

BAB IV HASIL PENGUJIAN

4.1 Komposisi Kimia

Baja yang digunakan untuk penelitian ini adalah AISI 1010 dengan komposisi kimia seperti yang ditampilkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Komposisi kimia baja AISI 1010 (%berat)

AISI	C	Si	S	P	Mn	Ni	Cr	Mo	Ti	Cu	Nb	V	Al	Fe
1010	0,106	0,166	0,005	0,05	0,656	0,032	0,052	0,003	0,002	0,022	0,003	0,002	0,028	98,8

4.2 Proses Termomekanik

Secara umum, proses termomekanik terdiri dari proses pemanasan awal (*reheating*), canai panas (*hot rolling*), serta pendinginan (*cooling*).^[5]

Pada penelitian ini dilakukan *double pass roling* pada temperatur 650°C (*warm rolling*).

Kekuatan yang tinggi dari baja dipengaruhi oleh struktur mikro akhir yang terbentuk. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu proses terkendali yang dapat mengontrol struktur mikro akhir baja, yang dikenal sebagai *Thermo-Mechanical Control Process* (TMCP). Pada akhir proses ini diharapkan terbentuk butir ferit yang halus melalui pengerolan terkendali, dimana struktur ferit halus dapat meningkatkan kekuatan mekanis baja.

Reduksi ketebalan dihitung menggunakan rumus :

$$S = \ln \frac{h_o}{h_f} \quad (4.1)$$

Dimana,

S : Deformasi

h_o : Tebal awal (mm)

h_f : Tebal akhir (mm)

Hasil perhitungan reduksi ketebalan akibat proses rolling dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.2. Perhitungan reduksi ketebalan setelah *double pass rolling*

No	T		Double Pass								Delta H	
	T Reheat °C	T Rolling °C	Def	Ho (mm)	Ln Ho	Ln Hf	H (mm)	Ln Ho	Ln Hf2	H (mm)	H1	H2
1	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-
2	1100	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-
3	1100	650	0,25	8	2,079442	1,829442	6,230406	1,829442	1,579442	4,852245	1,769594	1,378161
4	1100	650	0,3	8	2,079442	1,779442	5,926546	1,779442	1,479442	4,390493	2,073454	1,536053
5	1100	650	0,35	8	2,079442	1,729442	5,637505	1,729442	1,379442	3,972682	2,362495	1,664822
6	1100	650	0,4	8	2,079442	1,679442	5,36256	1,679442	1,279442	3,594632	2,63744	1,767929

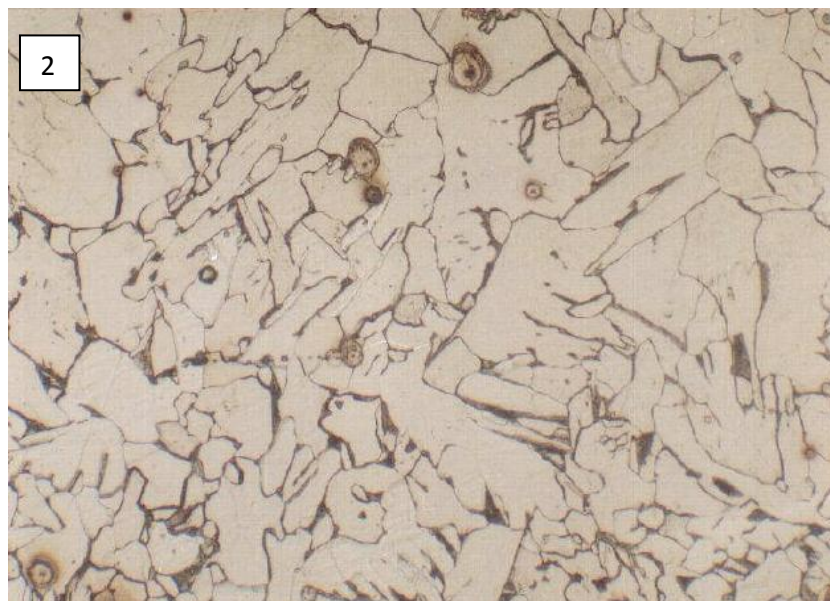
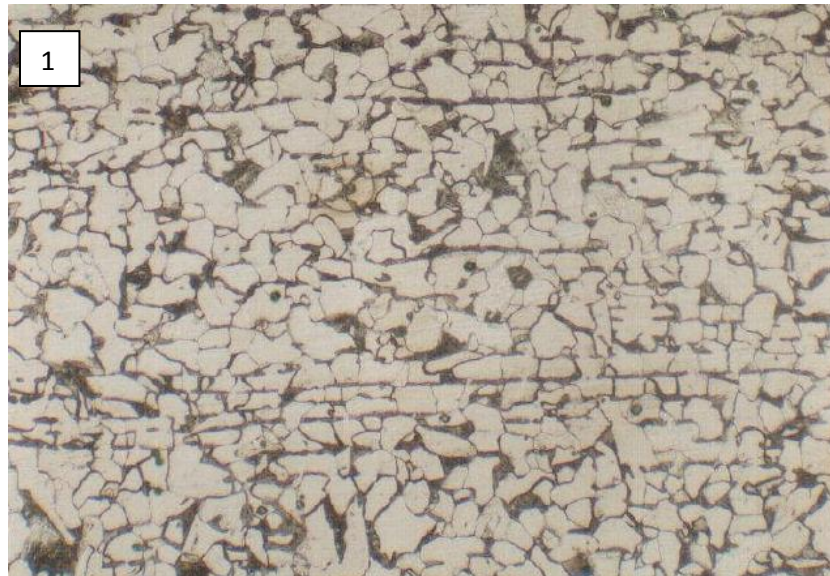
4.3 Struktur Mikro

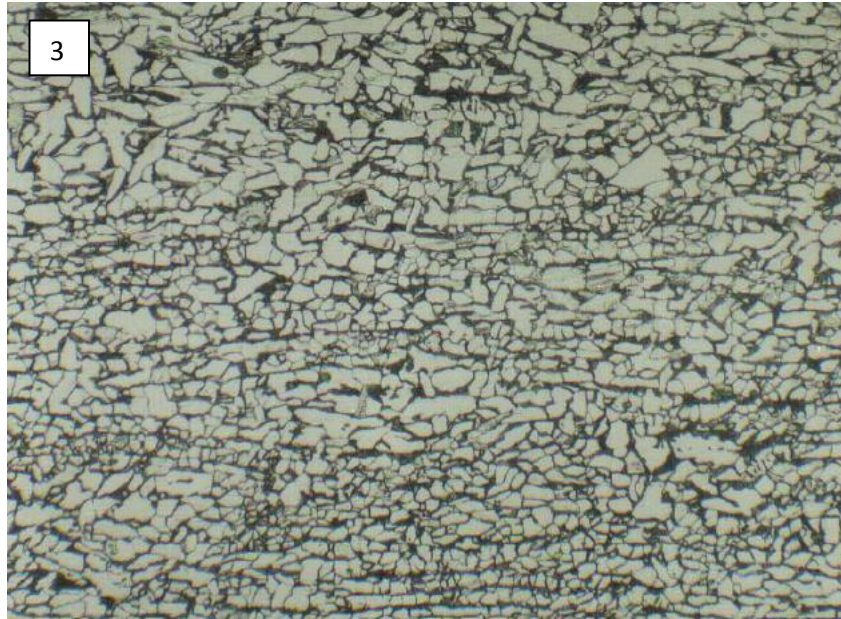
4.3.1 Foto Optical Microscopy

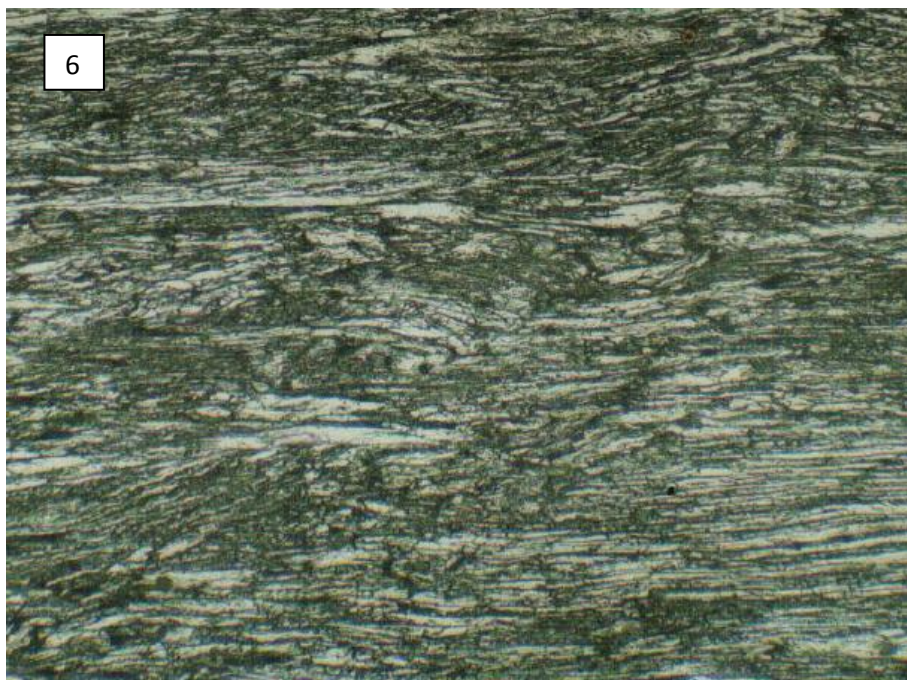
Setelah sampel melalui tahap roll panas, pendinginan udara dengan variasi deformasi, dilakukan preparasi metalografi. Etsa menggunakan larutan nital 2%. Kemudian dilakukan pengambilan foto mikro. Foto mikro masing–masing sampel dapat dilihat pada gambar 4.1.

Gambar 4.1 (1) merupakan hasil foto mikro pada bulk material dan terlihat bahwa baja yang digunakan pada penelitian ini tersusun oleh ferrite (bagian yang terang) dan pearlite (bagian yang gelap) yang membentuk equiaxed ferrite matrix. Gambar (2) merupakan foto mikro setelah bulk material dipanaskan hingga 1100 °C dan didinginkan dengan pendinginan udara, terlihat butir yang terbentuk berukuran lebih besar dibandingkan dengan butir awal pada gambar (1). Pada gambar (3) terlihat adanya penghancuran butir akibat double pass rolling sehingga menghasilkan butir ferrite yang lebih halus, dari ukuran butir awal 20,63 µm menjadi 14,57

μm . Gambar (4), (5) dan (6) memperlihatkan perubahan bentuk butir dari equiaxed menjadi elongated grain. Butir ferit yang semakin pipih dan memanjang atau yang biasanya disebut “pancake grain”. Dari hasil foto mikro ini terlihat struktur yang terbentuk semakin rapat seiring dengan meningkatnya derajat deformasi.



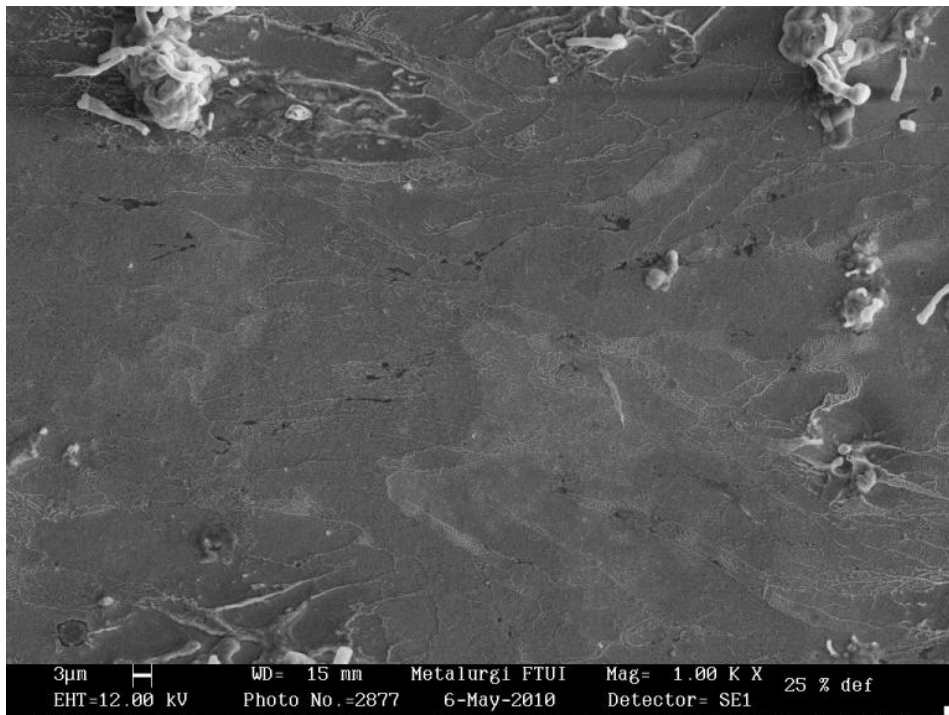
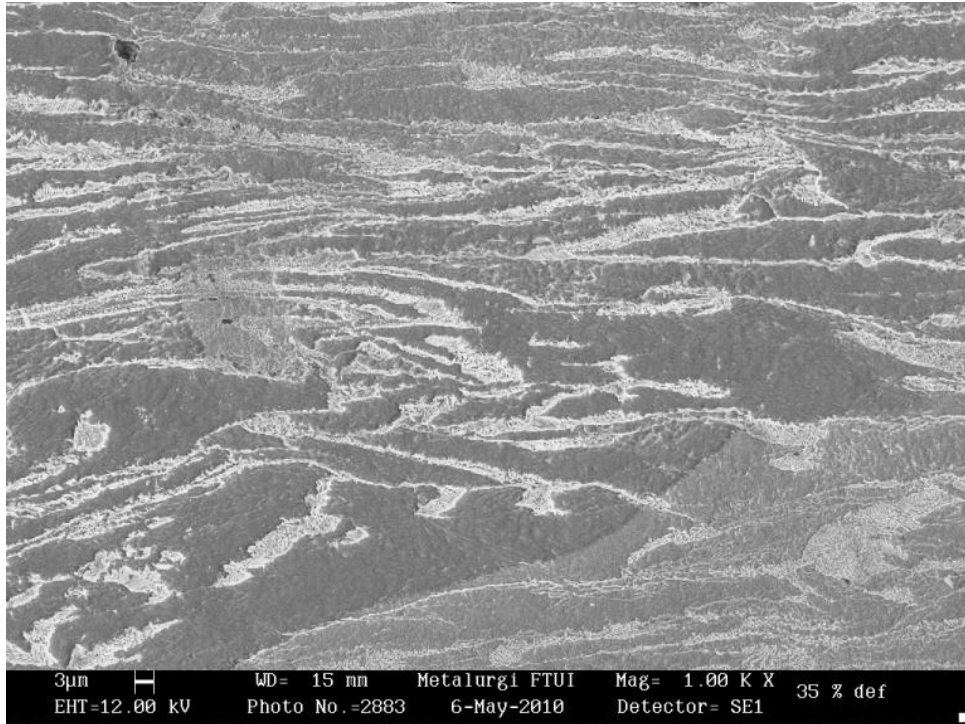


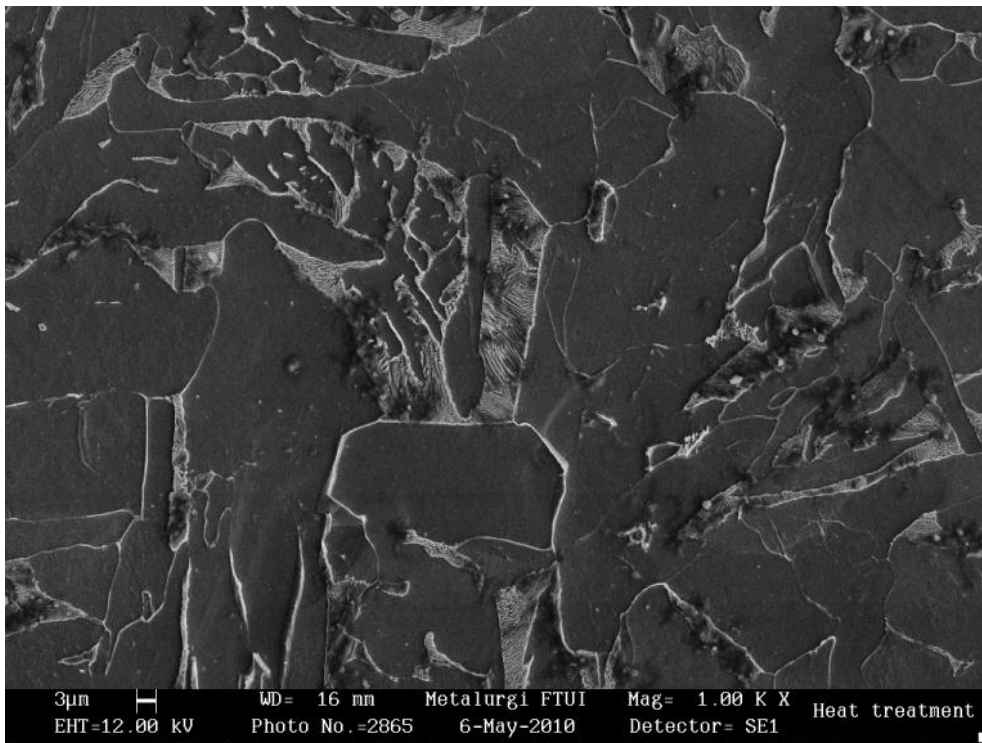
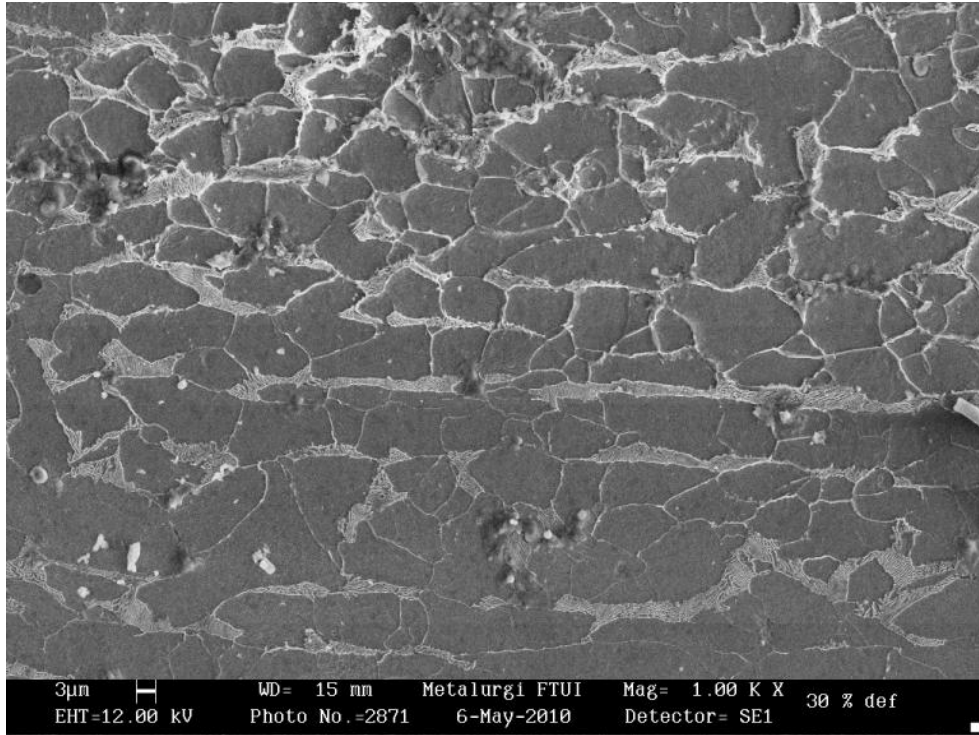


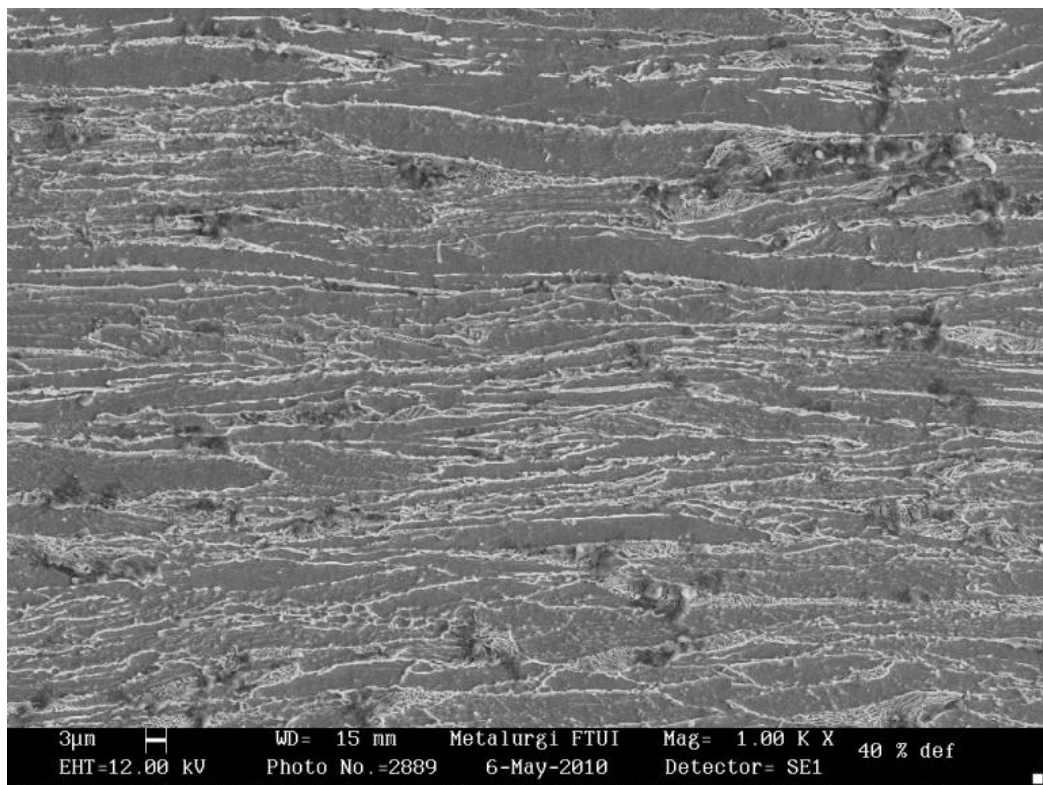
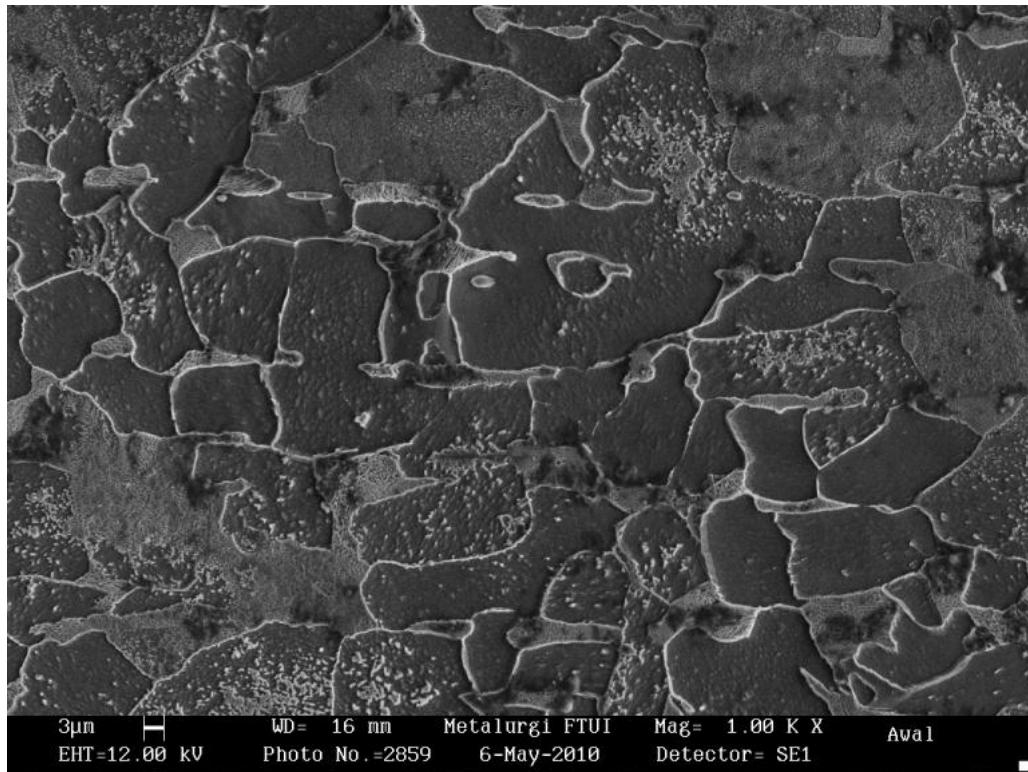
Gambar 4.1 Hasil foto mikro dengan perbesaran 200x, etsa nital 2%, (1) bulk material, (2) reheat 1100°C, (3) Deformasi 25%+25%, (4) Deformasi 30%+30%, (5) Deformasi 35%+35%, (6) Deformasi 40%+40%

4.3.2 Pengamatan dengan Scanning Electron Microscopy (SEM)

Setelah foto mikro semua sampel di etsa nital 5% lalu diamati dengan bantuan Scanning Electron Microscopy (SEM) dengan perbesaran 1000x dan 3000x. Hasil SEM seperti yang ditampilkan pada gambar 4.2 dan 4.3.

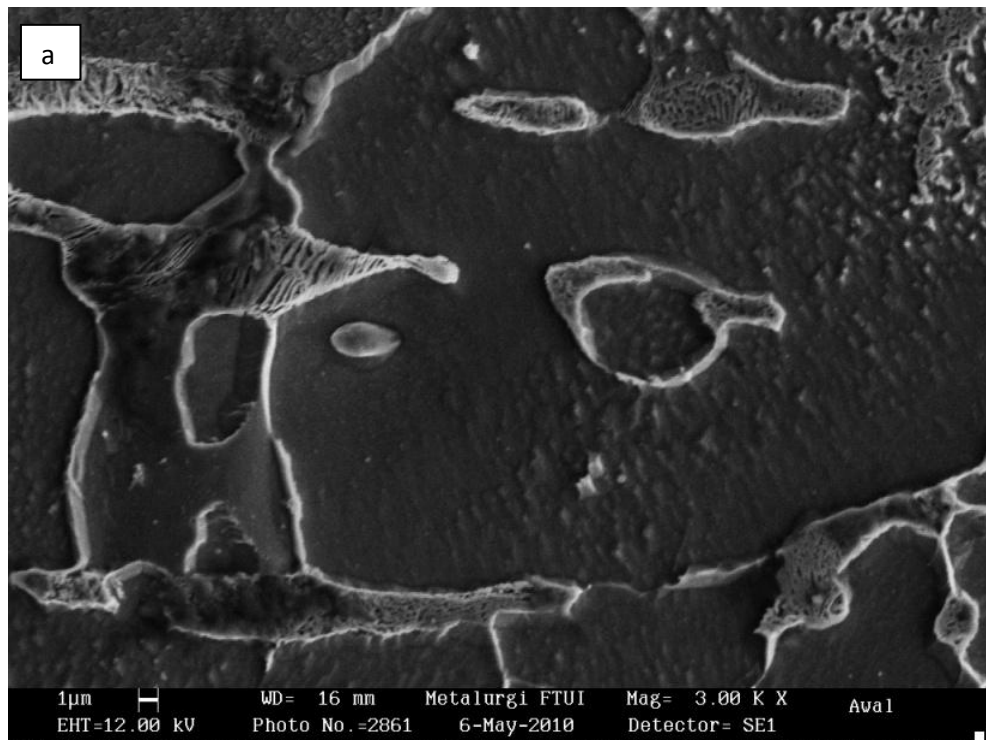


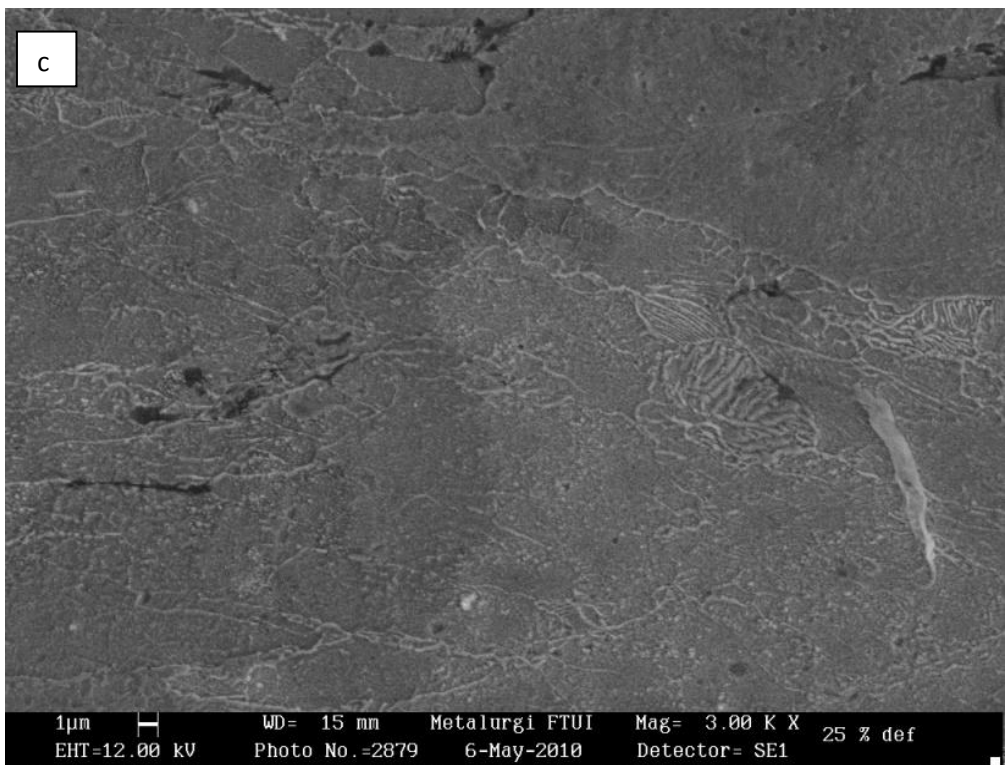
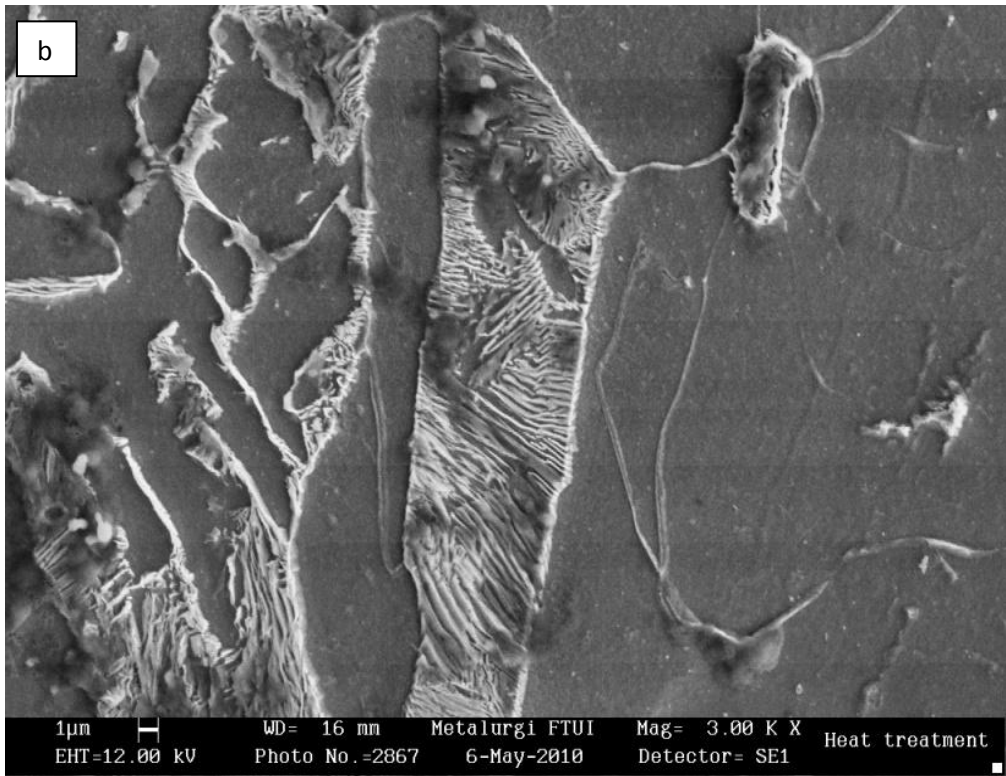


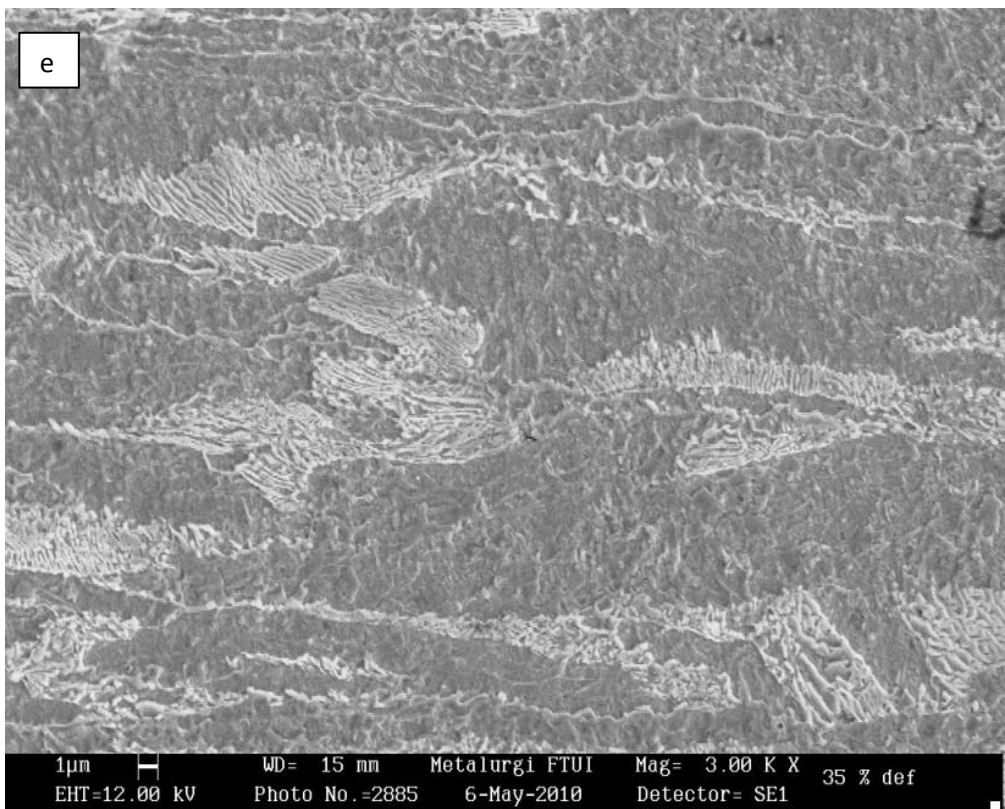
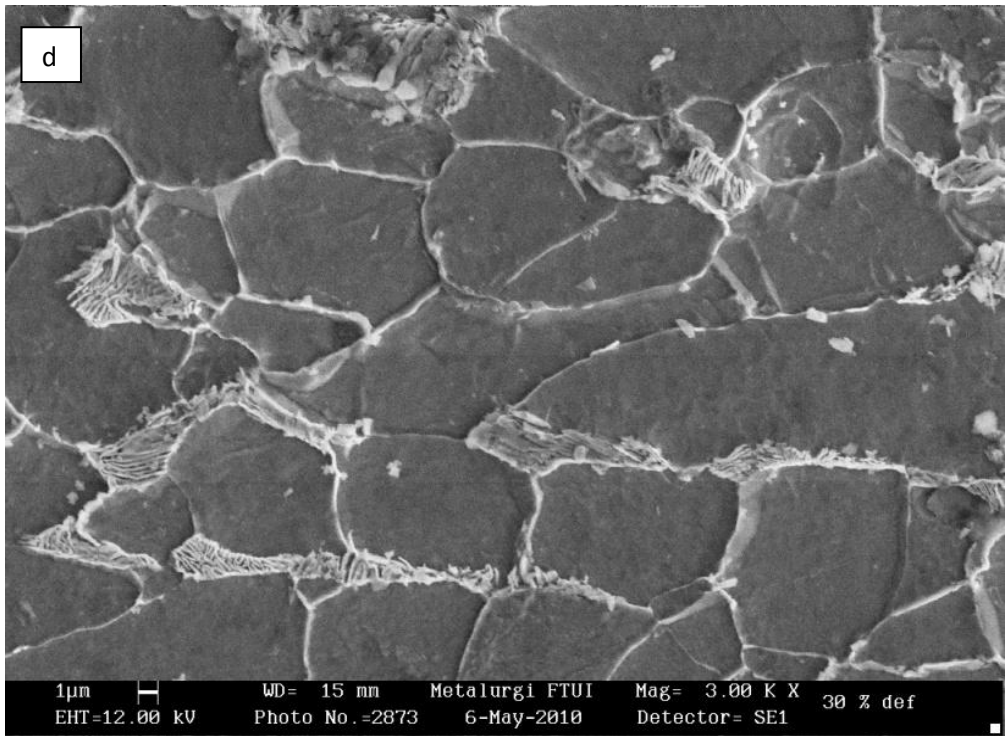


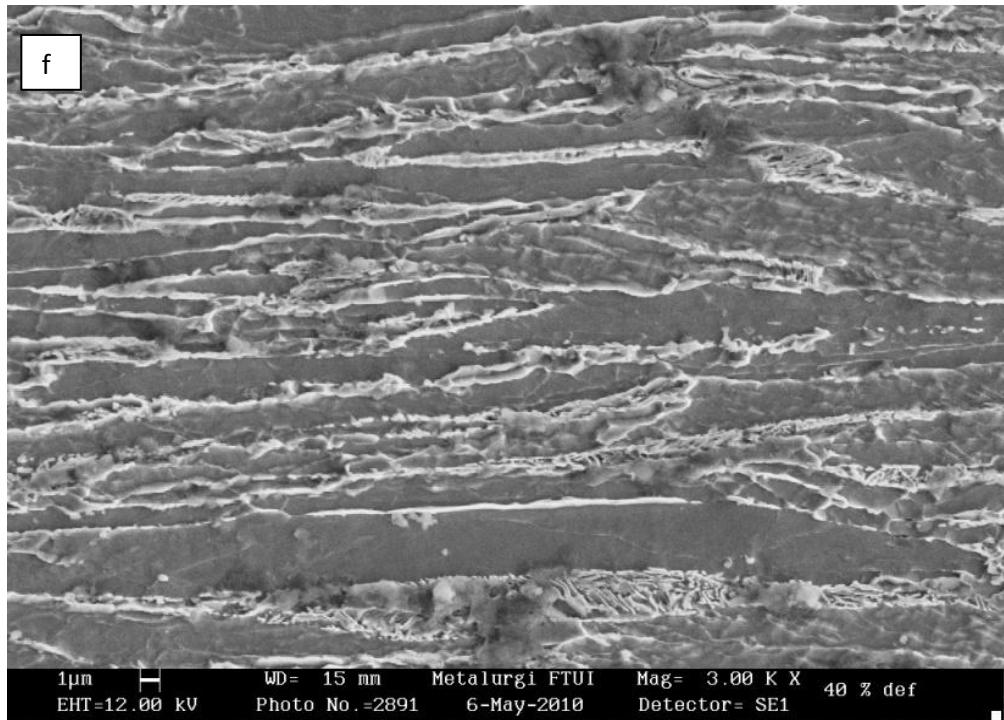
Gambar 4.2 Foto SEM dengan perbesaran 1000x, etsa nital 2%, (a) bulk material, (b) reheat 1100°C, (c) Deformasi 25%+25%, (d) Deformasi 30%+30%, (e) Deformasi 35%+35%, (f) Deformasi 40%+40%

Pada gambar 4.3 (a) merupakan hasil SEM bulk material dan gambar (b) adalah bulk material yang telah dipanaskan hingga 1100. Pada temperatur ini seluruh atom dalam kisi kristal menjadi tidak stabil dan mudah bergerak secara difusi dan terjadi pertumbuhan butir sehingga pada sampel ini diperoleh ukuran butir paling besar bila dibandingkan dengan sampel yang lain. Pada gambar (c) dan (d) nampak batas antar butir yang cukup jelas. Di gambar (e) dan (f) hanya terlihat adanya kumpulan kumpulan (aggregates) ferrite dan pearlite.









Gambar 4.3 Foto SEM dengan perbesaran 3000x, etsa nital 5%, (a) bulk material, (b) reheat 1100°C, (c) Deformasi 25%+25%, (d) Deformasi 30%+30%, (e) Deformasi 35%+35%, (f) Deformasi 40%+40%

4.3.3 Hasil Pengukuran Diameter Butir

Dari hasil foto mikro dengan perbesaran 200x dilakukan perhitungan butir sengan metode jeffris sesuai dengan ASTM E112-1996. Hasil perhitungan ukuran butir dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. Hasil perhitungan ukuran butir dengan ASTM E112-1996

Sampel	Deskripsi Proses	Deformasi (%)	ASTM Grain Size No.	Mean Intercept (μm)
1	Awal	-	7,9	20,62
2	0 - 1100	-	6,7	31,27
3	0 - 1100 - 650	25 + 25	8,9	14,57
4	0 - 1100 - 650	30 + 30	*Elongated grain $\pm 10 \mu\text{m}$	
5	0 - 1100 - 650	35 + 35	* Elongated grain	
6	0 - 1100 - 650	40 + 40	* Elongated grain	

4.4 Hasil Uji Kekerasan Vickers

Sifat mekanik tidak hanya tergantung pada komposisi kimia suatu paduan, tetapi juga tergantung pada struktur mikronya. Struktur mikro tergantung pada proses pengerjaan yang dialami, terutama proses laku-panas yang diterima.

Pengujian kekerasan menggunakan metode Vickers dengan standar ASTM E384-99. Penjejukan dilakukan di 5 titik yang berbeda dengan pembebanan 300 gr. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian kekerasan dengan metode Vickers

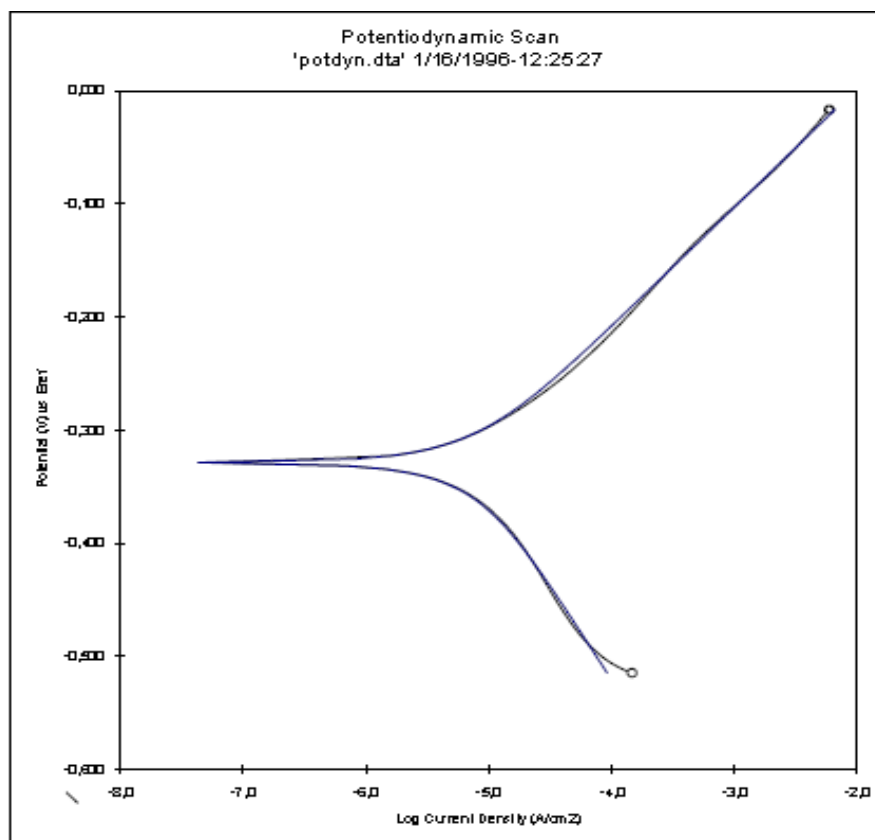
Sampel	Deskripsi Proses	Deformasi (%)	Penjejakan	Kekerasan Vickers (HV)	Kekerasan Rata Rata (HV)
1	Awal	-	I	178	171
			II	167	
			III	175	
			IV	165	
			V	171	
2	0 – 1100	-	I	171	171
			II	159	
			III	165	
			IV	187	
			V	173	
3	0 – 1100 – 650	25 + 25	I	198	197
			II	191	
			III	190	
			IV	196	
			V	211	
4	0 – 1100 – 650	30 + 30	I	204	201
			II	207	
			III	208	
			IV	191	
			V	195	
5	0 – 1100 – 650	35 + 35	I	218	218
			II	215	
			III	225	
			IV	219	
			V	212	
6	0 – 1100 – 650	40 + 40	I	230	229
			II	232	
			III	236	
			IV	226	
			V	223	

4.5 Hasil Polarisation

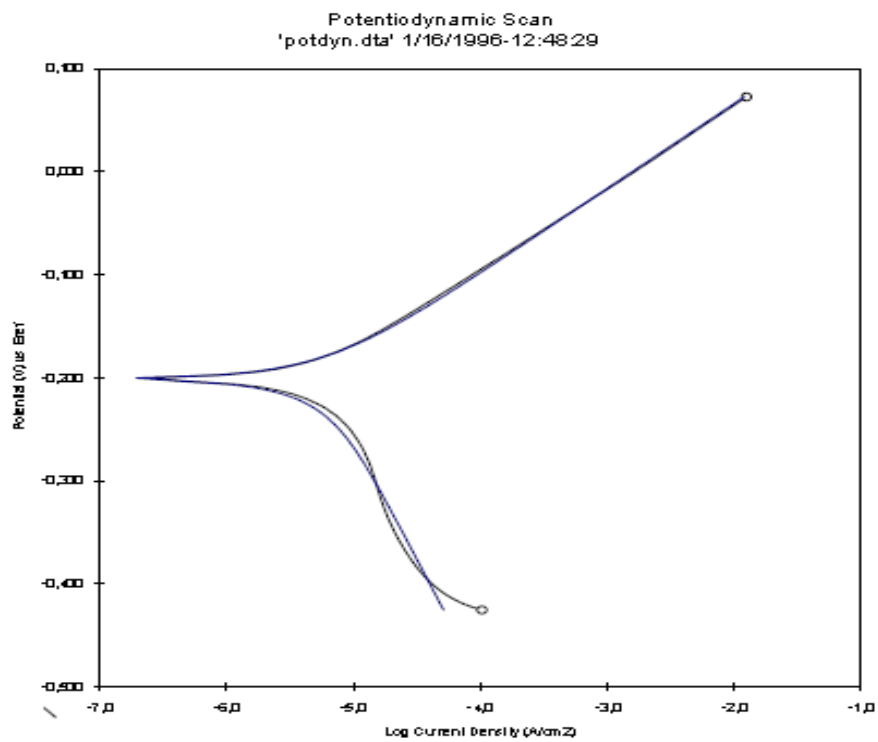
Polarisation yang dilakukan sesuai dengan ASTM G5 dengan menggunakan larutan NaCl 3,5 %. Hasil pengujian dapat dilihat di tabel 4.5.

Tabel 4.5. Hasil Polarisation dalam larutan NaCl 3.5%

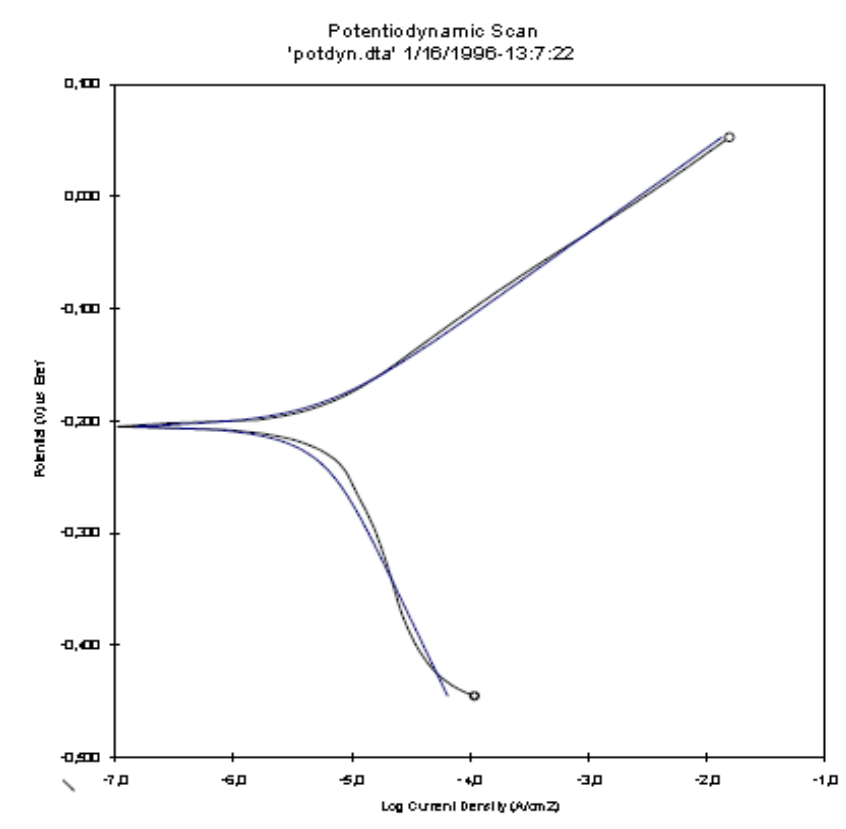
No	Desc	Def (%)	ASTM Grain Size No.	Ecorr (mV)	Icorr (A/cm ²)	Corrosion rate (mpy)
1	Bulk	No	7,9	-328,9	7,24E-06	3,269
2	0 – 1100	No	6,7	-201,4	5,70E-06	2,575
3	0 - 1100 - 650	25 + 25	8,9	-204,5	5,20E-06	2,347
4	0 - 1100 - 650	30 + 30	~	-289,1	5,53E-06	2,495
5	0 - 1100 - 650	35 + 35	Elongated Grain	-263,6	5,01E-06	2,289
6	0 - 1100 - 650	40 + 40	Elongated Grain	-293	4,81E-06	2,17



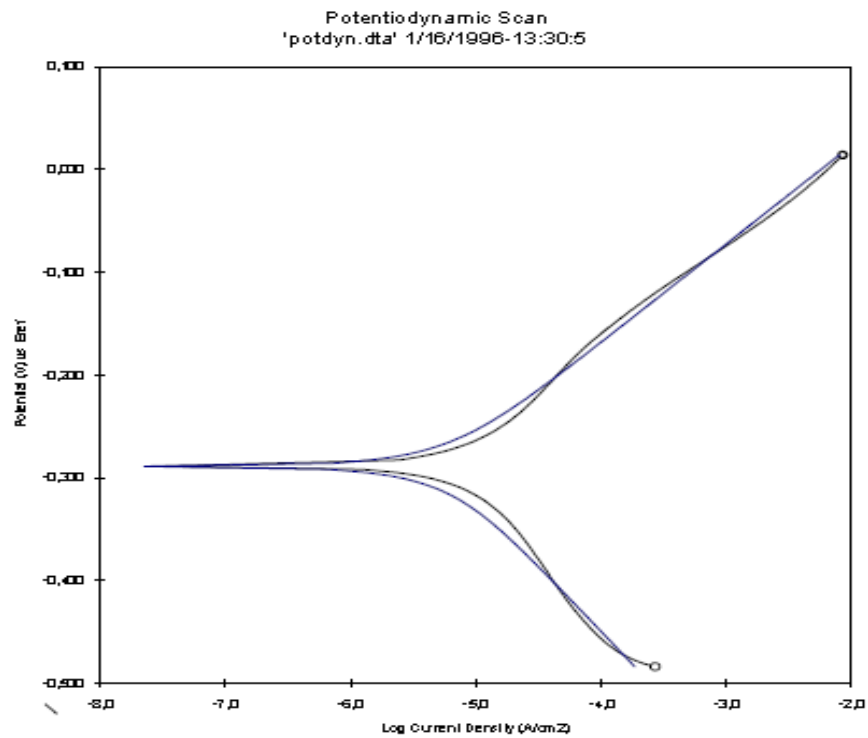
Gambar 4.4 Hasil potentiodynamic scan untuk bulk material



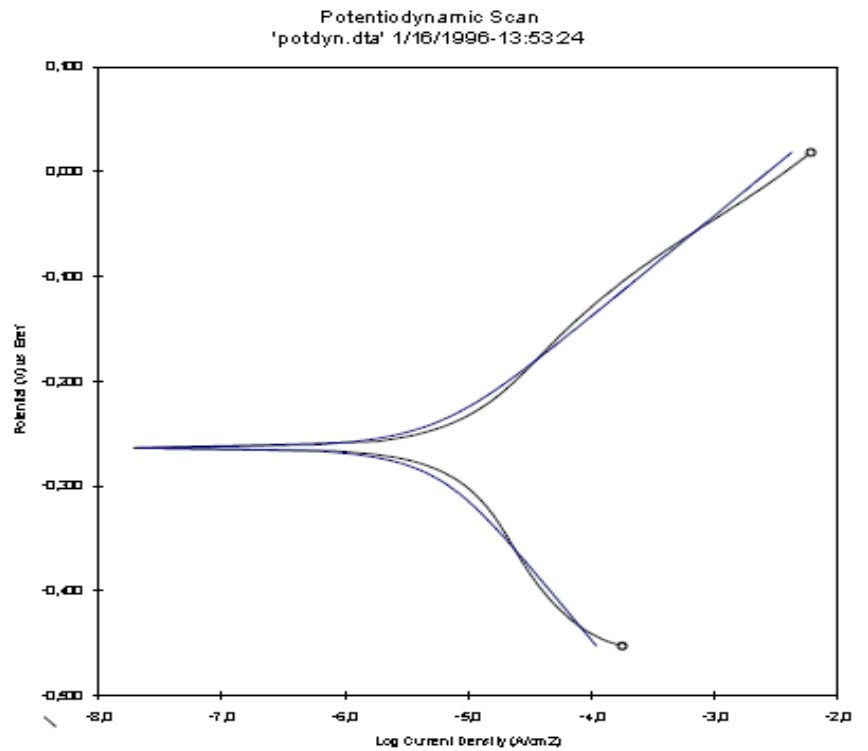
Gambar 4.5 Hasil potentiodynamic scan untuk sampel reheat 1100°C



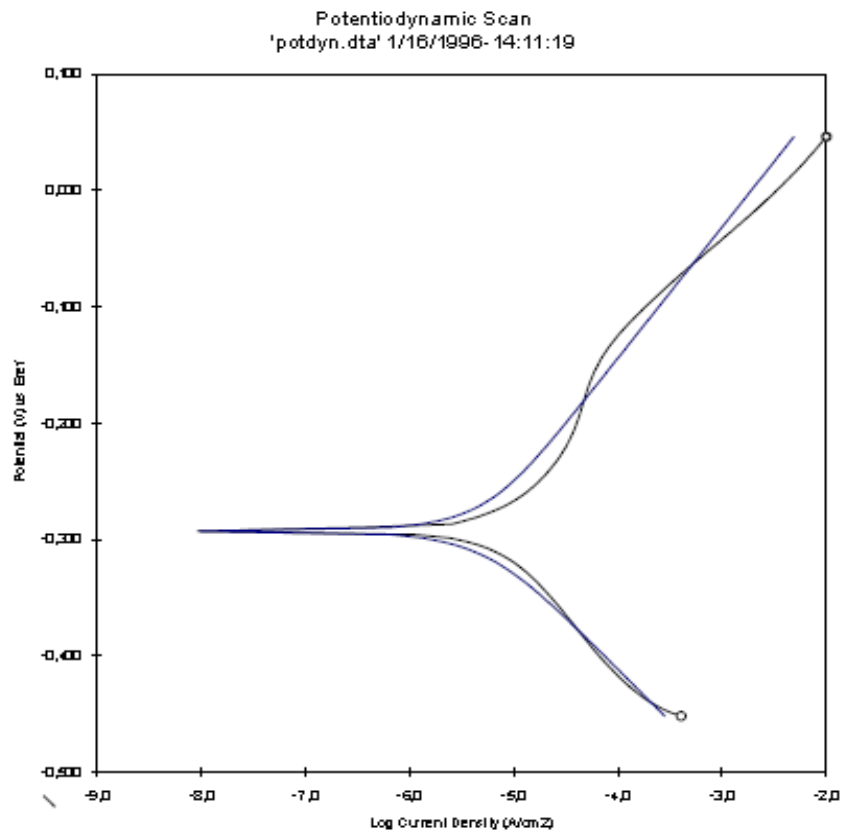
Gambar 4.6 Hasil potentiodynamic scan untuk sampel dengan deformasi 25%+25%



Gambar 4.7 Hasil potentiodynamic scan untuk sampel dengan deformasi 30%+30%



Gambar 4.8 Hasil potentiodynamic scan untuk sampel dengan deformasi 35%+35%



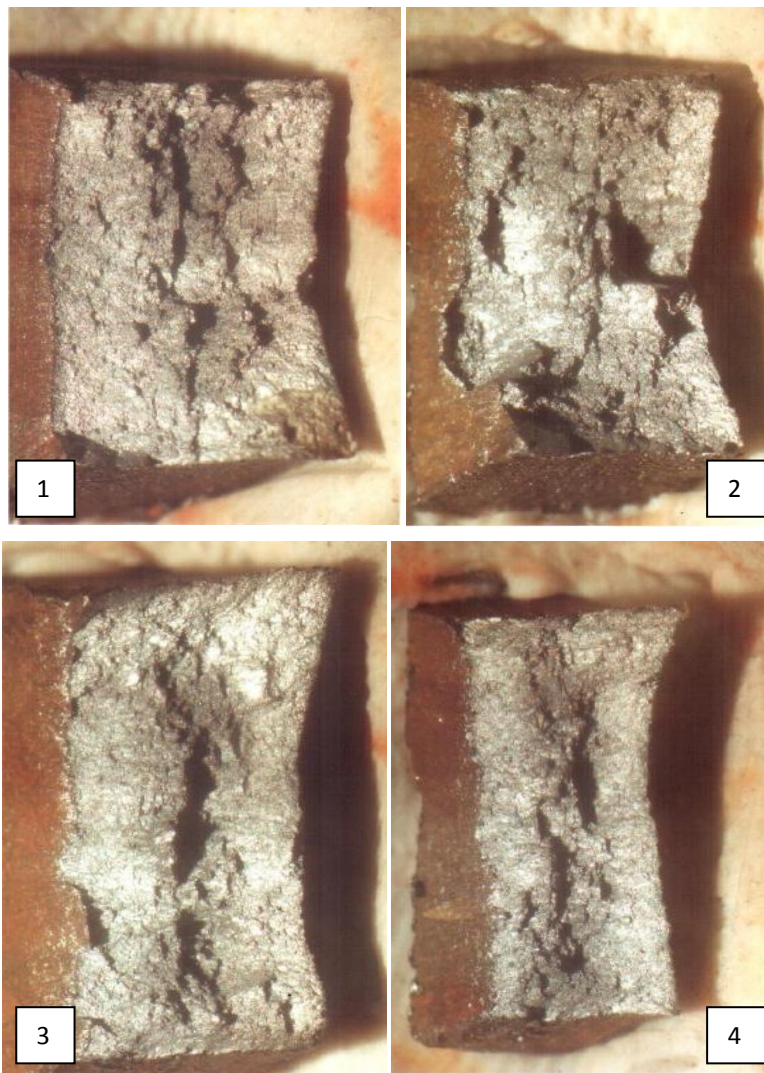
Gambar 4.9 Hasil potentiodynamic scan untuk sampel dengan deformasi 40%+40%

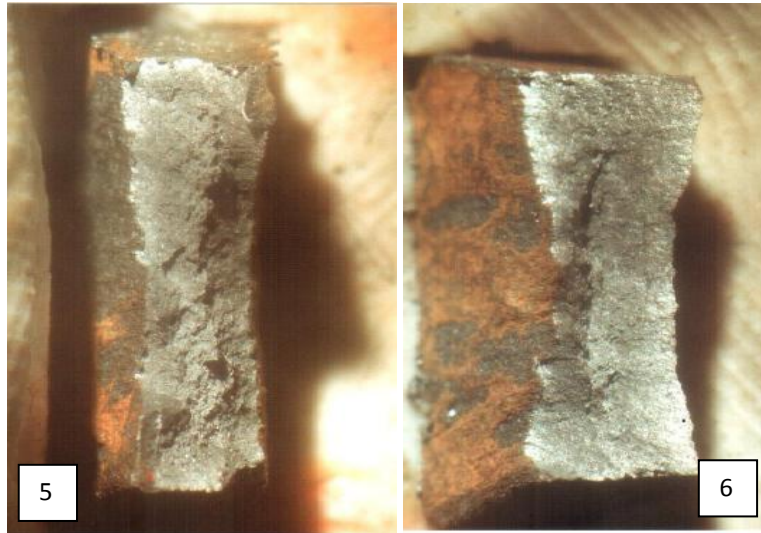
4.6 Hasil uji tarik setelah Hydrogen Charging

Uji tarik dilakukan setelah sampel dicelupkan dalam larutan 0.5M H₂SO₄ + 100 ppm Thiourea CS(NH₂)₂ dengan rapat arus 210 mA/cm² selama 20 menit. Hasil uji tarik dapat dilihat pada tabel 4.6 dan pada gambar 5.3 ditampilkan foto makro permukaan patahan.

Tabel 4.6 Hasil uji tarik setelah Hydrogen Charging

Sampell	Beban Tarik Pu (kg)	Beban Tarik Py (kg)	ΔL (mm)	σ_u (kg/mm ²)	σ_y (kg/mm ²)	elongasi (%)
1	5125	3675	16,6	47	33	33,2
2	4675	2550	15,05	44	24	30,1
3	4900	4350	5,3	57	50	10,6
4	3750	2900	10,1	52	40	20,2
5	3250	2525	12,45	48	37	24,9
6	3175	2500	10,1	50	40	20,2

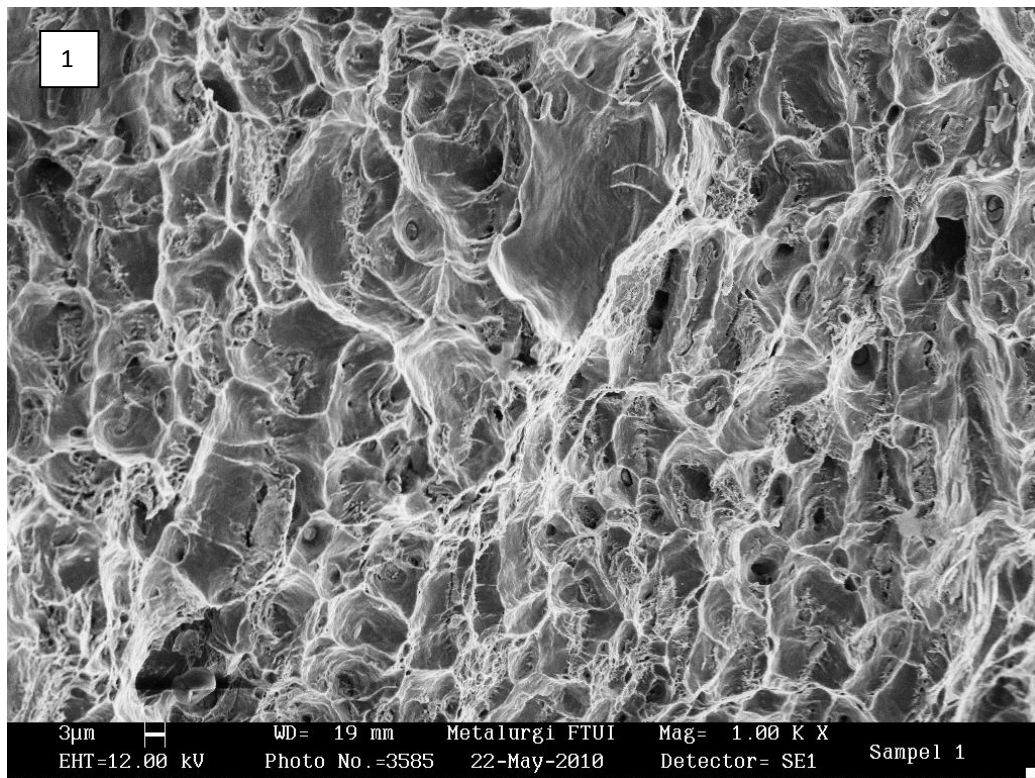


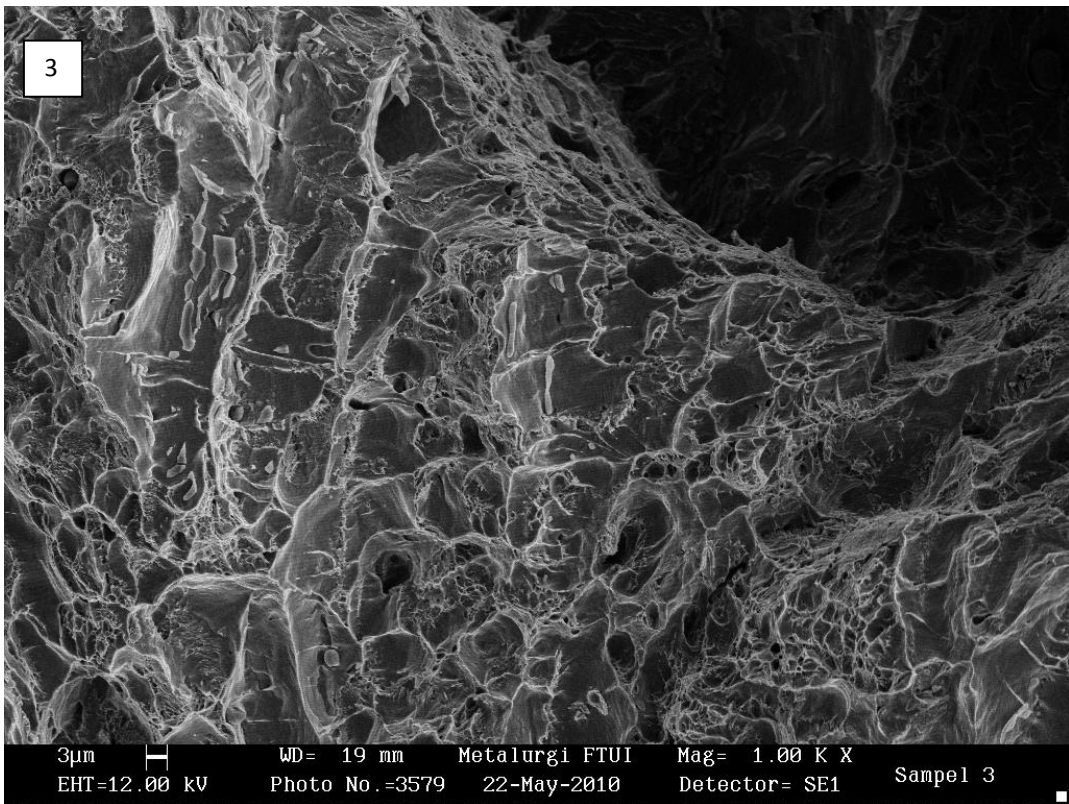
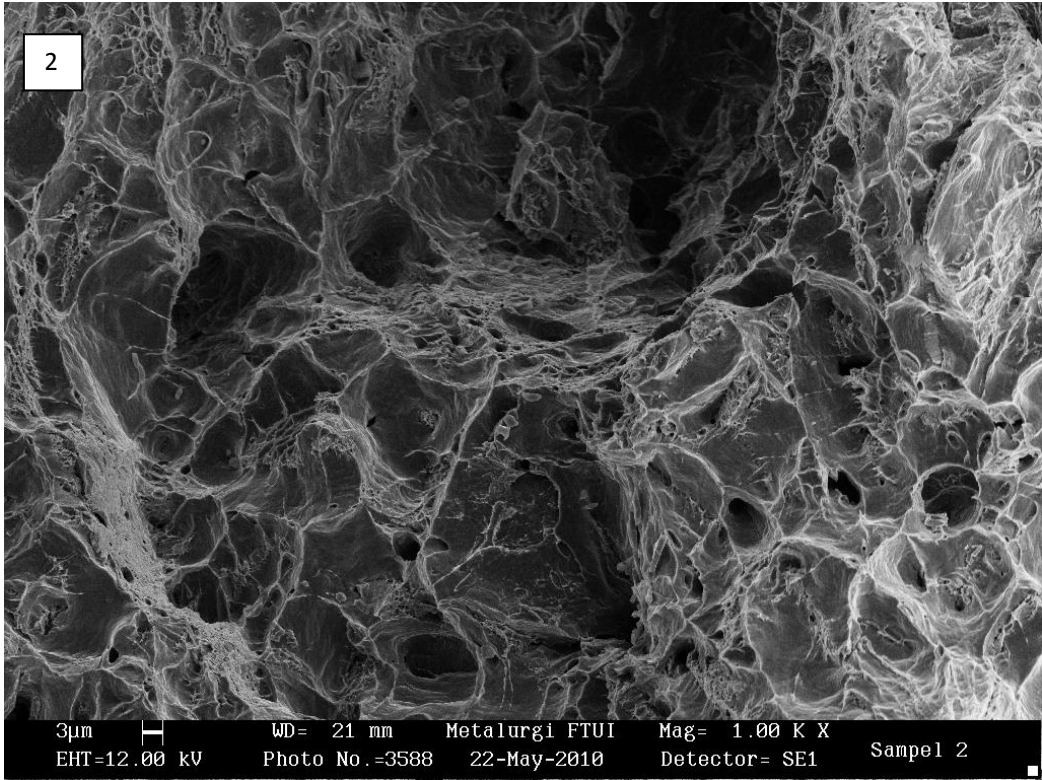


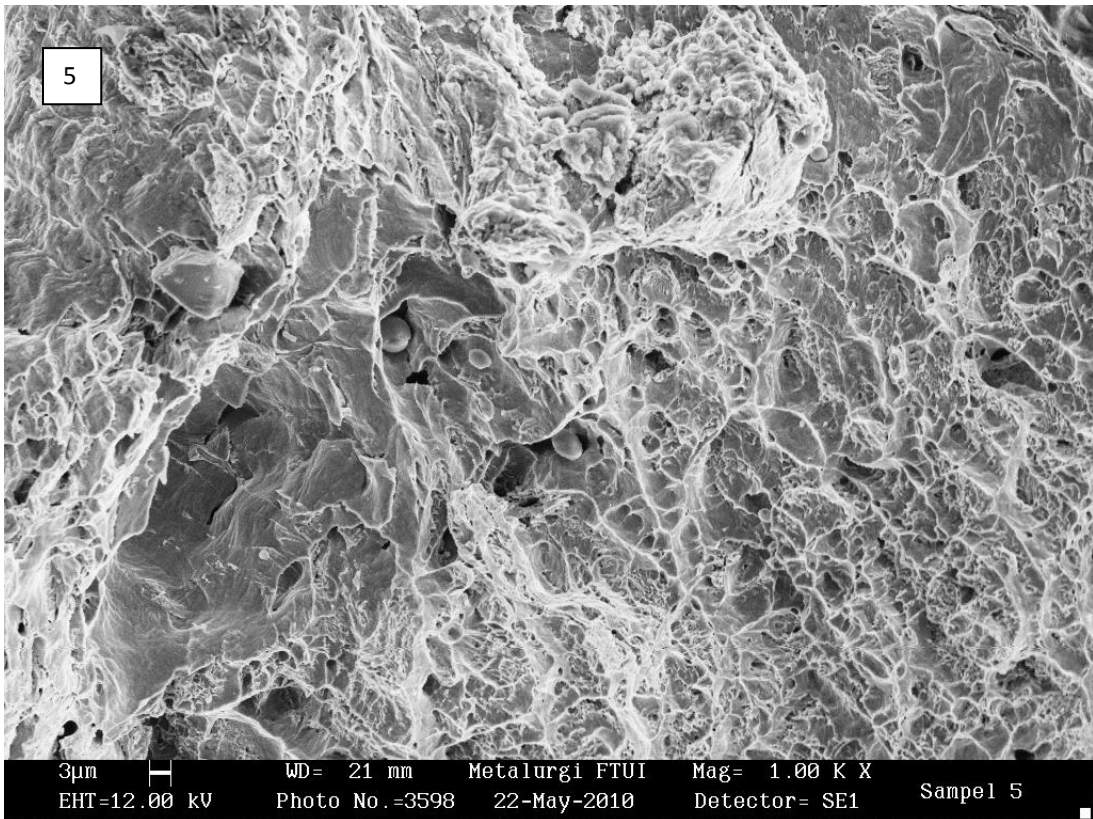
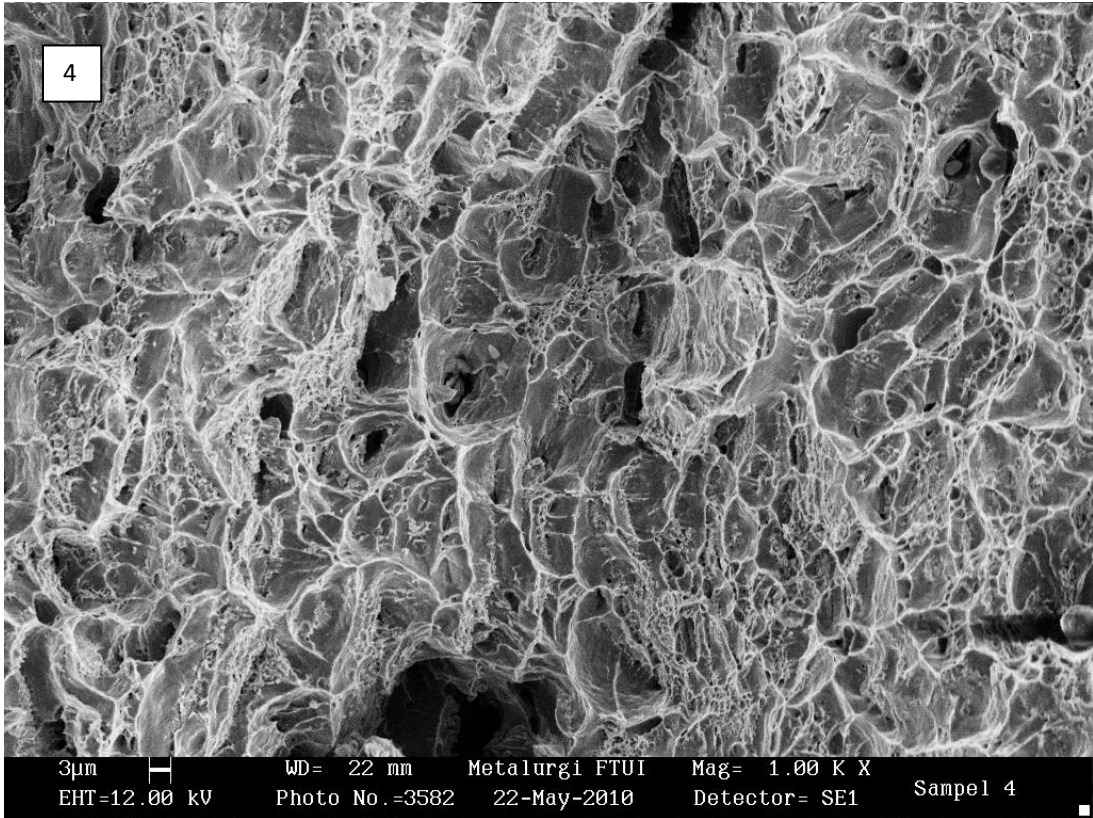
Gambar 4.10 Foto makro patahan setelah uji tarik, (1) bulk material, (2) reheat 1100°C, (3) Deformasi 25%+25%, (4) Deformasi 30%+30%, (5) Deformasi 35%+35%, (6) Deformasi 40%+40%

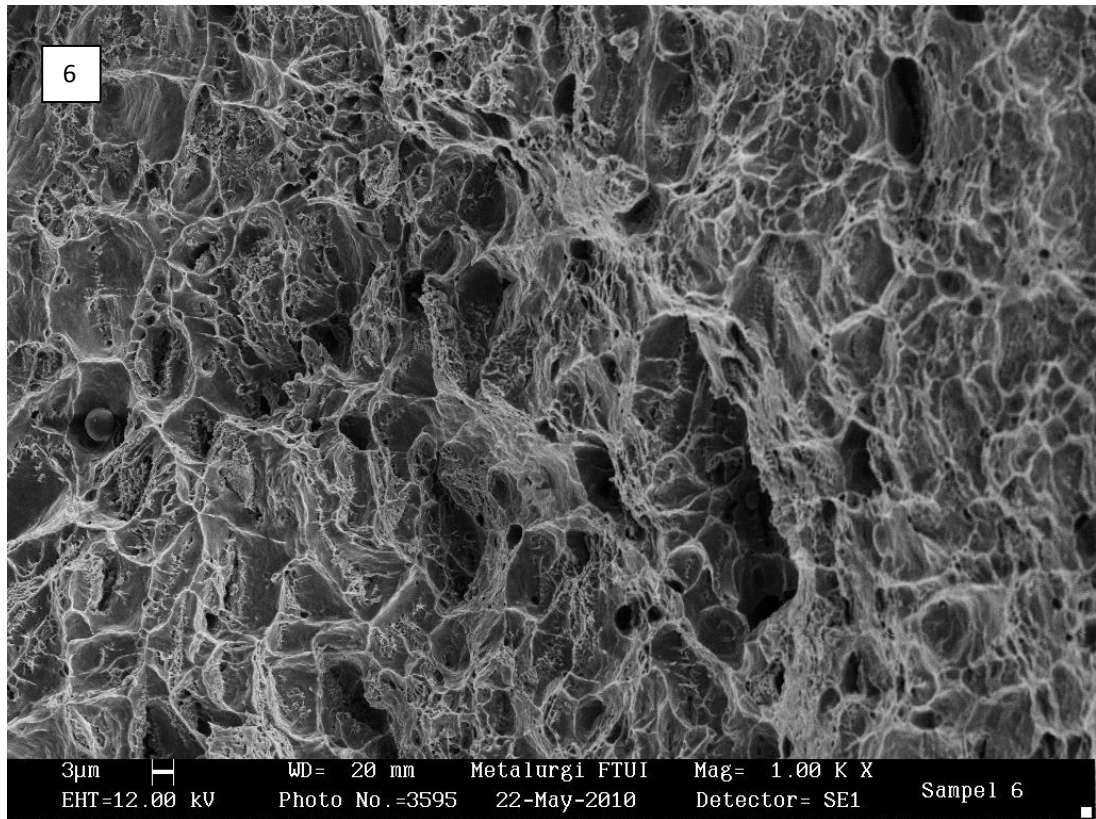
4.7 Pengamatan struktur mikro setelah Hydrogen Charging dan uji tarik

Setelah hydrogen charging dan pengujian tarik, maka permukaan patahan di SEM dengan perbesaran 1000x seperti yang ditampilkan pada gambar 4.17.









Gambar 4.11 SEM Perbesaran 1000x, bulk material (1), reheat 1100°C (2), Deformasi 25%+25% (3), Deformasi 30%+30% (4), Deformasi 35%+35% (5), Deformasi 40%+40% (6)