Makrostruktur dan Permukaan Patah dalam Uji Tarik Terhadap Perlakuan Panas pada Baja Karbon Rendah

Nofriady. H dan Ismet Eka. P
Jurusan Teknik Mesin - Institut Teknologi Padang
Jl. Gajah Mada Kandis Nanggalo – Padang Tlp. 0751-443317

Abstract

Baja karbon rendah kekuatan tinggi memperlihatkan kombinasi yang baik dalam kekuatan dan keuletan yang menarik perhatian dari berbagai penelitian. Tujuan dari kajian ini adalah untuk menyelidiki dan mempelajari dalam analisa mikrostruktur dan perilaku permukaan patah pada tensile properties dengan variasi temperatur pada baja dual phase. Sebelumnya,bahan telah di austenised pada temperatur 1000℃ selama 30 menit dan diikuti dengan water quench untuk menghasilkan full martensit pada specimen. Kemudian bahan di anneal dalam kawasan interkritikal untuk mendapatkan 20, 50 dan 80% α'. Mikrostruktur baja dual phase setelah di annealing pada daerah dual phase dan water quenching, kekerasan baja dual phase ini meningkat dengan seiring meningkatnya vol.% martensit. Disamping itu, volume % martensit yang dihasilkan adalah lebih banyak dari pada ferit.Perubahan tegangan dan regangan lebih tinggi/meningkat dari pada kondisi 20% dan 50%. Dari kondisi pengujian tarik ini dapat disimpulkan bahwa dengan meningkatnya vol.% martensit maka tegangan maupun regangan bahan meningkat.Kekerasan bahan meningkat dengan meningkatnya %vol. martensit, ini terlihat bahwa kekerasan baja Cu adalah lebih tinggi dari baja base.

***Kata Kunci** : Uji Tarik, Mikrostruktur, Baja Karbon Rendah dan Perlakuan.*

PENDAHULUAN

Material baja *dual phase* saat ini menjadi lebih penting di dalam industri otomotif, dimana kekuatan tinggi dan elastisitasnya yang tinggi tanpa mengurangi reduksi pengurangan berat, formability dan karbon rendah. Salah satu cara untuk meningkatkan mikrostruktur baja adalah dipanaskan kedalam daerahintercritikal *(α+γ)*, dimana antara temperatur kritikal Ac_1 dan Ac_3 [1].

Mikrostruktur yang diperoleh, dimana utamanya berisikan ferit dan martensit, adalah suatu syarat pilihan yang terbaik untuk aplikasi dimana *low yield strength, high tensile strength*, *continuous yielding* dan *gooduniform elongation*. Baja DP mengandung penguatan struktur-struktur ferit dan martensit ulet yang ditunjukkan seperti pulau–pulau, ciri-ciri mekanik untuk kekuatan tinggi secara komersial yang bisa didapati pada baja campuran rendah. Ini diketahui bahwa kekuatan baja dapat dengan mudah ditingkatkan dengan meningkatkan kandungan karbon, tetapi *ductility* dan *toughness* akan menjadi lebih rendah sehingga meningkatkan kandungan karbon tidak dapat digunakan. Disisi lain, penambahan elemen pengganti seperti Cu dapat meningkatkan kekuatan dan kekerasan pada baja [3].

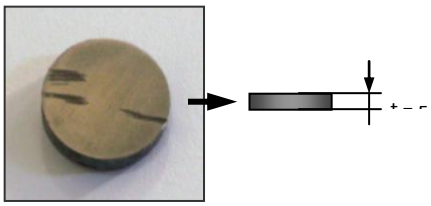
Kekuatan baja *dual phase* dapat ditingkatkan dengan meningkatkan jumlah karbon, karena karbon sangat berpengaruh dalam meningkatkan kekuatan martensit. Akan tetapi ia akan menurunkan keuletan dan rasio kekuatan dengan keuletan baja tersebut. Maka dari itu, salah satu cara untuk meningkatkan sifat mekanik baja *dual phase* adalah dengan penambahan unsur pengganti seperti Cu. Penambahan Cu dapat digunakan dalam meningkatkan sifat mekanik baja karena unsur Cu ke dalam baja akan meningkatkan kekuatan dan keuletan serta kekerasan baja [5].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan dalam perilaku uji tarik baja base dengan tambahan unsur Cu pada baja dengan metoda perlakuan panas.

METODE EKSPERIMEN

Bahan yang digunakan dalam eksperimen ini adalah baja dengan 0.1% C dan sampel Gambar 1 adalah bahan uji komposisi kimia yang di analisa dengan menggunakan mesin *FoundryDry-Master Xpert* dan hasil seperti terlihat pada komposisi kimia bahan Tabel 1. Bahan telah di *austenised* pada temperatur 1000°C selama 30 menit dan diikuti dengan *water quenching*. Kemudian bahan di *anneal* didalam kawasan intercritical untuk mendapatkan 20, 50 dan 80 vol% martensit.Temperatur untuk *annealing* telah ditentukan dengan menggunakan program JMatPro (*Java-based Materials Properties)*. Program ini bertujuan untuk mendapatkan temperatur pemanasan pada 20, 50 dan 80 vol% sebagaimana yang ditunjukkan pada grafik Gambar 2. Specimen untuk uji tarik telah dipotong bentuk *dumbell* untuk

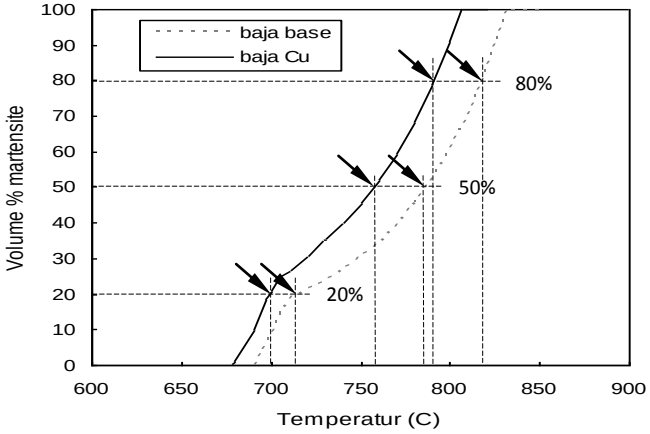
eksperimen pengujian tarik. Pembentukan sampel untuk proses pengujian tarik menurut standar *ASTM E 8M*, seperti terlihat pada Gambar 3. Proses perlakuan panas baja untuk perlakuan masing-masing temperatur dan diikuti dengan *water quench* seperti skema pada Gambar 4, sedangkan *Universal Testing Machine (UTM)* yang digunakan dalam melakukan uji tarik adalah jenis Shimadzu kapasitas 300 kN pada Gambar 5.



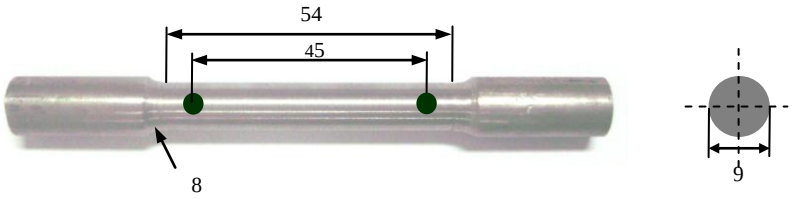
Gambar 1. Sampel uji untuk proses komposisi bahan baja.

Tabel 1. Komposisi kimia baja (wt%).

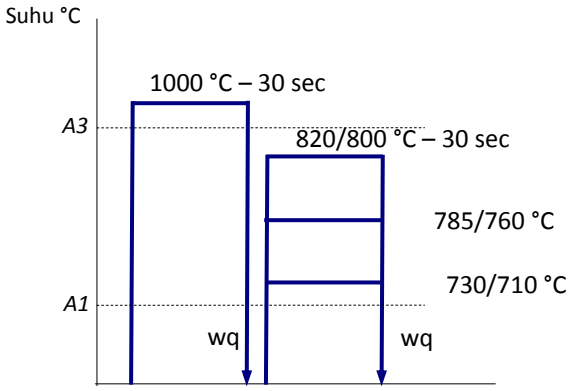
wt%	C	Cr	Si	Mo	Mn	Cu	Ni	Fe
Baja base	0.10	0.50	0.48	0.12	1.57	0.01	0.01	Bal
Baja Cu	0.11	0.54	0.51	0.10	1.65	1.0	0.01	Bal



Gambar 2. Grafik hubungan antara temperatur dengan vol.% α' untuk memperoleh suhu pemanasan pada proses sebelum perlakuan panas pada 20, 50 dan 80 vol%.



Gambar 3. Dimensi sampel untuk uji tarik menurut standar *ASTM E 8M* (mm).



Gambar 4. Grafik proses *austenised* dan *anneal* yang diikuti dengan *water quench*, baja base dan baja Cu.

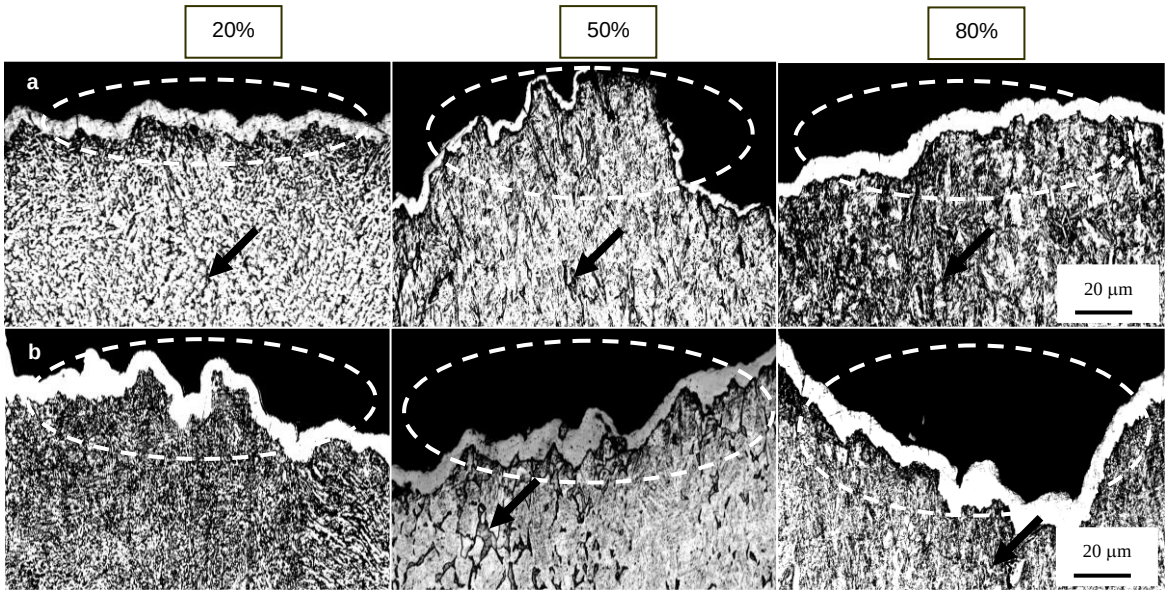
Gambar 5. *Universal Testing Machine (UTM)* kapasitas 300 kN

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 6 adalah hasil makrostruktur bahan, pada area 20% martensit untuk baja base dan Cu, fasa ferit secara umum masih lebih terlihat lebih banyak dari pada 50% dan 80% martensit. Susunan struktur ferit yang terbentuk lebih halus dan merata dan mikrostruktur tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam kedua baja tersebut. Disamping itu, ada area 20%, 50% dan 80% martensit pada bagian permukaan patah untuk semua bahan, terjadi pemisahan antara struktur ferit dengan martensit seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6 (tanda panah). Ini disebabkan karena pada bagian patah bahan terlebih dahulu mengalami deformasi akibat tarikan.

Pada baja base, struktur permukaan patah yang terjadi secara makro terlihat lebih cepat mengalami tarikan dan rata pada 20% dan 80%, jika dibandingkan dengan baja Cu pada20%, 50% dan 80%. Akibat perubahan deformasi yang besar, patah ulet menunjukkan struktur yang berserat pada permukaan patah. Bentuk patah yang terjadi pada bahan juga dipengaruhi oleh kandungan vol% martensit. Perlakuan patah baja *dual phase* juga dipengaruhi juga oleh jumlah martensit dan ukuran fasa [13].

Baja Cu Gambar 6 (b), morfologi permukaan patah akibat tarikan yang terjadi lebih ulet dan berserabut serta *elongation* baja dengan unsur Cu adalah lebih tinggi dari pada tanpa Cu. Pada gambar dapat dilihat bahwa bahan memperlihatkan *dimple fracture surfaces* dan baja Cu *rougher surface* atau patah liat *(ductile fracture)* dibandingkan dengan baja base.

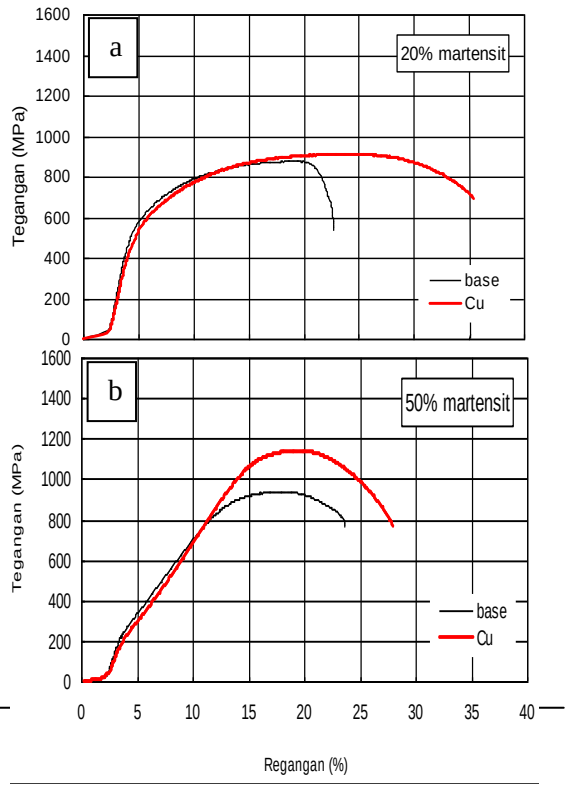


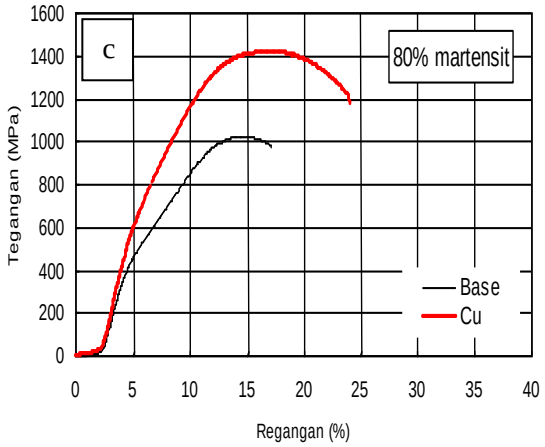
Gambar 6. Permukaan patah bahan setelah mengalami penarikan, baja base (a) dan baja cu (b), pada 20%, 50% dan 80 vol%.

Analisa Tegangan

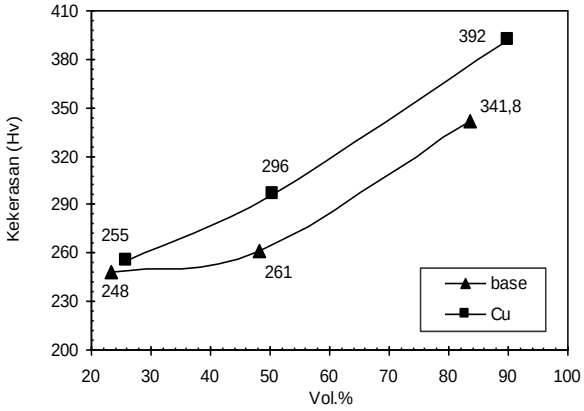
Pengujian sifat mekanik dilakukan adalah bertujuan untuk melihat pengaruh perubahan makrostruktur dan pengaruh penambahan unsur Cu pada baja. Variasi sifat mekanik seperti pengurangan luas permukaan dan kekuatan tegangan akan berpengaruh terhadap perubahan mikrostruktur saat penarikan. Bentuk martensit akan menyebabkan terjadinya kondisi maksimum dalam pengecilan luas permukaan, mengubah kekuatan tegangan. Ruang antara butir yang lebih halus akibat pembesaran volume martensit menyebabkan kekuatan tegangan menjadi lebih tinggi. Sifat-sifat tegangan baja yang annealing, terlihat bahwa *yield* dan regangan baja meningkat dengan meningkatnya %vol. martensit. Sebaliknya, pemanjangan baja akan berkurang saat % vol martensit meningkat.

Gambar 7 adalah grafik dari hasil pengujian tarik baja base dan Cu. Gambar 7(a) adalah grafik pengujian tarik untuk kedua bahan baja pada kondisi 20%. Terlihat bahwa baja yang mengandung unsur Cu 1% mempunyai kekuatan tegangan dan regangan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan baja base, dimana nilai *UTS(ultimate tensile strength)* dari baja Cu pada 80% adalah sebesar 1410 Mpa dan baja base 1351 Mpa. Sementara itu, nilai *YS(yield stress)* pada kondisi 80% untuk baja Cu juga menghasilkan nilai yang tinggi berbanding baja base yaitu 575 Mpa. Pada kondisi ini, regangan bahan yang terjadi lebih tinggi berbanding pada kondisi 50% dan 80%. Gambar 7(b) pada kondisi 50%, nilai tegangan baja meningkat lebih tinggi jika dibandingkan pada kondisi 20% untuk kedua baja. Dalam hal ini, baja Cu juga lebih tinggi dari baja base. Grafik gambar 7(c), adalah kondisi pada 80% martensit. Grafik menghasilkan perubahan tegangan dan regangan yang lebih tinggi/meningkat dari pada kondisi 20% dan 50%. Dari kondisi pengujian tarik ini dapat disimpulkan bahwa dengan meningkatnya vol.% martensit maka tegangan maupun regangan bahan meningkat.





Gambar 7. Grafik pengujian tarik kedua bahan pada kondisi area 20%, 50% dan 80%.



Gambar 8. Grafik nilai kekerasan bahan pada masing-masing % area.

Analisa Kekerasan

Pada Gambar 8 menunjukkan hasil pengujian kekerasan bahan yang dilakukan terhadap bahan yang telah diannealing pada % vol. martensit 20%, 50% dan 80%. Grafik menunjukkan perubahan dalam nilai kekerasan baja sebagai fungsi dari % vol. martensit dengan meningkatkan temperatur annealing. Kekerasan bahan meningkat dengan meningkatnya %vol. martensit, ini terlihat bahwa kekerasan baja Cu adalah lebih tinggi dari baja base.

Walaupun kekerasan baja dengan penambahan unsur Cu lebih tinggi, peningkatan nilai kekerasan pada 20% tidak menunjukkan perbedaan nilai yang signifikan keduanya. Sementara itu, pada 50% dan 80% baja Cu nilai kekerasannya lebih tinggi dari baja base. Oleh kerana itu, dapat disimpulkan bahwa penambahan jumlah martensit dan penambahan unsur Cu mampu meningkatkan kekerasan baja.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah :

1. Morfologi permukaan patah akibat tarikan yang terjadi lebih ulet dan berserabut serta *elongation* baja dengan unsur Cu adalah lebih tinggi dari baja base atau tanpa unsur Cu.

2. Sifat-sifat tegangan baja yang annealing, terlihat bahwa *yield* dan regangan baja meningkat dengan meningkatnya % vol. martensit.

3. Kekerasan bahan meningkat dengan meningkatnya %vol. martensit, ini terlihat bahwa kekerasan baja Cu adalah lebih tinggi dari baja base.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Tayanc, M. Aytac, A, A. Bayram. (2007). **A.** The Effect of Carbon Content on Fatigue Strength of Dual-phase steels. *Materials and Design*, Vol. 28, pp. 1827-1835

[2] Maleque, M.A. Poon, Y.M. Masjuki. H.H. (2004). The Effect of Intercritical Heat Treatment on the Mechanical Properties of AISI 3115 steel. *Journal Materials Processing Technology, Elsevier*, 152-154: pp. 482 - 487.

[3] H . Nofriady, H., Syarif, J., Omar, M.Z. & Sajuri, Z. (2009). Influence of Cu on Strength and Elongation of dual phase steel. *IJMME International*. 4: pp.1-3.

[4] Seung Chan Hong, Kyung Sub Lee. (2002). Influence of deformation induced ferrite transformation on grain refinement of dual phase steels. *Materials Science and Engineering*, A323 : pp. 148-159.

[5] Syarif, J., Nakashima, K., Tsuchiyama, T. & Takaki, S. (2007). Effect of Solute Copper on Yield Strength in Dislocation-Strengthened Steels. *ISIJ International* Vol.47: No.2: pp.340-345.

[6] Nobuo Nakada, Junaidi. S, Toshihro Tsuchiyama, Setsuo Takaki. (2003). Improvement of Strength-ductility Balance by Copper Addition in 9%Ni steels. *Materials Science and Engineering*, A374: pp.137-144.

[7] Ekrami, A. (2005). High Temperature Mechanical Properties of Dual phase steels. *Material Letter*, 59: pp. 2027-2074.

[8] Yoshiyuki Tomita. (1990). Effect of Morphology of Second Phase Martensite on Tensile Properties of Fe-0.1C Dual phase steels. *Journal Material Science*, Vol. 25, pp. 5179 - 5184.

[9] Sawar, M. Priestner, R. (1996). Influence of Ferrite - mertensite Microstructural Morphology on Tensile Properties of Dual Phase steels. *Journal Material Science*, Vol. 31, pp. 2091-2095.

[10] Annual Book of ASTM Standards. (2003). Metals Test Methods and Analytical Procedures. Section Three Vol. 03.01. Pennsylvania: ASTM International.

[11] Callister, W.D. (2007). Material Science and Engineering*: An Introduction*. Seventh Edition. New York: John Willey & Sons, Inc.

[12] Honeycombe, R.W.K. & Bhadeshia, H.K.D.H. (2006). Steels, *Microstructures and Properties*. Third Edition. Oxford: Butterworth-Heinemann.

[13] Bayram Ali, Agah Uguz, & Murat Ula.. (1999). Effects of microstructure and notches on the mechanical properties of dual-phase steels. *Materials Characterization* 43:259-269.