SEMINAR NASIONAL HASIL PENELITIAN DAN PENGABDIAN 2026
UNIVERSITAS LAMPUNG

REKAYASA MIKROSTRUKTUR MULTI-FASA BAJA AISI 440C MELALUI PERLAKUAN SUBZERO-TEMPERING DUA TAHAP: OPTIMASI SIMULTAN KEKERASAN, KETANGGUHAN, DAN KETAHANAN RETAK FATIK

Sugiyanto[1], M. Badaruddin[1], A. Lubis[1], Martinus[1], Sudarisman[2], Fajar Nurjaman[3]

[1]Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, 35145
[2]Pusat Riset Teknologi Mineral, Organisasi Riset Nanoteknologi dan Material, BRIN, Tajung Bintang 35361, Lampung Selatan
[3]Jurusan Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (UMY), Bantul, D.I. Yogyakarta 55183

PENDAHULUAN

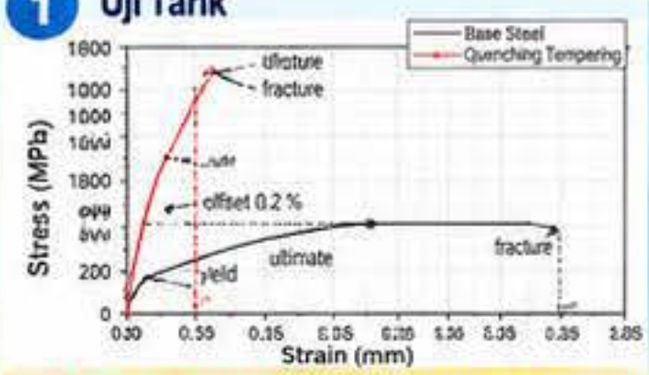
- **Latar Belakang**
  Baja AISI 440C memiliki kekerasan dan ketahanan aus tinggi, tetapi ketahanan retak fattik masih terbatas. Rekayasa mikrostruktur melalui subzero quenching dan double-stage tempering (SQT) diperlukan untuk mengendalikan martensit, retained austenite, dan presipitasi karbida.
- **Masalah**
  Perlakuan panas konvensional dapat menghasilkan retained austenite yang tidak merata, l sehingga kekuatan, ketangguhan, dan ketahanan retak fatik belum optimal untuk aplikasi pisau pemotong tebu.
- **Tujuan**
  Menentukan parameter SQT optimum untuk menghasilkan mikrostruktur multifasa baja AISI 440C dengan kombinasi kekerasan, kekuatan, ketangguhan, dan ketahanan retak fatik yang optimal serta menyusun protokol perlakuan panas tervalidasi TKT 4.

METODOLOGI



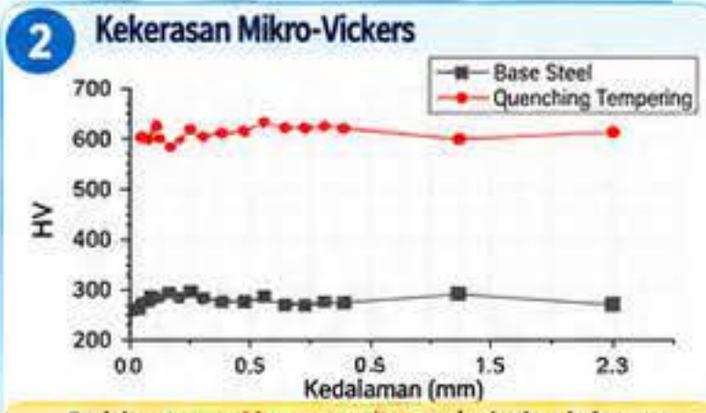
HASIL PENELITIAN

1 Uji Tarik



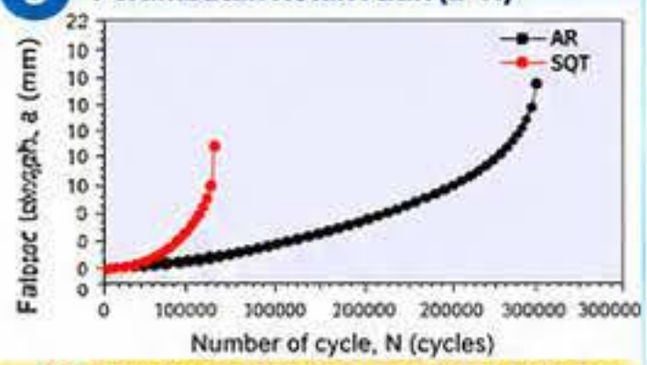
Quenching-tempering meningkatkan kekuatan tarik secara signifikan dibanding base steel.

2 Kekerasan Mikro-Vickers



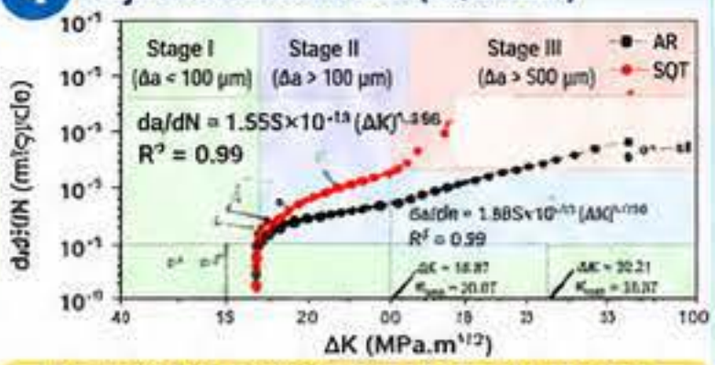
Perlakuan quenching-tempering meningkatkan kekerasan secara signifikan dan relatif stabil terhadap kedalaman.

3 Perambatan Retak Fatik (a–N)



SQT menunjukkan perambatan retak yang lebih cepat dan umur fatik lebih rendah pada kondisi pengujian ini.

4 Laju Perambatan Retak (da/dN–ΔK)



Parameter Paris menunjukkan perbedaan karakteristik pada kondisi SQT dibandra AR dan SQT.

Mikrostruktur & Fasa



Mikrostruktur dan fasa menunjukkan presipitasi karbida $M_{23}C_6$ dan M_3C_2 serta peningkatan martensit pada kondisi SQT dibanding AR.

PEMBAHASAN

01 UJI TARIK

Perlakuan SQT meningkatkan kekuatan tarik secara signifikan hingga sekitar 1.700 MPa, dibandingkan *base steel* sekitar 700 MPa, dengan regangan patah yang lebih rendah.

02 KEKERASAN

Perlakuan SQT menghasilkan kekerasan lebih tinggi dan relatif stabil terhadap kedalaman, yaitu sekitar 590–650 HV, dibandingkan *base steel* sekitar 230–270 HV.

03 PERAMBATAN RETAK FATIK (a–N)

SQT memiliki umur fatik lebih pendek, dengan panjang retak sekitar 13,3 mm pada ~70.000 siklus, sedangkan *base steel* mencapai ~18,5 mm pada ~260.000 siklus.

04 da/dN – ΔK

Parameter Paris SQT ($m = 5{,}486$; $C = 1{,}555 \times 10^{-14}$) lebih tinggi dibandingkan *base steel* ($m = 4{,}110$; $C = 1{,}985 \times 10^{-13}$), menunjukkan karakteristik pertumbuhan retak yang berbeda dengan sensitivitas lebih tinggi.

05 MIKROSTRUKTUR (SEM-EDS dan XRD)

Perlakuan SQT menghasilkan presipitasi karbida ($M_{23}C6$ dan $M7C_3$) yang lebih halus dan homogen serta peningkatan fasa α'-Fe (martensit), dibandingkan *base steel*, berdasarkan hasil analisis SEM-EDS dan XRD.

06 IMPLIKASI DAN REKOMENDASI

SQT memberikan peningkatan kekuatan dan kekerasan yang signifikan, namun ketahanan retak fatik lebih rendah. Optimasi parameter SQT dan pengendalian mikrostruktur diperlukan untuk keseimbangan sifat mekanik dan ketahanan retak fatik.

KESIMPULAN

1. Perlakuan SQT meningkatkan kekuatan tarik secara signifikan hingga sekitar 1.700 MPa, dibandingkan *base steel* sekitar 700 MPa, dengan regangan patah yang lebih rendah.
2. Perlakuan SQT menghasilkan kekerasan lebih tinggi dan relatif stabil terhadap kedalaman, yaitu sekitar 590–650 HV, dibandingkan *base steel* sekitar 230–270 HV.
3. SQT menunjukkan umur fatik lebih pendek dan laju perambatan retak lebih cepat, dengan panjang retak sekitar 13,3 mm pada ~70.000 siklus, sedangkan *base steel* mencapai ~18,5 mm pada ~260.000 siklus.
4. Parameter Paris SQT ($m = 5{,}486$; $C = 1{,}555 \times 10^{-14}$) lebih tinggi daripada *base steel* ($m = 4{,}110$; $C = 1{,}985 \times 10^{-13}$), menunjukkan karakteristik pertumbuhan retak yang berbeda.

REFERENSI

1. Sugiyanto, dkk (Agustus 2026). *Laporan Kemajuan penelitian Guru Besar UNILA 2026.*
2. Sugiyanto dkk, (Oktober 2026). *Laporan Akhir penelitian Guru Besar UNILA 2026.*

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung oleh Universitas Lampung melalui skema Penelitian Guru Besar Tahun 2026. Terima kasih atas dukungan pendanaan yang diberikan berdasarkan Surat Perjanjian (kontrak) Pelaksanaan Kegiatan Penelitian Guru Besar No. 1959/UN26.21/PN/2026 tanggal 01 Juli 2026.