

MODIFIKASI METODE ETSA TERHADAP PENAMPAKAN BATAS BUTIR FASA AUSTENIT PADA BAJA HSLA A572 GRADE 50 HASIL CANAI PANAS

Dedi Priadi, Richard A.M.Napitupulu, Anugrah Martua Raja
Departemen T. Metalurgi dan Material, Fak. Teknik, Universitas Indonesia
dedipriadi@metal.ui.ac.id

Abstrak

Dalam penelitian ini digunakan baja HSLA A572 Grade 50 dengan kadar Karbon 0,0085 wt% dan Niobium 0,028 wt%. Sampel dipanaskan sampai temperatur 1150°C dan ditahan selama 10 menit, lalu dideformasi panas pada temperatur 860°C, 960°C, 1060°C dan reduksi 20 – 30% yang diikuti dengan *quench* air. Dari pengamatan metalografi, larutan etsa hasil beberapa peneliti terdahulu menghasilkan penampakan batas butir fasa austenit yang kurang optimal dimana batas butir fasa austenit cukup sulit untuk ditampilkan dikarenakan kadar karbon yang tergolong rendah. Namun dengan larutan etsa hasil modifikasi dapat menghasilkan penampakan batas butir fasa austenit yang paling optimal apabila dilakukan pada temperatur 80-90 °C dengan kondisi sampel dalam keadaan panas (50-60 °C) selama 5 menit. Sementara itu terlihat bahwa temperatur deformasi dan persentase reduksi berpengaruh terhadap kemampuan larutan etsa untuk menampilkan batas butir fasa austenit. Sedangkan temperatur larutan etsa dan sampel berpengaruh terhadap kecepatan reaksi dari proses etsa.

Kata Kunci : modifikasi metode etsa, batas butir fasa austenit, Baja HSLA A572 Grade 50

Abstract

HSLA A572 Grade 50 steels with 0,0085 wt% C and 0,028% Nb was used in this research. Specimen was heated until 1150°C and hold along 10 minute, then deformed at three different temperatures between 860°C and 1060°C to study the influence of the rolling temperature on the grain refinement. The rolling reduction was varied about 20% and 30%. After rolling, the specimens was hold in a few second with air cooling and then quenched to view the austenite grain boundary. Metallography observation by using the last researches etching didn't presented the finest viewing of austenite grain boundary. Modified etching view the finest austenite grain boundary when using hot etching about 80-90°C with warm specimen about 50-60°C for along five minute. It was observed that deformation temperature and reduction gave some effect to the etching solution ability for viewing the austenite grain boundary, and the etching solution and specimen temperture will effect the etching accelerate reaction proses

Key words : etching modification, austenite grain boundary, HSLA A572 Grade 50 steels

1. Pendahuluan

Baja HSLA merupakan salah satu tipe baja karbon paduan rendah yang memiliki karakteristik khusus yaitu kekuatan dan ketahanan terhadap korosi yang lebih baik daripada baja karbon biasa, memiliki tensile strength yang tinggi, tahan terhadap abrasi, mudah dibentuk, ulet, ringan, sifat mampu mesin yang baik serta sifat mampu las yang tinggi^[1]. Kekuatan dan sifat mekanis yang baik dari baja HSLA tersebut dapat diperoleh melalui berbagai variasi mekanisme penguatan,

seperti penghalusan butir dan penguatan presipitat oleh paduan^[2]. Secara mikro kekuatan yang tinggi dari baja HSLA dipengaruhi oleh besar butir fasa austenit sebagai penentu terbentuknya fasa akhir ferit berbutir halus dengan karakteristik kekuatan yang baik^[2]. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu proses terkendali yang dapat mengontrol struktur mikro akhir baja HSLA yang dikenal sebagai *Thermomechanical Control Process (TMCP)*^[3]. Untuk meneliti struktur mikro dan perilaku butir fasa austenit dari baja HSLA

tersebut, maka diperlukan pengujian metalografi. Proses etsa diperlukan untuk menampilkan struktur mikro batas butir dari fasa austenit guna mengevaluasi perilaku butir fasa austenit dari baja HSLA. Untuk memperoleh penampakan struktur mikro batas butir fasa austenit diperlukan metode etsa yang tepat. Pada beberapa jurnal penelitian sebelumnya yang juga membahas tentang pengujian metalografi etsa, untuk memperoleh struktur mikro fasa austenit dari baja HSLA dapat menggunakan larutan etsa picral yang lewat jenuh pada temperatur kamar dengan waktu pengetsaan yang cukup lama. Penggunaan larutan etsa lewat jenuh tersebut mengakibatkan ketidakakuratan komposisi larutan picral yang digunakan dikarenakan adanya endapan asam picric yang tidak ikut diambil pada saat proses pembuatannya^[4,5,6]. Untuk memperoleh penampakan struktur mikro yang optimal dari batas butir fasa austenit, maka perlu penyesuaian terhadap parameter proses etsa yaitu komposisi larutan etsa, cara pengetsaan, temperatur etsa, temperatur deformasi dan persentase reduksi serta waktu pengetsaan. Oleh karena itu akan dilakukan modifikasi metode etsa untuk menyesuaikan parameter proses etsa agar dapat menghasilkan penampakan struktur mikro batas butir fasa austenit yang paling optimal.

2. Tinjauan Pustaka

Prinsip proses etsa adalah proses korosi terkontrol oleh elektrolit antara daerah permukaan dengan potensial yang berbeda untuk memunculkan mikrostruktur bahan kristalin berdasarkan reaksi kimia secara diferensial^[6]. Teknik etsa secara umum dapat dilakukan dengan beberapa cara antara lain melalui etsa kimia yaitu pencelupan permukaan material uji pada larutan

etsa, penetesan larutan etsa pada permukaan material uji atau dengan elektro-etsa. Teknik etsa yang paling umum digunakan untuk material logam seperti baja adalah etsa kimia yang menggunakan cairan kimia tertentu sebagai pereaksi, sedangkan elektro etsa merupakan teknik etsa khusus memanfaatkan aliran listrik yang biasanya dipakai untuk material baja khusus seperti baja tahan karat^[8]. Secara umum larutan etsa/larutan elektrolit yang digunakan dalam proses etsa terdiri dari 3 komponen utama antara lain *corrosive agent* (acid seperti HCl, asam sulfat, fosfat atau asetat), *modifier* yang dapat mereduksi ion (*alcohol, glycerin*) dan *oxidizer* seperti *hydrogen peroxide, Fe 3+, Cu 2+*^[7]. Untuk memperoleh struktur mikro dari fasa tertentu maka diperlukan larutan etsa yang tertentu pula. Pertimbangan pemilihan zat kimia untuk larutan etsa, harus dipertimbangkan faktor untuk tidak memperbesar cavity, menimbulkan pit, menghasilkan segregasi dan lain-lain. Etsa kimia menghasilkan kontras metalografi yang disebabkan oleh perbedaan orientasi kristal. Karena adanya perbedaan orientasi tersebut, mengakibatkan adanya perbedaan kecepatan reaksi pada proses etsa. Pada logam murni dan paduan fasa tunggal, potensial dihasilkan antara perbedaan orientasi butir, antara batas butir dan butir bagian dalam, antara fasa pengotor dengan matriks, atau pada gradien konsentrasi dalam paduan-paduan fasa tunggal^[7]. Pada paduan dengan dua fasa atau lebih, perbedaan potensial dihasilkan antar fasa dengan komposisi yang berbeda dan digunakan untuk menghasilkan kelarutan yang terkontrol. Pada paduan dua fasa, potensial dari salah satu fasa akan lebih besar dari fasa lainnya; akan ada yang bersifat anodik dan ada pula yang bersifat katodik^[8]. Selama proses etsa akan

terjadi peningkatan perbedaan potensial antara fasa anodik dan katodik, fasa anodik yang lebih elektropositif diserang terlebih dahulu sementara fasa katodik yang lebih elektronegatif tidak terlalu diserang. Fasa katodik yang tidak teretsa akan tampak lebih terang sedangkan fasa anodik akan tampak lebih kasar pada permukaannya. Kekasaran permukaan yang dihasilkan tergantung pada larutan etsa yang digunakan serta komposisi paduan. Kekasaran permukaan membuat fasa pada anodik akan tampak lebih gelap dibawah *bright-field illumination*^[8]. Semakin lama waktu pengetsaan maka perbedaan potensial antara fasa anodik dan katodik akan semakin meningkat. Karena perbedaan potensial antara dua fasa mengalami peningkatan, maka waktu etsa harus dikontrol dengan seksama untuk mencegah terjadinya *overetching*. *Overetching* harus dihindari dikarenakan jika etsa dilakukan melebihi waktu yang dibutuhkan, fasa yang masih bersifat anodik dapat mengalami perubahan potensial dengan pendeposisian produk reaksi atau pembentukan lapisan protektif anodik lainnya^{[8] & [9]}. Jika hal tersebut terjadi, fasa yang mulanya katodik dapat larut sehingga menghasilkan penampakan yang buruk pada struktur. Dalam etsa kimia terdapat komponen-komponen utama penyusun larutan etsa seperti *corrosive agent* (*acid* seperti HCl, asam sulfat, fosfat atau asetat), *modifier* yang dapat mereduksi ion (*alcohol, glycerin*) dan *oxidizer* (*hydrogen peroxide, Fe 3+, Cu 2+, ...*). Secara umum hampir semua larutan etsa kurang lebih tersusun dari komponen-komponen tersebut diatas. Fungsi masing-masing komponen dalam reagen etsa ini tidak selalu sama dikarenakan ketika larutan etsa digunakan pada logam yang berbeda, komponen dari

larutan etsa dapat menghasilkan perlakuan yang berbeda terhadap logam-logam tersebut. Selain komponen-komponen utama penyusun larutan etsa tersebut, ada pula komponen lain yang sengaja ditambahkan dalam larutan etsa untuk memaksimalkan kinerja dari larutan etsa yaitu *wetting agent*^[10]. Penambahan *wetting agent* dapat menurunkan energi antarmuka (*interfacial energy*) antara permukaan sampel dengan larutan, yang kemudian akan mempengaruhi reaksi dari proses etsa. Selain dapat meningkatkan ketajaman penampakan, penambahan *wetting agent* selama masih dalam batas konsentrasi normal dapat pula mempercepat reaksi pengkorosian. Namun pada beberapa penambahan *wetting agent* dalam konsentrasi normal untuk larutan etsa tertentu tidak dapat memberikan pengaruh seperti yang sudah dijelaskan diatas melainkan malah menghasilkan penampakan yang buruk seperti pada larutan etsa *aqueous picric acid*. Oleh karena itu perlu adanya *trial and error* dalam proses pencampuran komponen dalam larutan etsa. Pada baja HSLA, pengamatan batas butir austenit sangat penting untuk meneliti perilaku besar butir dan transformasi fasa austenit - ferit yang akan diperoleh mengingat butir ferit yang halus diharapkan dapat terbentuk setelah proses pendinginan yang dapat menghasilkan sifat mekanis yang baik. Butir ferit yang halus ini ditentukan oleh besar butir austenit yang dihasilkan pada tahap pemanasan. Oleh karena itu pengamatan batas butir austenit sangat penting dilakukan untuk mengontrol kualitas baja HSLA. Berbagai larutan etsa telah digunakan untuk menampakan batas butir austenit. Namun, tidak ada larutan etsa tunggal yang dapat menampakan batas butir austenit untuk semua jenis sampel. Dalam

prakteknya, trial dan error dilakukan pada berbagai penelitian untuk mendapatkan batas butir austenit dengan baik sehingga memudahkan dalam pengukuran besar butir. Batas butir austenit pada sampel *full martensite* dapat ditampakkan dengan larutan etsa sederhana seperti nital^[7]. Namun etsa tersebut hanya dapat digunakan pada beberapa jenis baja, seperti pada baja perkakas yang memiliki paduan tinggi pada kondisi as-quenched atau kondisi temper. Salah satu zat etsa yang paling banyak digunakan untuk menampakkan batas butir austenit prior adalah larutan yang dikembangkan oleh Vilella^[7] yang terdiri dari 1 gram asam picric, 5 mL HCl, dan 100 ml etanol. Dalam menghasilkan kontras butir, beberapa siklus poles-etsa dapat diperlukan. Kemudian Miller dan Day^[7] menggunakan 5% larutan aqueous untuk baja karbon rendah dengan struktur martensitik. Untuk menampakkan batas butir austenit pada baja karbon rendah yang mengalami hardening digunakan Marshall's Reagent^[7] Bechet dan Beuajard^[7] menggunakan larutan saturated aqueous picric acid yang mengandung 0,5% teepol sebagai wetting agent. Larutan tersebut sangat efektif untuk menampakkan batas butir austenit. Aqueous picric acid tanpa wetting agent merupakan larutan etsa yang sangat baik untuk baja. Penambahan sodium tridecylbenzene sulfonate sangat baik dalam menghasilkan batas butir, sementara wetting agent lainnya kurang efektif digunakan untuk menampakkan batas butir austenit prior. Penambahan sejumlah kecil HCl telah dikembangkan untuk etsa batas butir. Dengan adanya HCl dapat meningkatkan respon terhadap larutan etsa.

3. Metodologi Penelitian

Bahan penelitian ini adalah Baja HSLA A572 Grade 50 berbentuk plat dengan ukuran $p \times l \times t = 60 \text{ mm} \times 30 \text{ mm} \times 6 \text{ mm}$ dan komposisi kimia seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Baja HSLA A572 Grade 50

C %	Mn %	P %	S %	Si %	Al %	Cu %	Nb %	Fe %
0.0085	1.45	<0.003	<0.003	0.222	0.049	0.045	0.028	98.141

Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- *Acquisition data : Thermocouple wire, Software and hardware*
- Mesin roll dua tingkat kapasitas 20 tonF dan dapur pemanas dengan max temp. 1600 oC.
- Perangkat metallography : mesin ampelas Buehler ltd 220v 50hz, mesin poles union 100v 50hz, perangkat etsa, mikroskop optik Olympus.

Pertama-tama, dilakukan pemanasan awal sampai temperatur 1150°C dengan waktu tahan selama 10 menit. Temperatur 1150°C dipakai untuk mencapai kondisi kelarutan endapan dan austenisasi sehingga akan diperoleh fasa full austenit. Untuk pengukuran suhu sampel sewaktu berada didalam oven, digunakan *thermocouple* yang dipasang pada sampel uji selama proses pemanasan berlangsung. Setelah temperatur mencapai 1150°C dan waktu tahan 10 menit kemudian dilakukan pengerolan (deformasi panas). Proses deformasi panas yang dilakukan menggunakan variasi temperatur deformasi 1060°C, 960°C, 860°C dan persentase reduksi 20 % dan 30 %. Setelah deformasi panas, sampel ditahan beberapa saat (s) lalu diikuti dengan pendinginan cepat dengan air.

Tabel 2. Data sampel proses canai panas

No.Sampel	Temp.Deformasi	% Reduksi
1	1050 °C	30
2	962 °C	20
3	1060 °C	20
4	865 °C	30
5	957 °C	30
6	860 °C	20

Kemudian sampel hasil canai panas dipotong, lalu dilakukan preparasi yang meliputi proses pengampelasan dengan menggunakan mesin amplas dan kertas amplas mulai dari amplas kasar sampai amplas halus. Ukuran mesh yang digunakan yaitu: #80, #120, #240, #400, #600, #1000, #1200, dan #1500. Selanjutnya sampel dipoles dengan menggunakan mesin poles dan alumina hingga didapatkan permukaan yang bersih, halus dan mengkilap seperti kaca tanpa gores^[7]. Proses pemolesan bertujuan untuk menghilangkan goresan-goresan serta kotoran hasil pengampelasan. Proses etsa segera dilakukan setelah sampel dipoles dan dikeringkan agar sampel tidak mengalami korosi terlebih dahulu karena terekspos di udara^[7]. Proses etsa dilakukan untuk menyerang batas butir dari fasa austenit sampel baja HSLA sebelum pengamatan pada mikroskop optik. Proses etsa dilakukan untuk semua sampel dengan menggunakan larutan etsa dan metode etsa yang bervariasi. Disiapkan 4 jenis larutan etsa dengan komposisi yang berbeda, adapun larutan etsa yang paling utama digunakan adalah larutan etsa hasil modifikasi dari larutan etsa picral sederhana dan larutan etsa Villela tanpa menggunakan alkohol namun ditambah HCl dan teepol dengan komposisi asam picric yang

diminimalisir (tidak lewat jenuh) serta lebih akurat. Komposisinya yaitu 2 gr asam picric + 50 mL aquades + 5 sampai 10 tetes teepol dan + 5 sampai 10 tetes HCl. Adapun metode etsa yang dilakukan pada setiap sampel adalah sebagai berikut :

Tabel 3. Data Metode Etsa dan Proses Etsa

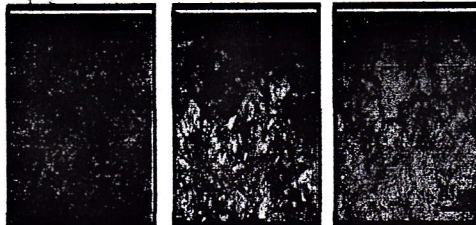
Komposisi Larutan Etsa	Temperata Larutan Etsa	Temperatur Sampel	Waktu Pengersaan
Picral Lewat Jenuh 30 gr asam picric + 100 mL methyl alcohol + 5-10 tetes teepol + 5-10 tetes HCl	27 °C	27 °C	1 menit
Picral Standar 4 gr asam picric + 100 mL methyl alcohol	27 °C	27 °C	2 menit
Vilella 1 gr asam picric + 100 mL etanol + 5 mL HCl	27 °C	27 °C	5 menit
Larutan etsa modifikasi 2 gr asam picric + 50 mL aquades + 5 -10 tetes teepol + 5-10 tetes HCl	80-90 °C	50-60 °C	5 menit
	80-90 °C	27 °C	
	27 °C	27 °C	30 detik
	80-90 °C	50-60 °C	
	80-90 °C	27 °C	

4. Hasil Penelitian dan Pembahasan

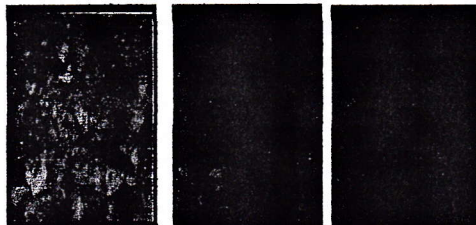
4.1. Metode etsa larutan picral lewat jenuh

Larutan etsa ini merupakan modifikasi dari larutan etsa lewat jenuh (*supersaturated picric acid*)[7] yang diperoleh dengan melarutkan 30 gr asam picric dengan 100 mL methyl alcohol selama 1-2 hari lalu ditambahkan dengan 5-10 tetes HCl dan 5-10 tetes Teepol. Etsa dilakukan dalam temperatur kamar selama 1 menit. Secara keseluruhan hasil foto mikro dengan metode etsa larutan picral lewat jenuh modifikasi menghasilkan penampakan batas butir fasa austenit yang belum cukup jelas. Dimana belum tampak adanya bentuk poligon yang jelas sebagai

batas butir dari fasa austenit dengan orientasi berbeda. Namun sebenarnya sudah ada kecenderungan untuk membentuk batas butir austenit yang ditunjukkan dengan adanya garis-garis kasar berwarna putih dengan orientasi berbeda seperti yang ditunjukkan oleh gambar 1 sampai gambar 4.

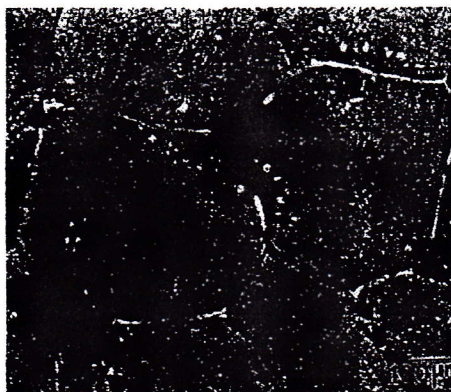


Gbr 1. Batas butir austenit sampel 1 Gbr 2. Batas butir austenit sampel 2 Gbr 3. Batas butir austenit sampel 3. (perbesaran 200x)



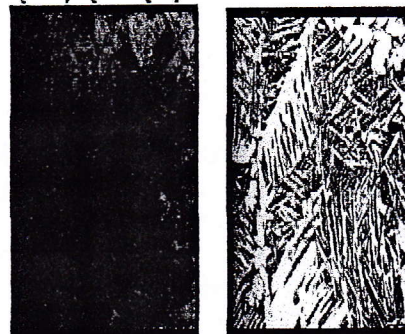
Gbr 4. Batas butir austenit sampel 4. Gbr 5. Batas butir austenit sampel 5. Gbr 6. Batas butir austenit sampel 6. (perbesaran 200x)

Berdasarkan literatur, penampakan area putih yang terlihat pada batas butir austenit ini mengindikasikan adanya segregasi yang disebabkan oleh sulfur ataupun fosfor^[4]. Penampakan segregasi fosfor pada batas butir austenit prior dapat dilihat pada gambar 7 berikut.



Gambar 7. Penampakan area putih di batas butir austenit mengindikasikan segregasi fosfor pada as cast ASTM A36 steel slab. Etsa 4% picral dan HCl. 100x^[4]

Segregasi tersebut dapat terjadi selama pemanasan yang berlebih, seperti pada baja tempa yang dipanaskan hingga 1370oC. Terkadang segregasi ini sulit untuk dideteksi menggunakan mikroskop optik, kecuali dengan perbesaran tinggi atau dengan SEM. Namun tampaknya kondisi tersebut kemungkinan besar sulit terjadi dikarenakan penggunaan temperatur pemanasan hanya mencapai 1150°C. Sumber literatur lainnya memberikan penjelasan bahwa penampakan area berwarna putih pada batas butir austenit tersebut menandakan penampakan *widmenstatten* ferit yang berwarna putih (terang)^[11]. Hal ini menunjukkan bahwa telah terjadi nukleasi ferit pada batas butir austenit selain pada fasa matriks yang muncul akibat laju pendinginan yang kurang cepat^[11].



(a) (b)

Gambar 8. (a) Nukleasi ferit pada batas butir austenit prior baja AISI/SAE 1060. Etsa 2% nital. 500x ; (b) Widmenstatten ferrite baja AISI/SAE 1025. Etsa 4% picral 100x^[11].

Penampakan *widmenstatten* ferit ini seringkali ditemukan pada batas butir austenit dikarenakan proses pendinginan yang kurang cepat dimana terdapat rentang waktu yang terlalu lama sejak sampel keluar dari dapur sampai menuju media pendinginan. Penggunaan asam picric yang lewat jenuh ternyata belum dapat memberikan penampakan batas butir fasa austenit yang optimal. Hal ini

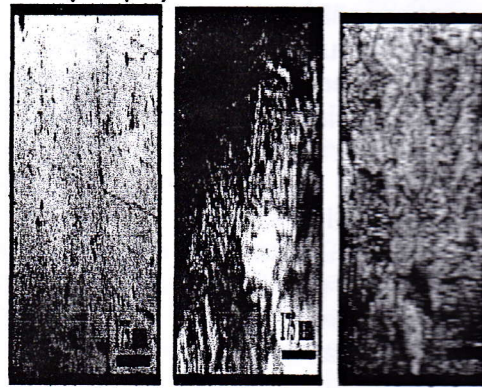
kemungkinan dipengaruhi oleh faktor lain yaitu temperatur larutan dan waktu pengetsaan yang kurang optimal. Berdasarkan literatur larutan etsa lewat jenuh ini akan optimal bekerja bila di pakai untuk menampakkan batas butir austenit dengan fasa matriks *fully martensite*[10]. Dikarenakan baja HSLA yang dipakai memiliki kandungan karbon yang rendah yaitu 0.0085 % dan temperatur pemanasan yang rendah pula yaitu 1150oC, maka kemungkinan untuk memperoleh fasa matriks *fully martensite* sangat kecil terjadi. Selain itu penggunaan media pendinginan air, termasuk lambat dalam mendukung proses pendinginan sehingga pembentukan nukleasi ferit sulit dihindari.

4.2. Metode etsa larutan picral standar

Larutan etsa picral standar merupakan larutan etsa picral yang paling umum digunakan untuk praktikum metalografi dan *heat treatment*. Larutan ini dibuat menurut panduan dari ASM Handbook Volume 9, yaitu dengan melarutkan 4 gr asam picric dalam 100 mL methyl alkohol. Proses etsa dilakukan dalam temperatur kamar selama 2 menit. Larutan picral standar ini diujikan untuk membuktikan dan membandingkan kualitas hasil struktur mikro batas butir austenit yang diperoleh dengan larutan picral a b

modifikasi. Larutan picral standar ini diujikan hanya pada sampel baja HSLA awal tanpa deformasi (sampel dummy). Berdasarkan hasil foto mikro untuk sampel dummy hasil pengetsaan dengan larutan ini ternyata belum mampu memberikan penampakan batas butir fasa austenit dengan jelas. Penampakan struktur mikronya tergolong buruk dikarenakan perbedaan fasa dan orientasi butir yang belum terlihat sama sekali. Apabila dibandingkan

dengan larutan etsa modifikasi, akan terlihat perbedaan kualitas penampakan batas butir austenit yang sangat mencolok. Dalam larutan ini tidak HCl sebagai *oxidizer* dan *wetting agent* seperti Teepol. Hal ini berpengaruh terhadap respon dan kinerja dari larutan etsa dikarenakan HCl dapat mendukung reaksi oksidasi atau reaksi korosi di batas butir, sedangkan Teepol dapat meningkatkan kecepatan reaksi dan respons larutan etsa pada sampel baja HSLA[10]. Pada intinya penggunaan larutan etsa picral standar pada percobaan kali ini kurang cocok digunakan untuk menghasilkan penampakan batas butir austenit

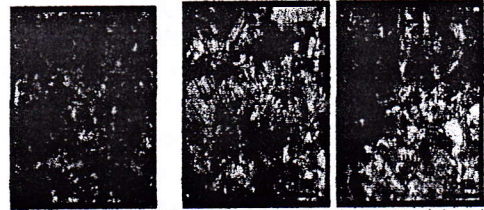


Gbr 9. Foto mikro batas butir austenit sampel dummy , (a). metode etsa standar , (b). metode etsa Vilella (c). metode etsa modifikasi. 200x

4.3. Metode etsa larutan picral Vilella

Larutan etsa ini dibuat dan dikembangkan oleh Vilella^[7] yang seringkali digunakan untuk menampakkan batas butir austenit. Cara membuatnya adalah 1 gr asam picric dicampurkan dengan 100 mL etanol lalu ditambahkan dengan 5 mL HCl. Proses pengetsaan dilakukan pada temperatur kamar sedangkan untuk waktu etsa berdasarkan literatur tidak dijelaskan seberapa lama batasan waktunya sehingga dilakukan *trial and error* untuk memperoleh waktu etsa yang sesuai. Berdasarkan hasil foto mikro

yang diperoleh, penampakan batas butir austenit sama sekali tidak terlihat di semua sampel. Foto mikro yang diperoleh hanya menampakkan fasa matriks yaitu ferit yang berwarna lebih terang berbentuk *flakes* seperti serpihan di beberapa daerah^[7]. Fasa ferit ini tampak di semua foto struktur mikro dari semua sampel. Selain itu terdapat area-area yang terlihat lebih gelap dan adanya butiran atau bintik-bintik hitam pada beberapa daerah. Daerah yang berwarna sedikit lebih gelap dibandingkan fasa ferit atau berwarna seperti warna abu-abu menunjukkan fasa austenit sedangkan daerah dengan warna yang paling gelap menunjukkan fasa martensit. Fasa martensit yang berbentuk seperti jarum^[7] terlihat hanya berjumlah sedikit dikarenakan komposisi karbon dari baja HSLA A572 grade 50 yang terlalu rendah (hanya 0.0085%wt) dan waktu pendinginan yang dinilai kurang cepat dikarenakan penggunaan media pendingin air. Sementara bintik-bintik hitam yang terlihat terutama pada gambar 10 dan gambar 12 menunjukkan terjadinya korosi mikro pitting^[7] yang disebabkan adanya celah dipermukaan sampel yang tidak rata sehingga mudah terjadi korosi mikro pitting pada saat kontak dengan udara dan sebelum proses etsa dilakukan. Pengamatan struktur mikro fasa dan butir austenit hasil metode etsa villela sebenarnya cukup sulit dilakukan dikarenakan adanya daerah gelap selain fasa yang menghalangi penampakannya. Daerah ini diperkirakan menunjukkan terjadinya korosi yang berlebihan dikarenakan penggunaan waktu etsa yang terlalu lama yaitu 2 menit. Namun pada intinya batas butir austenit tidak berhasil ditampilkan menggunakan metode etsa Villela ini.



Gbr 10. Batas butir austenit sampel 1 Gbr 11. Batas butir austenit sampel 2 Gbr 12. Batas butir austenit sampel 3. (perbesaran 200x)



Gbr 13. Batas butir austenit sampel 4 Gbr 14. Batas butir austenit sampel 5 Gbr 15. Batas butir austenit sampel 6. (perbesaran 200x)

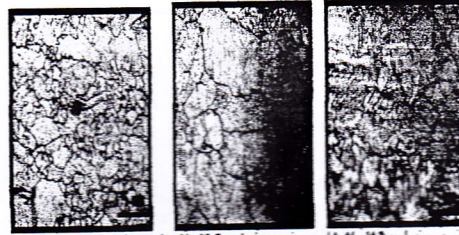
4.4. Metode etsa larutan picral modifikasi

Larutan etsa modifikasi dibuat dengan mencampurkan asam picric sebanyak 2 gr dengan 50 mL aquades serta ditambahkan 5-10 tetes Teepol dan 5-10 tetes HCl. Larutan etsa ini merupakan modifikasi dari larutan etsa standar dan larutan etsa villela dengan penambahan HCl yang berperan sebagai *corrosion agent* dan *oxidizer* dalam kadar rendah (hanya 5-10 tetes) serta Teepol yang berperan sebagai *wetting agent*. Sebelum digunakan larutan etsa ini terlebih dahulu dipanaskan pada temperatur mencapai 80-90 °C sampai asam picric larut sempurna dengan HCl dan Teepol. Setelah itu didinginkan dan dapat digunakan untuk berbagai metode etsa. Teknik pengetsaan yang dilakukan adalah dengan cara meneteskan larutan etsa ke permukaan sampel.

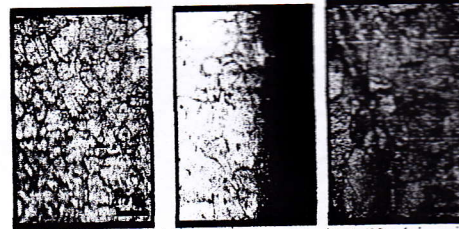
4.4.1. Temperatur larutan 80-90°C, temperatur sampel 50-60°C, waktu etsa 5 menit

Berdasarkan hasil foto mikro yang menggunakan larutan etsa modifikasi, penampakan batas butir austenit yang dihasilkan dengan metode temperatur larutan 80-90°C,

temperatur sampel 50-60°C selama 5 menit terlihat sangat jelas untuk semua sampel. Batas butir austenit yang berbentuk poligon mengelilingi fasa matriks dibagian tengahnya dengan orientasi yang berbeda-beda. Secara teoritis, berdasarkan literatur, untuk mendapatkan penampakan batas butir austenit yang jelas maka akan lebih mudah jika fasa yang diperoleh pada matriksnya adalah fasa martensit^[10], fasa martensit ini dapat diperoleh dengan peningkatan komposisi karbon dan pendinginan yang cepat. Namun hal ini sulit diperoleh dikarenakan pengaruh dari komposisi karbon dari baja HSLA A572 grade 50 ini yang terlalu rendah (hanya 0.0085%wt). Selain itu pengaruh dari waktu tahan sebelum mencapai media pendingin dan media pendingin berupa air menyebabkan semakin lamanya pendinginan sehingga fasa martensit semakin sulit diperoleh. Dari gambar dapat terlihat pula butir-butir yang dihasilkan memiliki kemiripan dari segi bentuknya yang cenderung lonjong (elips) dan ukurannya yang tidak jauh berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa proses deformasi dapat memberikan efek penghalusan butir dengan ukuran seragam serta peningkatan kekuatan dengan adanya fasa martensit dan ferit yang menghasilkan peningkatan energi dan tegangan yang besar dibatas butirnya^[12].



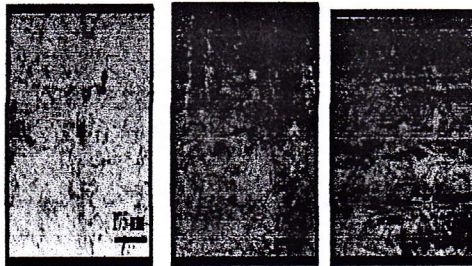
Gbr 16 Batas butir austenit sampel 1. Gbr 17 Batas butir austenit sampel 2. Gbr 18 Batas butir austenit sampel 3. (perbesaran 300x)



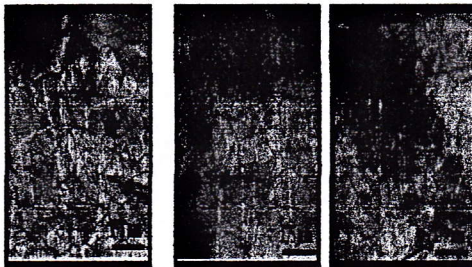
Gbr 19 Batas butir austenit sampel 4. Gbr 20 Batas butir austenit sampel 5. Gbr 21 Batas butir austenit sampel 6. (perbesaran 300x)

4.4.2. Temperatur larutan 80-90°C, temperatur sampel 27°C, waktu etsa 5 menit

Modifikasi selanjutnya adalah dengan menjadikan temperatur sampel sama dengan temperatur ruang. Foto mikro yang diperoleh memberikan hasil penampakan batas butir austenit yang jelas namun tidak sejelas penampakan batas butir dengan metode 4.4.1, batas butir yang dihasilkan ditunjukkan dengan garis-garis tipis yang sudah berbentuk poligon dan terhubung satu sama lain. Penampakan batas butir yang terbaik dari pengetsaan dengan metode ini terlihat ditunjukkan oleh gambar 25. Pada gambar 22 dan 24 batas butir yang dihasilkan sebagian belum berbentuk poligon secara utuh sehingga masih sulit membedakan batas antara fasa yang satu dengan fasa yang lainnya namun sudah menunjukkan orientasi yang berbeda-beda. Penggunaan temperatur sampel 27 °C kurang lebih berpengaruh terhadap kualitas penampakan batas butir austenit.



Gbr 22. Batas butir austenit sampel 1. Gbr 23. Batas butir austenit sampel 2. Gbr 24. Batas butir austenit sampel 3. (perbesaran 200x)

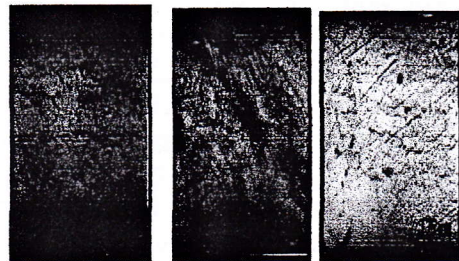


Gbr 25. Batas butir austenit sampel 4. Gbr 26. Batas butir austenit sampel 5. Gbr 27. Batas butir austenit sampel 6. (perbesaran 200x)

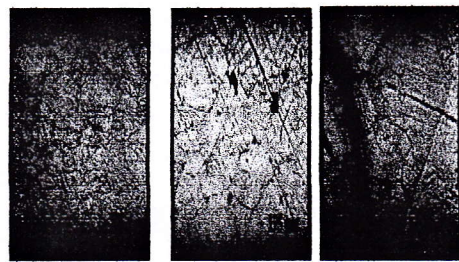
4.4.3. Temperatur larutan 27°C, temperatur sampel 27°C, waktu etsa 5 menit

Penggunaan temperatur ruang ini mengacu pada larutan etsa vellea dan larutan etsa standar yang menjadi acuan dasar dalam membuat larutan etsa modifikasi ini. Berdasarkan foto mikro yang diperoleh, hasil penampakan batas butir fasa austenit cukup jelas terlihat namun masih belum maksimal. Garis-garis batas butir yang lebih gelap dengan orientasi yang berbeda-beda memang sudah terlihat namun masih belum menyeluruh dan belum terlihat menyatu satu sama lain sehingga belum terbentuk poligon-poligon yang merupakan ciri khas dari batas butir austenit yang mengelilingi fasa matriks ditengahnya. Beberapa gambar seperti gambar 31, 32 dan 33 (perbesaran 200x) telah memperlihatkan batas butir dengan orientasi yang berbeda dan telah berbentuk poligon walaupun masih terlihat tipis tapi sudah dapat dibedakan batas antar butirnya. Fasa matriks ferit yang terlihat

berwarna lebih terang juga telah dapat terlihat. Sedangkan untuk gambar lain walaupun telah terlihat garis-garis batas butirnya namun belum dapat memisahkan butir yang satu dengan yang lainnya karena garis-garis gelap tersebut belum membentuk poligon dan belum terhubung satu sama lain. Selain itu juga masih banyak terlihat garis-garis kasar bekas proses pengampelasan yang belum dapat dihilangkan. Penampakan garis-garis kasar ini menandakan kurang maksimalnya proses pengampelasan dan pemolesan untuk menghilangkan berkas garis tersebut^[8]. Hal ini mengakibatkan batas butir austenit sulit diamati dikarenakan terhalangi oleh berkas garis hasil pengampelasan tersebut.



Gbr 28. Batas butir austenit sampel 1. Gbr 29. Batas butir austenit sampel 2. Gbr 30. Batas butir austenit sampel 3. (perbesaran 200x)

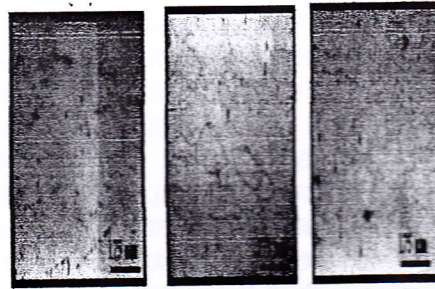


Gbr 31. Batas butir austenit sampel 4. Gbr 32. Batas butir austenit sampel 5. Gbr 33. Batas butir austenit sampel 6. (perbesaran 200x)

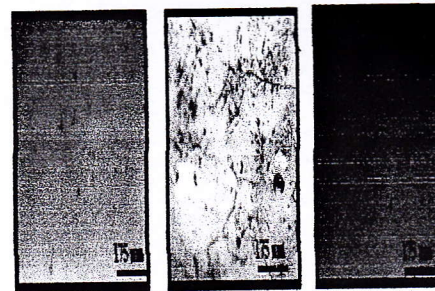
4.4.4. Temperatur larutan 80-90°C, temperatur sampel 50-60°C, waktu etsa 30 detik.

Pada metode etsa kali ini dilakukan dengan menggunakan larutan yang sama yaitu picral modifikasi dalam kondisi temperatur sampel dan temperatur larutan yang sama dengan metode 4.4.1 namun lebih singkat waktu pengetsaannya. Salah

satu tujuan dari penelitian etsa ini adalah untuk memperoleh metode etsa yang paling efektif dan efisien dari segi penggunaan waktu dan biaya. Oleh karena itu dengan mencoba mempersingkat waktu pengetsaan diharapkan dapat memperoleh batas butir austenit yang sudah cukup jelas dan dapat dipakai untuk penelitian karakteristik butir dan struktur mikro. Namun pada kenyataannya penampakan foto mikro dengan metode ini menghasilkan penampakan batas butir austenit yang belum terlihat jelas untuk semua sampel. Akan tetapi telah ada kecenderungan untuk menghasilkan penampakan batas butir austenit seperti yang ditampilkan pada gambar 35, gambar 36 dan gambar 38. Kecenderungan ini dapat terlihat dari adanya penampakan garis-garis gelap yang sebagian kecil sudah mulai menyatu satu sama lain dan memiliki arah orientasi yang berbeda. Sedangkan untuk sampel lain, penampakan batas butir austenit yang dihasilkan hanya berupa garis-garis yang belum menyatu dan masih buram. Fasa matriks yang dihasilkan juga belum dapat terlihat dengan jelas diseluruh bagian, hanya pada beberapa bagian tertentu dapat terlihat itupun masih samar-samar. Hasil penampakan batas butir austenit yang belum terlihat jelas tersebut menandakan bahwa reaksi korosi terkontrol yang terjadi belum bekerja secara optimal dan menyeluruh. Walaupun ada pengaruh dari temperatur etsa namun pada kenyataannya diperlukan waktu yang lebih lama untuk memperoleh penampakan batas butir austenit. Pada akhirnya penggunaan waktu pengetsaan yang terlampau cepat belum dapat menghasilkan penampakan batas butir austenit dengan jelas.



Gbr 34. Batas butir austenit sampel 1. Gbr 35. Batas butir austenit sampel 2. Gbr 36. Batas butir austenit sampel 3. (perbesaran 200x)

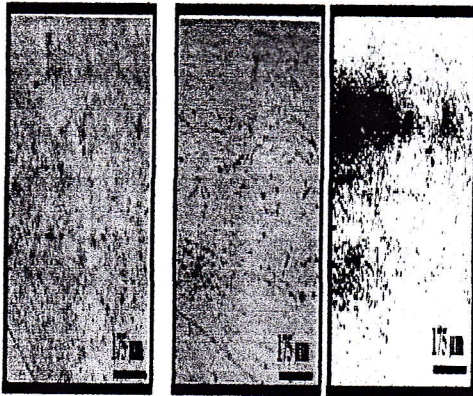


Gbr 37. Batas butir austenit sampel 4. Gbr 38. Batas butir austenit sampel 5. Gbr 39. Batas butir austenit sampel 6. (perbesaran 200x)

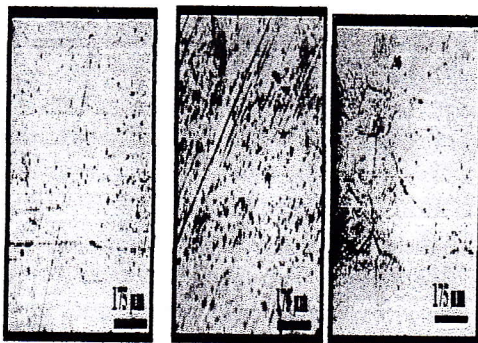
4.4.5. Temperatur larutan 80-90°C, temperatur sampel 27°C, waktu etsa 30 detik

Metode etsa kali ini dilakukan dengan menggunakan larutan yang sama yaitu picral modifikasi dalam kondisi temperatur larutan etsa dan temperatur sampel yang serupa seperti metode 4.4.2 namun dalam waktu yang lebih singkat yaitu 30 detik. Variasi lain yang dilakukan adalah dengan mempersingkat waktu pengetsaan menjadi 30 detik agar efektivitas waktu kerja tetap terjaga. Hasil foto mikronya menunjukkan penampakan batas butir austenit yang kurang jelas terlihat. Penampakan batas butirnya cenderung lebih buruk dibandingkan dengan metode 4.4.2 terutama pada gambar 40, gambar 42 dan gambar 44, penampakan batas butirnya hanya berupa bayangan garis yang buram dan tidak dapat dibedakan bentuknya. Sedangkan gambar lainnya sudah ada kecenderungan untuk membentuk batas butir austenit di beberapa bagian telah terlihat batas butir austenit walaupun masih samar-samar tapi dapat

dipastikan itu adalah batas butir austenit dengan bentuk yang poligon dan orientasi yang berbeda-beda. Dengan mempersingkat waktu pengetsaan dan menurunkan temperatur sampel sampai temperatur ruang malah memperburuk kualitas dari penampakan batas butir austenit.



Gbr 40. Batas butir austenit sampel 1. Gbr 41. Batas butir austenit sampel 2. Gbr 42. Batas butir austenit sampel 3. (perbesaran 200x)



Gbr 43. Batas butir austenit sampel 4. Gbr 44. Batas butir austenit sampel 5. Gbr 45. Batas butir austenit sampel 6. (perbesaran 200x)

4.5. Pengaruh temperatur deformasi dan besar deformasi (% reduksi) pada proses canai panas terhadap penampakan batas butir austenit.

TMCP merupakan suatu proses yang dapat mengontrol struktur mikro baja karbon selama proses pemanasan awal (*reheating*), deformasi panas (*hot deformed*), serta pendinginan (*transformasi*

akhir). Pada proses canai panas dapat terjadi perubahan struktur mikro dan butir yang diperoleh dengan pengontrolan temperatur serta besar deformasi. Perubahan morfologi struktur mikro dan butir pada proses canai panas tersebut dapat mempengaruhi beberapa sifat dasar dari material tersebut, salah satunya adalah perubahan terhadap ketahanan korosi^[13]. Perubahan struktur mikro ini mengakibatkan terjadinya perubahan kerapatan dislokasi dan perubahan distorsi dalam atom. Pemberian deformasi ini mengakibatkan meningkatnya besar tegangan yang dimiliki karena makin rapatnya dislokasi yang merupakan cacat kristal^[14]. Sebagaimana diketahui daerah pada suatu material yang memiliki tegangan yang lebih tinggi akan bersifat lebih anodik (mudah terkorosi/teroksidasi), sedangkan bagian yang tegangannya lebih rendah akan bersifat katodik^[14]. Hal ini menandakan terjadinya perbedaan potensial antara daerah yang bersifat katodik dan daerah anodik sehingga dapat menciptakan sel korosi galvanis. Perbedaan potensial juga dapat terjadi akibat adanya perubahan struktur mikro itu sendiri tanpa melihat adanya perbedaan tegangan antar daerah katodik dan anodik. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan energi bebas antara struktur mikro terutama pada daerah butiranya dengan daerah batas butiranya^[15]. Energi bebas pada batas butir memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan pada daerah butir, sehingga apabila batas butir meningkat akibat perlakuan deformasi, maka akan semakin tinggi pula energi bebas dan potensial pun akan menjadi negatif, sehingga laju korosi material tersebut akan meningkat. Berlaku pula untuk sebaliknya yaitu apabila batas butir berkurang karena deformasi yang rendah maka energi

bebas pun akan menurun dan potensial menjadi positif sehingga laju korosinya akan menurun^[15]. Berdasarkan teori diatas proses korosi dan laju korosi yang terjadi ini dapat dikontrol sebagaimana terjadi dalam proses etsa dimana sampel yang mengalami deformasi akan dikondisikan dalam lingkungan korosif dengan memberikan larutan etsa sebagai elektrolit dalam waktu tertentu. Dengan demikian proses etsa akan mengkondisikan daerah yang ingin ditampilkan dalam hal ini batas butir austenit menjadi bersifat lebih anodik (potensial rendah) dengan tegangan yang lebih tinggi agar lebih mudah dan lebih cepat terkorosi^[12]. Kemudian dengan semakin besarnya deformasi yang diberikan maka akan menurunkan ukuran butir yang berarti meningkatkan jumlah batas butir^[12] yang berakibat pada peningkatan energi bebas sehingga menghasilkan perbedaan tegangan dan potensial yang lebih besar. Semakin besar perbedaan potensial yang dihasilkan dari perbedaan tegangan dan energi bebas dibatas butir akan mengakibatkan semakin mudah terjadi korosi pada daerah batas butir. Artinya proses etsa atau korosi terkontrol untuk menampilkan batas butir austenit akan semakin mudah terjadi apabila besar deformasi yang diberikan semakin meningkat. Pada akhirnya penampakan batas butir austenit akan semakin mudah ditampilkan seiring dengan peningkatan besar deformasi.

Pengaruh temperatur deformasi berhubungan dengan fasa yang terbentuk selama selang waktu mencapai temperatur deformasinya dan pada proses pendinginan. Pada saat temperatur pemanasan awal dan kondisi austenisasi telah tercapai maka kemudian sampel dikeluarkan dari dapur pemanas (*furnace*) lalu dibiarkan diudara selama beberapa waktu sampai

mencapai temperatur deformasi untuk segera dilakukan pengerolan/deformasi. Dengan adanya range temperatur pemanasan dengan temperatur deformasi yang cukup jauh menyebabkan sampel semakin lama terekspos diudara yang berakibat terjadinya pertumbuhan butir ferit (nukleasi ferit) dalam jumlah yang cukup banyak selama selang waktu pengeluaran sampel dari dapur sampai dilakukan deformasi karena adanya pengaruh pendinginan oleh udara yang tergolong lambat^[16]. Terbentuknya ferit ini pada umumnya terjadi dibatas butir austenit sehingga pengamatan batas butir austenit akan semakin sulit terjadi apabila fasa ferit yang terbentuk dibatas butirnya terlampau banyak. Berdasarkan literatur, batas butir austenit akan semakin mudah terlihat apabila fasa yang dihasilkan pada matriksnya adalah martensit yang memiliki perbedaan tekstur dan orientasi yang mudah dibedakan dengan austenit. Namun hal ini sulit terjadi mengingat kadar karbon dari baja HSLA ini yang rendah (0.0085%wt) sehingga sangat sulit menghasilkan fasa martensit secara keseluruhan pada saat proses pendinginan.

Selain itu penggunaan media quench air biasa dinilai kurang dapat mengoptimalkan pembentukan fasa martensit dikarenakan kecepatan pendinginan yang kurang optimal. Oleh karena itu besar kemungkinan fasa ferit yang lebih banyak terbentuk.

Dari data perlakuan sampel selama proses TMCP, secara teoritis seharusnya penampakan batas butir austenit akan lebih mudah terlihat pada sampel 1. Hal ini dikarenakan perlakuan pada sampel 1 selama proses TMCP paling mendukung untuk memperoleh penampakan batas butir austenit berdasarkan teori diatas, dimana diberikan temperatur pemanasan 1150 °C

yang telah mencapai austenisasi lalu penggunaan temperatur deformasi 1050 °C yang tidak berjarak terlalu jauh dengan temperatur pemanasan serta besar deformasi yang tergolong tinggi. Memang pada kenyataannya tidak semua hasil foto mikro pada sampel 1 untuk semua metode etsa modifikasi memberikan hasil yang jelas namun sebagian besar dari hasil foto mikro untuk sampel 1 telah menunjukkan penampakan batas butir austenit yang jelas terutama untuk metode etsa larutan etsa modifikasi 4.4.1, 4.4.2 dan 4.4.3.

5. Penutup

- Dari hasil penelitian, diperoleh penampakan batas butir yang terbaik dan sangat jelas pada semua sampel dengan menggunakan metode etsa larutan etsa hasil modifikasi dengan temperatur larutan 80-90°C, temperatur sampel 50-60 °C dan waktu pengetsaan selama 5 menit. Dari segi penggunaan kadar larutan yang dipakai, metode etsa larutan etsa modifikasi merupakan yang paling efektif dan efisien dibandingkan dengan metode etsa yang lainnya.
- Dengan adanya range temperatur pemanasan dengan temperatur deformasi yang cukup jauh menyebabkan semakin besar kemungkinan terbentuknya fasa ferit dalam jumlah besar dibatas butir austenit. Sehingga batas butir austenit akan semakin sukar diamati.
- Peningkatan besar deformasi (% reduksi) dapat meningkatkan mekanisme penghalusan butir, dengan ukuran butir yang lebih kecil dan seragam maka akan meningkatkan jumlah batas butir yang berakibat pada peningkatan energi bebas dibatas butir. Peningkatan energi bebas ini akan mempermudah terjadinya reaksi pada proses etsa

sehingga batas butir austenit semakin mudah ditampilkan.

- Penggunaan asam picric dengan konsentrasi tidak lewat jenuh menyebabkan asam picric dapat larut sempurna dan tidak mengkristal sedangkan penambahan *wetting agent Teepol* dalam kadar normal akan meningkatkan ketajaman penampakan batas butir austenit. Penggunaan temperatur etsa sekitar 80-90°C dan temperatur sampel 50-60°C berdampak pada kecepatan reaksi dan peningkatan energi bebas dibatas butir austenit sehingga reaksi penampakan batas butir akan semakin cepat dan mudah terjadi.
- Dengan semakin lamanya waktu pengetsaan akan memberikan penampakan batas butir yang semakin jelas. Namun waktu etsa yang terlalu lama dapat berakibat terjadinya over etsa yang dapat merusak permukaan sampel.

6. Daftar Pustaka

1. ASM Handbook Volume 01, *Irons, Steels, and High-Performance Alloys, High Strength Structural and High Strength Low Alloy Steel*, pp 951-1009.
2. Anonim, "High Strength Low Alloy", dalam <http://www.wikipedia.com/HSLA/>, Diakses pada tanggal 18 Mei 2010.
3. ASM Handbook Volume 04, *Heat Treating, Thermomechanical Process of Steel*, pp 566-568.
4. Ariati Myrna, 2000, *Etchants Selection for High Metallographic Quality of HSLA-0.37%Nb Prior-Austenite Grain Boundaries*. Jurnal ASM dan Metalografi, Depok.
5. A.M. Elwazri, P. Wanjara, and S. Yue, 2004, *Effect of Prior-Austenite Grain Size and Transformation Temperature on Nodule Size of Microalloyed Hypereutectoid Steels*. Materials Technology Laboratory. Ottawa, Canada.
6. L. Jiang, A.O. Humphreys and J.J. Jonas, 2003, *Effect of Silicon on the Interaction between Recrystallization and Precipitation in Niobium Microalloyed Steels*. Department of Mining, Metals & Materials Engineering, McGill University. Canada.

7. ASM Handbook Volume 09, *Metallography and Microstructures, Metallography and Microstructure of Carbon and Low Alloy steel, Tabel of Chemical and Etchants*, pp. 1436 dan 2629.
8. G.F. Van der Voort, 1999, *Metallography, Principles and Practice, Technology and Engineering*, Books.google.co.id.
9. American Society for Testing and Material. ASTM E 407-99 Standard Practice for Microetching Metals and Alloys
10. Chris North, 2007, "Etching to reveal grain boundaries," Experts Metallography Forum.
11. Febriani Diah, 2007, Evaluasi Larutan Etsa Terhadap Kualitas Penampakan Batas Butir Austenit Prior Baja HSLA -0.037%Nb, Skripsi, DTMM FT UI.
12. Sidney Avner, 1974, *Introduction to Physical Metallurgy*, Singapore: McGraw-Hill International, pp. 135-357
13. Restudy Julian, 2008, "Studi Morfologi Mikrostruktur dan Pengaruhnya Terhadap Laju Korosi antara Baja HSLA 0,029% Nb dan Baja Karbon Rendah Setelah Pemanasan Isothermal". Skripsi, DTMM FT UI.
14. Dita Putra, Oggie Prima, 2008, "Transformasi Butir Austenit-Ferit Dengan Variasi Derajat Deformasi dan Pengaruhnya Terhadap Laju Korosi Baja HSLA 0.029% Nb". Skripsi, DTMM FT UI.
15. Alpalmy Nandyo, 2008, "Analisa Ukuran Butir Ferit dan Laju Korosi Baja HSLA 0.029 %Nb setelah Canai Panas". Skripsi, DTMM FT UI.
16. G. Krauss, 1995, *Heat Treatment and Processing Principles*, USA: ASM International.

7. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu penelitian ini, khususnya DRPM UI atas bantuan dana Hibah Penelitian S3 nya. Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian Hibah Penelitian S3 mahasiswa T. Metalurgi dan Material FT UI.

8. Riwayat Hidup

Dr. Ir. Dedi Priadi dilahirkan di Jakarta pada tahun 1959. Menyelesaikan pendidikan Ir

Metalurgi (Ir) pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia Jakarta pada tahun 1986 dan meraih gelar Doktor dalam bidang material di Perancis pada tahun 1993. Saat ini bekerja sebagai dosen Departemen Teknik Metalurgi dan Material FT UI dengan jenjang jabatan fungsional Lektor Kepala. Telah banyak menulis makalah pada berbagai seminar nasional dan seminar internasional serta menghasilkan berbagai karya tulis dalam bentuk jurnal pada jurnal nasional.

Richard A. M. Napitupulu, ST. MT dilahirkan di Enrekang (Sulsel) pada tahun 1973.

Menyelesaikan pendidikan Sarjana Teknik (ST) dari Jurusan Teknik Mesin FT USU Medan pada tahun 1997 dan menyelesaikan pendidikan Magister Teknik (MT) pada tahun 2000 dari Jurusan Teknik Mesin FT UI Depok. Saat ini sedang melanjutkan studi program Doktor di Departemen Metalurgi dan Material FT UI. Saat ini bekerja sebagai dosen Jurusan Teknik Mesin FT Universitas HKBP Nommensen dengan jenjang jabatan fungsional lektor.

Anugerah Martua Raja Sihaloho, mahasiswa S1 Departemen Teknik Metalurgi dan Material, FT UI, Depok angkatan 2006.