

PENGARUH PERLAKUAN PANAS PADA BAJA KONSTRUKSI ST37 TERHADAP DISTORSI, KEKERASAN DAN PERUBAHAN STRUKTUR MIKRO

Qomarul Hadi
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya
Jl.Raya Palembang – Prabumulih Km. 32 Kec. Indralaya 30662 Ogan Ilir

ABSTRAK

Pada proses perlakuan panas terhadap baja akan menyebabkan perubahan bentuk (distorsi), perubahan sifat mekanik dan juga perubahan struktur mikro pada baja. Perubahan bentuk atau distorsi yang terjadi disebabkan proses perlakuan panas pada baja diusahakan sekecil mungkin, terutama untuk komponen-komponen yang memiliki toleransi tinggi seperti dies dan roda gigi. Besar kecilnya distorsi yang terjadi pada saat pencelupan tergantung beberapa hal dan salah satunya adalah posisi pencelupan itu sendiri. Pencelupan dilakukan pada spesimen profil I dan profil L untuk spesimen profil I ada 3 posisi pencelupan (PP), sedangkan pada spesimen profil L ada 5 posisi pencelupan (PP). Dari hasil pengukuran distorsi untuk spesimen profil I, distorsi terbesar terjadi pada posisi pencelupan pertama (PP-1) yaitu sebesar 4%, distorsi terkecil terjadi pada posisi pencelupan ketiga (PP-3) yaitu sebesar 1.4%. Untuk spesimen profil L distorsi terbesar terjadi pada posisi pencelupan pertama (PP-1) yaitu sebesar 2.2%, distorsi terkecil terjadi pada posisi pencelupan ketiga (PP-3) yaitu sebesar 0.5%. Dari hasil pengujian kekerasan, didapatkan adanya peningkatan kekerasan spesimen yaitu dari rata-rata 45 HRA menjadi 72-78 HRA. Sedangkan dari pengamatan struktur mikro memperlihatkan adanya fasa martensit serta terdapat pula sedikit austenit sisa pada spesimen yang mengalami proses pengerasan.

Kata Kunci : Perlakuan panas, Distorsi, Posisi pencelupan

1 PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Perlakuan panas adalah suatu proses pemanasan dan pendinginan logam dalam keadaan padat dengan tujuan untuk mengubah sifat-sifat mekanik dan struktur mikro dari logam tersebut. Perlakuan panas hampir dilakukan pada material yang akan dilakukan penggerjaan lanjut, dengan kata lain perlakuan panas menyiapkan material setengah jadi untuk dilakukan penggerjaan selanjutnya.

Kegunaan dari baja sangat tergantung pada sifat-sifatnya yang sangat bervariasi. Sifat mekanik dari baja sangat tergantung pada struktur mikronya. Sedangkan struktur mikro sendiri sangat mudah diubah melalui proses perlakuan panas. Proses pengerasan pada baja dilakukan dengan memanaskan baja sampai ke temperatur austenisasi dan menahannya pada temperatur tersebut untuk jangka waktu tertentu dan kemudian didinginkan dengan laju pendinginan yang sangat tinggi agar diperoleh sifat baja yang diinginkan.

Pada perlakuan panas akan terjadi distorsi atau perubahan dimensi yang seharusnya tidak boleh terjadi terutama untuk komponen-komponen permesinan yang mempunyai presisi atau toleransi yang tinggi seperti dies dan roda gigi. Namun karena tidak dapat dihindari harus diupayakan agar distorsi yang terjadi sekecil mungkin.

Distorsi dalam proses perlakuan panas dapat timbul antara lain karena adanya perubahan volume yang tidak seragam pada saat proses pencelupan benda kerja, dapat juga disebabkan karena adanya gradien temperatur pada benda kerja yang menyimpan tegangan sisa. Pada saat pencelupan, untuk suatu benda kerja ada berbagai posisi pencelupan yang dapat dilakukan. Tiap posisi pencelupan ini dapat menimbulkan distorsi yang berbeda-beda pada baja.

II, TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Klasifikasi Baja Karbon

Berdasarkan kandungan karbonnya maka baja dikelompokkan menjadi :

1. Baja Karbon Rendah
2. Baja Karbon Medium
3. Baja Karbon Tinggi

II.2. Struktur Mikro Baja Karbon

Salah satu unsur paduan yang sangat penting dan dapat mengontrol sifat baja adalah karbon. Unsur karbon yang berada di dalam besi dapat berbentuk larutan atau berkombinasi membentuk karbida besi (Fe_3C). Diagram yang menampilkan hubungan keseimbangan antara besi (Fe) dengan besi karbida



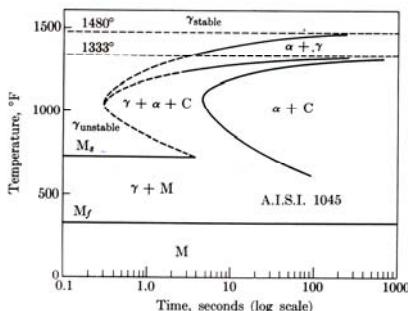
disebut diagram keseimbangan Fe-Fe₃C. Pada diagram keseimbangan Fe-Fe₃C seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1. terdapat beberapa fasa pendinginan yang terjadi pada diagram Fe-Fe₃C.

II.3. Proses Perlakuan Panas Secara Umum

Melalui perlakuan panas yang tepat, maka tegangan dalam dapat dihilangkan, besar butir dapat diperbesar ataupun diperkecil dan ketangguhan dapat ditingkatkan. Untuk mencapai hal ini, maka diperlukan prosedur perlakuan panas yang tepat. Oleh karena itu pemahaman terhadap titik-titik kritis tersebut harus benar-benar dikuasai, mengingat perlakuan panas baja meliputi pemanasan di atas daerah ini. Secara umum perlakuan panas meliputi:

1. Pemanasan sampai suhu dan kecepatan tertentu.
2. Mempertahankan suhu untuk waktu tertentu sehingga suhu merata.
3. Pendinginan dengan media pendingin seperti udara, air, oli dan pendinginan di dalam dapur listrik.

Pada diagram TTT di bawah, garis ordinat menunjukkan temperatur sedangkan garis absis menunjukkan waktu. Melalui diagram TTT ini, dapat diketahui kapan transformasi austenit dimulai serta waktu yang dibutuhkan untuk membentuk austenit sempurna. Untuk mencapai martensit, kecepatan turunnya suhu dapat relatif dipercepat dengan menggunakan media pendingin air. Seiring dengan turunnya suhu, pembentukan mendekati seratus persen martensit.



Gambar 2.1. Diagram TTT Untuk Baja Hypoeutectoid

II.4. Proses Pengerasan

Proses pengerasan merupakan proses perlakuan panas yang diterapkan untuk menghasilkan benda kerja yang keras. Perlakuan panas ini dilakukan dengan memanaskan baja sampai ke temperatur austenisasinya kemudian menahannya pada temperatur tersebut untuk jangka waktu tertentu dan didinginkan dengan laju pendinginan yang sangat tinggi atau diquench. Pada proses pengerasan, perlu diperhatikan bahwa benda kerja yang akan dikeraskan harus bebas dari scale (terak), oli dan sebagainya agar kekerasan yang diinginkan dapat dicapai.

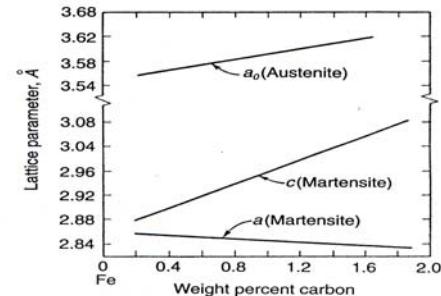
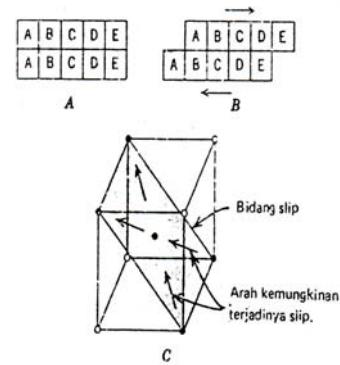
II.5. Distorsi dan Keretakan Akibat Proses Perlakuan Panas

Berikut ini adalah penyebab-penyebab distorsi dan keretakan pada proses perlakuan panas antara lain :

1. Tegangan sisa akibat machining (proses permesinan) atau penggeraan dingin logam sebelum perlakuan panas.
2. Tegangan termal (thermal stresses) akibat perbedaan laju pemanasan/pendinginan antara permukaan dan bagian dalam dari baja.
3. Tegangan akibat transformasi fasa (transformation stresses) pada waktu pendinginan.

II.6. Pengaruh Proses Penggeraan Dingin Pada Logam

Untuk penggeraan dingin logam diperlukan tekanan yang lebih besar daripada penggeraan panas. Logam mengalami deformasi tetap bila tegangan melebihi batas elastik. Karena tidak mungkin terjadi rekristaliasi selama penggeraan dingin, tidak terjadi pemulihan dari butir yang mengalami distorsi atau perpecahan.



Gambar 2.2. Bidang slip pada struktur atom BCC

II.5. Transformasi Martensit Pada Baja

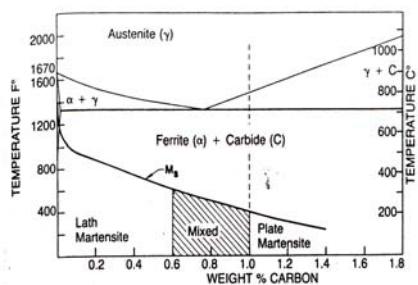
Transformasi austenit menjadi martensit pada baja berlangsung serentak sehingga disebut *military transformation* dengan kecepatan yang menyamai kecepatan suara dalam zat padat.

Pelat martensit pertama terbentuk pada temperatur mulai pembentukan martensit (Martensit Start/Ms). Kemudian pelat berikutnya terbentuk diantara pelat-pelat sebelumnya dalam batas butir



austenit dengan demikian fraksi volume martensit terus meningkat, sampai akhirnya mencapai temperatur akhir pembentukan martensit (Martensit Finish/Mf) dimana jumlah martensit ini tidak bertambah lagi. Harga Ms dan Mf menurun sejalan bertambahnya kadar karbon dalam baja,

Mekanisme transformasi martensit adalah pertama tegangan dengan perpindahan atom minimum mengubah kisi austenit (FCC) menjadi kisi martensit (BCT), kedua yang disebut lattice invariant shear, menggeser bidang habit tanpa mengubah kisi melalui mekanisme slip dan twin. Jenis martensit yang terjadi pada baja ada dua macam yaitu *lath* dan *plate*. Untuk kadar karbon kurang dari 0,6% jenis martensit yang terjadi adalah jenis *lath* sedangkan kadar karbon lebih dari 1% jenis *plate* dan diantara 0,6%-1% terjadi campuran



Gambar 24 Pengaruh kadar karbon terhadap jenis martensit

II.6. Perubahan Volume pada Transformasi Martensit

Pada proses transformasi FCC ke BCT terjadi perubahan volume. Perubahan volume ini secara teoritik dapat dihitung dengan menggunakan parameter kisi pada austenit dan martensit. Parameter kisi struktur FCC austenit maupun BCT martensit merupakan fungsi dari kadar karbon baja. Parameter kisi austenit dan martensit, masing-masing adalah :

$$a\gamma (\text{nm}) = 0.3555 + 0.0044 (\% \text{C})$$

$$a_M (\text{nm}) = 0.2866 - 0.0013 (\% \text{C})$$

$$c_M (\text{nm}) = 0.2866 + 0.0116 (\% \text{C})$$

II.7. Distorsi dan Retakan Akibat Transformasi Martensit

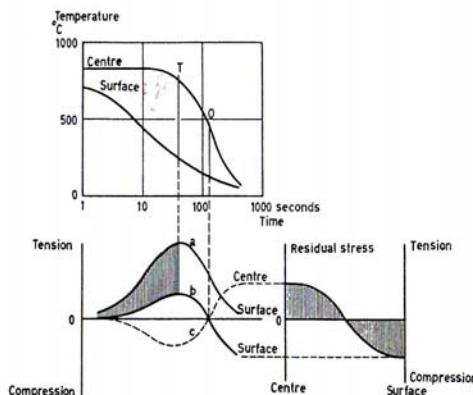
Selain ekspansi volumetrik dari pembentukan martensit pada saat pencelupan terjadi juga perubahan volume akibat kontraksi termal. Kontraksi termal terjadi akibat perbedaan temperatur bagian permukaan dan bagian inti selama pencelupan (quenching), sehingga menyebabkan terjadinya perbedaan tegangan antara bagian permukaan dan bagian inti. Pada bagian permukaan lebih dulu mengalami penurunan temperatur dibanding bagian inti, sehingga terjadi pengembangan pada bagian ini. setelah bagian inti mencapai temperatur kamar (sekitar 25°C), pada bagian inti akan terjadi pengembangan dan menarik bagian permukaan, sehingga terjadi kontraksi pada bagian permukaan. Besarnya kontraksi termal tergantung dari jenis benda kerja dan perubahan temperatur yang dialaminya. Jika koefisien ekspansi termal (x) baja adalah $14,9 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

, dan perubahan temperturnya dari 900°C (T pemanasan) ke 25°C (T air), maka besarnya kontraksi termal adalah :

$$\begin{aligned}\Delta V/V &= 3 \times \alpha \cdot \Delta T \\ &= 3 \times 14,9 \times 10^{-6} (25-900) \times 100\% \\ &= -3.91 \%\end{aligned}$$

Perubahan volume pada saat pencelupan karena adanya ekspansi dan kontraksi akan menimbulkan tegangan dalam. Tegangan dalam yang terjadi jika melebihi tegangan luluh bajanya akan menimbulkan deformasi plastis sehingga terjadilah perubahan dimensi (distorsi) pada benda kerja.

Tegangan dalam yang terjadi ternyata berbeda antara di permukaan dengan di bagian tengah atau dalam dari benda kerja. Perbedaan ini akan semakin besar jika perbedaan temperatur antara permukaan dan bagian tengah makin besar. Hal penting yang harus diperhatikan ketika baja akan mengalami perlakuan panas adalah tegangan sisa yang terjadi sebagai akibat proses pengerasan pada baja tersebut.



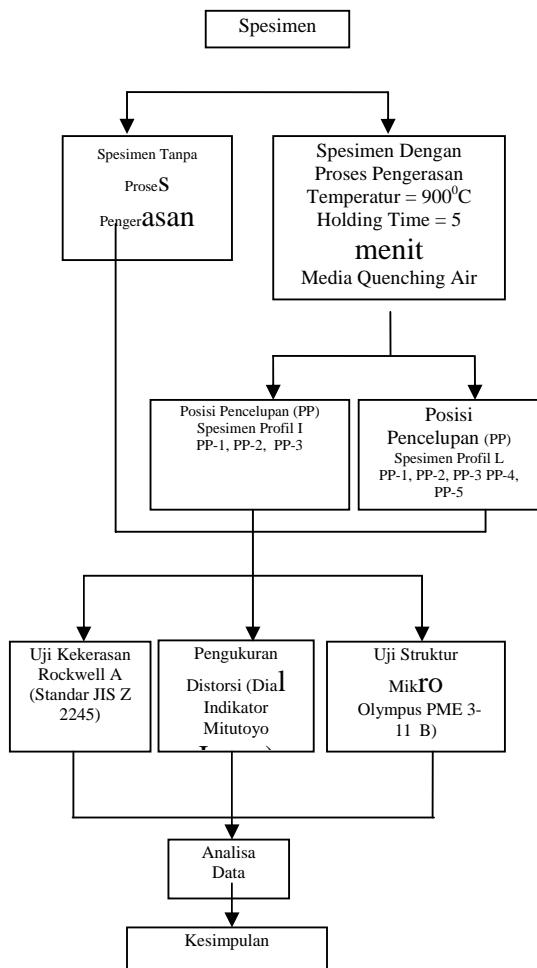
Gambar 25. Peningkatan tegangan termal pada saat pendinginan

Tabel 2.1. Perubahan volume dan pertambahan panjang pada transformasi austenit

Transformasi	Perubahan volume (%)	Pertambahan panjang (%)
Austenit ke martensit	+4.2	+1.4
Austenit ke bainit	+3.2	+1.07
Austenit ke perlit	+2.4	+0.8

III PROSEDUR PENELITIAN





Gambar 3,1 Diagram Alir Penelitian

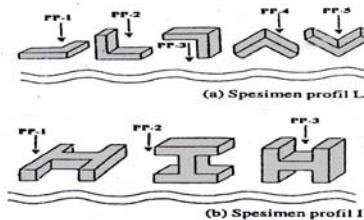
III.2. Persiapan Spesimen

Pada penelitian ini, material yang digunakan adalah baja konstruksi St 37 yang mempunyai kadar karbon (%)C 0,21% (lampiran A). Bentuk awal spesimen adalah berbentuk pelat dengan tebal 5 mm dan berpenampang 45 mm x 45 mm, kemudian dibentuk menjadi profil I dan L dengan proses permesinan. Batang baja dibentuk dengan menggunakan mesin freis. Selanjutnya semua spesimen dipotong dengan menggunakan mesin gergaji dan dihaluskan permukaannya dengan kertas ampelas dari ukuran kertas ampelas 60 sampai ukuran kertas ampelas nomor 120. akhirnya didapat spesimen dengan dimensi yang diinginkan. Pada saat permesinan diharapkan tidak akan terjadi tegangan sisu pada spesimen yang pada saat pemanasan akan dilepaskan dan menyebabkan distorsi.

III.3. Tungku Listrik

Tabel 3.2 Posisi pencelupan spesimen profil L

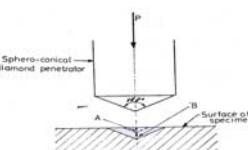
No	Posisi Pencelupan (PP)	Arah posisi pencelupan
1	Posisi Pencelupan 1 (PP-1)	Posisi profil L terbaring
2	Posisi Pencelupan 2 (PP-2)	Posisi profil L tegak
3	Posisi Pencelupan 3 (PP-3)	Posisi profil L terbalik
4	Posisi Pencelupan 4 (PP-4)	Posisi profil L membentuk huruf V terbalik
5	Posisi Pencelupan 5 (PP-5)	Posisi profil L membentuk huruf V tegak



Gambar 3.2. Posisi pencelupan spesimen profil I dan L

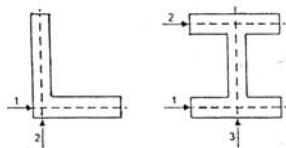
III.4. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui perubahan nilai kekerasan yang terjadi pada material. Dalam penelitian ini, pengujian kekerasan dilakukan pada beberapa titik pengujian. Adapun metode yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan metode kekerasan Rockwell A. Mesin uji Rockwell ini menggunakan indentor kerucut intan dengan sudut 120 derajat. Ukuran kekerasan pada metode ini adalah penurunan ukuran kekerasan. Kedalaman bekas penekanan yang tersisa (permanen) akan langsung ditunjukkan sebagai nilai kekerasan oleh dial gauge.



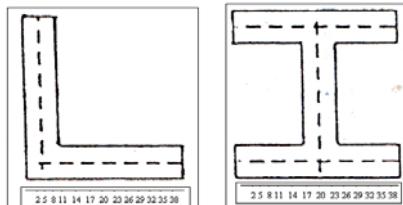
Gambar 3.3. Mekanisme pengujian kekerasan Rockwell

Pada pengujian kekerasan ini, masing-masing spesimen diuji kekerasan sebanyak 7 titik pada permukaan spesimen yang telah dikenai proses perlakuan panas maupun spesimen sebelum proses pengerasan. Jarak antara titik identitas adalah 5 mm, arah identitas yang diambil dapat dilihat pada gambar 3.4. di bawah.



Gambar 3.4. Arah identitas pada pengujian kekerasan
III.5. Pengukuran Distorsi

Pada pengukuran distorsi dilakukan dengan mempergunakan dial indicator (jam ukur). Dial indicator yang dipergunakan buatan Mitutoyo corp, dengan ketelitian 0,01 mm. Distorsi yang dapat diukur antara 0,01 mm sampai 10 mm.

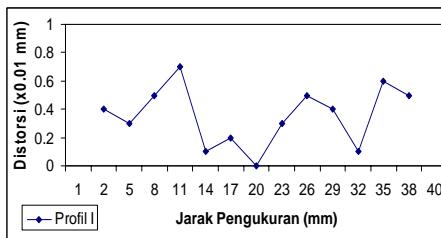


Gambar 3.5. Arah pengukuran distorsi pada spesimen profil I dan L

IV HASIL PENELITIAN

IV1.1. Distorsi Spesimen Profil I Sebelum Proses Perlakuan Panas

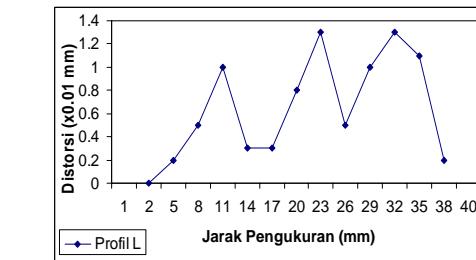
Untuk spesimen awal profil I hasil pengukuran distorsi didapatkan hasil seperti pada tabel 4.4. kurva distorsi spesimen profil I sebelum perlakuan panas ditunjukkan pada gambar 4.1. di bawah ini :



Gambar 4.1.

Kurva distorsi spesimen profil I terhadap jarak pengukuran sebelum proses perlakuan panas.

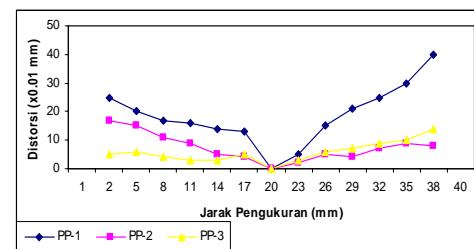
IV1.2. Distorsi Spesimen Profil L Sebelum



Gambar 4.2. Kurva distorsi spesimen profil L terhadap jarak pengukuran sebelum proses perlakuan panas

IV1.3. Distorsi Spesimen Profil I Setelah Proses Perlakuan Panas

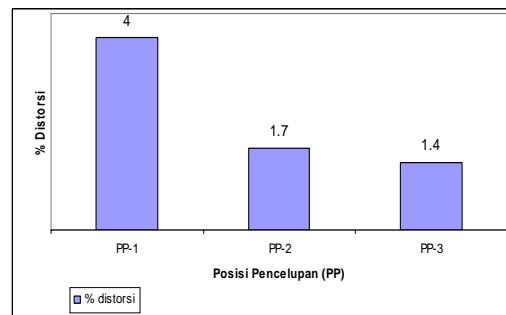
Dari hasil pencobaan perbedaan posisi pencelupan mengakibatkan kecenderungan dan besar distorsi yang berbeda. Untuk memudahkan mengamati kecenderungan distorsi yang terjadi pada berbagai bentuk profil, dibuat kurva distorsi, yaitu antara besar distorsi (selisih ketinggian relatif) dengan jarak pengukuran (tiap 3 mm). Kurva distorsi selengkapnya untuk semua spesimen dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 4.3. Kurva distorsi spesimen profil I terhadap jarak pengukuran

Untuk persentase distorsi dapat dihitung dengan persamaan berikut ini :

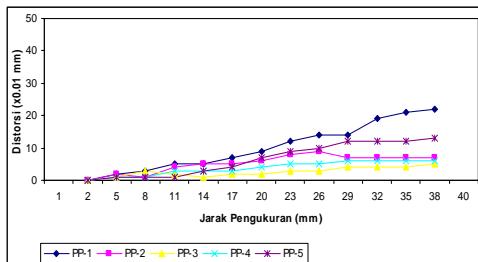
$$\% \text{ Distorsi} = \frac{X(\text{mm})}{10\text{mm}} \times 100\% \dots \dots \dots$$



Gambar 4.4. Grafik persentase distorsi terhadap posisi pencelupan profil I

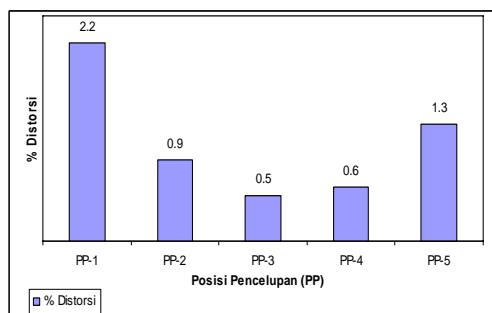
IV1.4. Distorsi Spesimen Profil L





Gambar 4.5. Kurva distorsi spesimen profil L terhadap jarak pengukuran

Untuk persentase distorsi dapat dihitung dengan persamaan pers. 4.2. di atas.



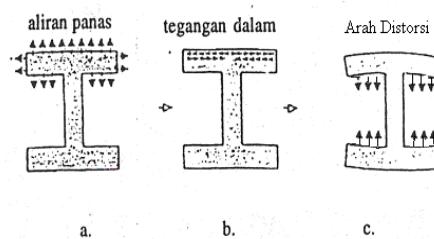
Gambar 4.6. Grafik persentase distorsi terhadap posisi pencelupan profil L

IV.1.5. Analisa Data Hasil Pengujian Distorsi

Dari percobaan yang telah dilakukan, diasumsikan bahwa distorsi hanya terjadi pada saat pencelupan karena kemungkinan distorsi dari proses pemanasan spesimen dalam tungku dan pelepasan tegangan sisa dapat diabaikan. Dari perhitungan pada bab II, diketahui kontraksi termal pendinginan sebesar 3,9 %. Artinya terjadi kompetisi antara ekspansi volume transformasi mertensit yang dominan. Distorsi terjadi karena perubahan volume yang tidak seragam di setiap bagian spesimen pada saat pencelupan. Perubahan volume yang tidak seragam disebabkan transformasi mertensit yang tidak seragam. Transformasi mertensitik dipengaruhi oleh laju pendinginan. Dapat dikatakan bahwa adanya perbedaan laju pendinginan antara bagian permukaan dan bagian dalam menyebabkan distorsi pada spesimen yang bersangkutan. Perbedaan laju pendinginan dapat terjadi karena faktor geometri spesimen yang menyentuh air, dimana bagian yang berpenampang lebih luas atau permukaan atau bagian yang lebih dulu menyentuh air akan melepas panas lebih cepat dan bertransformasi menjadi mertensit lebih dulu. Bagian ini berekspansi menekan bagian bawahnya yang belum bertransformasi dengan gaya yang melebihi tegangan luluhnya dan menyebabkan deformasi plastik. Ketika bagian

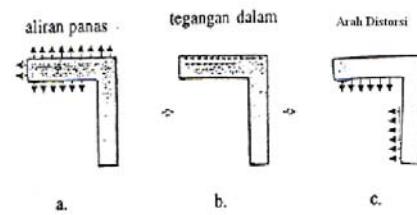
bawahnya bertransformasi, ekspansi yang terjadi tidak mampui lagi menekan bagian atasnya yang telah menjadi mertensit. Akhirnya terjadi tegangan sisa tarik di permukaan dan tegangan sisa terjadi di bagian dalam (inti) dan terjadilah distorsi atau pelengkungan.

Pada spesimen profil I terjadi kecenderungan pelengkungan ke arah dalam pada bagian perpotongan. Pada bagian perpotongan, permukaan luar penampang lebih luas daripada permukaan dalam sehingga lebih cepat melepas panas dan berekspansi lebih cepat menekan bagian bawahnya. Kemudian permukaan dalam juga berekspansi tetapi tidak mampu menekan bagian atasnya dan akhirnya terjadi pelengkungan seperti diilustrasikan pada gambar 4.7. berikut.



Gambar 4.7. Arah distorsi profil I

Pada pengujian ini terjadi perbedaan distorsi. Dimana persentase distorsi terbesar dialami oleh spesimen dengan posisi pencelupan pertama (PP-1) atau posisi terbaring pada gambar 3.2. pada bab III, dengan nilai persentas distorsi sebesar 4 % pada gambar 4.4. di atas. Pada posisi pencelupan ketiga (PP-3) atau posisi pencelupan spesimen profil I membentuk huruf H tegak menyebabkan distorsi paling kecil yaitu 1,4 %, karena bagian demi bagian yang masuk kedalam air bentuknya seragam dan lapisan uap lebih cepat hilang. Distorsi pada posisi pencelupan kedua (PP-2) yaitu posisi pencelupan spesimen profil I tegak lebih besar dari posisi pencelupan ketiga, ini dikarenakan bagian demi bagian yang masuk ke dalam air sama-sama tidak seragam, dengan persentase distorsi yang terjadi 1,7 %. Untuk spesimen profil L terlihat kecenderungan terjadi pelengkungan ke arah dalam, hal ini disebabkan karena permukaan bagian luar lebih cepat bertransformasi menjadi mertensit dibandingkan permukaan bagian dalam. Untuk memperjelas kejadiannya diilustrasikan seperti pada gambar 4.7. berikut ini.



Gambar 4.8. Arah distorsi profil L

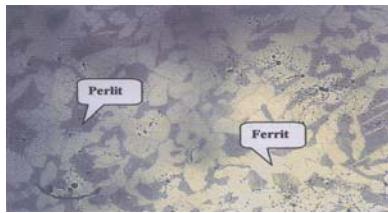
IV.2. Data Gambar dan Analisa Hasil Pengujian Struktur Mikro



Sifat mekanik dari baja sangat bergantung pada struktur mikronya. Sedangkan struktur mikro sendiri sangat mudah diubah melalui proses perlakuan panas. Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan pula pengujian struktur mikro terhadap semua spesimen, meliputi spesimen yang sudah dikenai proses pengerasan maupun spesimen yang belum dilakukan proses pengerasan. Adapun tujuan dari pengujian ini adalah untuk melihat perubahan yang terjadi pada struktur mikro baja konstruksi St 37 sebagai akibat dari proses perlakuan panas yang dialaminya yaitu proses pengerasan dengan metode quenching (proses pencelupan ke dalam air secara cepat). Pengambilan gambar struktur mikro dari mikroskop optik ini dilakukan dengan pembesaran 800 X.

IV.4.3. Struktur Mikro Baja Konstruksi St 37 Sebelum Proses Perlakuan Panas

Gambar struktur mikro baja konstruksi St 37 yang didapat dari hasil pengujian struktur mikro dapat dilihat pada gambar 4.1 di bawah ini.



Gambar 4.9.

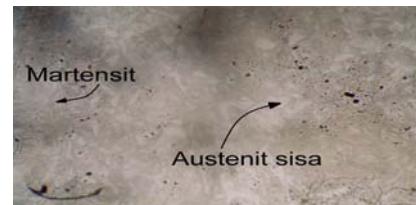
Struktur mikro baja konstruksi St 37 sebelum proses perlakuan panas.

Dari gambar hasil pemotretan spesimen sebelum proses pengerasan di atas, dapat dilihat adanya beberapa fasa. Adapun fasa yang pertama adalah fasa ferit terlihat berwarna putih dan fasa kedua adalah pearlit yang terlihat lebih gelap. Apabila semakin besar warna putih pada suatu struktur mikro baja, maka semakin banyak ferit yang terbentuk yang berarti bahwa material tersebut menjadi semakin lunak. Ini disebabkan karena ferit mempunyai sifat yang lunak dan liat. Pada fasa pearlit terdiri dari lapisan-lapisan halus yang bersifat kuat dan keras.

IV.4.2. Struktur Mikro Spesimen Profil I dan Profil L Untuk Berbagai Posisi Pencelupan



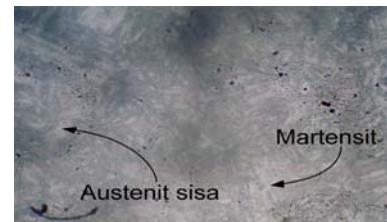
Gambar 4.10. Struktur mikro spesimen profil I posisi pencelupan 1 (PP-1)



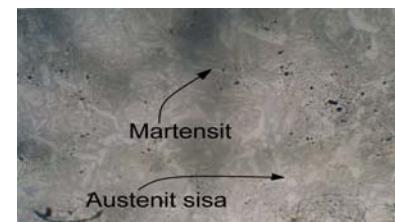
Gambar 4.11. Struktur mikro spesimen profil I posisi pencelupan 2 (PP-2)



Gambar 4.12. Struktur mikro spesimen profil posisi pencelupan 3 (PP-3)



Gambar 4.13. Struktur mikro spesimen profil L posisi pencelupan 1 (PP-1)

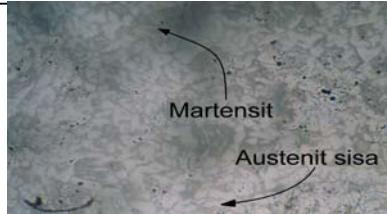


Gambar 4.14. Struktur mikro spesimen profil L posisi pencelupan 2 (PP-2)



Gambar 4.15. Struktur mikro spesimen profil L posisi pencelupan 3 (PP-3)





Gambar 4.16. Struktur mikro spesimen profil L posisi pencelupan 4 (PP-4)



Gambar 4.17. Struktur mikro spesimen profil L posisi pencelupan 5 (PP-5)

VI. DAFTAR PUSTAKA

1. Murthy, VSR, et al. 2003. *Structure and Properties Engineering Material*. Tata McGraw Hill. New Delhi.
2. Thelning, Karl Erik. 1984. *Steel and its heat treatment*. Butterworths. London.
3. Nayar, Alok. 2003. *The Steel Handbook*. Tata McGraw Hill. New Delhi.
4. Sinha, Anil Kumar. 2003. *Physical Metallurgy Handbook*. McGraw Hill. New York
5. Surdia Tata, MS, Met E. Prof. Ir. and Chijiwa Kenji, Prof. Ir. 1994. *Pengetahuan Bahan Teknik*. PT. Pradnya Paramita. Jakarta.
6. Sriati, Djaprie. 1992. *Metalurgi Mekanik*. Erlangga. Jakarta.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan data-data yang diperoleh dari hasil pengujian, setelah diolah dan dianalisa maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Terjadi distorsi pada baja konstruksi St 37 yang mengalami perlakuan panas. Posisi pencelupan yang berbeda pada spesimen yang sama menyebabkan distorsi yang berbeda-beda.
2. Distorsi terbesar pada spesimen profil I terjadi pada posisi pencelupan pertama (PP-1) sebesar 4%, sedangkan distorsi terkecil terjadi pada posisi pencelupan ketiga (PP-3) sebesar 1.4%. Untuk spesimen profil L distorsi terbesar terjadi pada posisi pencelupan pertama (PP-1) yaitu sebesar 2.2% dan distorsi terkecil terjadi pada posisi pencelupan ketiga sebesar 0.5%.
3. Kemungkinan distorsi terkecil akan diperoleh yaitu pada posisi pencelupan tegak atau luas bidang permukaan yang terkecil dari material baja yang lebih dahulu menyentuh media pendingin.
4. Kekerasan awal dari baja konstruksi yaitu 45 pada skala Rockwell A (HRA). Pada Spesimen profil I meningkat menjadi 74 HRA pada posisi pencelupan pertama, 77 HRA pada posisi pencelupan kedua dan 75 HRA pada posisi pencelupan ketiga. Sedangkan pada spesimen profil L meningkat menjadi 78 HRA pada posisi pencelupan pertama, 77 HRA pada posisi pencelupan kedua, 72 HRA pada posisi pencelupan ketiga dan keempat, 78 HRA pada posisi pencelupan kelima.

Struktur mikro yang terjadi pada proses pengerasan akan mengubah struktur dasar baja konstruksi St 37 seperti ferit dan perlit menjadi martensit dan sedikit austenit sisa.

