

**FORMULIR PERMOHONAN PENDAFTARAN PATEN INDONESIA**  
**APPLICATION FORM OF PATENT REGISTRATION OF INDONESIA**

**Data Permohonan (Application)**

Nomor Permohonan <i>Number of Application</i>	: P00202215064	Tanggal Penerimaan <i>Date of Submission</i>	: 20 Desember 2022
Jenis Permohonan <i>Type Of Application</i>	: Paten	Jumlah Klaim <i>Total Claim</i>	: 6
		Jumlah Halaman <i>Total Page</i>	: 7
Judul <i>Title</i>	: PROSES AUSTEMPERING BAJA AISI 4140 UNTUK MENINGKATKAN KEKUATAN TARIK DAN KETAHANAN PERAMBATAN RETAK FATIK		
Abstrak <i>Abstract</i>	: Invensi ini menyediakan proses austemper baja AISI 4140 kondisi anil. Prose austenisasi menggunakan sistem pemanas induksi dan diikuti proses austemper dalam larutan garam 50%KNO <sub>3</sub> +50%NaNO <sub>3</sub> dengan variasi suhu 312 °C, 362 °C dan 412 °C selama 1 jam. Kekuatan luluh (sy) baja AISI 4140 kondisi suhu austemper 312 °C meningkat paling tinggi 141% dibandingkan baja AISI 4140 suhu austemper 362 °C (97%) dan suhu austemper 412 °C (67%) dan kekuatan tarik maksimum (sult) baja AISI 4140 suhu austemper 312 °C meningkat paling tinggi 92% dibandingkan baja AISI 4140 suhu austemper 362 °C (55%) dan suhu asutemper 412 °C (34%). Modulus elastis (E) baja AISI 4140 kondisi austemper turun 2% dan nilai elongasi (e) turun signifikan seiring suhu larutan garam diturunkan dari 412-312 °C. Ketahanan perambatan retak fatik baja AISI 4140 kondisi austemper meningkat. Peningkatan ketahanan perambatan retak yang lebih tinggi pada proses austemper suhu 362 °C dengan jumlah total siklus patah 323295 siklus, diikuti baja kondisi asutemper suhu 312 °C; 192972 siklus dan baja kondisi suhu austemper 412 °C; 174366 siklus. Selanjutnya, Laju perambatan retak fatik baja kondisi suhu austemper 362 °C menghasilkan nilai konstanta C lebih rendah besar dua order dibandingkan baja kondisi austemper suhu 312 °C dan 412 °C.		

**Permohonan PCT (PCT Application)**

Nomor PCT <i>PCT Number</i>	:	Nomor Publikasi <i>Publication Number</i>	:
Tanggal PCT <i>PCT Date</i>	:	Tanggal Publikasi <i>Publication Date</i>	:

**Pemohon (Applicant)**

<b>Nama (Name)</b>	<b>Alamat (Address)</b>	<b>Surel/Telp (Email/Phone)</b>
Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Lampung (Sentra HaKI)	LPPM Universitas Lampung Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1 Gedung Meneng Rajabasa Bandar Lampung, Lampung 35145 ,ID	haki@kpa.unila.ac.id 082185176696

**Penemu (Inventor)**

<b>Nama (Name)</b>	<b>Warganegara (Nationality)</b>	<b>Alamat (Address)</b>	<b>Surel/Telp (Email/Phone)</b>
Prof. Mohammad Badaruddin, S.T., M.T., Ph.D.	Indonesia	Perum Bukit Kemiling Permai blok W/18, LK.III, RT.04, RW.01, Kemiling Permai-Kemiling, 35144, Bandar Lampung, ID	081333122411 mbruddin@eng.unila.ac.id
Dr. Dwi Asmi, M.Si.	Indonesia	Jalan LadaUjung IV, No.04, RT.004, RW.001, Gedung Meneng, Rajabasa, 35145 Bandar Lampung, ID	081314930426 dwiasmi82@yahoo.com
Prof. Dr. Sugiyanto, M.T.	Indonesia	Jalan Cengkeh III-23, RT.006, RW.000, Gedung Meneng 35145, ID	08117912200 sugiyanto.1957@eng.unila.a c.id

**Data Prioritas (Priority Data)**

**Negara  
(Country)**

**Nomor  
(Number)**

**Tanggal  
(Date)**

**Korespondensi (Correspondence)**

**Nama  
(Name)**

**Alamat  
(Address)**

**Surel/Telp  
(Email/Phone)**

Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Lampung (Sentra HaKI)

LPPM Universitas Lampung Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1 Gedong Meneng Rajabasa Bandar Lampung, Lampung 35145

haki@kpa.unila.ac.id  
082185176696

**Kuasa/Konsultan KI (Representative/ IP Consultant)**

**Nama  
(Name)**

**Alamat  
(Address)**

**Surel/Telp  
(Email/Phone)**

**Lampiran (Attachment)**

ABSTRAK

DESKRIPSI BAHASA INDONESIA

GAMBAR YANG DITAMPILKAN

KLAIM FILE BAHASA INDONESIA

SURAT PENGALIHAN INVENSI

SURAT PERNYATAAN KEPEMILIKAN INVENSI OLEH INVENTOR

**Detail Pembayaran (Payment Detail)**

No	Nama Pembayaran	Sudah Bayar	Jumlah
1.	Pembayaran Permohonan Paten	<input checked="" type="checkbox"/>	Rp. 350.000
2.	Pembayaran Kelebihan Deskripsi	<input type="checkbox"/>	-
3.	Pembayaran Kelebihan Klaim	<input type="checkbox"/>	-
4.	Pembayaran Pemeriksaan Substantif	<input checked="" type="checkbox"/>	Rp. 3.000.000
5.	Pembayaran Percepatan Pengumuman	<input type="checkbox"/>	-

Jakarta, 20 Desember 2022

Pemohon / Kuasa  
Applicant / Representative



Tanda Tangan / Signature

Nama Lengkap / Fullname



## BUKTI PEMBAYARAN PEMERIKSAAN SUBSTANTIF PERMOHONAN PATEN

### Data Permohonan (*Application*)

Nomor Permohonan <i>Number of Application</i>	: P00202215064	Tanggal Permohonan <i>Date of Submission</i>	: 20 Desember 2022
Nomor Registrasi <i>Number of Registration</i>	: -	Tanggal Registrasi <i>Date of Registration</i>	:
Nama Pemegang Paten <i>Owner Name</i>	: Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Lampung (Sentra HaKI)		
Judul <i>Title</i>	: PROSES AUSTEMPERING BAJA AISI 4140 UNTUK MENINGKATKAN KEKUATAN TARIK DAN KETAHANAN PERAMBATAN RETAK FATIK		

No Billing : 820221219179924

Tanggal Pembayaran : 19 Desember 2022

Jumlah Pembayaran : Rp. 3.000.000

Jakarta, 20 Desember 2022

Pemohon / Kuasa

*Applicant / Representative*



Tanda Tangan / Signature

Nama Lengkap / Fullname

## Deskripsi

### PROSES AUSTEMPER BAJA AISI 4140 UNTUK MENINGKATKAN KEKUATAN TARIK DAN KETAHANAN PERAMBATAN RETAK FATIK

5

#### **Bidang Teknik Invensi**

Invensi ini berkaitan dengan proses austemper baja grade AISI 4140 dengan mencelupkan baja dalam bak yang berisi larutan campuran garam  $\text{KNO}_3 + \text{NaNO}_3$  (perbandingan berat (kg) 1:1) pada suhu tertentu selama beberapa jam penahanan untuk meningkatkan kekuatan tarik dan ketahanan perambatan retak fatik.

#### **Latar Belakang Invensi**

Baja AISI 4140 adalah baja paduan rendah dengan komposisi utama Cr-Mo yang banyak digunakan pada industri otomotif, pertanian dan perminyakan yang membutuhkan syarat kekuatan dan ketangguhan relatif tinggi. Baja ini umumnya diproduksi dalam bentuk silinder batang, pelat, dan bentuk pipa dalam kondisi quenching dan tempering (QT) yang struktur mikro utamanya adalah martensit-temper. Meskipun kekuatan tarik baja dalam kondisi QT relatif tinggi namun ketahanan perambatan retaknya menurun dengan masukan hydrogen dalam struktur martensit. Proses austemper yang dilakukan pada baja paduan rendah AISI 4140 dapat menjadi solusi yang tepat untuk meningkatkan kekuatan tarik dan ketahanan perambatan retak fatik melalui rekayasa mikrostruktur bainit. Mikrostruktur yang dihasilkan dengan mencelupkan baja AISI 4140 ke dalam bak larutan garam sangat ditentukan oleh kondisi suhu larutan garam dalam bak. Telah terbukti dari beberapa artikel ilmiah yang tersedia di berbagai literatur bahwa baja paduan rendah pada kondisi suhu austemper yang berbeda memberikan dampak signifikan dalam meningkatkan sifat mekanik baja: kekuatan tarik, kekerasan permukaan dan ketangguhan impak baja.

Struktur mikro baja AISI 4140 kondisi austemper lebih unik karena mengandung: struktur bainit dengan karbida ( $\text{Fe}_3\text{C}$ -sementit) yang relatif kecil dalam matriks ferit, sedikit martensit yang

berasal dari transformasi fasa austenit saat pendinginan cepat dan sisa-sisa transformasi austenit menjadi ferit yang tidak sempurna. Beberapa invensi terkait dengan proses austemper baja paduan diuraikan berikut ini:

- 5 Invensi no. paten JP3580938B2 dengan judul: *Heated bainite treatment method*, yang diusulkan oleh Aisin AW Co Ltd dan Toyota Central R&D Labs Inc tahun 1996. Kedua perusahaan tersebut mengusulkan invensi terkait dengan metode perlakuan panas bainit material baja, yaitu: S50C, S23C and S10C, baja paduan seperti
- 10 SNCM, SCR and SCM, dan baja tool seperti baja grade SK, SKD, SKH dan SKS. Klaim yang dilakukan adalah menecelupkan material baja dengan metode quenching pada laju pendinginan  $10^3$  °C/min ke dalam bak larutan garam untuk menghasilkan struktur bainit halus, bainit kasar, dan perlit (sorbit). Selanjutnya, invensi dengan no.paten
- 15 GB2352726A judul *A steel and a heat treatment for steels* oleh inventor Mawella dkk. (1999). Mereka mengklaim baja carbon 0.7-0.9; silicon 1.5-1.7; manganese 1.9-2.2; chromium 1.25-1.4; nickel 0-0.05; molybdenum 0.25-0.35; vanadium 0. 1-0.15 (wt.%) diaustemper untuk mendapatkan struktur halus bainit yang memberikan
- 20 sifat lebih tangguh dan kuat. Proses austemper diawali dengan baja dihomogenisasi pada suhu paling sedikit 1150 °C ditahan paling sedikit 24 jam dan diikuti pendinginan udara pada suhu 190 °C dan 250 °C. Baja diaustenisasi pada rentang suhu 900-1000 °C diikuti dengan transformasi pada rentang suhu 190-260 °C selama periode
- 25 waktu 1-3 minggu. Pada tahun 2005, invensi no. paten US20060060268A1 dengan judul *Method of making high strength bainite article, and article made thereby* diusulkan oleh Machrowicz dan Landino. Mereka mengklaim proses austemper pada baja ultra kekuatan tinggi (paduan besi) dengan memanaskan benda
- 30 kerja ke suhu di atas austenit dan kemudian diikuti dengan mendinginkan benda kerja ke dalam media pendingin. Suhu media pendingin diatur sedemikian rupa hingga terjaga konstan tidak lebih dari 350 °C di atas temperatur dimana fasa martensit terbentuk dalam paduan dengan penahanan untuk jangka waktu yang

telah ditentukan, hingga suhu sama dengan suhu media pendingin. Struktur mikro yang diinginkan adalah bainit kasar (upper bainite).

Invensi no. paten WO2010013054A3 dari Francis oleh Bhadeshia dkk. (2009) dengan judul *Super bainite steels and methods of manufacture thereof* untuk klaim baja dengan komposisi kimia carbon 0.6-1.1, silicon 1.5-2.0, manganese 0.5-1.8, nickel lebih 3, chromium 1.0-1.5, molybdenum 0.2-0.5, vanadium 0.1-0.2 (wt.%). Baja pertama kali diaustenisasi dalam kisaran suhu 900-1250 °C diikuti dengan proses anil pada suhu 500 °C. Selanjutnya proses austenisasi dilakukan kembali pada suhu 900-1250 °C dan kemudian transformasi suhu dilakukan pada kisaran 190-280 °C untuk menghasilkan struktur super bainit yang sangat keras >630HV. Pada tahun 2014 US paten No. US9869000B2 dengan judul *Methods of making bainitic steel materials* untuk baja dengan komposisi kimia 0.62-0.78C, 1.5-2.5Si, 1.75-2.5Mn, 0.22-0.5Mo, 1.0-1.8Cr, 0.0-0.3Co, 0.25-1.0Al, yang diusulkan Bakas dkk. (2014). Mereka mengklaim untuk pembuatan baja bainit melalui proses austenisasi pada suhu lebih tinggi 1000 °C yang diikuti dengan pendinginan udara pada suhu antara 200 °C dan 300 °C.

Pada invensi ini sebuah proses untuk mendapatkan kekuatan relatif tinggi dan ketahanan terhadap retak fatik dari baja paduan AISI 4140 dengan perlakuan panas austemper dengan menggunakan media austemper campuran garam  $KNO_3$  dan  $NaNO_3$  (perbandingan berat kg 1:1) yang dicairkan dan suhu dijaga konstan sekitar 312 °C, 362 °C dan 414 °C. Proses pencelupan baja di dalam larutan garam ditahan selama 1 jam dan kemudian didinginkan di udara pada suhu ruang.

### **Uraian Singkat Invensi**

Invensi ini menyediakan proses perlakuan panas austemper baja AISI 4140 kondisi anil dengan struktur mikro adalah perlit-ferit kasar (Gambar 1). Baja AISI 4140 kondisi anil dibentuk menjadi benda kerja sesuai keperluan dengan menggunakan mesin CNC milling dan bubut dengan tingkat kekasaran hasil proses *machining* sesuai standar. Benda kerja dihomogenisasi melalui pemanasan pada suhu

asutenisasi di dalam sebuah koil tembaga pemanas induksi dengan daya listrik DC 2kW selama 10 menit. Garam terdiri dari campuran 50%KNO<sub>3</sub> + 50% NaNO<sub>3</sub> (perbandingan berat, kg) yang dicairkan hingga semua garam cair dan homogen dan suhunya dijaga konstan sekitar 5 312 °C, 362 °C dan 412 °C. Proses austemper dilakukan setelah 10 menit benda kerja diaustenisasi dan diikuti dengan mencelupkan segera ke dalam bak larutan garam selama penahanan sekitar 1 jam. Kemudian benda kerja dikeluarkan dalam bak larutan garam untuk didinginkan ke suhu ruang dan benda kerja dibersihkan dari kerak-kerak oksida besi dengan larutan 5%HCl dalam bak ultrasonik selama 10 beberapa detik. Kemudian benda kerja dinetralisasi dengan mencuci menggunakan larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dalam bak penggetar ultrasonik

Proses austemper baja AISI 4140 sesuai invensi ini meliputi langkah-langkah berikut: pencucian benda kerja dengan menggunakan 15 larutan sabun dan kemudian dibilas dengan larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> menggunakan pembersih ultrasonik untuk menghilangkan bekas-bekas minyak yang menempel dan kemudian dilakukan pengeringan hot-dryer, proses austenisasi menggunakan koil tembaga pemanas induksi, lama proses austenisasi dalam koil tembaga induksi komposisi, media pendingin 20 campuran garam yang digunakan, dan pelepasan lapisan kerak-kerak oksida logam yang menempel dan sisa garam saat benda kerja didinginkan.

### **Uraian Lengkap Invensi**

25 Tujuan dari invensi ini, seperti yang disebutkan di atas adalah untuk menyediakan sebuah proses perlakuan panas austemper baja paduan rendah AISI 4140 dengan media pendingin campuran garam KNO<sub>3</sub> dan NaNO<sub>3</sub> (perbandingan berat (kg)1:1) yang memungkinkan suhu larutan garam lebih stabil dalam proses transformasi fasa austenit menjadi 30 fasa bainit-ferit halus dan kasar. Selanjutnya, benda kerja disiapkan sesuai standar untuk pengujian tertentu. Dalam invensi ini benda kerja dibuat untuk uji tarik statis disiapkan sesuai standar ASTM E8 dan benda kerja dibuat untuk pengujian perambatan retak fatik bentuk compact tension (CT) sesuai standar ASTM E647. 35 Koil tembaga diameter nominal 3/16 inchi dibuat bentuk lilitan



semi-elips dengan ukuran panjang 5 cm, tinggi 5 cm dan lebar 2 cm. Sistem pemanas koil induksi yang digunakan adalah frekuensi tinggi daya listrik DC 2kW. Proses austenisasi dilakukan untuk homogenisasi fasa austenit baja AISI 4140 dengan meletakkan secara vertikal benda kerja ditengah koil tembaga secara tepat. Perubahan suhu benda kerja diamati melalui perubahan warna baja hingga warna oranye terang yang diindikasikan dari literatur spektrum warna oranye terang menunjukkan suhu baja sekitar 871 °C. Setelah benda kerja diaustenisasi dalam koil tembaga pemanas induksi selama 10 menit, benda kerja dikeluarkan dan dicelupkan cepat ke dalam bak larutan garam. Suhu konstan larutan garam dijaga konstan tidak melebihi kenaikan suhu sampai 2 °C saat benda kerja dicelupkan. Bila suhu garam naik melebihi 2 °C maka digunakan system pendingin udara paksa (blower) hingga suhu larutan garam mencapai suhu austemper yang digunakan dalam proses ini. Prosedur proses austemper baja AISI 4140 dengan menggunakan larutan garam KNO<sub>3</sub> dan NaNO<sub>3</sub> (perbandingan berat (kg) 1:1) disiapkan. Benda kerja harus dibersihkan dari kontaminan minyak atau oli dengan mencelupkan ke dalam air sabun menggunakan ultrasonik dan diikuti dengan pencucian menggunakan larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> selama beberapa detik. Setelah itu, benda kerja dikeringkan dengan udara panas (hot-drier) agar sisa sisa air yang menempel pada benda kerja hilang. Proses austemper dilakukan pada benda kerja dengan meletakkan benda kerja secara simetris ditengah koil tembaga bentuk semi elips. Pemanas induksi frekuensi tinggi sebagai sumber panas diberikan melalui koil tembaga hingga benda kerja mengalami perubahan warna oranye terang selama 10 menit. Kemudian benda kerja dikeluarkan dalam koil tembaga dan dicelupkan cepat ke dalam bak larutan garam yang suhunya divariasikan 312 °C, 362 °C dan 412 °C selama 1 jam. Setelah satu jam benda kerja dalam bak larutan garam dikeluarkan untuk didinginkan di udara suhu ruang. Setelah benda kerja dinginkan kemudian benda kerja dibersihkan dari sisa-sisa garam yang menempel dan kerak-kerak oksida logam yang menempel menggunakan larutan 5%HCl di dalam bak dengan penggetar ultasonik dan kemudian dibilas dengan menggunakan larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

Sampel baja AISI 4140 kondisi anil dilambangkan AN, dan kondisi suhu austempering 312 °C, 362 °C dan 412 °C masing-masing adalah SA312, SA362 dan SA412. Selanjutnya, sampel untuk pengamatan struktur mikro diambil pada bagian tengah benda kerja yang dipotong bentuk ukuran penampang 0.5 × 0.5 cm<sup>2</sup> dan dicetak dengan resin plastik trasparan bening bentuk silinder diameter 1.2 cm tinggi 1.5 cm. Proses penghalusan dilakukan melalui pengamplasan permukaan baja dari ukuran kertas ampelas rendah sampai ukuran tinggi hingga permukaan benda kerja yang diampelas bebas dari goresan-goresan tipis. Setelah diperoleh permukaan benda kerja halus seperti cermin, selanjutnya proses etsa dengan larutan 5%Nital dilakukan selama beberapa detik hingga permukaan baja menampilkan jelas struktur mikro melalui pengamatan dengan mikroskop optik dengan lensa objektif perbesaran 200X. Pengamatan struktur mikro dan analisis komposisi kimia logam dalam fasa yang terbentuk dilakukan dengan Quatro FE-SEM yang dilengkapi signal electron diffraction spectroscopy (EDS). Masing-masing struktur mikro baja AISI 4140 dalam kondisi suhu austemper 312 °C ditampilkan pada Gambar 2, dalam kondisi suhu austemper 362 °C ditampilkan pada Gambar 3, dan dalam kondisi suhu austemper 412 °C ditampilkan pada Gambar 4. Hasil analisis komposisi elemen logam dengan EDS yang diambil pada struktur mikro dalam Gambar 3 ditampilkan pada Tabel.1

Tabel 1. Komposisi elemen logam fasa yang terbentuk pada sampel baja AISI 4140 kondisi suhu austemepre 312 °C (persen (%) berat).

Titik spektrum EDS	Fe	C	Cr	Si	Fasa
1	65.70	42.84	0.39	-	Austenit-Ferit
2	67.96	40.42	0.52	0.16	Bainite-Ferit
3	68.03	42.08	0.45	0.21	Martensit-austenit
4	67.45	42.28	0.45	0.17	Bainite-Ferit
5	67.60	42.59	0.37	0.16	Bainite-Ferit
6	65.81	43.78	0.50	0.16	Martensit-austenit
7	65.24	43.36	0.41	0.14	Martensit-austenit
8	65.96	44.86	0.41	0.18	Martensit-austenit

Pengujian tarik aksial statis dilakukan untuk mengetahui perubahan kekuatan tarik baja AISI 4140 setelah diberi perlakuan

panas austemper dengan menggunakan standar pengujian tarik ASTM E8 dengan kontrol laju pembebanan 0.02 kN/s dan perubahan panjang aksial dalam daerah gage length diukur menggunakan ekstensometer gage length 50 mm. Nilai kekuatan tarik dan standar deviasinya 5 diringkas dalam Tabel. 2.

Tabel 2. Sifat kekuatan tarik dan sifat perambatan retak fatik baja AISI 4140 kondisi perlakuan berbeda.

Baja AISI 4140 kondisi	$\sigma_y$ (MPa)	$\sigma_{ult}$ (MPa)	$E$ (GPa)	$e$ (%)	$C$	$m$
AN	360.16±1.90	618.02±9.39	202.90±0.30	22.75±0.5	$2.69 \times 10^{-12}$	3.50
SA312	868.92±60.9	1189.00±51.0	198.01±3.98	4.81±0.16	$4.19 \times 10^{-13}$	3.93
SA362	710.80±0.88	959,62±16.7	198.30±8.37	5.64±0.05	$2.07 \times 10^{-14}$	4.78
SA412	600.75±60.0	826.61±65.5	198.33±2.75	9.95±0.03	$3.81 \times 10^{-12}$	3.22

Pengujian perambatan retak fatik dilakukan menggunakan standar specimen CT dengan mode pembebanan I (tarik-tarik). Dimensi 10 specimen CT adalah lebar ( $W$ ) 40 mm dan tebal ( $B$ ) 10 mm. Lebar retak ( $h$ ) 2 mm dan panjang retak ( $a_0$ ) 18 mm dengan sudut takik  $30^\circ$  dibuat dengan *wire cutting*. Beban fatik maksimum ( $F_{max}$ ) untuk pembentukan retak awal (*pre-cracking*) adalah 8.383 kN dengan rasio beban ( $R$ ) 0.1 pada frekuensi 10 Hz untuk merambatkan retak sepanjang  $\leq 9$  mm atau pada retak mencapai  $K_{maks} \leq 19.260 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ . Setelah itu, uji 15 perambatan retak dilanjutkan dengan beban  $F_{max} = 7.454$  kN dan rasio pembebanan ( $R$ ) = 0.1. Pembebanan fatik menggunakan gelombang sejati sinusoidal dengan frekuensi  $f = 10$  Hz. Pengukuran retak selama pengujian perambatan retak fatik menggunakan clip on displacement 20 (COD) dengan gage length 8 mm hingga benda uji patah menjadi dua bagian. Data panjang retak ( $a$ , mm) dan jumlah siklus ( $N$ ) setiap pengujian ditampilkan pada Gambar 5. Analisis data perambatan retak ( $a$ ) dan jumlah siklus ( $N$ ) dilakukan dengan mengacu pada standar ASTM E647 dengan menentukan laju perambatan retak fatik 25 ( $da/dN$ , m/siklus) dan kisaran faktor intensitas tegangan ( $\Delta K$ ,  $\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$ ). Plot data  $da/dN$  dan  $\Delta K$  dilakukan dalam skala logaritma pada sumbu- $x$  dan  $-y$  ditampilkan pada Gambar 6 untuk menentukan nilai konstanta material  $C$  dan  $m$  pada kondisi pembentukan retak stabil, yang dikenal pada daerah mengikuti Hukum Paris:  $da/dN =$  30  $C(\Delta K)^m$ . Nilai konstanta  $C$  dan  $m$ , masing-masing baja AISI 4140

kondisi anil dan kondisi suhu austemper berbeda ditampilkan pada Tabel 2.

### **Klaim**

- 5 1. Suatu proses perlakuan panas austemper baja AISI 4140 yang terdiri dari beberapa langkah:
- a. membersihkan benda kerja dengan air sabun di dalam bak ultrasonik;
- 10 b. membilas benda kerja hasil langkah (a) dengan menggunakan larutan  $H_2O_2$  selama 1-2 menit;
- c. mengeringkan benda kerja dengan menggunakan udara panas paksa (hot-drier) hasil langkah (b);
- d. mengaustenisasi benda kerja dengan menggunakan koil tembaga pemanas induksi;
- 15 e. mencelupkan benda kerja ke dalam bak larutan garam cair pada suhu berbeda;
- f. membersihkan benda kerja hasil langkah (e) dengan larutan 5%HCl;
- 20 2. Suatu proses perlakuan austemper baja AISI 4140 sesuai klaim 1, dimana proses austemper baja AISI 4140 lebih disukai baja pada kondisi anil dengan komposisi kimia: 0.38-0.41C, 0.15-0.35Si, 0.75-1.0Mn, 0-0.35P, 0-0.2S, 0.8-1.10Cr, dan 0.15-0.25Mo (dalam % berat), proses membersihkan benda kerja pada langkah (a) lebih disukai selama 2 menit.
- 25 3. Suatu proses perlakuan austemper baja AISI 4140 sesuai klaim 1, dimana proses pembilasan pada langkah (b), lebih disukai selama 1 menit dalam bak penggetar ultrasonik.
4. Suatu proses perlakuan austemper baja AISI 4140 sesuai klaim 1, dimana proses homogenisasi fasa austenit dilakukan dengan menggunakan koil tembaga pemanas induksi pada langkah (d) dengan pembangkit panas melalui koil tembaga dengan frekuensi tinggi lebih disukai selama 10 menit.
- 30 5. Suatu proses perlakuan austemper baja AISI 4140 sesuai klaim 1, dimana proses pencelupan benda kerja ke dalam bak larutan garam pada langkah (e) lebih disukai komposisi campuran garam 50%KNO<sub>3</sub>
- 35

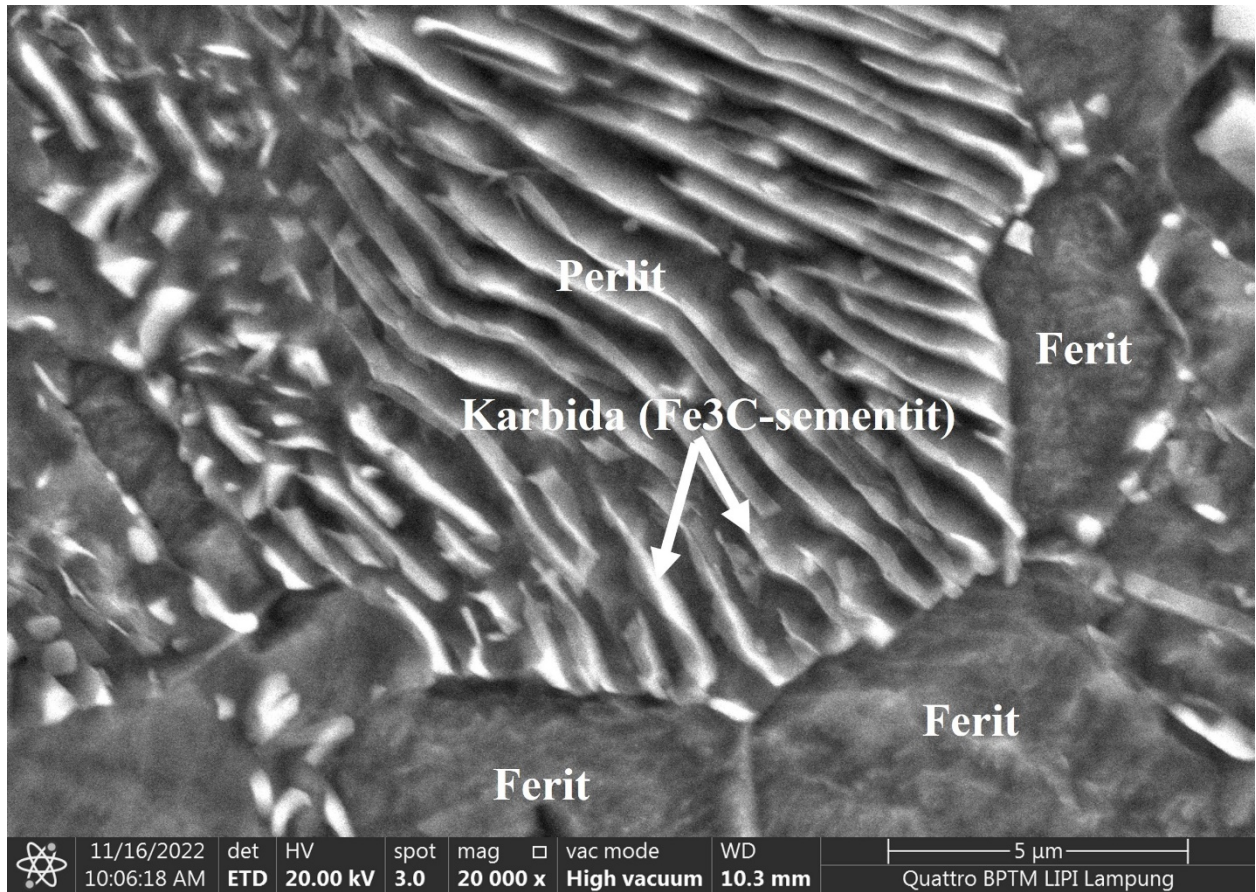
+50%NaNO<sub>3</sub> dengan perbandingan berat (kg) dan suhu larutan garam kondisi cair dan homogen lebih disukai bervariasi 312 °C, 362 °C dan 412 °C dengan lama pencelupan sekitar 1 jam

- 5 6. Suatu proses perlakuan austemper baja AISI 4140 sesuai klaim 1, pembersihan dilakukan pada langkah (f) lebih disukai menggunakan larutan 5%HCl selama 1 menit dan kemudian dibilas dengan larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> lebih disukai selama 1 menit.

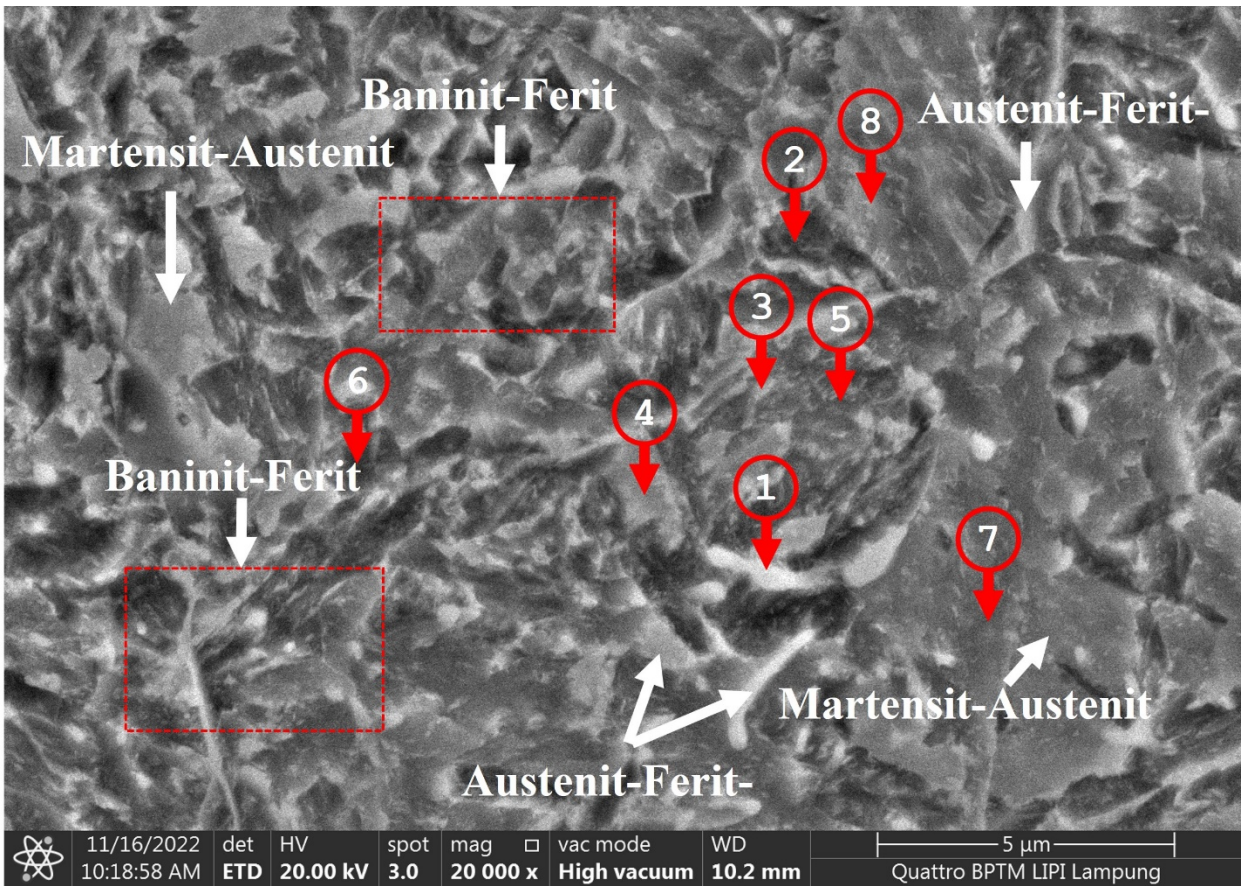
AbstrakPROSES AUSTEMPERING BAJA AISI 4140 UNTUK MENINGKATKAN KEKUATAN  
TARIK DAN KETAHANAN PERAMBATAN RETAK FATIK

5

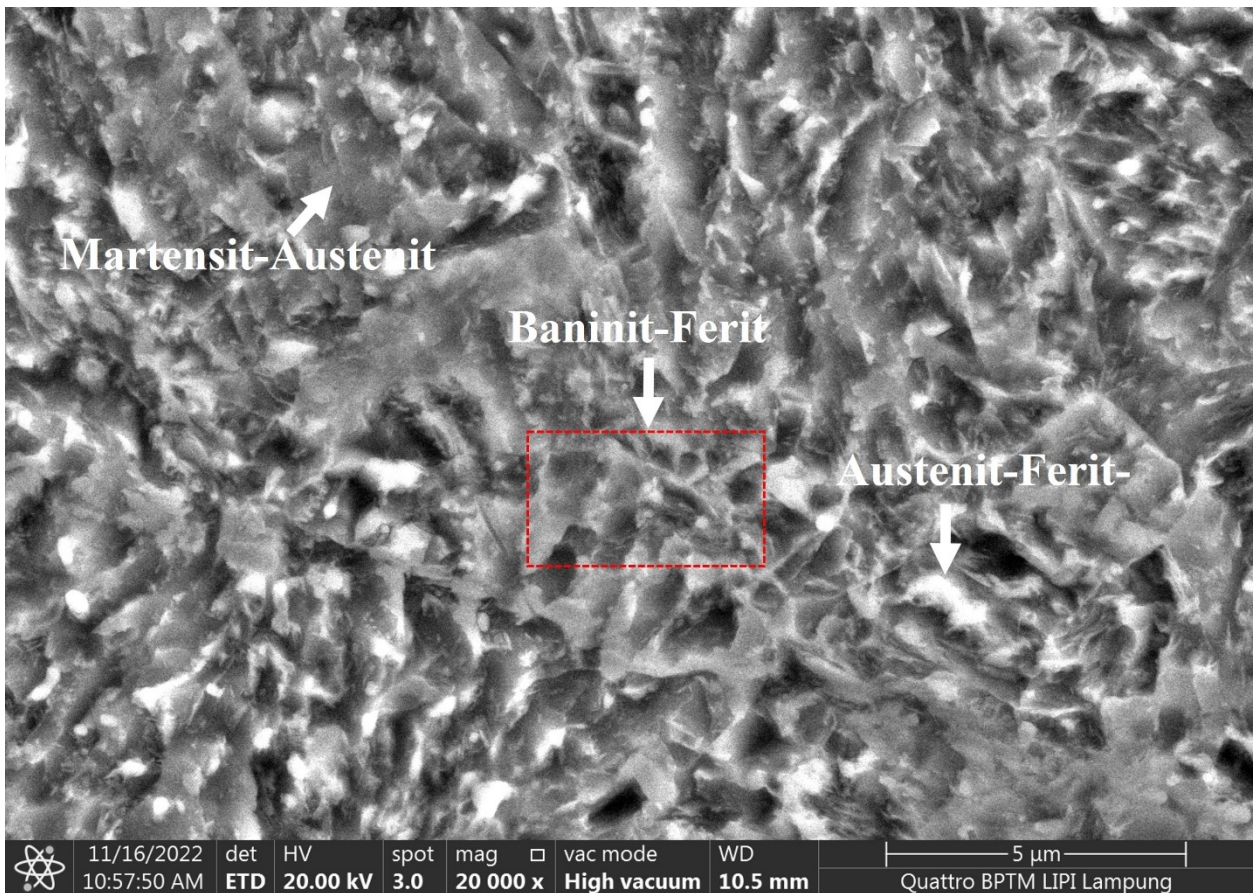
Invensi ini menyediakan proses austemper baja AISI 4140 kondisi anil. Proses austenisasi menggunakan sistem pemanas induksi selama 10 menit dan proses austemper menggunakan larutan campuran garam 50%KNO<sub>3</sub>+50%NaNO<sub>3</sub> dengan variasi suhu larutan garam 312 °C, 10 362 °C dan 412 °C selama 1 jam. Kekuatan luluh ( $\sigma_y$ ) baja AISI 4140 kondisi suhu austemper 312 °C meningkat paling tinggi 141% dibandingkan baja AISI 4140 suhu austemper 362 °C (97%) dan suhu austemper 412 °C (67%) dan kekuatan tarik maksimum ( $\sigma_{ult}$ ) baja AISI 15 4140 suhu austemper 312 °C meningkat paling tinggi 92% dibandingkan baja AISI 4140 suhu austemper 362 °C (55%) dan suhu austemper 412 °C (34%). Modulus elastis ( $E$ ) baja AISI 4140 kondisi austemper turun 2% dan nilai elongasi ( $e$ ) turun signifikan seiring suhu larutan garam diturunkan dari 412-312 °C. Ketahanan perambatan retak fatik baja AISI 4140 kondisi austemper meningkat. 20 Peningkatan ketahanan perambatan retak yang lebih tinggi pada proses austemper suhu 362 °C dengan jumlah total siklus patah 323295 siklus, diikuti baja kondisi austemper suhu 312 °C; 192972 siklus dan baja kondisi suhu austemper 412 °C; 174366 siklus. Selanjutnya, Laju perambatan retak fatik baja kondisi suhu 25 austemper 362 °C menghasilkan nilai konstanta  $C$  lebih rendah besar dua order dibandingkan baja kondisi austemper suhu 312 °C dan 412 °C.



Gambar 1.

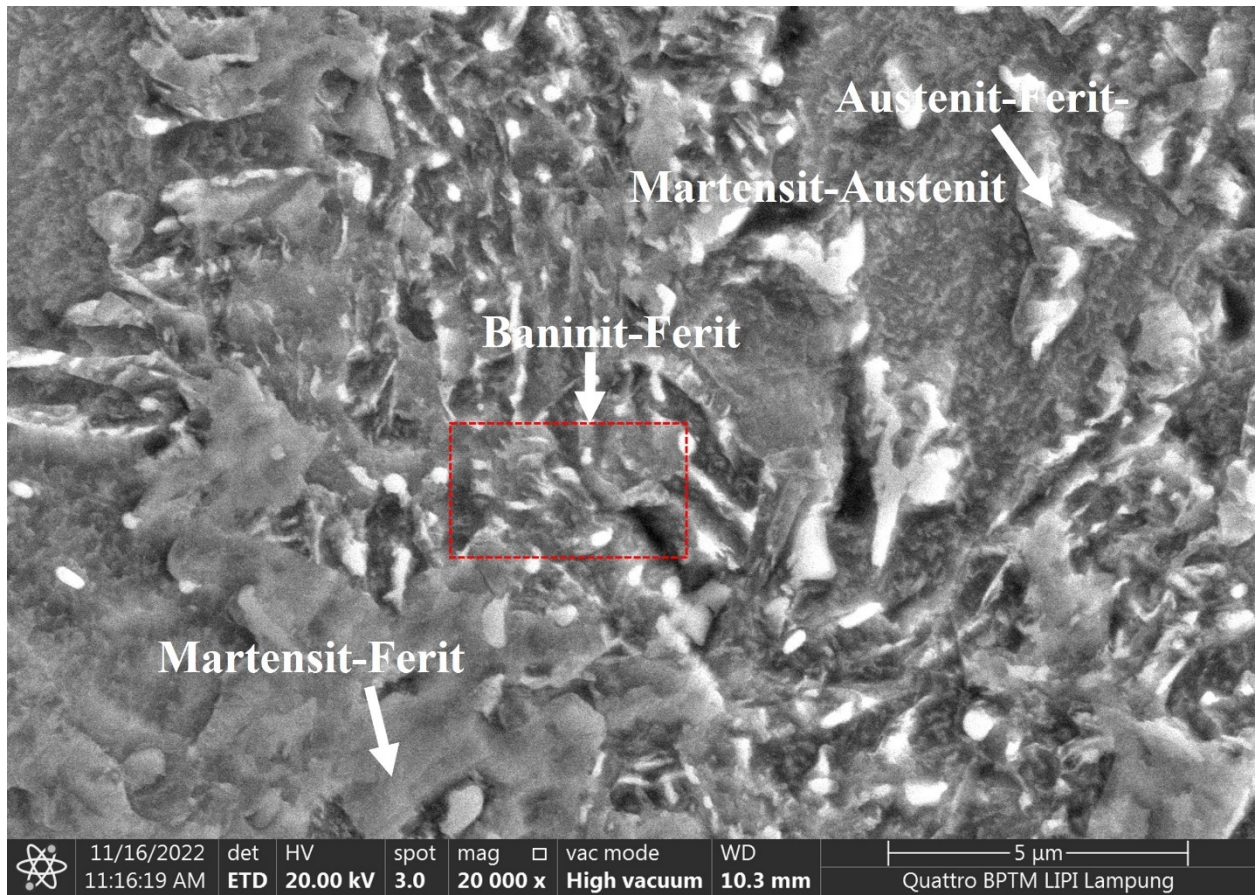


Gambar 2.

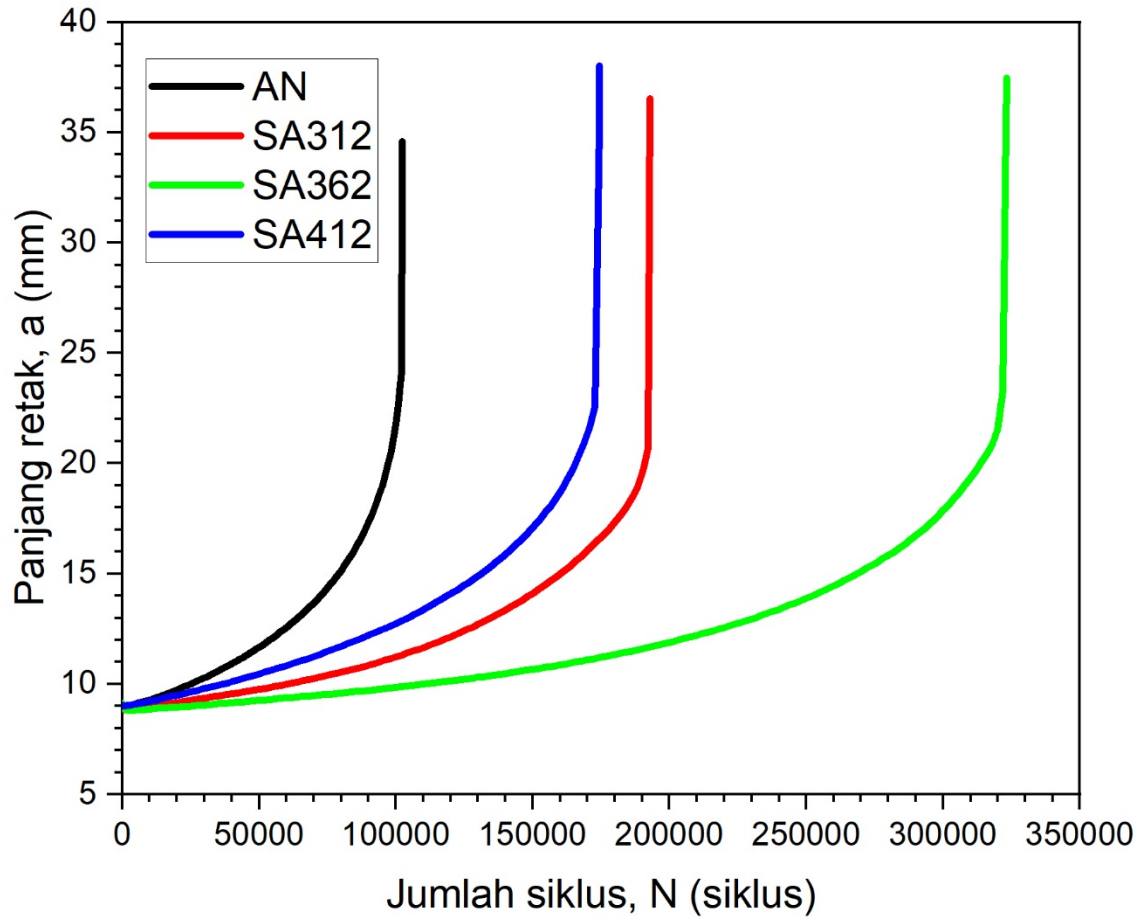


Gambar 3.

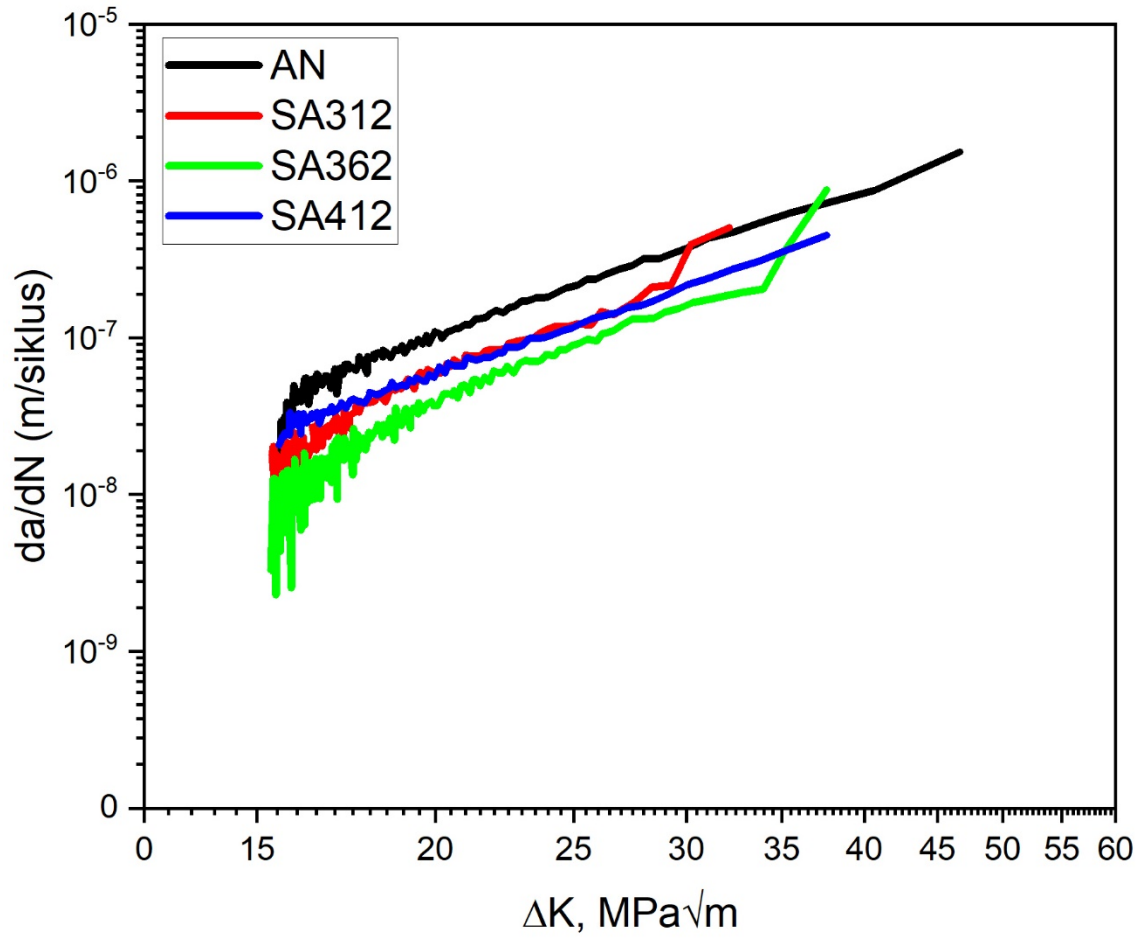




Gambar 4.



Gambar 5.



Gambar 6.