

## ANALISA PENGARUH MEDIA PENDINGIN PADA PERLAKUAN PANAS TERHADAP KEKUATAN TARIK BAJA AISI 1040

**Anggara Oktarly Andreas**  
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik UISU  
Email : -

### Abstrak

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui kekuatan uji tarik baja AISI 1040 akibat proses perlakuan pendinginan dengan memvariasikan media pendingin dan mengetahui perubahan sifat mekanik Baja AISI 1040 akibat proses pendinginan dengan media pendingin yang berbeda melalui diagram hasil uji tarik. Penelitian yang digunakan dengan melakukan proses perlakuan *Quenching* terhadap spesimen baja AISI 1040 pada temperatur 800 °C selama 1 (satu) jam, kemudian ketiga model/spesimen didinginkan pada 3 (tiga) media pendingin berbeda yaitu oli SAE 40W, Air dan udara. Setelah itu dilakukan pengujian tarik terhadap ketiga spesimen dan mencatatkan hasil yang diperoleh. Dari hasil penelitian yang diperoleh material dasar Baja 1040 sebelum perlakuan pendinginan mempunyai kekuatan sebesar 1810.77 [kGf], sedangkan setelah dilakukan perlakuan panas diperoleh kekuatan sebesar 1677.85 [kGf] menggunakan pendinginan oli, 2603.38 [kGf] menggunakan pendinginan air, 2573.85 [kGf] menggunakan pendinginan udara. Kesimpulan penelitian ini bahwa peningkatan kekuatan Baja AISI 1040 setelah perlakuan pendinginan diperoleh nilai tertinggi sebesar 2603,38 dengan menggunakan media pendingin air.

**Kata Kunci** : Perlakuan pendinginan, Media Pendingin, Baja AISI 1040, Uji Tarik

### 1. Pendahuluan

Baja karbon, terutama karbon medium, merupakan logam yang banyak digunakan terutama untuk membuat alat-alat perkakas, alat-alat pertanian, komponen-komponen otomotif, konstruksi, pemipaan, alat-alat rumah tangga. Dalam aplikasi pemakaiannya, semua baja akan terkena pengaruh gaya luar berupa tegangan-tegangan gesek, tarik maupun tekan sehingga menimbulkan deformasi atau perubahan bentuk. Usaha menjaga baja agar lebih tahan gesekan, tarikan atau tekanan adalah dengan cara mengeraskan baja tersebut, yaitu salah satunya dengan perlakuan panas (*heat treatment*).

Proses ini meliputi pemanasan baja karbon pada suhu tertentu, dipertahankan pada waktu tertentu dan didinginkan pada media pendingin tertentu pula. Perlakuan panas mempunyai banyak tujuan, diantaranya untuk meningkatkan kekuatan, menghilangkan tegangan internal, menghaluskan butir kristal, meningkatkan kekuatan, meningkatkan tegangan tarik logam dan sebagainya, tujuan ini akan tercapai seperti apa yang diinginkan jika memperhatikan parameter yang mempengaruhinya, seperti suhu pemanasan dan media pendingin yang digunakan. Salah satu tujuan proses perlakuan panas pada baja adalah untuk pengerasan (*hardening*), yaitu proses pemanasan baja sampai suhu di daerah atau di atas daerah kritis disusul dengan pendinginan yang cepat dinamakan *quench*, (Djafrie, 1995).

Akibat proses *hardening* pada baja, maka timbul tegangan dalam (*internal stress*), yang akan menaikkan kekerasan namun terkadang mengakibatkan baja menjadi getas (*brittle*), terutama pada baja karbon tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kekerasan dan

kekuatantarik bajakarbon AISI 1040 yang telah diberikan perlakuan panas (*heat treatment*) dan memvariasikan media pendingin. Sehingga bila diketahui tingkat perbandingan kekuatan tariknya dan kesesuaiannya terhadap kegunaannya, maka dapat dijadikan suatu referensi yang valid untuk menggunakan media pendingin yang tepat, agar menghemat waktu dan biaya produksi. Metode yang digunakan adalah dengan melakukan proses perlakuan panas pada spesimen bajakarbon AISI 1040 dengan faktor perbedaan media pendingin dan melalui pengujian *spesimen*. Pengujian *spesimen* yang digunakan adalah pengujian kekuatan tarik (uji tarik).

### 2. Tinjauan Pustaka

#### 2.1 Kekuatan Tarik Baja

Sifat mekanis baja dipengaruhi oleh cara mengadakan ikatan karbon dengan besi. Menurut *Schonmetz* (1985), terdapat 2 bentuk utama kristal saat karbon mengadakan ikatan dengan besi, yaitu:

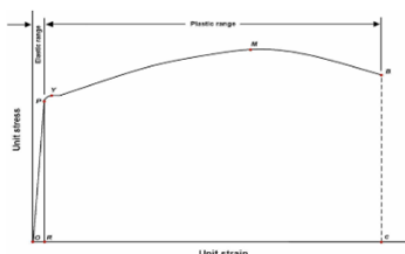
1. Ferit, yaitu besi murni (*Fe*) terletak rapat saling berdekatan tidak teratur, baik bentuk maupun besarnya.
2. Perlit, merupakan campuran antara *ferrit* dan *sementit* dengan kandungan karbon sebesar 0,8%.

Pengujian tarik yang dilakukan pada suatu material dapat memberikan keterangan yang relatif lengkap mengenai perilaku material tersebut terhadap pembebanan mekanis. Parameter pengujian tarik adalah:

1. Batas Proporsionalitas

Merupakan daerah batas dimana tegangan dan regangan mempunyai hubungan proporsionalitas satu dengan lainnya. Setiap

penambahan tegangan akan diikuti dengan penambahan regangan secara proporsional dalam hubungan *linier*  $\sigma = E\varepsilon$  (bandingkan dengan hubungan  $y = mx$ ; dimana  $y$  mewakili tegangan.  $x$  mewakili regangan dan mewakili *slope* kemiringan dari modulus kekakuan). Titik P pada Gambar 2.1 dibawah ini menunjukkan batas proporsionalitas dari kurva tegangan-regangan.



Gambar 1. Kurva tegangan-regangan dari sebuah benda uji

2. Batas Elastis

Daerah elastis adalah daerah dimana bahan akan kembali kepada panjang semula bila tegangan luar dihilangkan. Daerah *proporsionalitas* merupakan bahagian dari batas elastik ini. Selanjutnya bila bahan terus diberikan tegangan (deformasi dari luar) maka batas elastis akan terlampaui pada akhirnya sehingga bahan tidak akan kembali kepada ukuran semula. Dengan kata lain dapat didefinisikan bahwa batas elastis merupakan suatu titik dimana tegangan yang diberikan akan menyebabkan terjadinya deformasi permanen (plastis) pertama kalinya. Titik luluh dan kekuatan luluh titik ini merupakan suatu batas dimana material akan terus mengalami deformasi tanpa adanya penambahan beban. Tegangan (*stress*) yang mengakibatkan bahan menunjukkan mekanisme luluh ini disebut tegangan luluh (*yield stress*). Titik luluh ditunjukkan oleh titik Y pada Gambar 1 diatas.

Kekuatan luluh atau titik luluh merupakan suatu gambaran kemampuan, bahan menahan deformasi permanen bila digunakan dalam penggunaan struktural yang melibatkan pembebanan mekanik seperti tarik, tekan bending atau puntiran. Di sisi lain, batas luluh ini harus dicapai ataupun dilewati bila bahan (logam) dipakai dalam proses manufaktur produk-produk logam seperti proses *rolling, drawing, stretching* dan sebagainya. Dapat dikatakan bahwa titik luluh adalah suatu tingkat tegangan yang. Tidak boleh dilewati dalam penggunaan struktural (*in service*) harus dilewati dalam proses manufaktur logam (*forming process*)-

2.2 Kekuatan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*)

Merupakan tegangan maksimum yang dapat ditanggung oleh material sebelum terjadinya

perpatahan (*fracture*). Nilai kekuatan tarik maksimum  $\sigma$  uts ditentukan dari beban maksimum  $F$  maks dibagi luas penampang awal  $A_0$ . Pada bahan ulet tegangan maksimum ini ditunjukkan oleh titik M (Gambar 2.1) dan selanjutnya bahan akan terus berdeformasi hingga titik B. Dalam kaitannya dengan penggunaan struktural maupun dalam proses forming bahan, kekuatan maksimum adalah batas tegangan yang sama sekali tidak boleh dilewati. Kekuatan Putus (*breaking strength*). Kekuatan putus ditentukan dengan membagi beban pada saat benda uji putus ( $F_{breaking}$ ) dengan luas penampang awal  $A_0$ . Untuk bahan yang bersifat ulet pada saat beban maksimum  $M$  terlampaui dan bahan terus terdeformasi hingga titik putus B maka terjadi mekanisme penciutan (*necking*) sebagai akibat adanya suatu deformasi yang terlokalisasi. Pada bahan ulet kekuatan putus adalah lebih kecil dari pada kekuatan maksimum sementara pada bahan getas kekuatan putus adalah sama dengan kekuatan maksimumnya. Pengujian tarik memberikan dua metode pengukuran keuletan bahan yaitu:

a. Persentase perpanjangan (*elongation*)

Diukur sebagai penambahan panjang ukur setelah perpatahan terhadap panjang awalnya. *Elongasi*:

$$\varepsilon (\%) = [(L_f - L_0) / L_0] \times 100\%$$

Dimana:

$L_f$  = Panjang akhir.

$L_0$  = Panjang awal dari benda uji.

b. Persentase pengurangan/reduksi penampang (*Area Reduction*)

Diukur sebagai pengurangan luas penampang (*cross section*) setelah perpatahan terhadap luas penampang awalnya. Reduksi penampang:

$$R (\%) = [(A_0 - A_f) / A_0] \times 100\%$$

Dimana:

$A_f$  = Luas penampang akhir.

$A_0$  = Luas penampang awal.

3. Modulus elastisitas ( $E$ )

Modulus *elastisitas* atau *modulus young* merupakan ukuran kekakuan suatu material. Semakin besar harga modulus ini maka semakin kecil regangan elastis yang terjadi pada suatu tingkat pembebanan tertentu, atau dapat dikatakan material tersebut semakin kaku (*stiff*). Pada grafik tegangan-regangan (Gambar 2.1), modulus kekakuan tersebut dapat dihitung dari slope kemiringan garis elastis yang linier, diberikan oleh:

$$E = \sigma/\varepsilon \text{ atau } E = \tan \alpha$$

Dimana:

$\alpha$  = sudut yang dibentuk oleh daerah elastis kurva tegangan-regangan.

Modulus elastisitas suatu material ditentukan oleh energi ikat antar atom-atom, sehingga besarnya nilai modulus ini tidak dapat dirubah oleh suatu proses tanpa merubah struktur bahan.

#### b. Perlakuan Panas (*Heat Treatment*)

Menurut penelitian Bakri dan Sri Candrabakty (2006) tentang menganalisa efek waktu perlakuan panas temper terhadap kekuatan dan ketangguhan baja komersial. *Spesimen* kekuatan tarik dan ketangguhan impak di-*austenisasi* pada temperature 1000°C selama 45 menit dan di-*quenching* ke dalam oli. Proses ini dilanjutkan dengan proses temper selama 1 jam, 2 jam, 3jam dan 4 jam. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kekuatan tarik dan ketangguhan tidak terlalu signifikan perubahannya terhadap variasi waktu temper.

Perlakuan panas (*heat treatment*) adalah suatu istilah yang menjelaskan suatu operasi atau kombinasi/gabungan operasi yang melibatkan pemanasan dan pendinginan yang terkontrol terhadap suatu logam atau paduan logam dalam keadaan padatan untuk tujuan memodifikasi struktur mikro sehingga diperoleh perubahan sifat-sifatnya (terutama sifat mekanis) sesuai dengan yang diinginkan.

Perlakuan panas paduan logam memegang peranan penting dalam rekayasa mengingat fakta bahwa hampir semua komponen teknik yang terbuat dari logam, kecuali beberapa besi cor, memerlukan paling tidak satu tahapan perlakuan panas dari siklus produksi dengan tujuan guna memenuhi persyaratan sifat-sifat yang diinginkan. Sebagai contoh, barang hasil tempa, pengecoran, pengerolan dan pabrikan (pembentukan dan penyambungan) dilaku panas sebelum proses permesinan. Dalam pengerolan panas lembaran baja, misalnya selain deformasi maka temperatur dan kecepatan pendinginan merupakan variabel yang dapat diatur untuk mendapatkan variasi struktur mikro dan dengan demikian juga variasi sifat akhir baja hasil roll.

### 2.3 Baja

Baja adalah logam paduan antara besi (Fe) dan karbon (C), dimana besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0,1% hingga 1,7% sesuai tingkatannya. Proses pembuatan baja akan terdapat unsur-unsur lain selain karbon yang akan tertinggal didalam baja seperti mangan (Mn), silikon (Si), kromium (Cr), vanadium (V), dan unsur lainnya. Berdasarkan komposisi dalam prakteknya baja terdiri dari beberapa macam yaitu: Baja Karbon (*CarbonSteel*), dan Baja Paduan (*Alloy Steel*).

Berdasarkan tinggi rendahnya presentase karbon didalam baja, baja karbon diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Baja Karbon Rendah (*low Carbon Steel*) mengandung karbon antara 0,10 s/d 0,30 %.
2. Baja Karbon Menengah (*Medium Carbon Steel*) mengandung karbon antara 0,30% – 0.60% C.

3. Baja Larbon Tinggi (*High Carbon Steel*) mengandung kadar karbon antara 0,60%–1,7% C.

Sifat mekanik suatu bahan adalah kemampuan bahan untuk menahan beban-beban yang dikenakan padanya. Beban-beban tersebut dapat berupa beban tarik, tekan, bengkok, geser, punter, atau beban kombinasi. Sifat-sifat mekanik yang terpenting antara lain:

1. Kekuatan (*strength*) menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan bahan tersebut menjadi patah.
2. Kekerasan (*hardness*) dapat didefinisikan sebagai kemampuan bahan untuk bertahan terhadap goresan, pengikisan (*abrasi*), penetrasi. Sifat ini berkaitan erat dengan sifat keausan (*wearresistance*).
3. Kekenyalan (*elasticity*) menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk yang permanen setelah tegangan dihilangkan.
4. Kekakuan (*stiffness*) menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan/beban tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk (*deformasi*) atau *defleksi*.
5. Plastisitas (*plasticity*) menyatakan kemampuan bahan untuk mengalami sejumlah *deformasi plastis* yang permanen tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan.
6. Ketangguhan (*toughness*) menyatakan kemampuan bahan untuk menyerap sejumlah *energy* tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan.
7. Kelelahan (*fatigue*) merupakan kecenderungan dari logam untuk patah apabila menerima tegangan berulang-ulang (*cyclic stress*) yang besarnya masih jauh dibawah batas kekuatan elastisitasnya.
8. Keretakan (*creep*) merupakan, kecenderungan suatu logam mengalami *deformasi plastis* yang besarnya merupakan fungsi waktu, pada saat bahan tersebut menerima beban yang besarnya relatif tetap.

### 2.4 Media Pendingin

Kemampuan suatu jenis media dalam mendinginkan *spesimen* bisa berbeda-beda, perbedaan kemampuan media pendingin disebabkan oleh temperatur, kekentalan, kadar larutan dan bahan dasar media pendingin. Media pendingin yang lazim digunakan untuk mendinginkan *specimen* pada proses pengerasan baja yaitu oli merk Mesran SAE 40 karena media pendingin tersebut digunakan sesuai dengan kemampuannya untuk memperoleh hasil yang diharapkan. Penggunaan pelumas sebagai media pendingin akan menyebabkan timbulnya selaput karbon pada *specimen* tergantung dari besarnya *viskositas* pelumas. Berbagai media pendingin yang

digunakan dalam proses perlakuan panas antara lain:

1. Oli SAE 40  
Pelumas adalah minyak yang mempunyai sifat untuk selalu melekat dan menyebar pada permukaan-permukaan yang bergeser, sehingga membuat pengausan dan kenaikan suhu kecil sekali.
2. Air (Larutan Garam), Pendinginan dengan menggunakan air akan memberikan daya pendinginan yang cepat. Biasanya kedalam air tersebut dilarutkan garam dapur sebagai usaha mempercepat turunnya temperatur benda kerja dan mengakibatkan bahan menjadi keras.
3. Udara Pendinginan, udara dilakukan untuk perlakuan panas yang membutuhkan pendinginan lambat. Untuk keperluan tersebut udara yang *disirkulasikan* kedalam ruangan pendingin dibuat dengan kecepatan yang rendah.

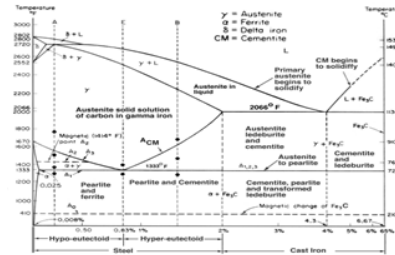
Modulus ini tidak dapat dirubah oleh suatu proses tanpa merubah struktur bahan. Perlakuan Panas (*Heat Treatment*). Menurut penelitian Bakri dan Sri Candrabakty (2006), tentang menganalisa efek waktu perlakuan panas temper terhadap kekuatan dan ketangguhan baja komersial. *Spesimen* kekuatan tarik dan ketangguhan impak *diaustenisasi* pada temperature 1000°C selama 45 menit dan di-*quenching* ke dalam oli. Proses ini dilanjutkan dengan proses temper selama 1 jam, 2 jam, 3 jam dan 4 jam. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kekuatan tarik dan ketangguhan tidak terlalu signifikan perubahannya terhadap variasi waktu temper.

Menurut Edih Supardi (1999), dasar pengujian pengerasan pada bahan baja yaitu suatu proses pemanasan dan pendinginan untuk mendapatkan struktur keras yang disebut *martensit*. *Martensit* yaitu *fasa* larutan padat lewat jenuh dari karbon dalam sel satuan *tetragonal* pusat badan atau mempunyai bentuk kristal *Body Centered Tetragonal* (BCT). Untuk menambah kekerasan baja, dapat dilakukan dengan pengerjaan yang dimana baja dipanaskan sampai suhu 850°C kemudian didinginkan secara cepat (*quenching*).

Tujuan pengerjaan ini dengan maksud pengerasan baja adalah mendinginkan atau melindungi suatu perubahan *austenitic* dari pada pendinginan lain sampai temperatur mendekati 790°C. Jika berhasil mendinginkan *austenitic* sampai 790°C akan berubah dengan cepat kesuatu struktur yang keras dan relatif rapuh yang dikenal *martensit* untuk pengerjaan kedua dalam pengerasan baja yaitu pendinginan cepat (*quenching*) dari *austenitic* yang menghasilkan struktur martensit.

Perlakuan panas (*heat treatment*) adalah suatu istilah yang menjelaskan suatu operasi atau kombinasi/gabungan operasi yang melibatkan

pemanasan dan pendinginan yang terkontrol terhadap suatu logam atau paduan logam dalam keadaan padatan untuk tujuan memodifikasi struktur mikro sehingga diperoleh perubahan sifat-sifatnya (terutama sifat mekanis) sesuai dengan yang diinginkan. Perlakuan panas paduan logam memegang peranan penting dalam rekayasa mengingat fakta bahwa hampir semua komponen teknik yang terbuat dari logam, kecuali beberapa besi cor, memerlukan paling tidak satu tahapan perlakuan panas dari siklus produksi dengan tujuan guna memenuhi persyaratan.



Gambar 2. Diagram fasa Fe-C

Diagram fasa menghubungkan komposisi, temperature dan fasa dalam suatu diagram, disebut juga diagram kesetimbangan (*equilibrium diagram*), karena kita dapat menjumpai beberapa fasa dalam satu diagram.

**2.5 Pengujian Tarik**

Pengujian tarik adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis suatu logam dan paduannya. Pengujian ini paling sering dilakukan karena merupakan dasar pengujian-pengujian dan studi mengenai kekuatan bahan. Pada pengujian tarik beban diberikan secara kontinyu dan pelan-pelan bertambah besar, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji. Kemudian dapat dihasilkan tegangan dan regangan.

$$\sigma_u = \frac{P_u}{A_0}$$

Dimana:

$\sigma_u$  = Tegangan tarik maxsimum (MPa)

$P_u$  = Beban tarik (kN)

$A_0$  = luas awal penampang (mm<sup>2</sup>)

Regangan yang dipergunakan pada kurva diperoleh dengan cara membagi perpanjangan panjang ukuran dengan perpanjangan awal.

Persamaan yaitu:

$$\epsilon = \frac{L_f - L_0}{L_0} \times 100$$

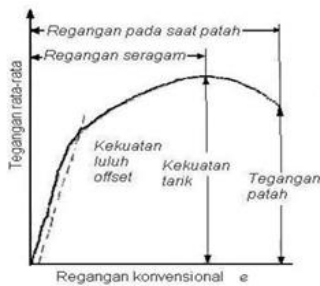
Dimana:

$\epsilon$  = Regangan (%)

$L_0$  = Panjang awal (mm)

$L_f$  = Panjang akhir (mm)

Pembebanan tarik dilaksanakan dengan mesin pengujian tarik yang selama pengujian akan mencatat setiap kondisi bahan sampai terjadinya tegangan ultimate, juga sekaligus akan menggambarkan diagram tarik benda uji, adapun panjang  $L_f$  akan diketahui setelah benda uji patah dengan menggunakan pengukuran secara normal tegangan *ultimate* adalah tegangan tertinggi yang bekerja pada luas penampang semula. Diagram yang diperoleh dari uji tarik pada umumnya digambarkan sebagai diagram tegangan/regangan.



Gambar3. Kurva tegangan-regangan rekayasa .

Dari gambar 2.4, ditunjukkan bahwa bentuk dan besaran pada kurva tegangan regangan suatu logam tergantung pada komposisi, perlakuan panas, deformasi plastis yang pernah dialami, laju regangan, suhu dan keadaan tegangan yang menentukan selama pengujian. Parameter-parameter yang digunakan untuk menggambarkan kurva tegangan/regangan logam yaitu: kekuatan tarik, kekuatan luluh, perpanjangan (Satoto, 2002).

Proses pengujian tarik mempunyai tujuan utama untuk mengetahui kekuatan tarik bahan uji. Bahan uji adalah bahan yang akan digunakan sebagai konstruksi, agar siap menerima pembebanan dalam bentuk tarikan. Pembebanan tarik adalah pembebanan yang diberikan pada benda dengan memberikan gaya yang berlawanan pada benda dengan arah menjauh dari titik tengah atau dengan memberikan gaya tarik pada salah satu ujung benda dan ujung benda yang lain diikat.

Penyusunan butiran Kristal logam yang diakibatkan oleh adanya penambahan volume ruang gerak dari setiap butiran dan ikatan atom yang masih memiliki gaya *elektromagnetik*, secara otomatis bisa memperpanjang bahan tersebut. Sifat mekanik pertama yang dapat diketahui berdasarkan kurva pengujian tarik yang dihasilkan adalah kekuatan tarik maksimum yang diberi simbol  $\sigma_u$ . Simbol u didapat dari kata *ultimate* yang berarti puncak. Jadi besarnya kekuatan tarik ditentukan oleh tegangan maksimum yang diperoleh dari kurva tarik. Tegangan maksimum ini diperoleh dari:

$$\sigma_u = \frac{P_{maks}}{A_o}$$

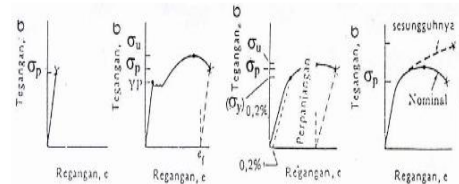
Dimana:

$\Sigma u$  = Ultimate tensile strength

$P_{maks}$  = Beban maksimum

$A_o$  = Luas penampang awal

Sifat mekanik yang ke dua adalah kekuatan luluh yang diberi simbol  $\sigma_y$  dimana y diambil dari kata *yield* atau luluh. Kekuatan luluh dinyatakan oleh suatu tegangan pembatas dari tegangan yang memberikan regangan elastis saja dengan tegangan yang memberikan tegangan elastis bersama plastis. Titik luluh adalah suatu titik perubahan pada kurva pada bagian yang berbentuk *linier* dan yang tidak linier. Pada kurva tarik baja karbon rendah atau baja lunak batas ini mudah terlihat, tetapi pada bahan lain batas ini sukar sekali untuk diamati oleh karena daerah *linier* dan tidak *linier* bersambung secara kontinu. Oleh karena itu untuk menentukan titik luluh diambil dengan metoda *off set* yaitu suatu metoda yang menyatakan bahwa titik luluh adalah suatu titik pada kurva yang menyatakan dicapainya regangan plastis sebesar 0,2 %.



Gambar 4. Diagram Tegangan Regangan

1. Bahan tidak ulet, tidak ada deformasi plastis misalnya besi cor
2. Bahan ulet dengan titik luluh misalnya pada baja karbon rendah
3. Bahan ulet tanpa titik luluh yang jelas misalnya aluminium, diperlukan Metode *off set* untuk mengetahui titik luluhnya
4. Kurva tegangan regangan sesungguhnya regangan-tegangan nominal:
  - $\sigma_p$  = Kekuatan patah
  - $\sigma_u$  = Kekuatan tarik maksimum
  - $\sigma_y$  = Kekuatan luluh
  - $e_f$  = Regangan sebelum patah
  - $x$  = Titik patah
  - YP = Titik luluh

### 3. Metodologi Penelitian

#### 3.1 Tempat

Tempat pelaksanaan pengujian, analisis pengaruh perlakuan *quenching* terhadap uji tarik baja AISI 1040, dilaksanakan di laboratorium Universitas Islam Sumatera Utara.

#### 3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan yaitu sebagai berikut:

1. Jangka Sorong (*Vernier Caliper*)  
Jangka sorong, berfungsi sebagai alat pengukur diameter yang spesimen pada benda uji.

2. Tang  
Tang berfungsi sebagai penjepit spesimen pada saat di bentuk.
3. Mesin Pelakuan Panas Pada Spesimen (*Heat Treatment*).  
Mesin pelakuan panas berfungsi sebagai pelakuan panas pada spesimen yang akan di uji tari.
4. Uji Tarik  
Mesin uji tarik berfungsi sebagai pengujian tarik pada spesimen yang akan kita uji.

**3.3 Bahan**

Plat baja AISI 1040, Baja AISI berfungsi sebagai bahan pengujian uji tarik

**4. Hasil Dan Pembahasan**

**4.1 Hasil Penelitian**

Uji tarik mungkin adalah cara pengujian bahan yang paling mendasar. Pengujian ini sangat sederhana, tidak mahal dan sudah mengalami standarisasi di seluruh dunia, misalnya di Amerika dengan ASTM E8 dan Jepang dengan JIS 2241. Dengan menarik suatu bahan kita akan segera mengetahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah panjang. Alat eksperimen untuk uji tarik ini harus memiliki cengkeraman (grip) yang kuat dan kekakuan yang tinggi (highly stiff). Proses pengujian tarik mempunyai tujuan utama untuk mengetahui kekuatan tarik bahan uji. Bahan uji adalah bahan yang akan digunakan sebagai konstruksi, agar siap menerima pembebanan dalam bentuk tarikan. Pembebanan tarik adalah pembebanan yang diberikan pada benda dengan memberikan gaya yang berlawanan pada benda dengan arah menjauh dari titik tengah atau dengan memberikan gaya tarik pada salah satu ujung benda dan ujung benda yang lain diikat.

Hasil pengujian baja AISI 1040 yang telah dipanaskan dengan perlakuan pendinginan bervariasi yaitu tanpa pendingin, pendingin udara, pendingin dengan air dan pendingin dengan oli. Hasil tersebut menunjukkan nilai yang beragam, berikut disajikan hasil perolehan pengujian:

Tabel 1. Nilai Force dan stress pada Hasil Pengujian *Kuat Tarik* baja AISI 1040

Bahan Perlakuan	No Spesimen	Force (kGf)	Stress (kGf/mm <sup>2</sup> )	Elastisitas Young (e)
Raw (Tanpa Bahan Pendingin)	1	1810.77	64.004	1,26 x 10 <sup>10</sup>
Rapid Cooling	2	2603.38	92.08	2,23x 10 <sup>11</sup>
Normal	3	2573.85	91.03	2,01 x 10 <sup>10</sup>
Oil Quenching	4	1677.85	59.34	1,28 x 10 <sup>11</sup>

Berdasarkan tabel di atas menunjukkan hasil pengujian tarik setiap spesimen yang telah dipanaskan dan diberikan perlakuan pendinginan. Hasil yang ditunjukkan mengindikasikan tingkat kekuatan setiap spesimen. Hasil yang variatif dari

setiap perlakuan berbeda dengan tingkatan spesimen dengan perlakuan pendinginan menggunakan air memiliki kekuatan yang lebih tinggi dengan nilai Force sebesar 2603,38kGf dengan nilai stress sebesar 92,8 kGf/mm<sup>2</sup>, spesimen dengan pendingin oli memperoleh nilai force sebesar 2573,85kGf dengan nilai stress sebesar 91,03 kGf/mm<sup>2</sup>, spesimen tanpa perlakuan pendingin memperoleh nilai Force sebesar 1810,77 kGf dengan nilai stress sebesar 64,004 kGf/mm<sup>2</sup> dan yang paling rendah yaitu perlakuan pendingin dengan udara memperoleh nilai force sebesar 1677.85 kGf dengan nilai stress sebesar 59,34 kGf/mm<sup>2</sup>.

**4.2 Pembahasan**

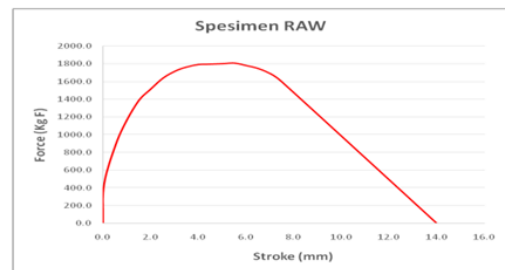
Adapun hasil dari pengujian hasil uji tarik dapat kita lihat pada grafik dibawah ini:

1. Material RAW

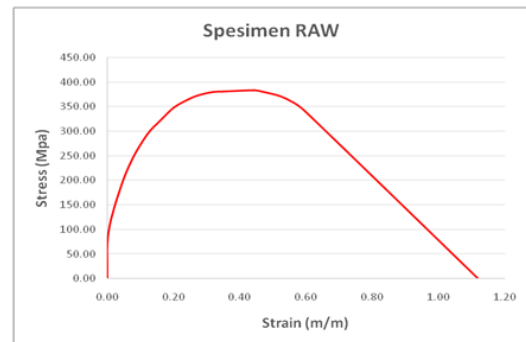
Pengujian sampel RAW dilakukan dengan pemanasan baja AISI 1040 tanpa adanya perlakuan pendingin yang diterapkan, hasil pengujian tersebut menunjukkan gambar sebagai berikut :



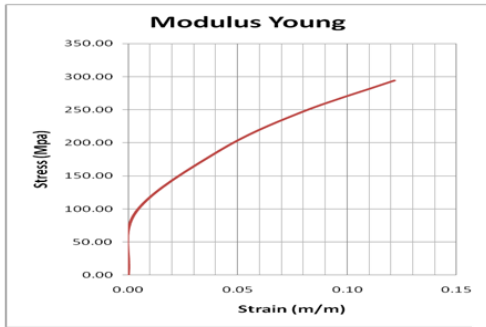
Gambar 5. Spesimen Hasil Pengujian Tanpa Pendingin



Gambar 6. Hasil Pengujian Material RAW



Gambar 7. Hasil Pengujian Material RAW



Gambar 8. Hasil Pengujian Material RAW

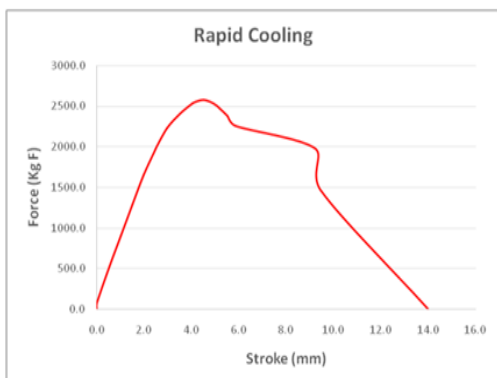
Berdasarkan hasil spesimen dan pengujian yang dilakukan dengan menerapkan uji tarik diperoleh bahwa hasil uji Force sebesar 1810,77 kGf dengan nilai stress sebesar 64,004 kGf/mm<sup>2</sup>, sebagaimana ditunjukkan diatas dilengkapi dengan modulus elastisitas young dan hasil strain. Dengan nilai elastisitas Young sebesar  $1,26 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$

2. Material Pendinginan Air

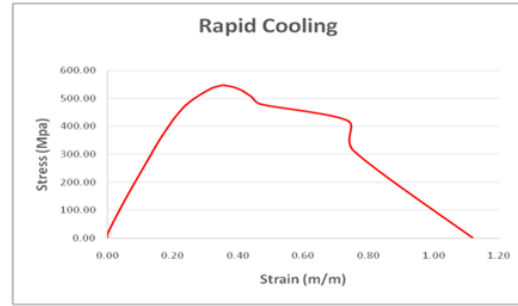
Pengujian sampel dengan perlakuan pendingin air dilakukan dengan pemanasan baja AISI 1040 diterapkan, hasil pengujian tersebut menunjukkan gambar sebagai berikut :



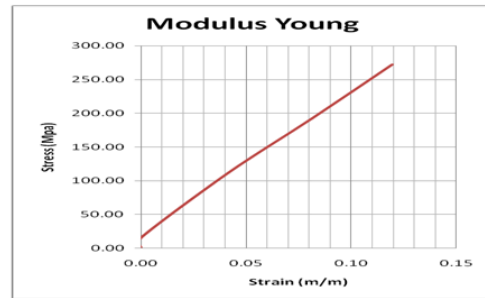
Gambar 9. Spesimen Hasil Pengujian Dengan Pendingin Air



Gambar 10. Hasil Pengujian Material Pendinginan Air



Gambar 11. Hasil Pengujian Material Pendinginan Air



Gambar 12. Hasil Pengujian Material Pendinginan Air

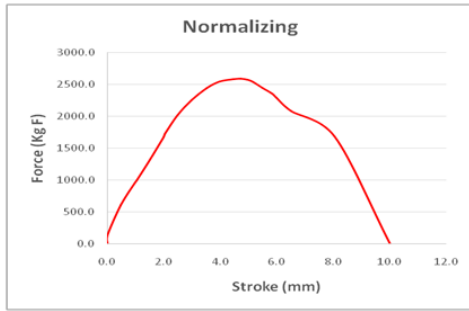
Berdasarkan hasil spesimen dan pengujian yang dilakukan dengan menerapkan uji tarik diperoleh bahwa hasil uji tarik nilai Force sebesar 2603,38kGf dengan nilai stress sebesar 92,8 kGf/mm<sup>2</sup>, sebagaimana ditunjukkan diatas dilengkapi dengan modulus elastisitas young dan hasil strain. Dengan nilai elastisitas Young sebesar  $2,23 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$

Material Pendinginan udara

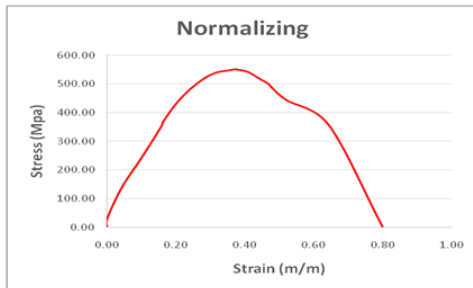
Pengujian sampel dengan perlakuan pendingin air dilakukan dengan pemanasan baja AISI 1040 dengan perlakuan pendingin udara yang diterapkan, hasil pengujian tersebut menunjukkan gambar sebagai berikut:



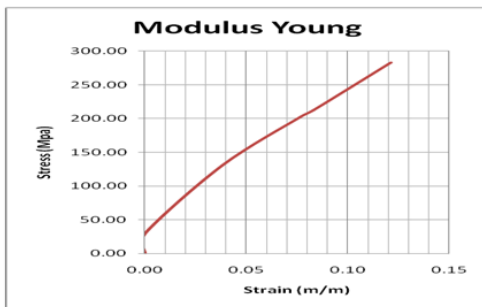
Gambar 13. Spesimen Hasil Pengujian Dengan Pendingin Air



Gambar14. Hasil Pengujian Material Pendinginan Udara



Gambar15. Hasil Peengujian Material Pendinginan Udara

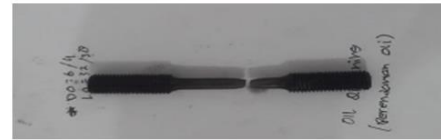


Gambar 16. Hasil Pengujian Material Pendinginan Udara

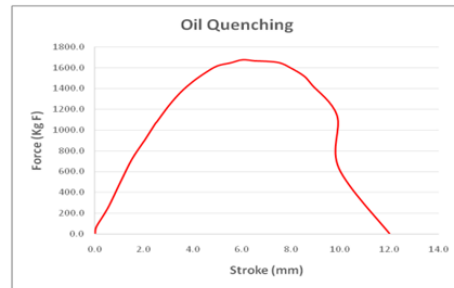
Berdasarkan hasil spesimen dan pengujian yang dilakukan dengan menerapkan uji tarik diperoleh bahwa hasil uji tarik ilai force sebesar 2573,85 kGf dengan nilai stress sebesar 91,03kGf/mm<sup>2</sup>, sebagaimana ditunjukkan diatas dilengkapi dengan modulus elastisitas young dan hasil strain. Dengan nilai elastisitas Young sebesar  $2,01 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$

**Material Pendinginan Oli**

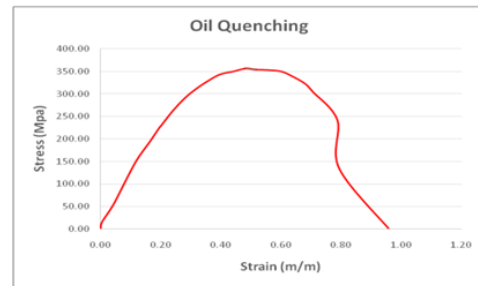
Pengujian sampel dengan perlakuan pendingin Oli dilakukan dengan pemanasan baja AISI 1040 dengan perlakuan pendingin Oli yang diterapkan, hasil pengujian tersebut menunjukkan gambar sebagai berikut:



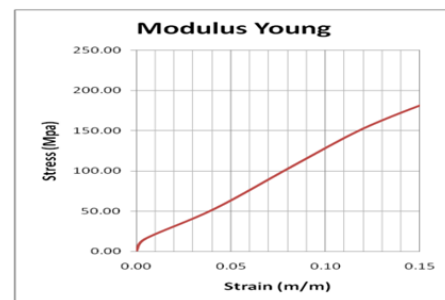
Gambar 17. Spesimen Hasil Pengujian Dengan Pendingin Oli



Gambar 18. Hasil Pengujian Material Pendinginan



Gambar 19. Hasil Pengujian Material Pendinginan Oli



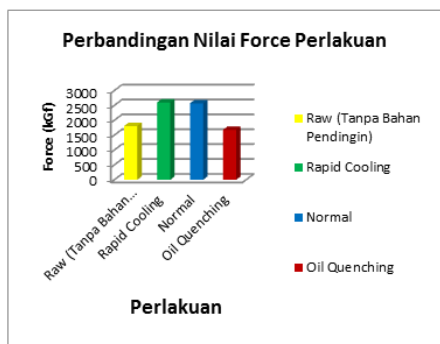
Gambar 20. Hasil Pengujian Material Pendinginan Oli

Berdasarkan hasil spesimen dan pengujian yang dilakukan dengan menerapkan uji tarik diperoleh bahwa hasil uji tarik nilai force sebesar 1677,85 kGf dengan nilai stress sebesar 59,34 kGf/mm<sup>2</sup>, sebagaimana ditunjukkan diatas dilengkapi dengan modulus elastisitas young dan hasil strain. Dengan nilai elastisitas Young sebesar  $1,28 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$

**Perbandingan Perlakuan**

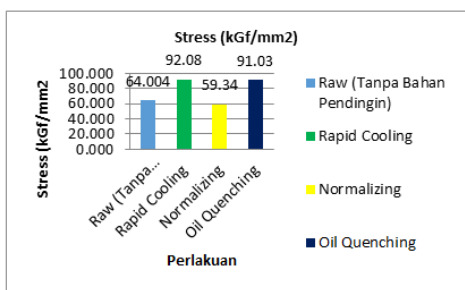
Pengujian terhadap baja AISI 1040 berdasarkan perlakuan yang dilakukan didalam

penelitian akan memberikan informasi baik informasi antar titik pada perlakuan yang sama maupun informasi kekerasan baja berdasarkan perlakuan pendinginan yang berbeda. Konsep tersebut akan menjelaskan kondisi baja yang memiliki tingkat kekuatan terbaik berdasarkan penggunaan bahan pendinginan sebelum dilakukan uji tarik. Berdasarkan tabel 4.1 dia atas maka dapat ditunjukkan grafik yang menunjukkan perbedaan kekerasan antar perlakuan pendinginan berdasarkan data rata-rata pengujian setiap perlakuan.



Gambar 21. Perbandingan Hasil Perlakuan Pendinginan Dengan Pada Nilai Force

Berdasarkan gambar 4.17 di atas di temukan bahwa kekuatan baja AISI 1040 berdasarkan uji tarik secara berturut turut dari nilai force tertinggi yaitu dengan perlakuan pendinginan air sebesar 2603,38 kGf, pendingin menggunakan oli sebesar 2573,85 kGf, dengan tanpa pendingin sebesar 1810,77 kGf dan pendinginan menggunakan udara sebesar 1677,85 kGf. Berdasarkan kajian tersebut dapat dijelaskan bahwa air mempertahankan kekerasan baja saat dilakukan pengujian, secara detail komposisi kimia air akan membantu untuk mengikat carbon menjadi lebih kuat.



Gambar 22. Perbandingan Hasil Perlakuan Pendinginan Dengan Pada Nilai Stress

Grafik diatas menunjukkan bahwa nilai stress tertinggi pada perlakuan berbeda dalam mendinginkan baja sebelum dilakukan uji tarik terlihat pada pengaplikasian air sebagai pendingin dengan nilai stress sebesar 92,08 kGf/mm<sup>2</sup> sedangkan nilai stres terendah diperoleh dengan penggunaan pendingin bahan udara dengan nilai 59,34 kGf/mm<sup>2</sup>.

**5. Kesimpulan**

Dari hasil pengujian diLaboratorium uji tarik dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Material raw : Steel Alloy Panjang [Mm] : 32 diameter [Mm] : 6  
Maximum Force : 1810.77 [kGf]  
Maximum Stress : 64.004 [kGf/mm<sup>2</sup>]
2. Material air : Steel Alloy Panjang [Mm] : 35 diameter [Mm] : 6  
Maximum Force : 2603.38 [kGf]  
Maximum Stress : 92.08 [kGf/mm<sup>2</sup>]
3. Material udara : Steel Alloy Panjang [Mm] : 35 diameter [Mm] : 6  
Maximum Force : 2573.85 [kGf]  
Maximum Stress : 91.03 [kGf/mm<sup>2</sup>]
4. Material oli : Steel Alloy Panjang [Mm] : 32 diameter [Mm] : 6  
Maximum Force : 1677.85 [kGf]  
Maximum Stress : 59.34 [kGf/mm<sup>2</sup>]

Dari empat percobaan yang paling besar bebannya pada pengujian uji tarik menggunakan pendingin udara Maximum Force : 2603.38 [kGf] Maximum Stress : 92.08 [kGf/mm<sup>2</sup>]

**Daftar Pustaka**

- [1] Y. Rizal, “Analisa Pengaruh Media Quench Terhadap Kekuatan Tarik Baja AISI 1045,” J, pp. 183–190, 2014.
- [2] B. T. Wibowo, “Pengaruh Temper Dengan Quenching Media Pendingin Oli Mesran SAE 40 Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Baja ST 60.”
- [3] B. H. Amsted, “Sriati Djapri (Alih Bahasa), 1995, Teknologi Mekanik, Edisi ke-7 Jilid 1, PT,” Erlangga, Jakarta.
- [4] S. H. Yunaidi, “Pengaruh Viskositas Oli sebagai Cairan Pendingin Terhadap Sifat Mekanik pada Proses Quenching Baja ST 60.,” Progr. Stud. Tek. Mesin Politek. LPP Jakarta, 2014.
- [5] S. R. Muas M., Arman Arman, “Karakteristik Sifat Mekanik dan Mikrostruktur Baja AISI-1040 Melalui Variasi Temperatur dan Media Pendingin pada Proses Quenching-Tempering.,” 161 Makassar Jur. Tek. Mesin Politek. Negeri Ujung Pandang, 2014.
- [6] F. Yusman, “Pengaruh Media Pendingin Pada Proses Quenching Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Baja AISI 1045,” 2018. Bohler, Bohler Special Steel Manual. PT Bhinneka Bajanas. Jakara:Bohler, 2015.
- [7] W. D. Callister and D. G. Rethwisch, Materials science and engineering: anintroduction, vol. 7. John wiley & sons New York, 2007.