

ANALISA PENGARUH DEFORMASI PLASTIS TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN PADA BAJA ST 42

Eko Didik¹, Mardjuki², Jumiadi³

Abstraksi

Proses deformasi adalah proses terjadinya perubahan bentuk pada bahan, sedangkan yang dimaksud dengan deformasi plastis adalah terjadinya perubahan bentuk bahan secara permanen. Dalam penelitian ini dilakukan deformasi dengan cara penempaan secara manual yaitu dengan cara memberikan beban secara bertahap terhadap baja ST 42 sehingga terjadi perubahan baik diameter maupun ketebalan benda.

Deformasi yang diterapkan pada baja ST 42 pada penelitian ini adalah sebesar 20 %, 40% dan 60% dan dilakukan pada suhu kamar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar deformasi yang diberikan menunjukkan semakin besar pula kekerasannya yaitu untuk deformasi 20% sebesar 18 HRC, untuk deformasi 40% sebesar 21 HRC dan untuk deformasi 60% sebesar 23 HRC. Demikian juga terjadi perubahan besar butir yaitu 0,0294 mm, 0,0292 mm dan 0,0244 mm.

Kata Kunci : Deformasi, Kekerasan, Besar Butir

PENDAHULUAN

Pemakaian atau pemilihan bahan, suatu logam harus mempunyai sifat mekanis yang baik, antara lain sifat kekerasan dan keuletan yang sangat penting disesuaikan dengan kebutuhan, sehingga dalam perencanaan selanjutnya dapatlah dicapai suatu produk yang berkualitas dan ekonomis. Oleh karenanya, untuk mendapatkan sifat-sifat yang baik, maka dibuat suatu penelitian-penelitian tentang rekayasa bahan dan pengaruhnya terhadap sifat mekanis yang didapatkan.

Secara umum pada industri, pengerjaan logam dibedakan menjadi dua, yaitu pengerjaan logam panas (*Hot working*) dan pengerjaan dingin (*Cold working*). Proses pengerjaan panas adalah proses pembentukan yang dilakukan pada daerah temperatur rekristalisasi logam yang diproses. Akibat konkretnya ialah logam bersifat lunak pada temperatur tinggi. Keuntungannya : bahwa deformasi yang

diberikan kepada benda kerja dapat relatif besar, hal ini dikarenakan sifat lunak dan sifat ulet pada benda kerja, sehingga gaya pembentukan yang dibutuhkan relatif kecil, serta benda kerja mampu menerima perubahan bentuk yang besar tanpa retak. Sedang Proses pengerjaan dingin adalah proses pembentukan yang dilakukan pada daerah temperatur dibawah temperatur rekristalisasi, pada umumnya pengerjaan dingin dilakukan pada suhu temperatur kamar, atau tanpa pemanasan. Pada kondisi ini, logam yang dideformasi terjadi peristiwa pengerasan regangan. Logam akan bersifat makin keras dan makin kuat. tetapi makin getas bila mengalami deformasi, bila dipaksakan adanya suatu perubahan bentuk yang besar, maka benda kerja akan retak akibat sifat getasnya. Keunggulan : kondisi permukaan benda kerja yang lebih baik dari pada yang diproses dengan pengerjaan panas, hal ini dikarenakan tidak adanya proses pemanasan yang dapat menimbulkan kerak

¹ Alumni Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang

² Dosen Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang

³ Dosen Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang

pada permukaan. Contoh, proses penarikan kawat, dan pembentukan pelat.

Tujuan dan penelitian ini, adalah untuk mengetahui bagaimana pengaruh variasi nilai deformasi terhadap kekerasan dan struktur mikro baja ST 42 setelah mengalami deformasi plastis dengan variasi deformasi yang berbeda.

Penempaan (*Forging*)

Penempaan adalah proses deformasi yang dilakukan dengan menekan bendakerja diantara dua cetakan (*die*), baik menggunakan gaya kejut (*impact*) atau ditekan secara gradual hingga diperoleh bentuk akhir bendakerja yang diinginkan.

Klasifikasi tempa

Tempa dapat diklasifikasikan dengan berbagai macam cara, diantaranya berdasarkan temperatur kerja :

1. Tempa panas atau hangat, cara ini paling banyak digunakan bila diperlukan deformasi yang cukup besar; dengan memanaskan kekuatan logam dapat dikurangi dan keuletannya bertambah.
2. Tempa dingin, cara ini juga sering dilakukan untuk pembuatan produk tertentu. Keuntungan dari tempa dingin adalah dapat meningkatkan kekuatan yang dihasilkan dari pengerasan regang.

Teori Dasar Deformasi

Deformasi merupakan hal yang biasa terjadi pada logam dimana biasanya sering terjadi pada logam yang dikenai pembebanan dan akan mengalami perubahan bentuk pada struktur mikronya.

Pada prinsipnya beban terhadap benda terdeformasi (*Deformable Body*) adalah suatu gaya yang melakukan aksi terhadap benda padat sehingga menyebabkan *Causative Influences* yang menyebabkan terjadinya deformasi.

Apabila suatu benda mengalami deformasi maka dapat dilakukan analisis dengan 2 macam cara, yaitu : Interpretasi Fisik dan Analisis Geometri.

Interpretasi fisik adalah proses penerjemahan secara fisis terhadap sifat materi yang mengalami deformasi tegangan (*stress*) yang terjadi pada materi. Hubungan fungsional antara beban dan deformasi yang terjadi dimana sifat materi yang terdeformasi terdiri atas 2 macam, yaitu:

1. Rigid (Kaku) = Patah = Plastik.
2. Non-Rigid = Lentur = Elastik.

Untuk analisis geometri lebih menekankan penentuan parameter deformasi dengan jalan mentransformasikan perubahan posisi ke dalam bentuk parameter-parameter deformasi meliputi translasi, rotasi dan dilatasi. Interpretasi Fisik dapat dilakukan dengan 2 macam metode, yaitu : Penentuan Metode dan Metode Statistika.

Penentuan metode pada umumnya adalah metode deterministik, metode deterministik adalah metode operasional yang menggunakan informasi yang berkaitan dengan beban, sifat-sifat materi, geometri benda dan hukum fisis yang berlaku untuk tegangan-regangan (*Stress-Strain*).

Metode statistika dinamakan juga metode analisis regresi yang menitikberatkan

pembahasannya pada analisis korelasi antara besaran deformasi antara besaran deformasi (*displacement*) dan besaran beban (*load*) penyebab terjadinya deformasi.

Dapat juga dilihat secara makroskopis dan mikroskopis. Secara makroskopis, deformasi dapat dilihat sebagai perubahan bentuk dan ukuran. Deformasi dibedakan atas deformasi elastis dan plastis. Deformasi elastis, perubahan bentuk yang terjadi bila ada gaya yang berkerja, serta akan hilang bila bebannya diiadakan (benda akan kembali kebentuk dan ukuran semula). Deformasi plastis, perubahan bentuk yang permanen, meskipun bebannya dihilangkan. Secara mikroskopis, perubahan bentuk baik deformasi elastis maupun plastis disebabkan oleh bergesernya kedudukan atom-atom dari tempatnya semula. Pada deformasi elastis adanya tegangan akan menggeser atom-atom ke tempat kedudukannya yang baru, dan atom-atom tersebut akan kembali ke tempatnya yang semula bila tegangan tersebut diiadakan. Pada deformasi plastis, atom-atom yang bergeser menempati kedudukannya yang baru dan stabil, meskipun beban (tegangan) dihilangkan, atom-atom tersebut tetap berada pada kedudukan yang baru.

Deformasi dibedakan menjadi dua antara lain:

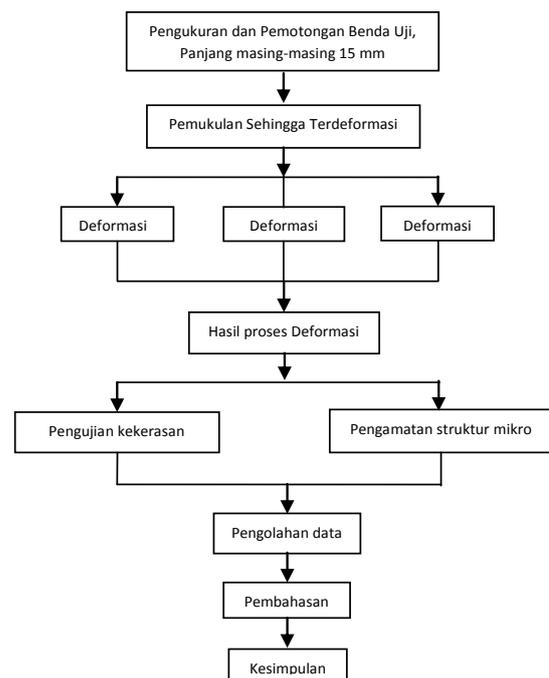
1. Deformasi plastis

Deformasi plastis adalah proses perubahan bentuk dari struktur atom pada logam yang dikenai beban dan tidak bisa kembali kebentuk semula (permanen).

Contohnya seperti logam fero dan logam non fero.

Deformasi elastis Deformasi elastis adalah proses perubahan bentuk dari struktur atom pada logam yang dikenai beban dan akan kembali kebentuk semula, contohnya seperti karet.

METODOLOGI



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Rancangan Penelitian

Bahan penelitian.

Bahan pada penelitian ini adalah baja ST 42.

Proses pemotongan.

Tahap pertama yang dilakukan adalah pemotongan dengan panjang sepsimen 15 mm dengan diameter 10 mm

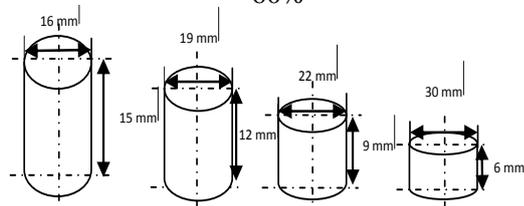


Gambar 2. Spesimen Hasil Pemotongan

Proses deformasi.

Pada proses deformasi, specimen dilakukan pendeformasian dengan cara pemukul sehingga mengalami perubahan deformasi dari specimen awal yang panjangnya 15 mm dideformasi 20% menjadi 12 mm, dan dideformasi 40% menjadi 9 mm, dan dideformasi 60% menjadi 6 mm, Di samping berubah pula ketebalan dan lebar specimen tersebut.

Deformasi 20% Deformasi 40% Deformasi 60%



Gambar 3. Benda Kerja Setelah Pengujian Data Hasil Pengujian

Angka kekerasan dapat langsung di baca pada skala ukur (dial indikator) dengan cara penghitungan yang sama data hasil perhitungan dapat di tabulasikan dalam tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Kekerasan

No	Jenis Bahan	Beban Mayor (Kg)	Beban Minor (Kg)	Jenis Identor	Warna Skala	Harga Kekerasan (HRC)	Rata-rata kekerasan
1.	Baja ST 42 Non Deformasi	150 Kg	10 kg	Diamond	Hitam	14 16 16 17 16	16
2.	Baja ST 42 Deformasi 20%	150 Kg	10 kg	Diamond	Hitam	15 19 18 19 19	18
3.	Baja ST 42 Deformasi 40%	150 Kg	10 kg	Diamond	Hitam	20 20 21 22 21	21
4.	Baja ST 42 Deformasi 60%	150 Kg	10 kg	Diamond	Hitam	22 24 22 25 23	23

Perhitungan Ketelitian

Berdasarkan data hasil pengujian kekerasan dapat ditentukan angka ketelitian atau kecermatan sebagai berikut :

Untuk Baja ST 42 non deformasi

Tabel 2. Perhitungan Harga Mutlak Untuk Kekerasan Bahan Non Deformasi

No	Harga Kekerasan (HRC) (X)	Rata-rata kekerasan (\bar{X})	$[X - \bar{X}]$
1	14	16	2
2	16		0
3	16		0
4	17		1
5	16		0
Σ	79		3

Harga kekerasan rata-rata : $\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$

$$\bar{X} = \frac{79}{5} = 16$$

Deviasi rata-rata:

$$a = \frac{\sum [X - \bar{X}]^2}{n} = \frac{3}{5} = 0,6$$

Standart Deviasi:

$$Sd = 1,25 \times a = 1,25 \times 0,6 = 0,75$$

Standart Deviasi Rata-rata:

$$\Delta X = \frac{Sd}{\sqrt{n}} = \frac{0,75}{\sqrt{5}} = 0,335$$

Kekerasan :

$$X = \bar{X} + \Delta X = 16 + 0,335 = 16,335$$

Kesalahan relatif: $Kr = \frac{\Delta X}{X} \times 100\% =$

$$\frac{0,335}{16,335} \times 100\% = 2,053 \%$$

Kecermatan :

$$Kc = 100\% - Kr = 100\% - 1,839\% = 97,95\%$$

Tabel 3. Hasil Perhitungan Harga Kecermatan Bahan Hasil Pendeformasian

No	Jenis Bahan	(X)	\bar{X}	$[X - \bar{X}]$	a	Sd	ΔX	X	Kr	Kc
1	Baja ST 42 Non Deformasi	14	16	2	0,6	0,75	0,335	16,335	2,053	97,95
		16		0						
		16		0						
		17		1						
		16		0						
2	Baja ST 42 Deformasi 20%	15	18	3	1,2	1,50	0,671	18,671	3,594	96,41
		19		1						
		18		0						
		19		1						
		19		1						
3	Baja ST 42 Deformasi 40%	20	21	1	0,6	0,75	0,335	21,335	1,570	98,43
		20		1						
		21		0						
		22		1						
		21		0						
4	Baja ST 42 Deformasi 60%	22	23	1	0,8	1,00	0,447	23,447	1,906	98,09
		24		1						
		22		1						
		25		2						
		23		0						

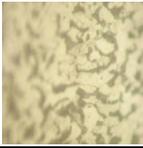
Maka: Besar butir rata-rata (\bar{Lk}) =

$$\frac{Lk_1 + Lk_2 + Lk_3 + Lk_4}{4}$$

$$\bar{Lk} = \frac{0,04 + 0,03 + 0,034 + 0,037}{4} = 0,0354 \text{ mm}$$

Pengamatan Struktur Mikro

Tabel 4. Data Hasil Pengamatan Struktur Mikro

No	Deforasi/ Non deforasi	Bagian atas	Bagian samping
1	Tanpa Deforasi		
2	Deforasi 20%		
3	Deforasi 40%		
4	Deforasi 60%		

Tabel 5. Data Hasil Perhitungan Besar Butir Pada Logam Pada Logam Yang Terdeformasi 20% Pada Bagian Penampang Samping

No	Jumlah garis uji (n)	Besar butir (mm)	Besar butir rata-rata (mm)
1	4	0,02868	0,0294
2	4	0,02939	
3	4	0,02969	
4	4	0,02984	

Sebagai contoh perhitungan besar butir pada logam yang terdeformasi 20% pada bagian penampang samping.

Sehingga didapat perhitungan sebagai

berikut: $Lk = \frac{n \cdot L}{V \cdot \sum Pk}$

- $Lk_1 = \frac{4.60}{200.30} = 0,04 \text{ mm}$
- $Lk_2 = \frac{4.60}{200.40} = 0,03 \text{ mm}$
- $Lk_3 = \frac{4.60}{200.35} = 0,034 \text{ mm}$
- $Lk_4 = \frac{4.60}{200.32} = 0,0375 \text{ mm}$

Maka besar butir rata-rata

$$\bar{Lk} = \frac{Lk_1 + Lk_2 + Lk_3 + Lk_4}{4}$$

$$\bar{Lk} = \frac{0,04 + 0,03 + 0,034 + 0,037}{4} = 0,0354 \text{ mm}$$

Tabel 6. Data Hasil Perhitungan Besar Butir Pada Logam Pada Logam Yang Terdeformasi 40% Pada Bagian Penampang Samping.

No	Jumlah garis uji (n)	Besar butir (mm)	Besar butir rata-rata (mm)
1	4	0,02910	0,0292
2	4	0,02882	
3	4	0,02939	
4	4	0,02954	

Tabel 7. Data Hasil Perhitungan Besar Butir Pada Logam Pada Logam Yang Terdeformasi 60% Pada Bagian Penampang Samping.

No	Jumlah garis uji (n)	Besar butir (mm)	Besar butir rata-rata (mm)
1	4	0,01828	0,0244
2	4	0,01855	
3	4	0,02777	
4	4	0,02684	

Penghitungan Persentase (%) Fasa

Untuk mengetahui persentase (%) fasa, yaitu fasa ferit (α) (terang) dan perlit ($\alpha + Fe_3C$) (gelap) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\% \text{ Ferit} = \frac{\sum Lk_{(\text{Ferit})}}{\sum Lk_{(\text{Perlit})} + \sum Lk_{(\text{Ferit})}} \times 100 \%$$

$$\% \text{ Perlit} = 100 \% - \text{Ferit} (\%)$$

Dimana :

Lk = Jumlah fasa yang dipotong garis

Atau dapat juga dihitung berdasarkan luasan daerah terang dan gelap, untuk mencari persentase ferit (α) berwarna terang dan perlit ($\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$) berwarna gelap



Gambar 5. Pembagian Daerah Pemetaan Untuk Perhitungan Fasa

Jumlah fasa ferit (α)

$$Lf_1 = 70, \quad Lf_2 = 80, \quad Lf_3 = 70, \quad Lf_4 = 80, \\ Lf_5 = 60, \quad Lf_6 = 70$$

Maka : jumlah fasa ferit rata-rata (\overline{Lk}) =

$$\frac{Lf_1 + Lf_2 + Lf_3 + Lf_4 + Lf_5 + Lf_6}{6} = 72\%$$

Jumlah fasa perlit ($\alpha + \text{Fe-Fe}_3\text{C}$)

$$Lp = 100\% - 72\% = 28\%$$

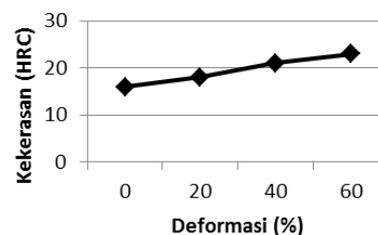
Tabel 8. Hasil Pemetaan Daerah Ferrit Dan Pearlit Logam Hasil Deformasi

No	Deformasi/Non deformasi	Ferrit (%)	Pearlit (%)
1	Non deformasi	70	30
2	Deformasi 20%	67	33
3	Deformasi 40%	78	22
4	Deformasi 60%	72	28

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan Dan Analisa Data Kekerasan

Dari hasil pengujian kekerasan pada baja ST 42 setelah mengalami proses deformasi 20%, 40% dan 60% nilai kekerasan cenderung bertambah naik. Pada baja ST 42 tanpa dideforasi kekerasan rata-ratanya sebesar 16 HRC sedangkan untuk deformasi 20% angka kekerasan rata-ratanya 18 HRC, untuk deformasi 40% dan 60% masing-masing nilai kekerasan-rata-ratanya adalah 21 dan 23 HRC. Hal ini disebabkan dengan bertambahnya beban penempaan, maka bertambah besar pula besaran deformasi yang dihasilkan. Pada proses peningkatan nilai deformasi ini diikuti pula dengan naiknya kerapatan dislokasi, sehingga pergerakan dislokasi menjadi lebih sulit, akibat nyata dari sulitnya gerakan dislokasi adalah naiknya kekuatan logam yang diiringi oleh naiknya nilai kekerasan. Hal ini dapat dilihat pada grafik yang terdapat pada gambar 6

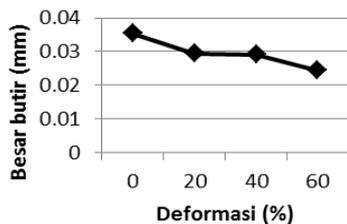


Gambar 6. Grafik Hubungan Deformasi Terhadap Harga Kekerasan

Pembahasan dan Analisa Data Pengujian Struktur

Bahan yang mengalami deformasi akan mengakibatkan perubahan struktur mikro, yaitu terjadinya perubahan bentuk dan ukuran butiran, Pada foto struktur mikro pada

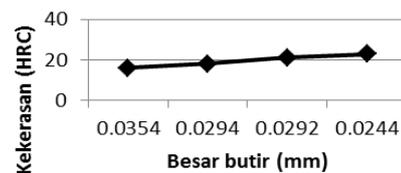
tabel 2 terlihat bahwa logam yang belum mengalami deformasi bentuk dan ukuran butirnya standard, akan tetapi pada logam yang telah mengalami deformasi terlihat terjadi perubahan baik bentuk maupun ukuran butirannya, Pada bagian atas benda yang terdeforasi terlihat struktu butirannya semakin membesar sedangkan pada bagian samping penampang bahan terlihat bentuk butirannya pipih dan ditinjau dari ukuran butirnyapun juga lebih kecil, Semakin besar deformasi yang diberikan mulai dari 20%, 40% dan 60% pada bahan, maka bentuk butirnya semakin pipih sedangkan ukuran butirnya semakin kecil, hal ini disebabkan yaitu dengan semakin memipihnya butir, dengan kata lain, butirnya terelongasi. Betuk butir pada spesimen yang telah mengalami deformasi bagian atasnya adalah bulat .Semakin besar deformasi yang dilakukan maka besar butir yang terlongasi pada logam yang terdefomrasi akan menjadi semakin kecil. Semakin kecilnya butir akan meningkatkan kekerasan bahan karena besarnya diameter butir yang terlongasi akan seiring dengan naiknya kekerasan bahan.



Gambar 7. Grafik Hubungan Deformasi Terhadap Besarnya Butir

Pada pengerjaan dingin, memerlukan tekanan kerja lebih besar, terjadi di bawah suhu rekristalisasi, sehingga tidak akan

terjadi pemulihan dari butir yang mengalami distorsi atau pemecahan tersebut. Dengan meningkatnya deformasi butir, maka tahanan terhadap deformasi meningkat, hal ini yang menyebabkan, kekuatan dan kekerasan logam bertambah besar akibat dari *strain hardening* (pengerasan regangan). Terjadinya peningkatan kekerasan juga disebabkan oleh adanya peningkatan dislokasi, semakin besar deformasi yang diberikan semakin besar pula dislokasi yang terjadi dan semakin besar pula kekerasan yang terjadi, hal ini ditunjukkan dengan semakin kecilnya ukuran butiran lihat pada tabel 2 dan teori ini telah dibuktikan oleh Frank-Read yang menyatakan bahwa semakin kecil diameter butir suatu logam, maka semakin besar kekuatannya. Karena kekuatan berbanding lurus dengan kekerasan, sehingga dengan semakin besarnya kekuatan logam, maka semakin besar pula kekerasannya.



Gambar 8. Grafik Hubungan Besarnya Butir Terhadap Kekerasan

SIMPULAN

1. Proses deformasi dapat merubah kekerasan, bentuk dan ukuran butir suatu bahan sesuai dengan besar deformasi yang dikenakan pada bahan.
2. Semakin besar deformasi yang diberikan, maka semakin besa harga kekerasan dari bahan ST 42.

3. Semakin besar deformasi yang diberikan, maka semakin kecil besar butir dan semakin pipih bentuk butir dari bahan ST 42.
4. Semakin kecil besar butir dan semakin pipih bentuk butir dari bahan ST 42, semakin besar harga kekerasan bahan ST 42.

DAFTAR PUSTAKA

Djaprie, Sriati, 1985, **Ilmu dan Teknologi Bahan**. Erlangga. Jakarta.

Kurt Lange, Professor University Of Stuttgart, *Hand Book Of Metal Forming*.

SurdiaT, Saito S. 1985, **Pengetahuan Bahan Teknik**, Cetakan Pertama Penerbit Pradnya Paramita.

Tim Dosen KBK Material Teknik, 2005, **Buku Pedoman Praktikum Uji Logam**, Universitas Merdeka Malang