PENGARUH TEMPERATUR YANG DITINGGIKAN TERHADAP KEKUATAN TARIK BAJA KARBON RENDAH

Asfarizal
Staf pengajar jurusan teknik mesin fakultas teknik
Institut Teknologi Padang

Baja karbon rendah berupa profil bulat, L, I umumnya diaplikasikan pada konstruksi dan bangunan sipil diberbagai bidang, masyarakat lebih memilih material ini karena mudah didapat, relatif murah, keuletan dan kekuatan yang cukup memadai. Temperatur secara signifikan berpengaruh terhadap kekuatan dan keuletannya. Hasil percobaan uji tarik pada variasi temperatur 100^o C, 150^o C, 200^o C, 250^o C menunjukan bahwa terjadi penurunan kekuatan dari ***605,820 N/mm^2, 540,636 N/mm^2, 446,570 N/mm^2, 533,232 N/mm^2***

Kata kunci: *Temperatur, Tegangan, Regangan*

PENDAHULUAN

Latar belakang

Bahan logam banyak digunakan untuk konstruksi, peralatan dan kebutuhan rumah tangga. Untuk peralatan industri khususnya bahan logam tersebut seringkali dioperasikan dilingkungan tempertur tinggi. Banyak pengujian dilakukan pada logam dengan temperatur tinggi, karena hal tersebut banyak dipakai dalam industri, misalnya untuk pembuatan engine,turbin-turbin uap,dapur-dapur pembakaran,alat-alat penyulingan dan lain-lain, yang mana mereka bekerja pada temperatur tinggi.

Baja merupakan bahan garapan yang mudah diubah wujudnya dan harga relatif rendah, oleh karena itu baja paling banyak pemakaiannya. Berbagai jenis baja berbeda menurut : kekuatan, kekerasan, kekenyalan, mampu keras, mampu las, mampu bentuk dingin dan panas,serta daya tahan karat (korosi) dan lain-lain. Baja kontruksi mencakup 90 % dari seluruh pembuatan baja, baja kontruksi digunakan untuk pembuatan baja batang, baja profil. Untuk segala jenis kontruksi (jembatan, menara, bangunan tinggi), baja beton (dituang, ditempa, dikempa). Baja kontruksi juga digunakan pada temperatur tinggi.

Pada umumnya semua logam tidak kehilangan tegangan serta kekakuannya dan bahkan memiliki kenaikan keuletan dengan kenaikan temperatur ruang. Para ahli mengatakan bahwa fase atau struktur dari logam berubah dengan kenaikan temperatur yang dengan sendirinya mempunyai konsekuensi terhadap sifat-sifat mekanisnya seperti: tarik ,tekan geser puntir,lengkung dan tekuk.hubungan antara kemampuan logam maka bisa dimengerti bahwa akibat panas ini maka bisa merngubah modulus elastisitas dari logam akan menurun. Panas juga bisa mengubah ikatan-ikatan antar atom, Sehingga bukan hanya menimbulkan fungsi-fungsi mekanis tapi juga sifat elektrikal (elektrical properties) dari logam tersebut. Logam diberi perlakuaan panas pada suhu tertentu lalu ditarik. Proses ini bisa mengubah karekteristik suatu logam. Perlakuan panas (heat treatmeant) dapat didefinisikan sebagai suatu kombinasi operasi pemanasan dan pendinginan terhadap logam dan paduannya, dimana perlakuan panas ini diberikan pada logam atau paduan untuk memperoleh sifat-sifat tertentu. Pada proses perlakuan panas pada baja karbon sedang, akan dihasilkan perubahan butir dan sifat mekanik material nya. Dalam penelitian ini akan dikaji perubahan sifat mekanik dari logam uji yang dipanaskan pada rentang 100^o C - 250^o C.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian adalah untuk mendapatkan sifat mekanik bahan logam berupa kekuatan tarik pada lingkungan temperatur tinggi,Sehingga dapat mengetahui kekuatan bahan bila diberi panas lalu dilakukan uji tarik.

Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat untuk menentukan perubahan yang terjadi pada logam setelah diberi panas lalu ditarik. Aplikasi penelitian ini adalah untuk mengantisipasi baja konstruksi pada bangunan yang mengalami peristiwa kebakaran yang mampu memanaskan logam sampai 250OC bahkan lebih dan dibebani secara statis.

Batasan Masalah

Pada pengujian ini bahan yang digunakan sebagai spesimen adalah baja St 37 Sifat mekanik yang dianalisi adalah kekuatan tarik regangan pada lingkungan temperatur yang tinggi. Temperatur pengujian yang digunakan penguji divariasikan; 100^o C, 150^o C, 200^o C, 250^o C.

LANDASAN TEORI

1. Sifat Mekanik Logam

Sifat mekanik merupakan salah satu faktor penting yang mendasari pemilihan material, dalam setiap perencanaan. Sifat mekanik dapat diartikan reaksi beban atau kemampuan logam untuk

menahan beban yang diberikan, baik beban statis atau dinamis pada suhu biasa, suhu tinggi maupun suhu dibawah $0\ ^0$ C.Beban statis adalah beban yang tetap, baik besar maupun arahnya pada setiap saat, sedangkan beban dinamis adalah beban yang besar dan arahnya berubah menurut waktu.

Beban dapat berupa beban tarik, tekan, lentur, puntir, geser, dan kombinasi dari beban tersebut. Sementara itu beban dinamis yaitu beban berubah-rubah. Sifat mekanis logam meliputi :

a. Kekuatan logam pada pembebanan tarik.
   Bila suatu logam ditarik maka akan mengalami deformasi, yaitu perubahan ukuran atau bentuk karena pengaruh beban yang dikerikan padanya. Deformasi ini dapat terjadi secara elastis dan secara plastis. Deformasi elastis uji : suatu perubahan bentuk yang akan segera hilang dan akan kembali apabila beban ditiadakan. Deformasi plastis uji : suatu perubahan bentuk yang tetap ada meskipun beban yang menyebabkan deformasi diadakan.
b. Sifat logam pada pembeban dinamis
   Bahan yang dibebani secara dinamis akan lelah dan patah, meskipun dibebani dibawah dibawah kekuatan statis. Kelelahan adalah gejala patah dari bahan disebabkan oleh beban yang berubah – ubah, kekuatan kelelahan suatu logam adalah tegangan bolak – balik tertentu yang dapat ditahan oleh logam itu sampai banyak balikan tak hingga.
c. Penjalaran
   Pertambahan panjang yang terus menerus pada beban yang konstan disebut *penjalaran.* Bila suatu bahan mengalami pembebanan tarik tertentu diatas kemampuannya dan tetap maka pertambahan panjangnya tidak berhenti sampai ia patah..
d. Sifat logam terhadap beban tiba - tiba (Ketangguhan)
   Ketangguhan logam ditentukan oleh kecepatan regangan yang tinggi, energi yang diserap untuk mematahkan logam itu disebut ketangguhan. Untuk melihat sifat tersebut dilakukan percobaan pukul takik (impact test).
e. Sifat kekerasan logam
   Kekerasan adalah ketahanan bahan terhadap deformasi plastis karena pembebanan setempat pada permukaan berupa goresan atau penekanan. Sifat ini banyak hubungannya dengan sifat kekuatan, daya tahan aus dan kemampuan dengan mesin.
f. Sifat logam terhadap geser dan puntir
   Pengujian geser suatu bahan akan sulit dilakukan dengan cara memberi beban berlawanan pada titik yang berlawanan, seperti gerakan gunting, tegangan puntir adalah memberikan beban puntir pada sumbu suatu logam yang berbentuk tabung. Pada pengujian ini besarnya tegangan geser tidak sama dari permukaan kepusat, tegangan dipermukaan adalah maksimum dan disumbu adalah nol.

2. Tegangan dan regangan

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanik bahan. Untuk mendapatkan hasil pengujian yang akurat diperlukan ukuran standard benda uji sesuai dengan standart . Ukuran standard benda uji dapat dilihat pada gambar 2. Untuk menhitung tegangan dan regangan digunakan rumus :

$$\text{Tegangan } (\sigma) = \frac{F}{Ao} \ \text{N/ mm}^2 ,$$

$$Ao = \frac{1}{4}\ \pi .\ Do^2\ (\text{mm}^2)$$

Sedangkan untuk menghitung regangan tarik (ε) dapat menggunakan rumus seperti dibawah ini :

$$\text{Regangan } (\varepsilon) = \frac{\Delta l}{lo}\ \text{x}\ 100\ \%$$

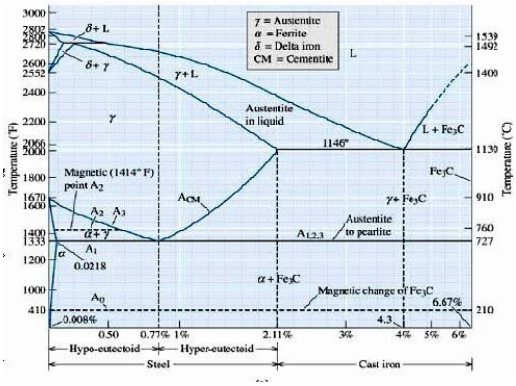
Dimana :

F = Gaya	(KN)
Ao = Luas Penampang Awal	(mm^2)
Lo = Panjang Awal	(mm)
ΔL = Perpanjangan	(mm)
Do = Diameter Awal	(mm)

3. Temperatur Tinggi

Energi panas cenderung untuk berpindah dari daerah bertemperatur tinggi kedaerah yang temperaturnya lebih rendah. Energi panas dapat mempengaruh ikatan logam dan paduan yang sejenis sehingga berkurang kekuatannya bahkan energi panas yang tinggi mampu mencairkan logam. Perberlakuan panas terhadap suatu bahan logam (baja konstruksi) pada temperatur tertentu akan mengakibatkan pelemahan ikatan antar butir dan merubah kekuatan baja, masukan panas dapat dilakukan dengan gas panas hasil dari pembakaran bahan bakar. Masukan panas pada spesimen diberikan sampai 250 ^oC yang dikontrol dengan termokopel. Pada temperatur itu fasa dan struktur mikro baja tidak berubah, karena belum cukup panas namun diyakini sifat mekaniknya mengalami perubahan (kekuatan tarik dan regangan). Pada beberapa logam terdapat sistem penggelinciran baru jika suhu naik. Dengan naiknya suhu pada logam akan terjadi deformasi batas butir, faktor lain yang diperhatikan adalah pengaruh lamanya temperatur yang terdapat logam dapat menggangu stabilitas metalurgi logam dan paduan dan hal lain yang tak kalah pentingnya yaitu interaksi antara logam temperatur yang terdapat logam dapat menggangu stabilitas metalurgi logam dan paduan dan hal lain yang tak kalah pentingnya yaitu interaksi antara logam dengan lingkungan pada temperatur 100^o C - 250^o C. pada umumnya mengandung karbon 0,13 – 0,2% dengan temperatur perubahan fasa 830^oC. Pemanasan sampai temperatur 250^oC belum sapat merubah fasanya (ferrit+pearlite), namun proses yang dikontrol oleh fusi mempunyai pengaruh yang berarti pada sifat mekaniknya.

Untuk keperluan praktis, dianggap bahwa sifat tarik sebagian besar logam teknik tidak tergantung pada waktu, dan sesungguhnya bukan demikian.



Gambar-1 Diagram Fasa Fe-Fe3C.

4. Baja Pada Temperatur 100oC – 250oC

Mengacu pada diagram fasa Fe-Fe_3C, bahwa perubahan fasa terjadi pada temperatur 723 ^oC dengan konsentrasi karbon 0,76 % sedangkan baja konstruksi mengandung karbon 0,20%C. Baja konstruksi yang diteliti termasuk kelompok baja karbon rendah kandungan C : 0,20%C dengan fasa α+Fe_3C. Suatu karakteristik penting dari kekuatan tarik pada temperatur 100^o C – 250^o C adalah untuk menyatakan kekuatan tersebut terhadap skala waktu tertentu. Sejumlah logam pada keadaan demikian mempunyai perilaku seperti bahan-bahan elastis. Logam yang diberikan beban tarik konstan pada temperatur tinggi akan mulur (creep) dan mengalami pertambahan panjang yang tergantung pada waktu.

Untuk mengatasi persoalan ini, seringkali temperatur dinyatakan sebagai temperatur homolog, yakni perbandingan antara temperatur uji dengan temperatur lebur berdasarkan skala suhu mutlak. Dengan dilakukan uji tarik pada temperatur 100oC – 250oC dapat memberikan keterangan berguna mengenai kinerja baja pada suhu tersebut. Oleh karenanya diperlukan pengujian khusus untuk menilai kinerja bahan-bahan pada temperatur uji yang berbeda-beda. Uji tarik digunakan untuk mengukur perubahan dimensi yang terjadi akibat keberadaannya pada temperatur tertentu. Sedangkan uji tegangan patah mengukur efek temperatur pada karekteristik penting dari kekuatan tarik pada temperatur 100o C – 250o C adalah untuk menyatakan kekuatan tersebut terhadap skala waktu tertentu. Untuk keperluan praktis, dianggap bahwa sifat tarik sebagian besar logam teknik tidak tergantung pada waktu yang berbeda-beda. Uji tarik digunakan untuk mengukur perubahan dimensi yang terjadi akibat keberadaannya pada temperatur tertentu. Sedangkan uji tegangan patah mengukur efek temperatur pada karekteristik ketahanan beban untuk jangka waktu yang lama.

5. Pengujian Tarik

Pengujian tarik adalah salah satu pengujian mekanik dimana terhadap beban yang diberikan statis yang mengamati daya tahan material terhadt beban tarik aksial. Hasil pengujian adalah berupa kurva tegangan-regangan teknik dan kurva tegangan- regangan sesungguhnya.

Dalam pengujian ini benda uji mengalami deformasi elastis hingga batas luluh dan selanjutnya mengalami deformasi plastis dan peningkatan kekuatan disebabkan benda uji mengalami peregangan. Deformasi plastis yang terjadi sampai beban maksimum adalah seragam dan selanjutnya terjadi necking dan deformasi akan terpusat pada satu tempat sampai benda uji patah.

1. Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik (tensile strength) adalah tegangan maksimum yang bisa ditahan oleh material benda uji sebelum patah atau rusak besarnya maksimum dibagi luas penampang lintang awal benda uji.

Kekuatan tertarik ditujukan oleh titik tertinggi kurva.

$$\sigma_u = \frac{Fu}{Ao} \quad \text{..... (1)}$$

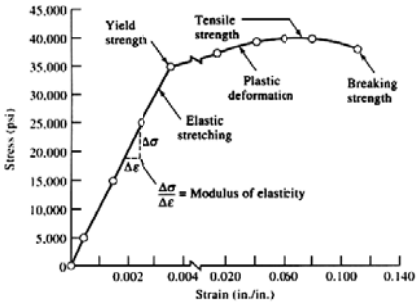
Dan regangan teknisnya

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{Lo} \quad \text{..... (2)}$$

Reduksi penampamg

$$Q = \frac{Ao - A}{Ao} \text{ X 100 % ..... (3)}$$

2. Keuletan



Gambar-2 Kurva tegangan dan regangan untuk baja konstruksi

Keuletan atau besarnya regangan plastis sampai perpatahan,dapat dinyatakan dalam persentase perpanjangan. Pengukuran keuletan merupakan regangan teknik pada saat patah (ε) atau pengecilan luas penampang pada saat patahan (Q).

$$Q = \frac{Ao - Ai}{Ao} \quad \text{..... (4)}$$

3. Kelenturan

Kelenturan adalah kemampuan material untuk terdeformasi secara elastis dan mampu kembali ke-

keadaan semula. Kelenturan biasanya dinyatakan dengan modulus kelenturan yaitu energi tiap satuan volume yang dibutuhkan untuk menekan bahan dari tegangan nol, hingga tegangan luluh. Energi regangan tiap satuan volume untuk beban tarik sesumbu (E_R) adalah :

$$E_R = \tfrac{1}{2}\sigma_{e.}.\varepsilon_e$$

$$E_R = \tfrac{1}{2}\sigma_e.\frac{\sigma_e}{E}$$

$$E_R = \frac{\sigma_{e2}}{2E} \quad \text{..... (5)}$$

Dimana :

σ_e = Tegangan tertinggi material masih bersifat elastis

E_e = Regangan pada daerah elastis

4. Ketangguhan

Ketangguhan adalah jumlah energi yang diserap material sampai menjadi patah, yang dinyatakan dengan joule. Energi yang diserap digunakan untuk berdeformasi mengikuti arah pembebanan yang alami. Energi yang diserap persatuan volume (E_r) adalah :

$$E_r = \frac{\sigma_y + \sigma_x}{2}\varepsilon_i \text{ ……(6)}$$

Berlaku untuk material logam – logam liat

$$E_r = \frac{2}{3}\sigma_x.\varepsilon_i \text{ …… (7)}$$

Berlaku untuk logam getas.

5. Modulus Elastisitas

Pada saat pengujian tarik logam akan mengalami devormasi elastis yaitu jika beban tarik dihilangkan, spesimen akan kembali pada panjang awal. Pada daerah elastis hubungan antara tegangan dan regangan bersifat linier. Modulus elastisitas ditentukan berdasarkan kemiringan kurva tegangan regangan teknik daerah elastisitasnya seperti gambar dengan menggunakan persamaan yang terdapat dihalaman 10 :

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \text{ (kg/mm}^2\text{)…… (8)}$$

METODOLOGI

1. Alat dan Bahan

1.1 Bahan

Bahan yang akan digunakan dalam pengujian ini yaitu baja ST 37, karena material ini yang umum digunakan pada industri dan konstruksi bangunan seperti : dapur-dapur pembakaran dan bangunan.

Pengujian kekuatan tarik pada temperatur yang ditinggikan ini dilakukan dilabortorium ITP dan menggunakan alat uji tarik Universal Testing Machine dengan penggerak hidrolik yang dihasilkan dari putaran motor. Spesimen yang akan diuji terlebih dahulu dipanaskan dengan menggunakan gas panas. Standard spesimen uji tarik ASTM A 370.

1.2 Alat yang digunakan

1. Jangka sorong untuk mengukur panjang dan diameter awal spesimen
2. Penitik untuk memberi tanda panjang awal (Lo) pada spesimen
3. Pipa untuk pengatur suhu spesimen
4. Thermo Kopel untuk mengukur spesimen saat dipanaskan sampai temperatur yang diinginkan
5. Sarung tangan untuk pemasangan spesimen pada alat uji
6. Mesin Uji tarik (Universal Testing Machine)
7. Stop watch untuk mengukur waktu yang dibutuhkan saat melakukan pengujian
8. Kompor Gas untuk memberikan suhu pada spesimen

1.3 Metode Pengumpulan Data

Untuk memperoleh data pengujian dilakukan langkah-langkah seperti berkut :

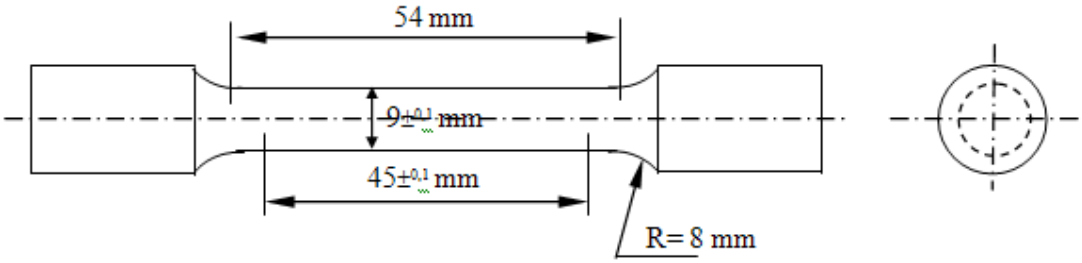
- Tempatkan spesimen pada dudukan mesin uji tarik dan pemanas, kemudian panaskan spesimen dengan gas panas. Jika temperatur telah mencapai kisaran 100^{o}C lakukan pengujian dan pertahankan temperaturnya sampai selesai pengujian.
- Laku pengujian terhadap semua spesimen dengan cara yang sama pada temperatur yang berbeda-beda. (100 ^{0} c, 150 ^{0} C,200 ^{0}C,250 ^{0} C).
- Rekam semua data dengan menggunakan komputer. Cetak data setelah selesai pengujian

1.4 Standart Ukuran Spesimen Uji

Spesimen yang akan diuji terlebih dahulu kita buat menggunakan mesin bubut dengan standart A730. Ukuran benda uji dapat dilihat pada gambar-01.

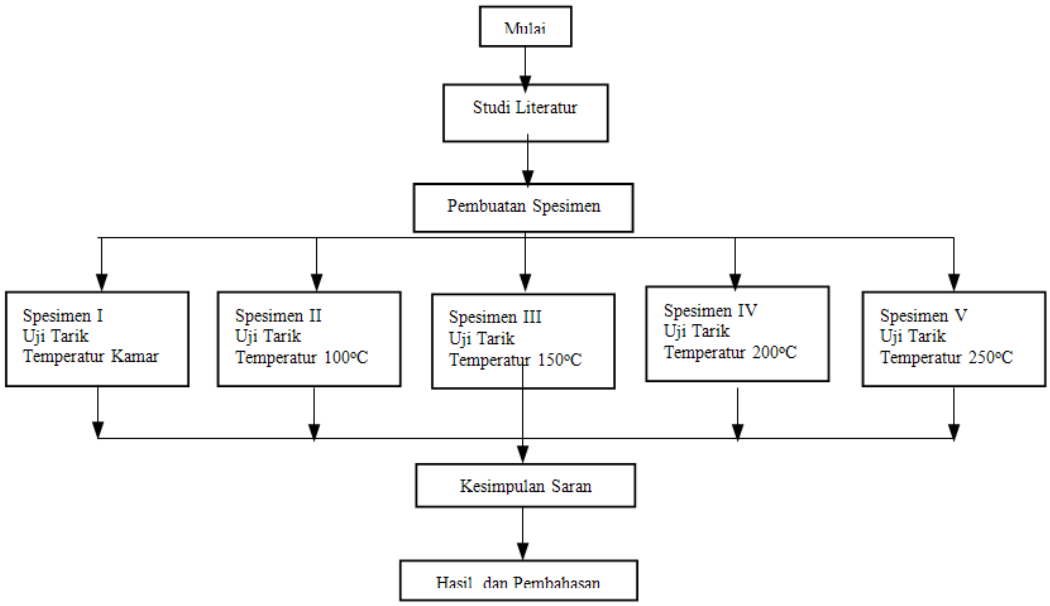
Keterangan gambar 01

Panjang Awal (Lo)	= 54	mm
Diameter Awal (Do	= 9	mm
Jari-jari (R)	= 8	mm
Batas Jarak Putus (G)	= 45	mm
Diameter batang (D)	= 12	mm



Gambar-01 Ukuran spesimen Uji tarik

Diagram alir Penelitian



HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah penulis melakukan pengujian tarik, diperoleh data-data seperti kurva 1, 2 dan 3. Pengujian tarik ini dilakukan dengan menggunakan temperatur yang berbeda-beda. Pengujian ini dilakukan sebanyak 15 spesimen,
karena setiap satu temperatur menggunakan 3 kali pengujian. Data-data yang diperoleh dari pengujian tarik dirangkum pada tabel berikut :
Tabel 1. menunjukan bahwa harga tegangan saat spesimen suduh putus atau berhenti. Dari tabel ini kita juga dapat mengetahui berapa gaya saat spesimen sudah putus .

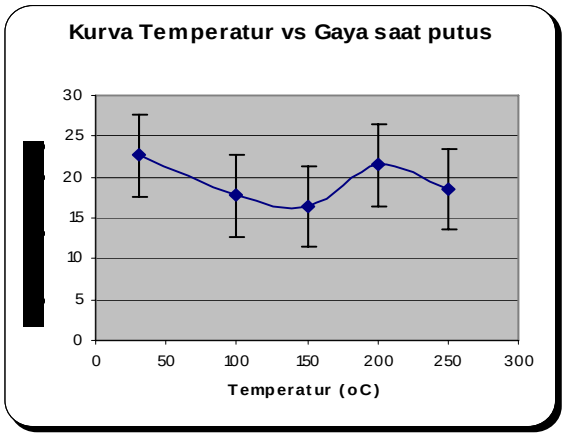
Dari tabel tegangan pada titik yeld point diatas ada beberapa data yang dibuat miring.Data yang dicetak miring tersebut adalah data yang didapat dengan menggunakan rumus atau dicari dengan mengukur spesimen uji. Beberapa data dikolom tiga dan tujuh tidak berhasil diperoleh dengan baik karena terjadi slip saat mesin mulai bekerja. Slip terjadi dimungkinkan tidak kuatnya saat pemasangan dimesin uji atau adanya minyak pada spesimen sehingga mengakibatkan spesimen slip.

Berdasarkan dari tabel rata-rata yang kita dapatkan dari data penelitian maka kita akan bisa memperoleh beberapa kurva.

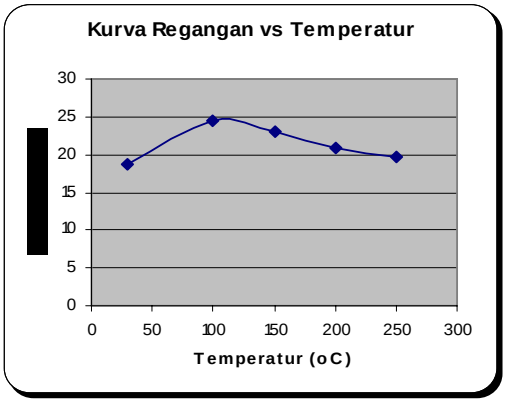
Dari gambar 2 dan 3 menunjukan bahwa adanya penurunan tegangan dan gaya seiring meningkatnya temperatur atau penurunan tegangan berbanding terbalik dengan meningkatnya temperatur demikian juga gaya (beban) berbanding terbalik dengan meningkatnya temperatur. Jadi apabila material (baja) diberi temperatur maka kekuatan dari material tersebut menjadi berkurang. Dari fenomena ini menunjukkan bahwa keuletan material meningkat pada saat temperatur meningkat. Pada kurva 3 menjelaskan bahwa pada temperatur meningkat maka pertambahan panjang dan regangan juga meningkat. Dari data kita dapat mengetahui bahwa kekuatan tarik baja max. rata-rata adalah **605,820 N/mm^2** ini ditunjukan pada spesimen 1,2 dan 3 tanpa diberi perlakuan (temperatur kamar), sedangkan pada temperatur 100^{o}C spesimen 1, 2 dan 3 yang diberi perlakuan panas dengan tegangan baja rata berkurang yaitu **540,636 N/mm^2**.

Tabel-1 Nilai Tegangan Pada Saat Putus (Break)

Temperatur	Spesimen	Perpanjangan saat F max mm	Max Stress N/mm^2	Regangan Max %	Gaya pada saat putus N	Perpanjang saat putus mm
30	1 2 3	7,66800 7,66800 9,79000	619,378 619,378 578,705 **605,820**	17,0400 17,0400 21,7556 **18.6118**	22.800,0 22.800,0 22.415,6 **22.671,6**	13,1280 13,1280 14,3880
100	1 2 3	11,1750 11,0270 10,7520	566,474 445,192 610,241 **540,636**	24,8333 24,5044 23,8933 **24,4103**	23.728,1 15.196,9 14.287,5 **17.737,5**	16,9200 17,4660 16,4680
150	1 2 3	9,8290 10,8640 10,2500	582,389 456,392 594,245 **544,342**	21,8422 24,1422 22,7778 **22,9207**	16.621,9 16.584,4 16.068,8 **16.425,0**	14,7940 16,1700 13,7800
200	1 2	8,85200 7,70200	441,508 451,632 **446,570**	19,6711 19,8933 **19,7822**	18.271,9 18.790,6 **18.531,3**	13,1860 12,7000
250	1 2 3	7,33400 6,43400 8,17400	556,158 546,621 496,917 **533,232**	23,2972 21.2978 18.1644 **20.9197**	22.818,8 21.618,7 20.006,3 **21.481,3**	11,3160 10,4500 11,8760



Gambar -03 Kurva hubungan temperatur dan gaya maksimum



Gambar-04 Kurva hubungan temperatur dan regangan

Pada temperatur 150 ^oC kekuatan tarik rata-rata relatif sama dengan temperatur 100^oC. Penurunan kekuatan yang lebih tinggi terjadi pada temperatur 200 ^oC yaitu **446,570 N/mm^2** dan pada temperatur 250 ^oC kekuatannya meningkat **544,565 N/mm^2.** Hasil ekprimen diatas menunjukan bahwa adanya pengaruh menurunnya kekuatan baja akibat panas semakin meningkat. Begitu juga halnya, kebakaran yang menimpa bangunan permanen yang sebagian besar bajanya berada dalam semen beton dan dibebani baik oleh berat sendiri ditambah beban lain. Meningkatnya panas baja dalam semen beton diyakini akan menurunkan kekuatan baja tersebut dan pada beban yang konstan dapat melengkung atau roboh.

Mengacu pada diagram fasa Fe-Fe3C, bahwa baja karbon rendah dengan kadar karbon 0,20%C dan meskipun ditingkatkan

temperaturnya sampai 250 oC tidak merubah fasa baja (α+Fe3C), namun berpengaruh terhadap energi ikatan antar butir. Pada temperatur itu energi ikatan antar butir berkurang dan mempermudah terjadinya slip dan pada giliran berikutnya menurunkan kekuatan serta meningkatkan regangan (keuletan) dan pada lain mobilitas atom meningkat. Jika terdapat kekosongan (vakansi atom), maka konsentrasi tempat kosong (vakansi) dalam keadaan seimbang juga bertambah besar seiring meningkatnya temperatur yang berarti merubah sifat mekaniknya.

Bersamaan meningkatnya temperatur dan menurunnya kekuatan baja, maka kemampuan baja menerima beban (Fu) juga menurun dan pada sisi lain regangan baja meningkat.

KESIMPULAN

Dari pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpukan bahwa Baja St 37 yang berada pada lingkungan temperatur yang di tinggikan akan lebih cepat mengalami kegagalan dan nilai kekuatan tariknya menurun serta regangan cendrung meningkat (bertambah ulet) dibandingkan dengan logam yang berada dilingkungan temperatur kamar.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

1. Boyer, Howard E and Galf Timothy L. 1995. *Metal Hand Book Desk Edition*. American Society For Metals
2. Hari Amanto., Daryanto,(1999). *Ilmu Bahan*. Bumi Aksara .
3. Lawrence H., Van Vlack, (1994), *Ilmu dan Teknologi Bahan*. Edisis 5. Jakarta : Erlangga
4. Tata Surdia., Shinroku Saito, (2000). *Pengetahwan Bahan Teknik*. Pradnya Paramita.

BIODATA

Asfarizal Saad adalah staf pengajar di jurusan mesin Institut Teknologi Padang sejak tahun 1987, bidang yang ditekuni material dan korosi dilab. Material. Pendidikan S1 jurusan mesin diselesaikan di ITP dan S2 diselesaikan di ITB tahun 1998. Sekarang mengasuh mata kuliah material teknik, korosi material dan metalurgi fisik.
e-mail: asfarizalsaad@yahoo.com

Jadwal Penelitian

No	Kegiatan	Mei				Juni				Juli				Agus				November			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Studi literatur																				
2	Persiapan sampel uji																				
3	Pengujian																				
4	Analisa hasil pengujian																				
5	Laporan																				