

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Morfologi Struktur Mikro Setelah *Warm Rolling*

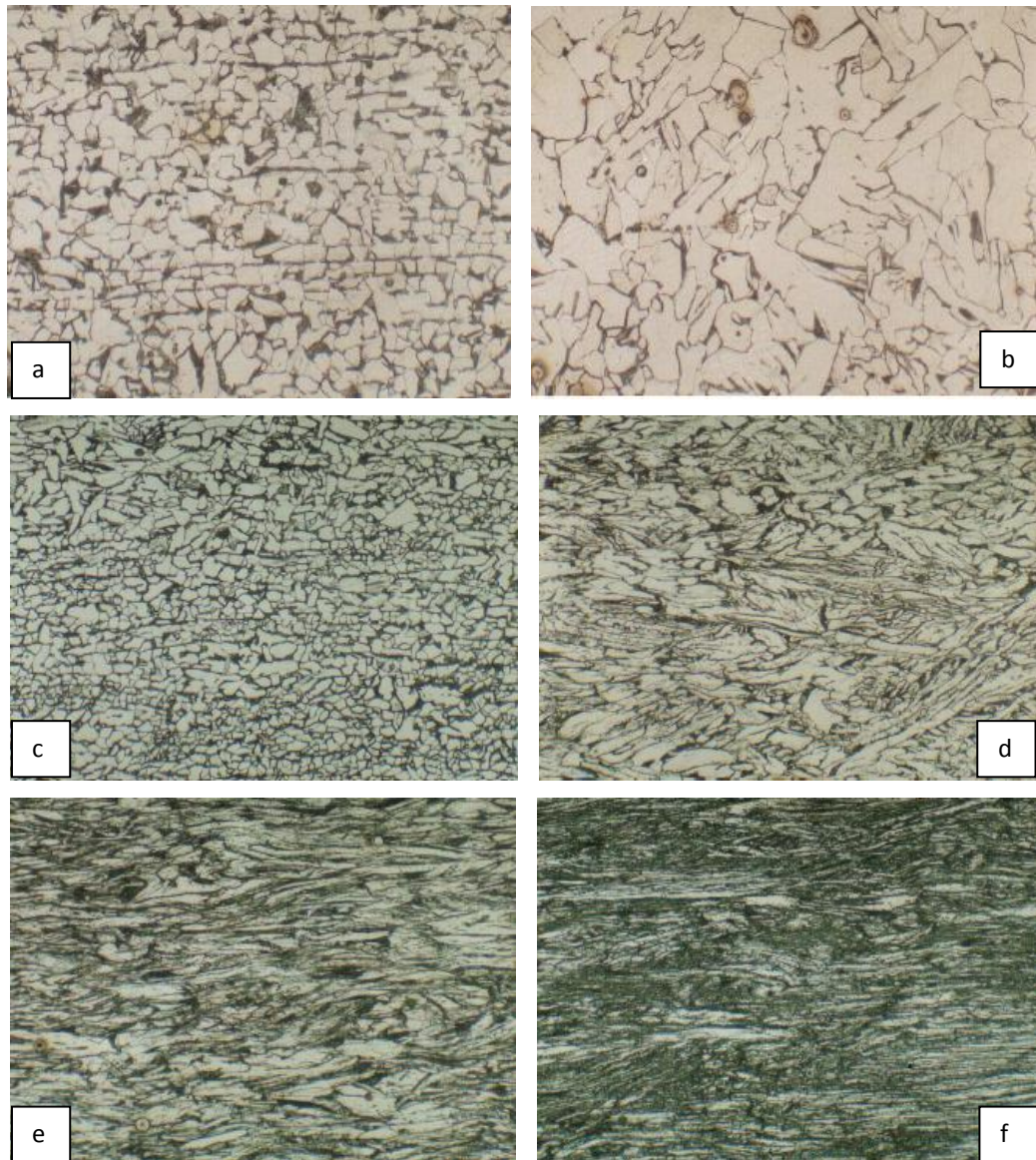
Dari hasil metalografi menunjukkan bahwa dan pengukuran butir, menunjukkan bahwa perlakuan panas dan deformasi yang dilakukan menyebabkan terjadinya perubahan struktur mikro.

5.1.1 Ukuran butir

Hasil pengukuran butir sampel awal adalah 20,62 μm , setelah pemanasan hingga temperatur 1100°C ukuran butir membesar hingga 31,27 μm , setelah double pass rolling dengan deformasi 25% ukuran butir menjadi 14,57 μm . Pengukuran butir ini menggunakan metode Jeffries sesuai ASTM E112-96. Sedangkan untuk sampel dengan deformasi 30% pengukuran butir berdasarkan hasil foto SEM dan diperoleh ukuran butir yang lebih kecil yaitu $\pm 10 \mu\text{m}$, namun pada sampel dengan deformasi 35% dan 40% ukuran butir tidak terukur karena butir yang terbentuk elongated dengan susunan struktur yang sangat rapat.

5.1.2 Bentuk Butir

Setelah proses pemanasan dan rolling pada temperatur 650°C terlihat ada perubahan bentuk butir dari equiaxed menjadi elongated grain. Butir yang terbentuk semakin pipih dan memanjang sesuai arah rollingnya, selain itu struktur menjadi semakin rapat seiring dengan meningkatnya derajat deformasi.

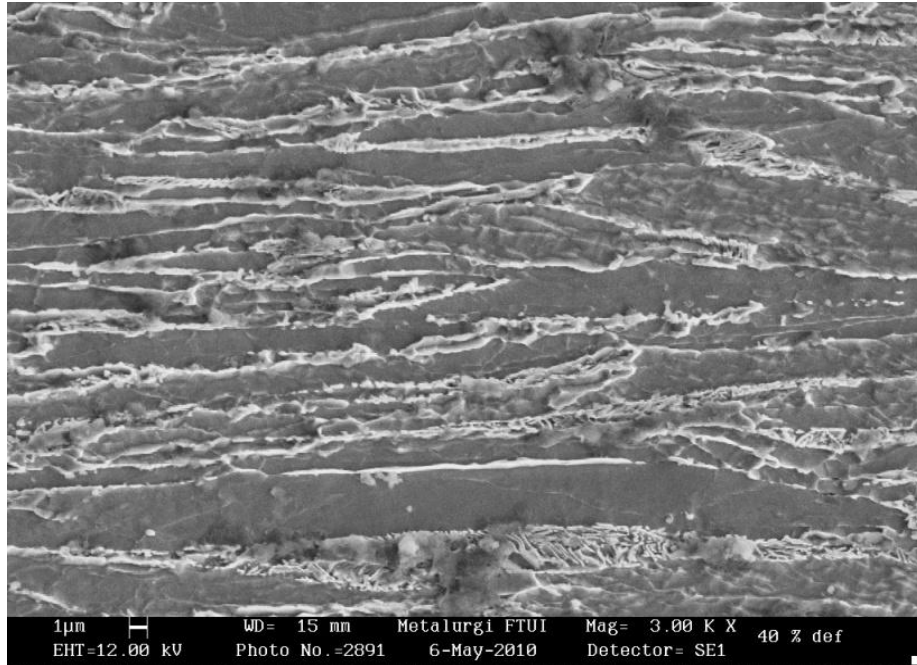


Gambar 5.1 Foto Mikro dengan perbesaran 200x, etsa nital 2%, (a) bulk material, (b) reheat 1100°C, (c) Deformasi 25%+25%, (d) Deformasi 30%+30%, (e) Deformasi 35%+35%, (f) Deformasi 40%+40%

Dari hasil SEM sampel dengan deformasi 40%+40% terlihat dengan jelas adanya kumpulan kumpulan (aggregates) ferrite dan pearlite yang searah dengan arah pengerolan.

Pada penelitian ini tidak ditemukan sub butir (subgrains) walaupun perbesaran sudah cukup tinggi. Hal ini juga dialami pada penelitian yang dilakukan oleh J. Zrnik dengan menggunakan metode ECAP pada baja dengan kandungan 0,457%

C, menurutnya hal ini disebabkan oleh tingginya derajat deformasi yang menyebabkan mayoritas pearlite hancur setelah pass ke dua .^[18]



Gambar 5.2 SEM dengan perbesaran 3000x, etsa nital 5%, sampel dengan deformasi 40%+40%

5.2 Efek *Warm Rolling* terhadap Kekerasan

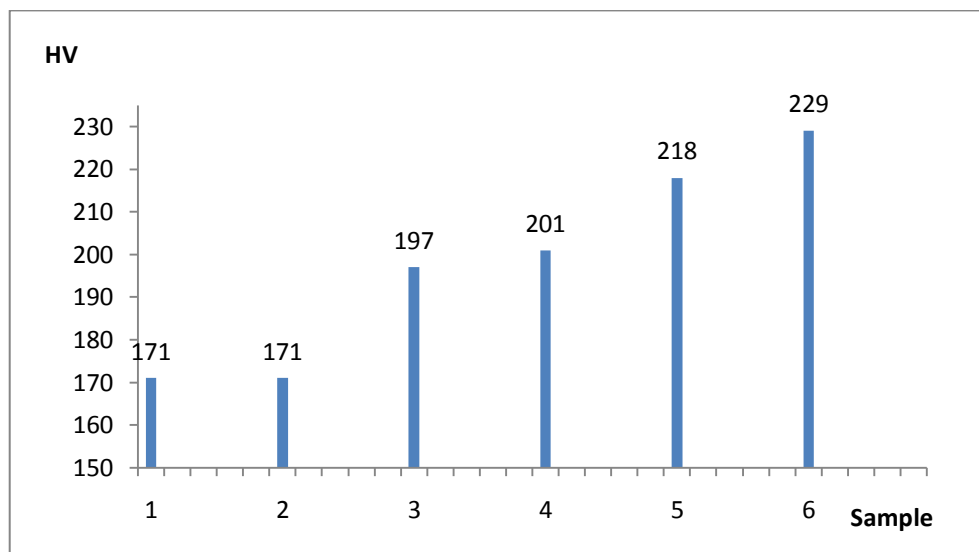
Bentuk dan besar butir akan sangat berkaitan dengan perubahan sifat mekanik terutama kekuatan dan kekerasan bahan.

Pada penelitian ini terlihat trend kenaikan kekerasan dengan semakin besarnya derajat deformasi. Hal ini merupakan efek dari deformasi yaitu mengakibatkan meningkatnya kerapatan dislokasi, karena seperti kita ketahui salah satu prinsip dasar untuk pengerasan material dengan menghambat Bergeraknya dislokasi.

Dari hasil foto mikro dan SEM terlihat adanya perubahan bentuk butir dari equiaxed menjadi elongated dengan ukuran yang lebih kecil. Perubahan internal ini yang menyebabkan meningkatnya kekerasan dan kekuatan.^[17] Selain itu dislokasi baru yang dihasilkan oleh pengerjaan dingin akan

berinteraksi dengan dislokasi yang sudah ada sehingga semakin menyulitkan pergerakan dislokasi dan akan meningkatkan kekerasan material. [16]

Pergantian butir lama oleh butir baru sangat tergantung pada tingkat deformasi yang diberikan terhadap sampel. Semakin besar deformasi maka semakin besar energi yang tersimpan dan menjadi gaya penggerak rekristalisasi dan membentuk banyak inti baru.



Grafik 5.1 Hasil uji kekerasan vs sampel dengan variasi deformasi

5.3 Pengaruh Struktur Mikro Dengan Ketahanan Korosi

5.3.1 Ketahanan korosi terhadap NaCl

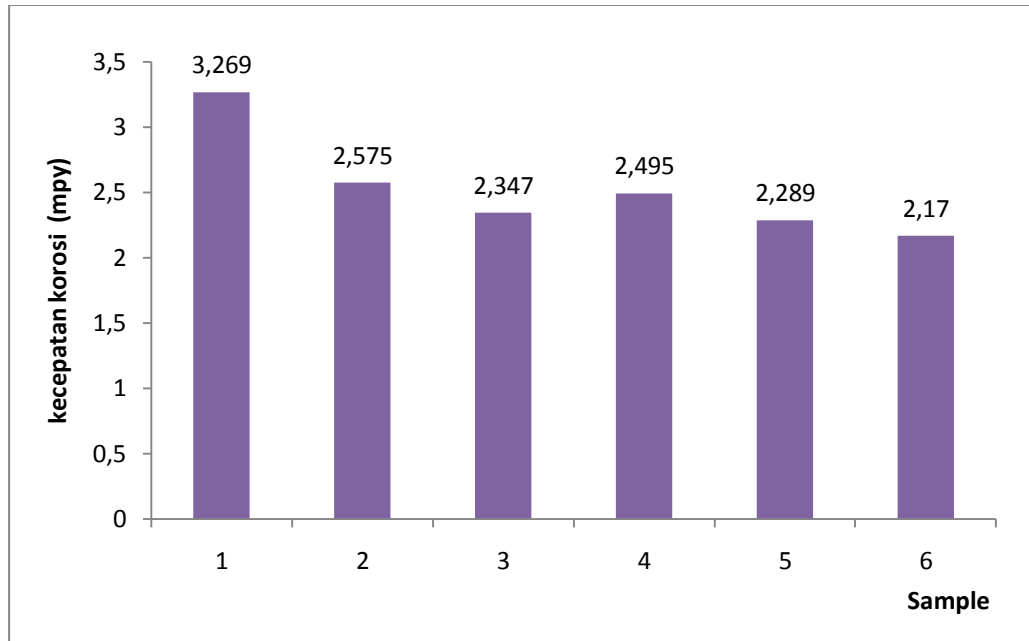
Dari data hasil polarisasi menggunakan larutan 3% NaCl dibuat grafik hubungan antara sampel dengan variasi deformasi dengan laju korosi.

Pada grafik 5.2 terlihat trend laju korosi semakin menurun dengan peningkatan derajat deformasi.

Bila dihubungkan dengan ukuran butir, semakin besar ukuran butir ferrite maka laju korosi menurun karena jumlah batas butir dalam struktur menjadi lebih sedikit. Batas butir merupakan suatu daerah antarmuka antara butir yang satu dengan butir yang lain dengan arah kristalografi yang berbeda. Pada batas butir ini pula biasanya dislokasi terakumulasi,

secara termodinamika korosi keadaan ini membuat energi pada batas butir menjadi lebih tinggi sehingga akan meningkatkan reaksi korosi. ^[14]

Pada penelitian ini laju korosi turun seiring dengan meningkatnya derajat deformasi.



Grafik 5.2 Laju korosi sampel dengan variasi deformasi dalam larutan NaCl 3,5%

5.3.2 Ketahanan terhadap Hydrogen Induced Cracking

Setelah hydrogen charging dan sampel diuji tarik maka dapat terlihat efek dari masuknya hidrogen kedalam material.

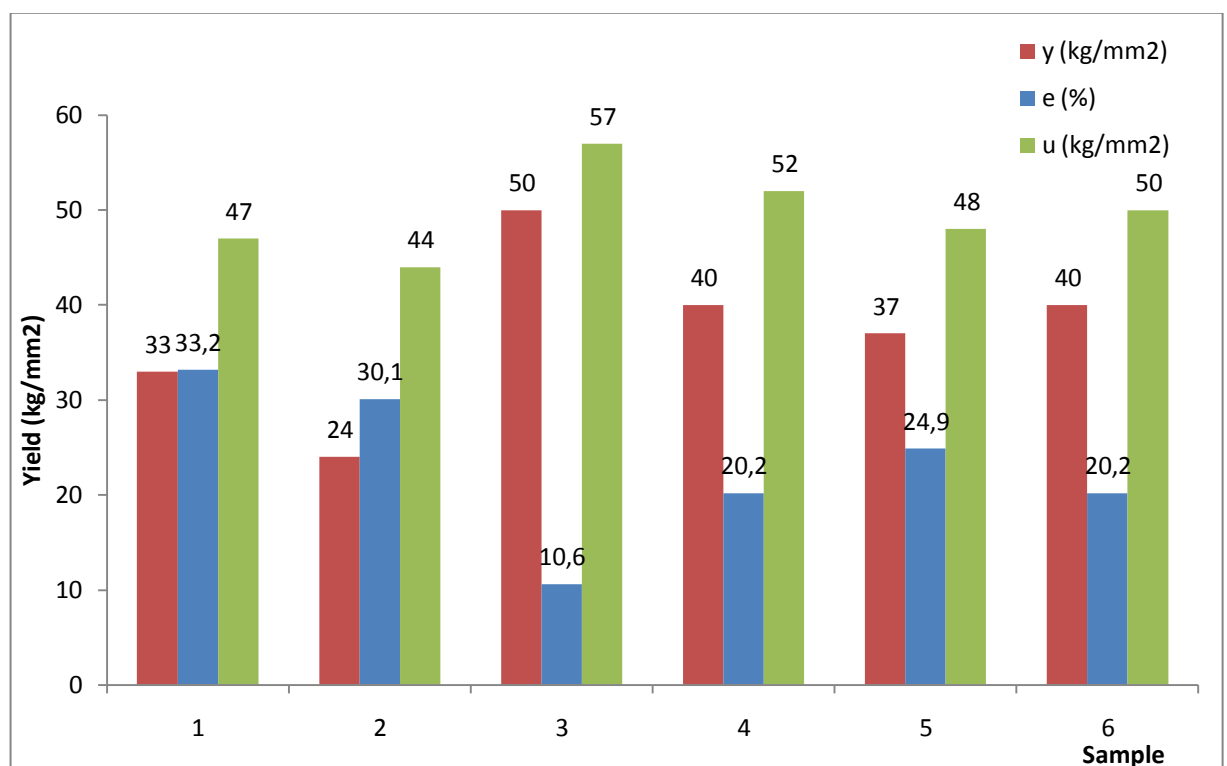
5.3.2.1 Yield strength, ultimate tensile strength dan Elongasi

Masuknya hidrogen dalam material walaupun hanya beberapa ppm akan berefek pada menurunnya kemampuan mekanis dari suatu material terutama keuletan (ductility).

Hidrogen ini akan mengendap pada microvoid dan menimbulkan tekanan yang menjadi inisiasi crack. Masuknya atom hidrogen kedalam logam akan mengurangi gaya kohesi antar atom dalam logam tersebut. Dengan menurunnya gaya kohesif dari logam akan mengakibatkan semakin mudahnya logam mengalami kegagalan akibat hidrogen yang masuk. ^[12]

Setelah hydrogen charging ini terlihat bahwa sampel yang terdeformasi memiliki yield strength dan ultimate tensile strength yang lebih tinggi dibandingkan bulk material dan adanya trend penurunan yield strength dengan bertambahnya derajat deformasi.

Keuletan atau kegetasan suatu bahan dapat dilihat dari hasil Uji Tarik dengan melihat harga Elongasi. Trend elongasinya naik dengan pertambahan derajat deformasi. Jika elongasi semakin besar, maka material tersebut semakin ulet (ductile).



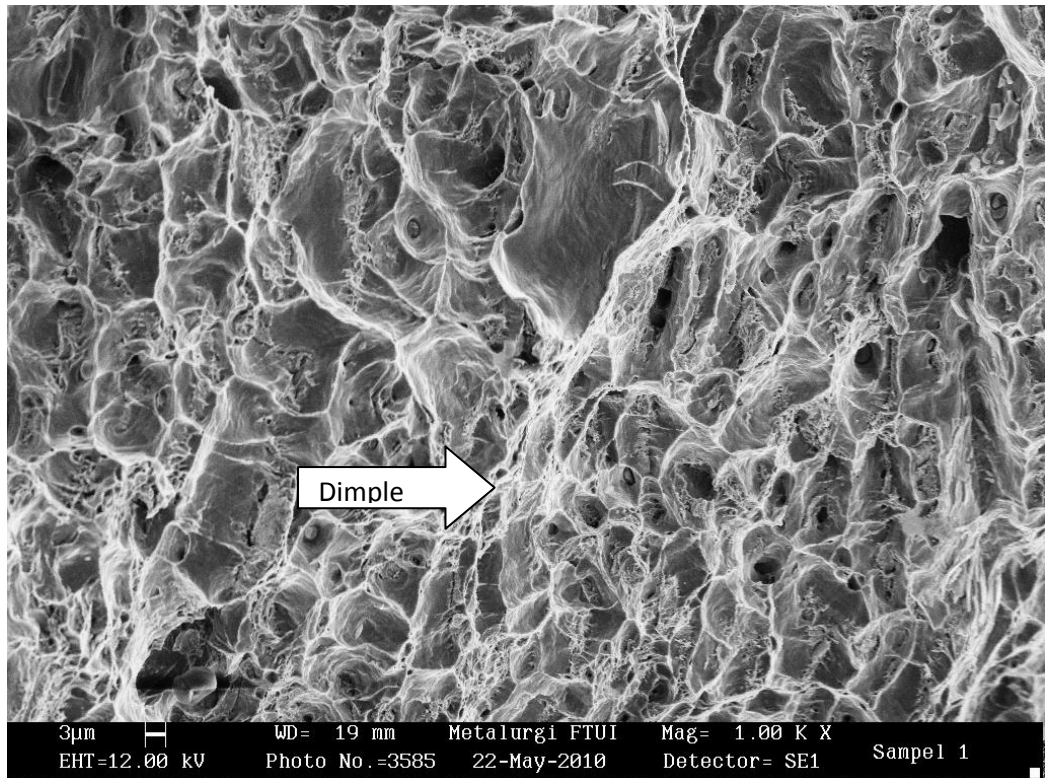
Grafik 5.3 Hasil pengukuran yield strength, tensile dan elongasi pada setiap sampel setelah hydrogen charging

5.3.2.2 Ketangguhan

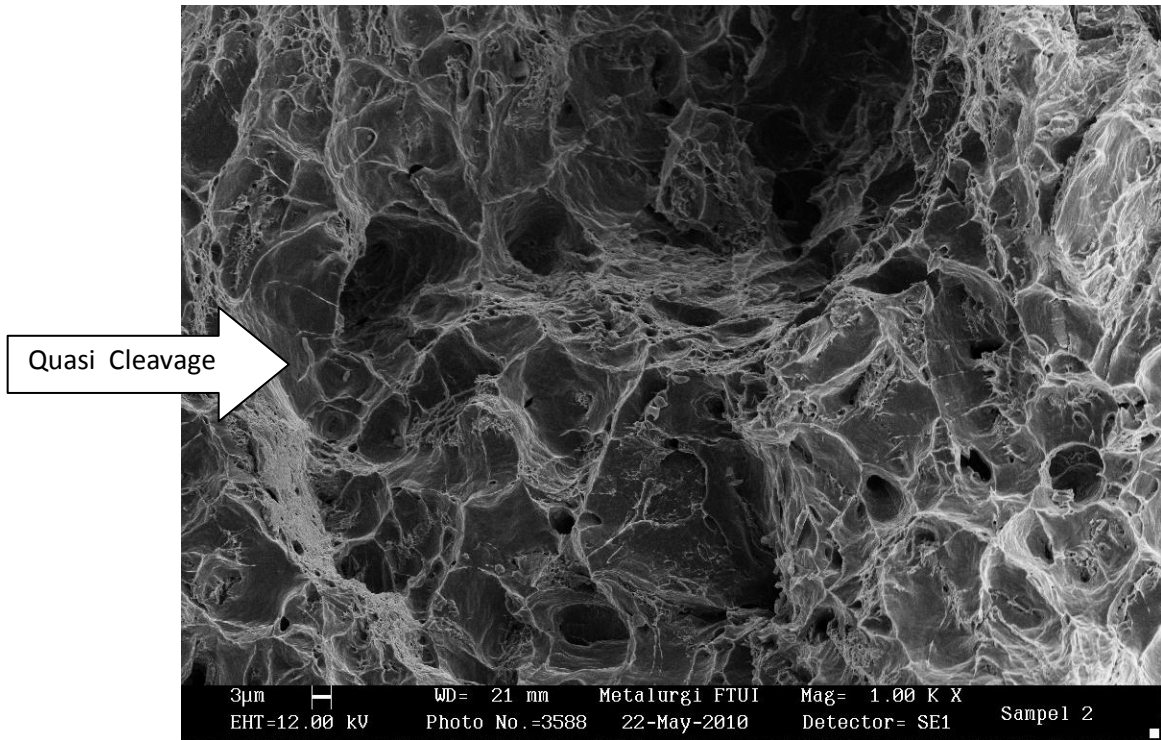
Besar kecilnya luas dibawah kurva regangan tegangan menunjukkan ukuran ketangguhan material dari besarnya energi yang diperlukan untuk mematahkan sampel. Makin besar kurva, maka energi yang diperlukan untuk mematahkan specimen semakin besar yang berarti material semakin ulet.

Dari grafik uji tarik setelah hydrogen charging terlihat semakin besar deformasi maka semakin kecil luasan dibawah kurva, berarti semakin rendah ketangguhan material.

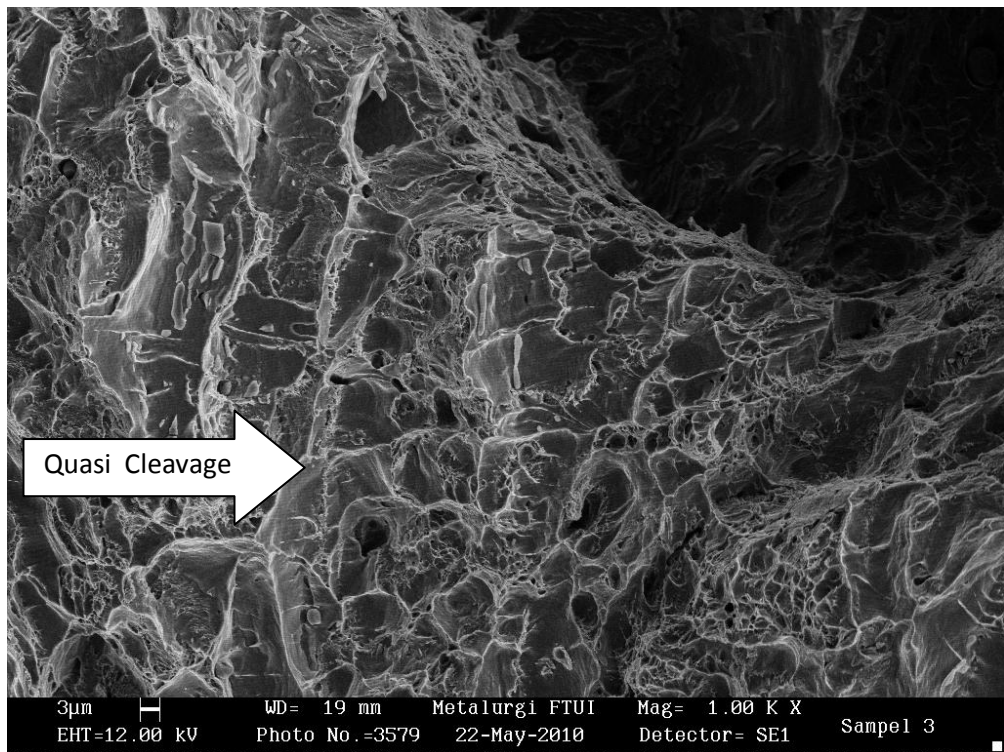
5.3.2.3 Efek masuknya hidrogen dilihat dari hasil patahan



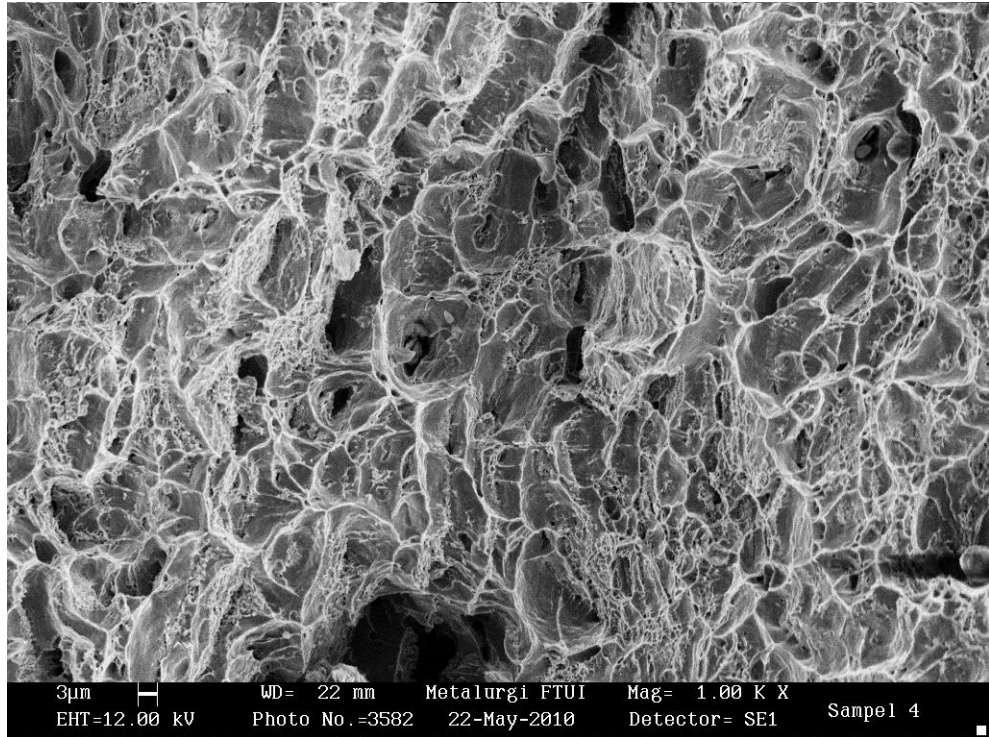
Gambar 5.3 Foto SEM yang menunjukkan patahan dimple dan cleavage pada sampel bulk material setelah *hydrogen charging*



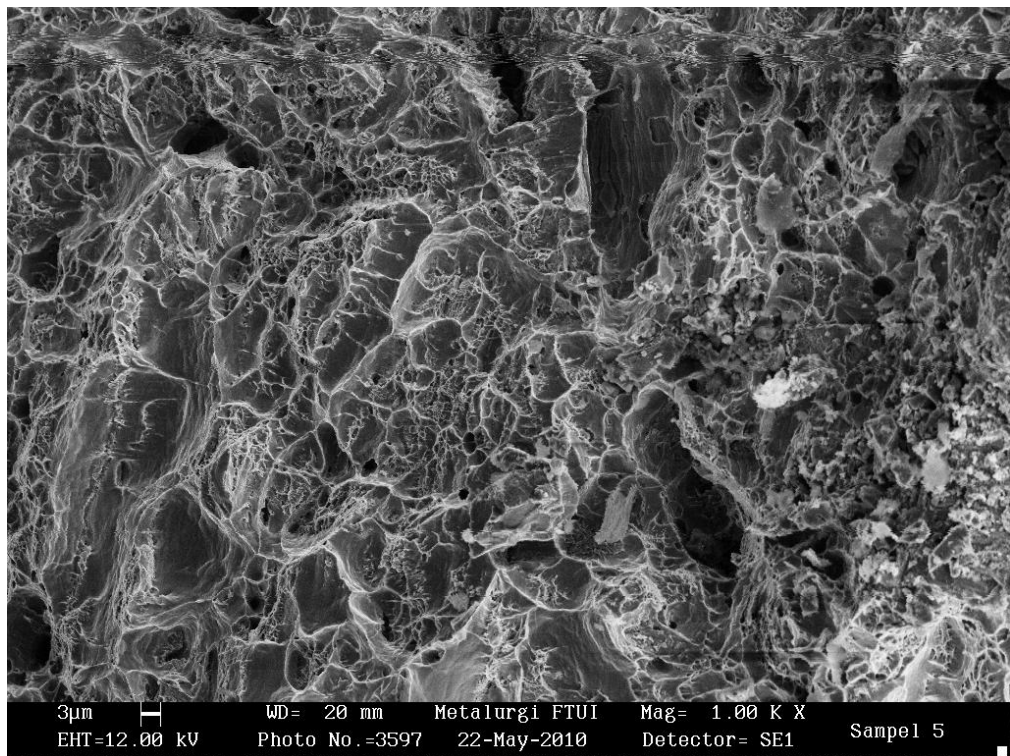
Gambar 5.4 Foto SEM yang menunjukkan patahan quasi cleavage pada sampel reheat 1100°C setelah hydrogen charging



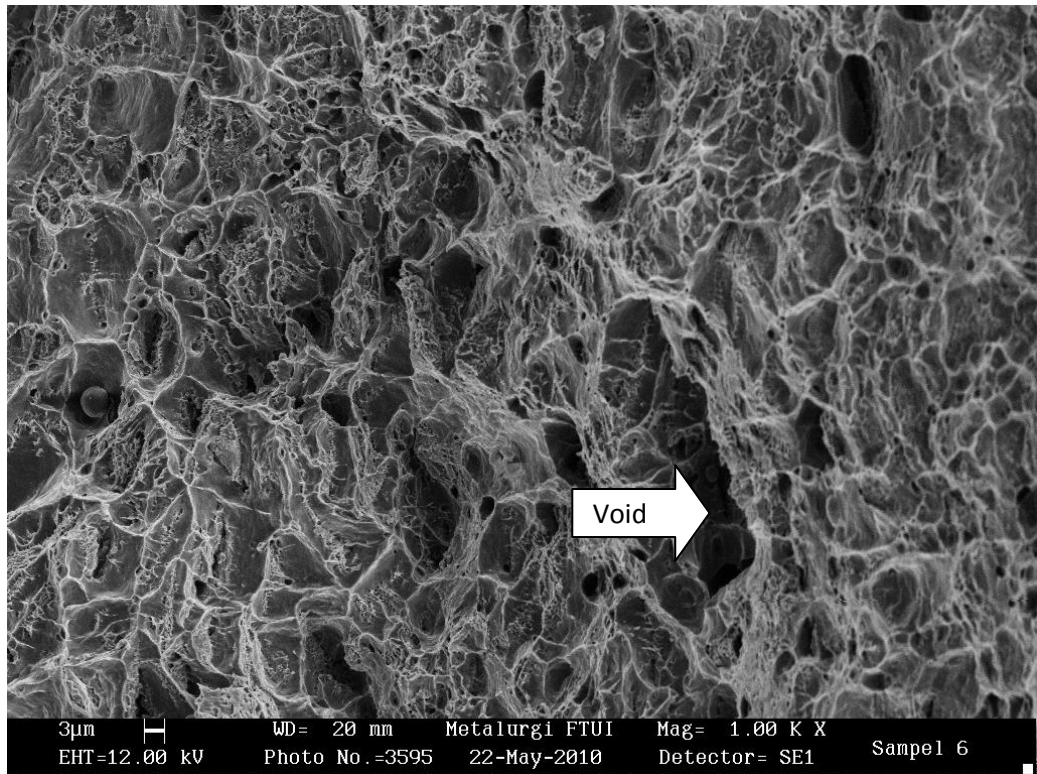
Gambar 5.5 Foto SEM sampel yang menunjukkan patahan quasi cleavage pada sampel dengan deformasi 25%+25% setelah hydrogen charging



Gambar 5.6 Foto SEM yang menunjukkan microvoid pada sampel dengan deformasi 30%+30% setelah hydrogen charging



Gambar 5.7 Foto SEM yang menunjukkan microvoid pada sampel dengan deformasi 35%+35% setelah hydrogen charging



Gambar 5.8 Foto SEM yang menunjukkan microvoid pada sampel dengan deformasi 40%+40% setelah hydrogen charging

Dari gambar SEM sampel hydrogen charging terlihat lebih jelas efek dari masuknya hidrogen ke dalam material. Pada semua sample ditemukan adanya micro void. Dan di gambar 5.3 terlihat cukup banyak dimple, yang menandakan bahwa patahan yang terjadi adalah patahan ulet, namun pada gambar 5.4 mulai terlihat adanya cleavage. Pada gambar 5.5 didominasi oleh cleavage yang merupakan ciri patahan getas. Pada gambar 5.6 dan 5.7 ditemukan cukup banyak dimple namun pada gambar 5.8 kembali terlihat dominasi cleavage.

BAB VI

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan dan analisa data yang diperoleh dalam penelitian ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Setelah TMCP dengan pemanasan hingga 1100°C dan variasi *double pass rolling* pada temperatur 650°C dengan pendinginan udara terjadi perubahan bentuk butir, dari bentuk butir awal equiaxed menjadi elongated dengan struktur yang sangat rapat sesuai arah rolling.
2. Hasil pengukuran butir sampel awal 20,62 μm , setelah double pass rolling dengan deformasi 25% ukuran butir menjadi 14,57 μm , pada deformasi 30% menjadi lebih kecil yaitu ± 10 μm , namun pada sampel dengan deformasi 35% dan 40% ukuran butir tidak terukur.
3. Hasil uji kekerasan Vickers meningkat dengan semakin besar deformasi. Peningkatan kekerasan ini dipengaruhi oleh bentuk butir elongated dan kerapatan struktur.
4. Laju korosi terhadap NaCl semakin menurun dengan meningkatnya deformasi namun tidak dapat disimpulkan bahwa ukuran butir mempengaruhi laju korosi karena pengujian polarisasi hanya mengukur laju korosi dipermukaan.
5. Dari hasil uji tarik setelah *hydrogen charging* selama 20 menit dengan rapat arus 210 mA/cm², terlihat bahwa hidrogen yang masuk ke dalam struktur material mengakibatkan patahan getas, selain itu hidrogen juga berpengaruh pada menurunnya *yield* dan *ultimate strength*.

REFERENSI

- [1] Zrnik, J., Dobatkin, S.V., Mamuzic, I. *Processing Of Metals By Severe Plastic Deformation (SPD) – Structure and Mechanical Properties Respond*, METALURGIJA 47 (2008) 3, 211-216
- [2] Zrnik, J. Drnek, Z., Dobatkin, S.V. and Stejskal, O. *Structure Evolution During Severe Warm Plastic Deformation of Carbon Steel*, Rev.Adv.Mater.Sci.10 (2005) 45-53.
- [3] Saptono, Rahmat. *Pengetahuan Bahan 2008*. Jakarta : FTUI.
- [4] Al Hasa, M. Husna. *Karakterisasi Sifat Mekanik Dan Mikrostruktur Paduan Intermetalik Alfeni Sebagai Bahan Kelongsong Bahan Bakar*, J. Tek. Bhn. Nukl. Vol. 3 No. 2 Juni 2007: 49–109
- [5] <http://adfanhardian.blogspot.com/2009/10/diagram-fasa.html>
- [6] Gunawarman, Prof., Malik, Adam., Jon Affi. *Pengembangan dan Penerapan Metode Penguatan Bahan untuk Perbaikan Kualitas Produk IKM Logam di Sumatera Barat*, 2009.
- [7] Saefudin. *Cacat Rapuh Panas Akibat Proses Rol Panas Dari Material Al paduan Cu Mg*. Seminar Material Metalurgi 2005.
- [8] http://steelindonesia.com/article/02-heat_treatment.htm
- [9] Ariati , M., Sulistio, T.W., A. Manaf, Sutopo, dan Siradj, E.S., *Persamaan Empiris Pertumbuhan Butir Austenit Baja HSLA-0,019% Nb pada Proses Pendinginan non-Isotermal*.
- [10] Sastranegara, Azhar. *Mengenal Uji Tarik dan Sifat-sifat Mekanik Logam*.
- [11] Suriadi, I.K dan Suarsana, Ika. *Prediksi laju korosi dengan perubahan serajat deformasi plastis dan media pengkorosi pada material baja karbon*. Jurnal ilmiah teknik mesin CAKRAM Nol 1 No.1, Dec 2007.
- [12] Hadi, Nurul. *Pengaruh Ukuran Butir Dan Pemberian Tegangan Terhadap Sifat Mekanik Baja Karbon Rendah Akibat Hydrogen Embrittlement*, Skripsi ITB, Bandung : 2008.
- [13] ASTM E112-1996, *Standard Test Methods For Determining Average Grain Size*