperti yang terlihat pada Gambar 2.2. Perbandingan antara deformasi dengan panjang mula-mula tersebut yang disebut sebagai regangan. Makin besar tegangan pada sebuah benda, makin besar juga regangannya yang mana artinya perubahan panjang ΔX juga makin besar. Hal ini dijabarkan dalam persamaan (2-3).

Jika batang tersebut mengalami tarik, maka regangannya disebut regangan tarik (*tensile strain*), yang menunjukkan perpanjangan elemen. Jika batang tersebut mengalami tekan, maka regangannya adalah regangan tekan (*compressive strain*) dan batang akan mengalami perpendekan. Regangan tarik bertanda positif dan regangan tekan bertanda negative. Regangan (ϵ) disebut regangan normal karena regangan ini berkaitan dengan tegangan normal (Gere & Timoshenko, 1997).

Adapun yang harus diperhatikan pada saat menetapkan regangan yaitu:

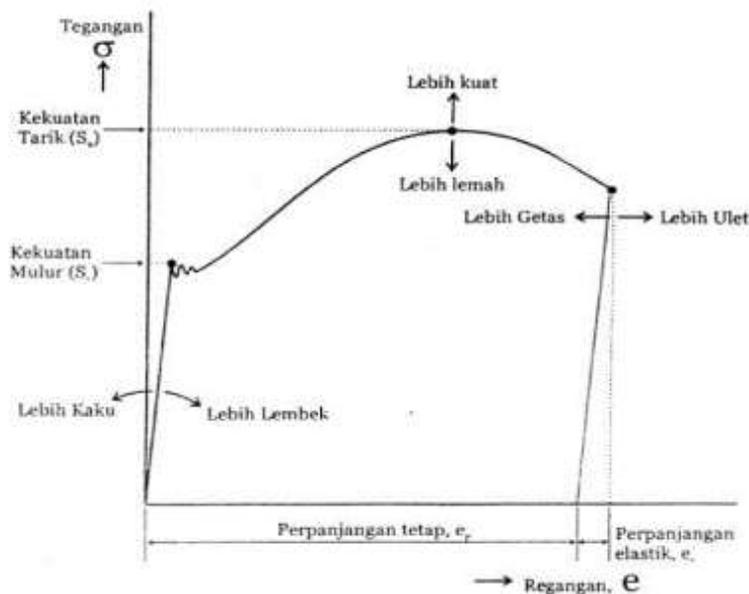
- Pada baja yang lunak sebelum patah terjadi pengerutan (pengecilan luasan penampang) yang besar.
- Regangan puncak terjadi pada tempat patahan tersebut, sedangkan pada kedua ujung benda uji paling sedikit meregang.

2.3.4 Hubungan Tegangan-Regangan

Sama halnya seperti beban aksial yang bertambah bertahap, penambahan panjang terhadap panjang diukur pada setiap pertambahan beban dan ini dilanjutkan sampai terjadi kerusakan atau retak (*fracture*) pada spesimen baja. Dengan mengetahui luas penampang awal spesimen, maka tegangan normal, yang dinyatakan dengan σ , dapat diketahui untuk setiap nilai beban aksial dengan menggunakan hubungan dimana P menyatakan beban aksial

dalam Newton dan A menyatakan luas penampang awal. Dengan memasangkan pasangan nilai tegangan normal σ dan regangan normal ϵ , data percobaan dapat digambarkan dengan memperlakukan kuantitas-kuantitas ini sebagai absis dan ordinat dari tegangan dan regangan. Gambar yang diperoleh adalah diagram atau kurva tegangan-regangan. Kurva tegangan-regangan mempunyai bentuk yang berbeda-beda tergantung dari bahannya.

Hasil yang didapatkan pada grafik hubungan tegangan-regangan, biasanya sudah dapat merepresentasikan kekuatan dan kekakuan dari material tersebut. Seperti yang bisa dilihat pada *Gambar 2.3*, garis linier jika secara vertikal semakin mendekati sumbu Y memperlihatkan bahwa regangan yang terjadi sangat kecil padahal beban yang terjadi semakin besar, dapat disimpulkan bahwa keadaan garis elastis semakin mendekati sumbu Y atau semakin memiliki kemiringan yang curam maka semakin kaku pula material yang diujikan. Sedangkan pada puncak grafik, terlihat semakin tinggi puncak (Tegangan Putus, F_u) yang didapatkan, maka semakin kuat pula material tersebut.



Gambar 2.3 Contoh Kurva hasil Uji Tarik

Sumber: Haris Budiman (2016)

2.3.5 Tensile Strength

Ketika suatu bahan padat tidak mengalami kekuatan eksternal, semua molekul yang membentuk materi bergetar sekitar posisi keseimbangan mereka. Ini adalah konfigurasi terendah-energi untuk molekul, dan jika mereka pindah dari posisi keseimbangan mereka molekul akan berusaha untuk kembali ke posisi keseimbangan mereka. Secara teknis, stres

adalah pengukuran kekuatan-kekuatan antarmolekul. Jika bahan tersebut tidak di bawah percepatan, maka gaya antarmolekul harus seimbang dengan kekuatan eksternal yang bekerja pada materi. Oleh karena dapat dilakukan indikasi tegangan dengan mengukur kekuatan eksternal yang bekerja pada benda tersebut. Tegangan pada objek yang diberikan oleh kekuatan eksternal pada objek dibagi dengan luas penampang dari sampel material.

Ketika sebuah benda berada di bawah tegangan, maka benda tersebut akan mengalami deformasi, yang mana kemudian dapat dihitung regangan yang terjadi. Regangan adalah pengukuran yang memberikan perubahan panjang suatu benda dibagi dengan panjang asli. Jika diujikan sampel bahan untuk berbagai tingkat tegangan, mengukur sesuai regangan dan kemudian menghasilkan grafik hubungan tegangan dengan regangan. Maka dengan kurva tegangan-regangan tersebut dapat ditentukan karakteristik untuk bahan tertentu.

Kekuatan Tarik atau tegangan putus (*ultimate tensile strength*) adalah tegangan maksimum yang bisa ditahan oleh sebuah bahan ketika diregangkan atau ditarik, sebelum bahan tersebut patah. Biasanya ultimate tensile strength dinotasikan sebagai f_u . Dalam tensile strength, juga ditemukan definisi tegangan Leleh (notasi: f_y) yang mana merupakan tegangan yang dibutuhkan untuk menghasilkan sejumlah kecil deformasi plastis yang ditetapkan. Nilai Kekuatan leleh merupakan titik awal sebuah material bahan atau logam mulai terdeformasi secara plastik.

Tegangan putus dan tegangan leleh sendiri dapat dicari dengan persamaan:

$$F_y = P_y/A \quad \dots\dots\dots (2-5)$$

$$F_u = P_u/A \quad \dots\dots\dots (2-6)$$

Dimana:

- P_y merupakan besar beban saat grafik mulai mengalami titik proporsional yang dinyatakan dalam Newton (N)
- P_u merupakan besar beban saat benda uji mengalami putus atau dapat dilihat dari puncak tertinggi grafik hubungan beban dan pertambahan panjang yang dinyatakan dalam Newton (N)
- A merupakan luasan penampang dari benda uji dengan satuan mm^2

Tegangan putus dan tegangan leleh sangat berpengaruh besar pada karakteristik kekuatan dan kekakuan dari material uji. Perbedaan utama antara kekuatan luluh dan kekuatan tarik adalah bahwa kekuatan leleh adalah tegangan minimum di mana material deformasi permanen, sedangkan kekuatan tarik menggambarkan tegangan maksimum yang

material dapat menangani sebelum melanggar. Adapun kegunaan dari mengetahui tegangan putus maupun tegangan leleh pada baja untuk menentukan mutu yang dimiliki oleh benda uji material baja tersebut. Sesuai dengan SNI 03-1729-2002 maka mutu baja dibagi menjadi kelas mutu sebagai berikut :

Tabel 2.3

Klasifikasi Mutu Baja

Jenis Baja	Tegangan putus minimum, f_u (MPa)	Tegangan leleh minimum, f_y (MPa)	Peregangan minimum (%)
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

Sumber: SNI 03-1729-2002

2.3.6 Daktilitas

Daktilitas adalah sifat material yang memungkinkan adanya deformasi yang besar akibat tegangan tarik tanpa hancur dan putus. Sifat daktilitas baja sangat mempengaruhi tegangan dan regangan yang dialami oleh material baja tersebut. Sehingga semakin daktil material baja, maka semakin tinggi pula nilai kuat tarik yang dimiliki material baja tersebut. Adanya sifat ini pada baja membuat konstruksi baja tidak dapat runtuh tiba-tiba apabila terjadi beban yang berlebihan.

2.4 Pengujian Material Baja

Penggolongan pengujian terhadap suatu material berdasarkan hasil kerusakan material yang terjadi dibagi menjadi dua jenis yaitu *Destructive Test* dan *Non-destructive Test*. Perbedaan yang jelas diantara keduanya terlihat dari perbedaan tujuan dan juga kerusakan yang terjadi. Pengujian menggunakan metode *Destructive test* mengharuskan adanya kerusakan yang terjadi pada material dan biasanya dilaksanakan di laboratorium menggunakan alat yang bersifat merusak. Sedangkan pada *Non Destructive Test* biasanya dapat digunakan dimana saja sehingga sangat memudahkan dalam pelaksanaan di lapangan. Adapun penjelasan lebih jelas mengenai *Destructive Test* dan *Non Destructive Test* sebagai berikut.

2.4.1 Destructive Test

Destructive Test adalah pengujian yang dilakukan terhadap suatu material atau spesimen sampai material tersebut mengalami kerusakan. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui performa pada material yang bersangkutan, salah satunya bila material tersebut dikenai kerja dari luar dengan besar gaya yang berbeda-beda. Pengujian ini umumnya jauh lebih mudah untuk dilaksanakan, selain itu memberikan informasi yang lebih baik dari pada *Non Destructive Test*.

Secara umum *Destructive Test* dibagi menjadi Uji Mekanis dan tujuan pengujian mekanis. Tujuan uji mekanis sendiri yaitu:

- a. Mengevaluasi sifat mekanis dasar untuk dipakai dalam disain.
- b. Untuk memprediksi performa material dibawah kondisi pembebanan.
- c. Untuk memperoleh data sifat mekanis dari material seperti kekuatan, kekakuan, elastisitas, plastisitas, dan kekerasan.

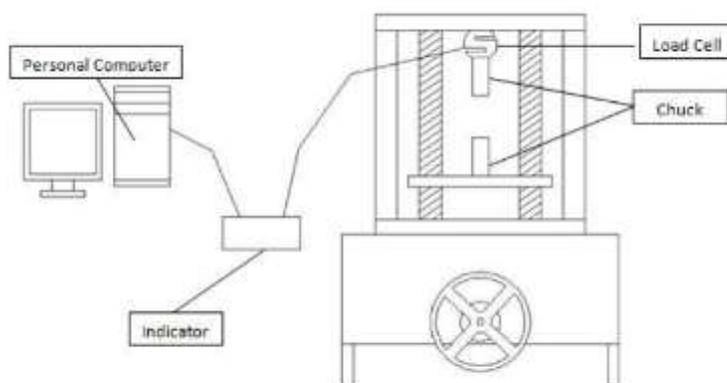
Ada dua jenis metode pembebanan uji mekanis material, yaitu:

- a. Kecepatan pembebanan

Yaitu kecepatan pembebanan juga dibagi lagi menjadi tiga yaitu beban diberikan secara lambat/singkat (*Static Test*), beban diberikan secara cepat (*Dynamic Test*) – *Impact Test* dan beban diberikan sangat lambat sekali (*Creep Test*) karena hasilnya berupa pembacaan dalam per bulan bahkan tahun.

- b. Jumlah Pembebanan

Yakni jumlah pembebanan dibagi menjadi dua yaitu beban tunggal (*single load*) – Pengujian mekanis umum dan beban berulang (*multiple load*) – Pengujian Fatik.



Gambar 2.4 Contoh Skema Peralatan pada Uji Tarik (Destructive Test)

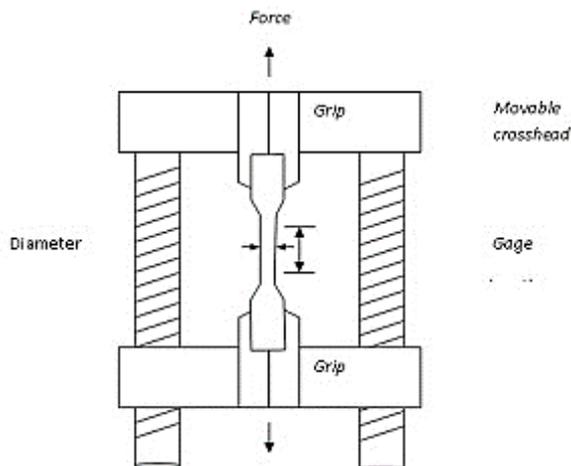
Sumber: Haris Budiman (2016)

2.4.1.1 Uji Tarik

Uji tarik adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan/material dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu (Askeland, 1985). Hasil yang didapatkan dari pengujian tarik sangat penting untuk rekayasa teknik dan desain produk karena menghasilkan data kekuatan material. Pengujian uji tarik digunakan untuk mengukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara lambat.

Uji tarik (*Tensile test*) dilakukan untuk mengetahui beban tarik maksimum suatu material, yaitu beban yang timbul apabila pada bagian benda bekerja beberapa gaya yang arah garis kerjanya bertolak belakang. Kita dapat menentukannya dengan membebani batang tersebut dengan tarikan yang semakin tinggi dan mengukur gaya maksimal yang dapat ditahan sebelum batang tersebut menjadi putus. Putus atau patah berarti bahwa unsur galur materi tersebut menjadi terlepas pada tempat yang tertentu (Groenendijk, 1980).

Uji tarik rekayasa banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan (Dieter, 1987). Pada uji tarik, benda uji diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah secara kontinyu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan terhadap perpanjangan yang dialami benda uji (Davis, Troxell, dan Wiskocil, 1955). Kurva tegangan regangan rekayasa diperoleh dari pengukuran perpanjangan benda uji.



Gambar 2.5 Sketsa pengujian Uji Tarik

Sumber : Dieter (1987)

2.4.1.2 Universal Testing Machine

Universal Testing Machine adalah sebuah mesin yang dipergunakan untuk pengujian tegangan tarik dan kekuatan tekan pada bahan atau material. Mesin pengujian dapat

melakukan tarik banyak standar dan tes kompresi pada bahan, komponen, dan struktur. Cara penggunaan *Universal Testing Machine* adalah dengan memberikan gaya tekan atau gaya tarik kepada terhadap bahan yang diujikan. Untuk melaksanakan pengujian tekan atau tarik terhadap material, kita memerlukan benda uji yang lainnya. Benda uji itu dipasang pada mesin penguji dengan gaya tekan dan gaya tarik yang akan semakin bertambah besar akhirnya menekan dan menarik pada batang tersebut, maka batang ini akan menjadi pendek atau panjang. Pada spesimen uji yang telah distandarisasi, dilakukan pembebanan uniaxial sehingga spesimen uji mengalami peregangan dan bertambah panjang hingga akhirnya patah. Pengujian tarik relatif sederhana, murah dan sangat terstandarisasi dibanding pengujian lain. *Universal Testing Machine* akan memberikan informasi mengenai seberapa besar pengukuran yang akan diuji terhadap bahan sehingga standarisasi yang diinginkan dapat tercapai dengan sempurna. Adapun hasil yang didapatkan dari alat *Universal Testing Machine* ini yaitu berupa hubungan grafik penambahan beban (tarik ataupun tekan) dengan deformasi atau perpanjangan dari benda uji.

Adapun hal-hal yang perlu diperhatikan agar pengujian menghasilkan nilai yang valid antara lain:

1) Bentuk dan Dimensi Spesimen uji

Spesimen uji diharuskan memenuhi standar dan spesifikasi yang telah ditetapkan oleh ASTM E8 atau D638. Pentingnya standarisasi bentuk dari spesimen adalah untuk menghindari terjadinya patah atau retak pada daerah grip atau yang lainnya. Jadi standarisasi dari bentuk spesimen uji dimaksudkan agar retak dan patahan terjadi di daerah gage length.

2) *Grip and Face Selection*

Face dan *grip* merupakan salah satu faktor penting karena dengan pemilihan pemasangan yang tidak tepat, spesimen uji akan terjadi slip atau bahkan pecah dalam daerah grip (*jaw break*). Hal ini bisa saja mengakibatkan ketidak akuratan dalam hasil pengujian.

2.4.2 Non-Destructive Test

Metode *Non Destructive Testing* (NDT) merupakan pengujian atau inspeksi terhadap suatu benda untuk mengetahui adanya cacat, retak, atau diskontinuitas lain tanpa mengharuskan adanya kerusakan pada benda yang kita tes atau inspeksi. Pada dasarnya, tes ini dilakukan untuk menjamin bahwa material yang kita gunakan masih aman dan belum melewati *damage tolerance*. (Naryono & Suharyadi, 2012).

Material ataupun benda uji diusahakan semaksimal mungkin tidak mengalami kegagalan selama masa penggunaannya. NDT dilakukan paling tidak sebanyak dua kali. Pertama, selama dan diakhir proses fabrikasi, untuk menentukan suatu komponen dapat diterima setelah melalui tahap-tahap fabrikasi. *Non Destructive Testing* ini dijadikan sebagai bagian dari kendali mutu komponen. Kedua, dilakukan setelah komponen digunakan dalam jangka waktu tertentu. Tujuannya adalah menemukan kegagalan parsial sebelum melampaui *damage tolerance*-nya.

Dengan menggunakan metode *Non Destructive Test* banyak manfaat yang didapat, diantaranya adalah biaya dan waktu. Karena mudah dalam pelaksanaan dan pembawaan sehingga tidak mengharuskan pengujian di laboratorium atau bahkan bisa dilaksanakan di lapangan. Selain itu, pengujian dengan metode NDT juga tidak merusak material yang diuji, sehingga perusahaan yang melakukan pengujian tersebut tidak mengeluarkan biaya tambahan untuk mengganti material yang rusak. Adapun kelebihan-kelebihan yang dimiliki metode *Non Destructive Test* menjadikan kegiatan produksi ataupun inspeksi semakin optimal.

2.4.3 Equotip

Equotip merupakan alat uji kekerasan material baja yang terbagi atas *Equotip Portable Rockwell Hardness* dan *Equotip 550 Leeb*. Pada dasarnya *Equotip Portable Rockwell Hardness* dan *Equotip 550 Leeb* memiliki kegunaan yang sama yaitu mencari nilai kekerasan pada benda uji. Kekerasan sendiri dianggap sebagai daya tahan material terhadap penetrasi yang spesifik dan biasanya indent lebih keras. Bergantung pada sistem indentasi, yang meliputi indenter itu sendiri dan juga beban uji yang diterapkan, nilai kekerasan atau skala yang berbeda digunakan bidang praktis. Menimbang ini, definisi kekerasan dengan jelas berbeda dari kekuatan, yang menggambarkan resistivitas material spesifik terhadap deformasi dan pemisahan.

Keputusan mengenai tester dan metode yang digunakan harus ditentukan dengan menganalisa aplikasi secara keseluruhan masing-masing variabel utama yang hadir dalam ujian harus dievaluasi dan harus dilakukan ditentukan bahwa instrumen dan metode pengujian kekerasan portabel paling tidak terpengaruh. Sebagai tambahan, persyaratan untuk dokumentasi elektronik dan keabadian dari setiap indentasi pada permukaan uji juga faktor yang harus diperhatikan. *Equotip Portable Rockwell Hardness* digunakan untuk benda uji dengan beban dibawah 50 N, sedangkan pada *Equotip 550 Leeb* digunakan untuk benda uji dengan beban diatas 50 N.

2.4.3.1 Equotip Portable Rockwell Hardness

Metode Rockwell merupakan metode uji kekerasan dengan mengukur kedalaman permanen lekukan yang dihasilkan oleh kekuatan/beban pada indenter. Kekuatan uji *preload* diterapkan pada sampel menggunakan indenter berlian. Beban ini merupakan posisi nol atau referensi yang menerobos permukaan untuk mengurangi efek dari permukaan akhir. Setelah *preload*, beban tambahan, diterapkan untuk mencapai total beban uji yang diperlukan. Gaya ini diadakan untuk jumlah yang telah ditetapkan waktu untuk memungkinkan pemulihan elastis. Beban besar kemudian dilepaskan dan posisi akhir diukur terhadap posisi yang berasal dari *preload*, kedalaman lekukan varians antara nilai *preload* dan nilai beban besar. Jarak atau deformasi yang terjadi tersebut kemudian dikonversi menjadi nilai kekerasan. Adapun contoh pengujian menggunakan *Equotip Portable Rockwell Hardness* dapat dilihat pada *Gambar 2.6*.



Gambar 2.6 Alat pengujian Portable Rockwell Hardness

Sumber: *Manual Procedure Equotip*

Pengujian menggunakan *Equotip Portable Rockwell Hardness* didasarkan pada metode dinamis (*Rebound*). Yaitu dampak pada material dengan tes ujung logam keras didorong oleh gaya pegas terhadap permukaan benda uji. Permukaan deformasi berdampak dengan dorongan alat pada permukaan benda uji, yang mengakibatkan hilangnya energi kinetik. Kehilangan energi ini terdeteksi oleh perbandingan kecepatan v_1 dan v_2 ketika dampak alat pada jarak yang tepat dari permukaan untuk kedua dampak dan *rebound* fase pengujian masing-masing. Kecepatan diukur dengan menggunakan magnet permanen di dampak tubuh yang menghasilkan tegangan induksi di kumparan yang tepat diposisikan di perangkat dampak. Tegangan yang terdeteksi adalah sebanding dengan kecepatan tubuh dampak. Pemrosesan sinyal kemudian memberikan pembacaan kekerasan.

2.4.3.2 Equotip 550 Leeb

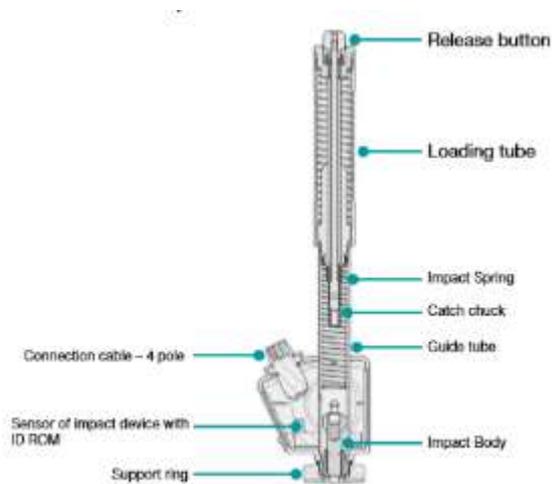
Prinsip uji *Equotip Portabel Rockwell* mengikuti Rockwell metode uji statis tradisional. Selama pengukuran dengan *Equotip Portabel Rockwell Probe*, indenter berlian dipaksa ke dalam potongan uji. Kedalaman lekukan berlian secara terus menerus diukur sementara beban diterapkan dan dirilis. Dari kedalaman lekukan d_1 dan d_2 tercatat dua beban didefinisikan. Perbedaan antara d_1 dan d_2 inilah yang disebut dengan deformasi plastik.

Equotip 550 Leeb biasanya digunakan untuk menguji kekerasan dari logam permukaan. Pengguna memiliki pilihan untuk memilih Leeb pulih atau *Portable* Prinsip Rockwell. Dalam kombinasi dengan Perangkat *Equotip Leeb U* instrumen yang digunakan untuk menguji gulungan kekerasan kertas, *film* atau *foil* gulungan. Adapun alat *Equotip 550 Leeb* dapat dilihat pada *Gambar 2.7* dengan detail dari *Equotip 550 Leeb* pada *Gambar 2.8*.



Gambar 2.7 Leeb U

Sumber: *Manual Procedure Equotip*

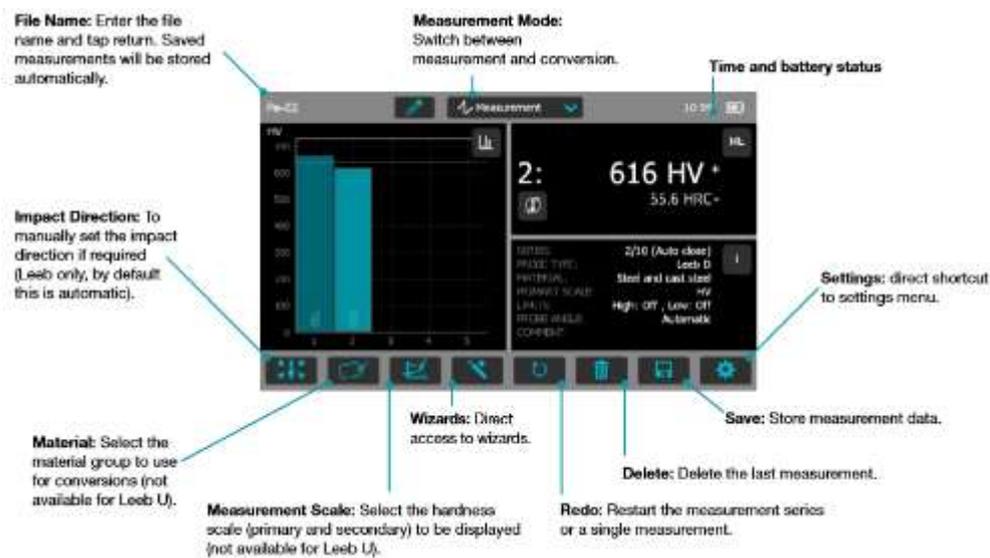


Gambar 2.8 Sketsa *Equotip 550 Leeb*

Sumber: *Manual Procedure Equotip*

Equotip 550 Leeb U memungkinkan pengguna untuk dengan cepat dan tepat mendiagnosis gulungan ketidaksempurnaan, inkonsistensi kekerasan dan tidak merata berkelok-kelok, sehingga mencegah masalah untuk pencetakan dan mengkonversi operasi. Dengan *Equotip Dampak Perangkat Leeb U* modus arah dampak otomatis tidak didukung

dan pengguna harus memilih arah dampak yang sesuai manual (90° ke bawah, 45° ke bawah, 0°). Equotip 550 sepenuhnya disesuaikan sebagai perangkat dan dapat menampilkan tiga *views* yang berbeda pengukuran secara bersamaan. Setiap tampilan dapat beralih memenuhi kebutuhan pengguna hanya dengan mengklik ikon yang terkait dengan display khusus di sudut kanan atas dari setiap layar. Adapun *views* yang dapat ditampilkan oleh Equotip 550 Leeb yaitu dapat dilihat pada *Gambar 2.9*, dan *Gambar 2.10*, yang mana dapat menampilkan perubahan grafik dari deformasi yang terjadi, statistik nilai kekerasan, dan satuan dari kekerasan yang dapat dirubah sesuai yang diinginkan penguji.



Gambar 2.9 Detail views pada Equotip

Sumber: *Manual Procedure Equotip*



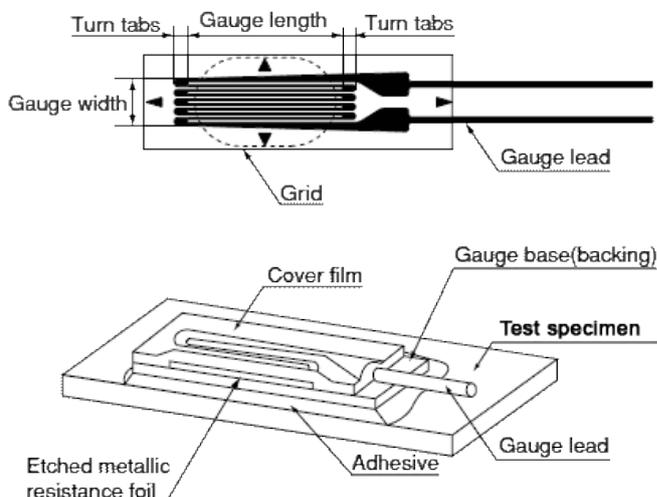
Gambar 2.10 Measurement and Statistic View pada Equotip

Sumber: *Manual Procedure Equotip*

2.4.4 Strain gauge

Strain gauge adalah transduser pasif yang mengubah suatu pergeseran mekanis menjadi perumaterial tahanan. Strain gauge logam dibuat dari kawat tahanan berdiameter kecil atau lembaran-lembaran kawat tipis yang di-etsa. Tahanan dari *foil* kawat atau logam ini berubah terhadap panjang jika material *gage* di satukan mengalami tarikan atau tegangan. Material tahanan ini sebanding dengan regangan yang diberikan dan diukur dengan sebuah jembatan *wheat-stone* yang dipakai secara khusus. Sensitivitas sebuah *strain gauge* dijelaskan dengan suatu karakteristik yang disebut *gage factor*, yang didefinisikan sebagai perumaterial satuan tahanan dibagi perumaterial satuan panjang. Adapun detail dari strain gauge dapat dilihat pada *Gambar 2.11*.

Penggunaan strain gauge pada titik tertentu yang disambungkan dengan strain meter menghasilkan pembacaan tegangan yang terjadi pada titik tersebut. Pembacaan tegangan yang terjadi pada strain meter biasanya dalam satuan micro sehingga memungkinkan pembacaan tegangan menjadi lebih detail. Namun adapun kekurangan dari pembacaan tegangan dengan menggunakan strain gauge yaitu mudahnya strain gauge terlepas dari benda uji saat benda uji mengalami pertambahan panas yang terjadi akibat pertambahan tegangan.



Gambar 2.11 Strain Gauge

Sumber: tml.jp