

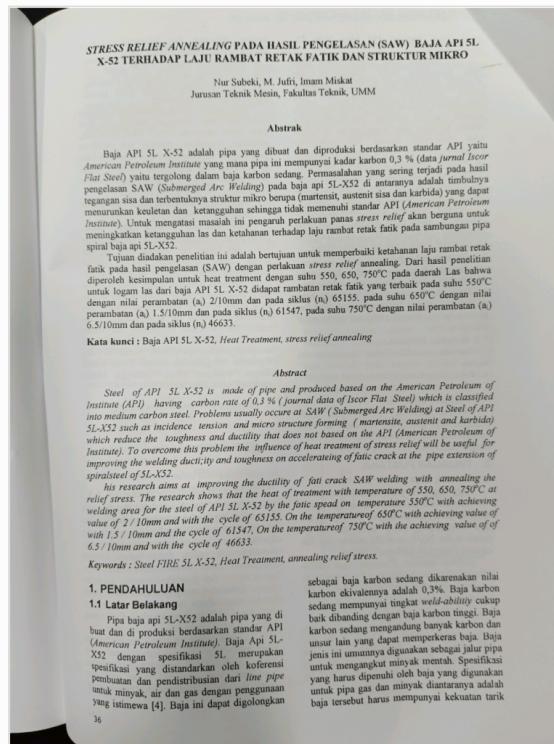


Digital Receipt

This receipt acknowledges that Turnitin received your paper. Below you will find the receipt information regarding your submission.

The first page of your submissions is displayed below.

Submission author: Turnitin Instructor
Assignment title: Similarity Jurnal
Submission title: Stress Relief Annealing pada Hasil Pengelasan (SAW) Baja A...
File name: at_-_Baja_API_5L_X-52_Heat_Treatment_stress_relief_anneali...
File size: 8.43M
Page count: 8
Word count: 0
Character count: 0
Submission date: 07-Dec-2023 11:52PM (UTC+0700)
Submission ID: 2185233417



Stress Relief Annealing pada Hasil Pengelasan (SAW) Baja API 5L X-52 terhadap Laju Rambatan Retak Fatik dan Struktur Mikro

by Turnitin Instructor

Submission date: 07-Dec-2023 11:52PM (UTC+0700)

Submission ID: 2185233417

File name: at_-_Baja_APL_5L_X-52_Heat_Treatment_stress_relief_annealing.pdf (8.43M)

Word count: 0

STRESS RELIEF ANNEALING PADA HASIL PENGELASAN (SAW) BAJA API 5L X-52 TERHADAP LAJU RAMBAT RETAK FATIK DAN STRUKTUR MIKRO

Nur Subeki, M. Jufri, Imam Miskat
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, UMM

Abstrak

Baja API 5L X-52 adalah pipa yang dibuat dan diproduksi berdasarkan standar API yaitu *American Petroleum Institute* yang mana pipa ini mempunyai kadar karbon 0,3 % (data *jurnal Iscor Flat Steel*) yaitu tergolong dalam baja karbon sedang. Permasalahan yang sering terjadi pada hasil pengelasan SAW (*Submerged Arc Welding*) pada baja api 5L-X52 di antaranya adalah timbulnya tegangan sisa dan terbentuknya struktur mikro berupa (martensit, austenit sisa dan karbida) yang dapat menurunkan keuletan dan ketangguhan sehingga tidak memenuhi standar API (*American Petroleum Institute*). Untuk mengatasi masalah ini pengaruh perlakuan panas *stress relief* akan berguna untuk meningkatkan ketangguhan las dan ketahanan terhadap laju rambat retak fatik pada sambungan pipa spiral baja api 5L-X52.

Tujuan diadakan penelitian ini adalah bertujuan untuk memperbaiki ketahanan laju rambat retak fatik pada hasil pengelasan (SAW) dengan perlakuan *stress relief annealing*. Dari hasil penelitian diperoleh kesimpulan untuk heat treatment dengan suhu 550, 650, 750°C pada daerah Las bahwa untuk logam las dari baja API 5L X-52 didapat rambatan retak fatik yang terbaik pada suhu 550°C dengan nilai perambatan (a_i) 2/10mm dan pada siklus (n_i) 65155. pada suhu 650°C dengan nilai perambatan (a_i) 1.5/10mm dan pada siklus (n_i) 61547, pada suhu 750°C dengan nilai perambatan (a_i) 6.5/10mm dan pada siklus (n_i) 46633.

Kata kunci : Baja API 5L X-52, *Heat Treatment, stress relief annealing*

Abstract

Steel of API 5L X-52 is made of pipe and produced based on the American Petroleum of Institute (API) having carbon rate of 0,3 % (journal data of Iscor Flat Steel) which is classified into medium carbon steel. Problems usually occur at SAW (Submerged Arc Welding) at Steel of API 5L-X52 such as incidence tension and micro structure forming (martensite, austenit and karbida) which reduce the toughness and ductility that does not based on the API (American Petroleum of Institute). To overcome this problem the influence of heat treatment of stress relief will be useful for improving the welding ductility and toughness on accelerating of fatic crack at the pipe extension of spiralsteel of 5L-X52.

his research aims at improving the ductility of fatic crack SAW welding with annealing the relief stress. The research shows that the heat of treatment with temperature of 550, 650, 750°C at welding area for the steel of API 5L X-52 by the fatic speed on temperature 550°C with achieving value of 2 / 10mm and with the cycle of 65155. On the temperature of 650°C with achieving value of with 1.5 / 10mm and the cycle of 61547, On the temperature of 750°C with the achieving value of of 6.5 / 10mm and with the cycle of 46633.

Keywords : *Steel FIRE 5L X-52, Heat Treatment, annealing relief stress.*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pipa baja api 5L-X52 adalah pipa yang di buat dan di produksi berdasarkan standar API (*American Petroleum Institute*). Baja Api 5L-X52 dengan spesifikasi 5L merupakan spesifikasi yang distandarkan oleh koferensi pembuatan dan pendistribusian dari *line pipe* untuk minyak, air dan gas dengan penggunaan yang istimewa [4]. Baja ini dapat digolongkan

sebagai baja karbon sedang dikarenakan nilai karbon ekivalennya adalah 0,3%. Baja karbon sedang mempunyai tingkat *weld-ability* cukup baik dibanding dengan baja karbon tinggi. Baja karbon sedang mengandung banyak karbon dan unsur lain yang dapat memperkeras baja. Baja jenis ini umumnya digunakan sebagai jalur pipa untuk mengangkut minyak mentah. Spesifikasi yang harus dipenuhi oleh baja yang digunakan untuk pipa gas dan minyak diantaranya adalah baja tersebut harus mempunyai kekuatan tarik

yang tinggi minimal 455 Mpa (data PT. Krakatau steel).

Permasalahan yang sering terjadi pada hasil pengelasan SAW (Submerged Arc Welding) pada baja api 5L-X52 di antaranya adalah timbulnya tegangan sisa dan terbentuknya struktur mikro berupa (martensit, austenit sisa dan karbida) yang dapat menurunkan keuletan atau ketangguhan sehingga tidak memenuhi standar API (American Petroleum Institute). Untuk mengatasi masalah ini pengaruh perlakuan panas *stress relief* akan berguna untuk meningkatkan ketangguhan las dan ketahanan terhadap laju rambat retak fatik pada sambungan pipa spiral baja api 5L-X52.

Melihat fenomena diatas maka diperlukan penelitian : "Stress relief Annealing pada Hasil Pengelasan (SAW) Baja API 5L-X52 Terhadap Laju Rambat Retak Fatik dan Stuktur Mikro".

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang diangkat oleh penulis berdasarkan dari permasalahan dan latar belakang adalah memperbaiki ketahanan hasil las (SAW) terhadap laju rambat retak fatik dan struktur mikro dengan perlakuan *stress relief annealing*.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bahan pengelasan adalah baja api 5L-X52
2. Uji mekanik bahan terbatas pada uji fatik.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun penelitian ini bertujuan untuk memperbaiki ketahanan terhadap uji laju rambat retak fatik pada hasil pengelasan (SAW) dengan perlakuan *stress relief annealing*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Baja

Baja dapat didefinisikan suatu campuran dari besi dan karbon, dimana unsur karbon (C) menjadi dasar campurannya. Disamping itu, juga mengandung unsur campuran lainnya seperti sulfur (S), Fospor (P), silikon (Si) dan mangan (Mg) yang jumlahnya dibatasi.

Definisi menurut Eunorom, baja adalah sebuah paduan dari besi karbon dan unsur-unsur lain, dimana kadar karbonnya jarang melebihi 2% [1].

2.2 Baja Karbon dan Baja Paduan

2.2.1 Definisi baja karbon

Baja karbon adalah paduan antara besi dan karbon dengan sedikit Si, Mn, P, S dan Cu. Sifat karbon sangat tergantung pada kadar karbon yang dikandung baja tersebut. Baja karbon dapat diklasifikasikan berdasarkan kadar

karbon, kekuatan dan kekerasannya. Baja karbon terdiri atas tiga macam, yaitu :

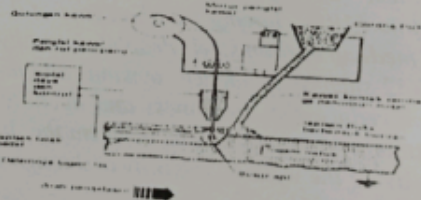
- a. Baja karbon rendah (<0,3%)
- b. Baja karbon sedang (0,3%-0,6%)
- c. Baja karbon tinggi (0,6%-1,5%)

2.2.2 Definisi Baja Paduan

Baja paduan dapat didefinisikan sebagai suatu baja yang dicampur dengan satu atau lebih unsur campuran seperti nikel, kromium, molibden, vanadium, mangan dan wolfram yang berguna untuk memperoleh sifat-sifat baja yang dikehendaki (keras, kuat dan liat), tetapi unsur karbon tidak dianggap salah satu unsur campuran.

2.3 Pengertian dan dasar-dasar las busur redam

Submerged Arc Welding (SAW) merupakan proses pengelasan otomatis dimana busur listrik dan logam cair tertutup oleh lapisan serbuk fluks, sedangkan kawat pengisi diumpankan secara kontinyu dengan kondisi busur listriknya terendam dalam fluks. Karena panas yang hilang dalam bentuk radiasi sangat kecil maka efisiensi perpindahan panas dari elektroda ke logam las sangat tinggi yaitu sekitar 90 %. Pada pengelasan ini busur listriknya tidak kelihatan, maka sangat sulit mengatur jatuhnya ujung busur. Mesin las yang digunakan menggunakan sumber listrik searah dengan tegangan tetap, sehingga dapat mengontrol masukan panas [7].



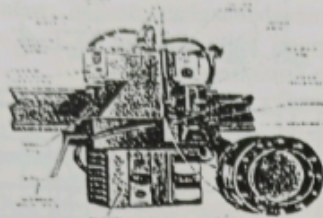
Gambar 1. Mesin las busur redam

Submerged Arc Welding (SAW) istilahkan juga sebagai pengelasan busur redam. Dalam proses ini busur listrik dan proses suplay logam las dari kawat las berlangsung dalam keadaan tertutupi oleh serbuk fluks. Selama proses pengelasan busur listrik selain mencairkan ujung kawat las juga ikut mencair sebagian logam induk dan sebagian serbuk fluks. Oleh karena itu selama pembekuan logam las terlindungi oleh terak dan serbuk fluks yang tersisa.

Selain itu untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dapat digunakan proses perlakuan panas jenis *Stress Relieving Annealing* (perlakuan panas pasca las). Proses perlakuan panas jenis ini digunakan untuk mengurangi

tegangan sisa yang terjadi akibat proses pengelasan [7].

Mesin las otomatis ditunjukkan pada gambar 1 pada jenis ini kepala las dibawa oleh kereta yang berjalan melalui rel penumpu sepanjang garis las. Fluks yang di umpankan melalui pipa penyalur dari penampang yang juga terletak diatas kereta.



Gambar 2. Typical submerged arc welding head for fully automatic welding [5].

2.4 Struktur Mikro Las dan daerah HAZ (Heat Affected Zone)

Struktur, kekerasan dan berlangsungnya transformasi dari daerah HAZ dapat dibaca dengan segera pada diagram transformasi pendinginan berlanjut atau bias disebut dengan diagram CCT. Diagram semacam ini dapat digunakan untuk membahas pengaruh struktur terhadap retak luas, keuletan dan sebagainya, yang kemudian dapat dipakai untuk menentukan prosedur dan tata cara pengelasan.



Gambar 3. Struktur mikro hasil pengelasan [3].

2.5 Perlakuan panas (Heat Treatment)

Proses perlakuan panas (*heat treatment*) didefinisikan sebagai proses perubahan sifat mekanik material/logam dengan cara mengubah struktur mikro melalui pengaturan pemanasan dan laju pendinginan. Adanya pemanasan dan pendinginan produk lasan merupakan indikasi bahwa proses pengelasan sebenarnya terjadi proses perlakuan panas. Perubahan struktur mikro di HAZ adalah satu contoh produk perlakuan panas pengelasan. Untuk memprediksi dan menganalisis perubahan struktur mikro yang terjadi di HAZ dapat digunakan diagram CCT [7].

Secara umum proses perlakuan panas (*heat treatment*) dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. *Stress relief Annealing*.

Pengaruh perlakuan panas *stress relief* pada baja paduan rendah telah dilakukan oleh Billy dkk, (1980). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada logam las yang tidak mengalami perlakuan *stress relief* terdapat lapisan karbida yang getas sehingga menurunkan nilai ketangguhan sedangkan yang mengalami perlakuan *stress relief* menyebabkan karbida larut dan meningkatkan ketangguhan las.

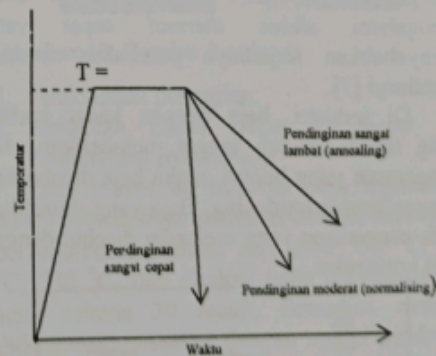
2. *Annealing*

Proses ini bertujuan melunakkan baja sehingga lebih mudah dikerjakan dengan mesin dalam keadaan dingin, menghaluskan kristal dan melenyapkan tegangan-tegangan. Pada proses ini baja dipanaskan lambat-lambat dibawah temperatur penyaluran, diteruskan dengan mendinginkan lambat-lambat terutama dengan dapur khusus pada panas ini, atau dengan cara membenamkan benda-benda kerja tersebut kedalam bubuk kapur, debu, pasir halus, atau bahan-bahan lain yang dapat memperlambat proses pendinginan.

3. *Normalizing*

Normalizing adalah semacam pelunakan (*annealing*) dengan waktu yang lebih cepat. Baja dipanaskan sekitar 40°C dibawah temperatur kritisnya ditahan sebentar pada temperatur ini dimaksudkan untuk membuat baja kembali pada kondisi normal sehabis ditempa atau sehabis mengalami proses perlakuan panas yang salah.

Proses ini dapat juga dikatakan proses dengan laju pendinginan moderat (ada diantara laju pendinginan lambat dan cepat) dimana menghasilkan butiran yang halus [5].

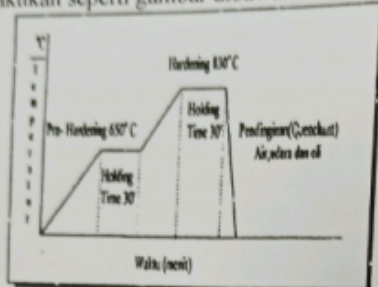


Gambar 4. Perbedaan laju pendinginan *annealing*, *normalizing* dan *quenching* [5]

4. *Tempering*

Tempering adalah memanaskan kembali baja yang telah dikeraskan untuk menghilangkan tegangan dalam dan mengurangi kekerasan. Pemanasannya dibawah temperatur kritis bawah (723 °C) serta membiarkannya

beberapa saat dan didinginkan kembali keudara luar, tujuannya adalah untuk mengembalikan sebagian keuletan dan ketangguhan meskipun dengan mengorbankan sebagian kekerasan yang telah dicapai [5]. Siklus perlakuan panas yang dilakukan seperti gambar dibawah ini:



Gambar 5. Siklus perlakuan panas

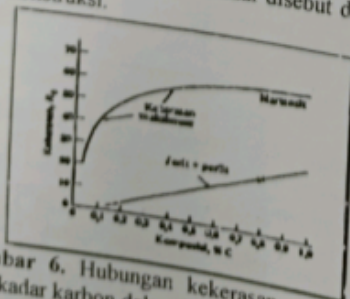
5. Hardening

Proses hardening adalah pemanasan pada tempratur 900-1100°C dilanjutkan dengan pendinginan secara cepat dengan mencelupkan kedalam media pendingin (*quenchant*). Digunakan untuk merubah struktur baja sedemikian rupa hingga diperoleh struktur martensit yang keras

2.5.1 Pengaruh perlakuan panas (*Heat Treatment*)

Logam yang diberi perlakuan *heat treatment* akan menimbulkan perubahan struktur mikro dan sifat-sifat mekanik logam itu sendiri, serta perbedaan tegangan didalam bagian-bagian logam material. Secara alami hal-hal itu dapat menimbulkan perbedaan potensial antara bagian-bagian tersebut. Akibat dari proses tersebut daerah logam yang mengalami perlakuan *heat treatment* akan mengalami siklus *thermal* cepat yang menyebabkan terjadinya perubahan struktur metalurgi [7].

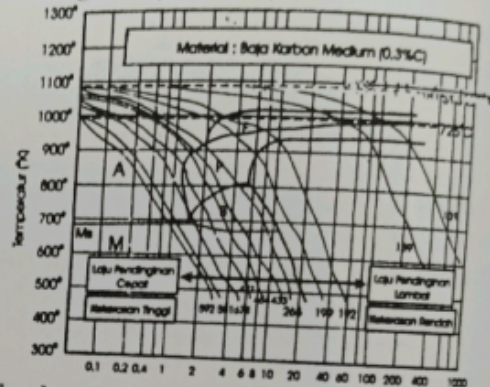
Di industri, baja dengan kadar karbon yang terlalu rendah sangat memberikan efek pengerasan yang berarti, maka baja dipanaskan dengan proses hardening. Baja yang dihasilkan efek pengerasan yang memadai disebut dengan baja konstruksi.



Gambar 6. Hubungan kekerasan maksimum dan kadar karbon dalam baja karbon

2.5.2 Kecepatan pendinginan

Pada umumnya struktur mikro pada baja tergantung dari kecepatan pendinginannya dari suhu daerah austenit sampai kesuhu kamar. Karena perubahan struktur ini maka dengan sendirinya sifat mekanis yang dimiliki oleh material akan berubah. Hubungan antara kecepatan pendinginan dan struktur mikro yang terbentuk biasanya digambarkan dalam diagram yang menghubungkan dengan waktu, suhu transformasi yaitu diagram CCT (*Continuous Cooling Transformation*).



Gambar 7. Diagram CCT untuk baja karbon medium (0,30%C) [5].

Diagram CCT merupakan diagram temperatur (T) vs Waktu (t) yang bermanfaat untuk memprediksi struktur mikro dan harga kekerasan dibawah laju pendinginan tertentu [5]

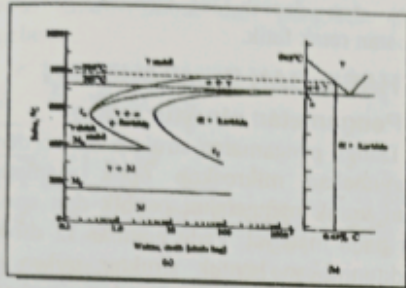
Stuktur mikro pada logam las dan HAZ juga dipengaruhi oleh kecepatan pendinginan. Hal ini disebabkan karena proses pembekuan logam cair (*solidification*) dan transformasi fasa sangat sensitif terhadap kecepatan pendinginan. Sebagai contoh kecepatan pendinginan pada baja akan menyebabkan terbentuknya struktur mikro berupa martensit yang keras dan getas

Kecepatan pendinginan yang dialami suatu benda kerja juga tergantung pada media pendingin yang digunakan untuk mendinginkan benda tersebut. Adapun beberapa media pendinginan yang sering digunakan, antara lain: Air, Udara, Minyak (*oil*), Garam cair (*fluxed*)

2.5.3 Diagram TTT (*Time Temperature Transformation*)

Pada perlakuan panas terhadap baja melibatkan penggunaan bermacam-macam kecepatan pendinginan, meskipun pengaruh waktu tidak terlihat jelas pada diagram besi transformasi demikian studi fenomena transformasi menjadi penting pada fase dicatat dengan adanya perubahan waktu dan tempratur. Hal ini disajikan dengan diagram transformasi...

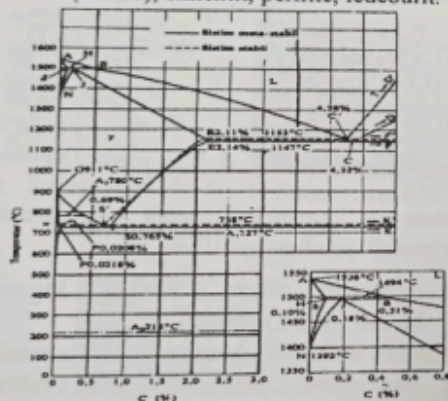
disebut kurva TTT (waktu - temprature - transformasi) atau juga disebut kurva S, sesuai bentuk garisnya.



Gambar 8. Diagram TTT (Time Temperature Transformation)

2.5.4 Diagram keseimbangan fasa Fe - Fe₃C

Diagram keseimbangan besi karbon adalah suatu diagram keseimbangan antara besi dan karbon yang bersenyawa menjadi Fe₃C. Pada diagram keseimbangan antara besi karbida terdapat fasa-fasa yang berbeda tergantung pada tempratur dan kadar karbon yang ada. Hal ini dapat dilihat pada Gbr. 7 dimana dapat dilihat fasa-fasa ferrit (Fe-α), austenit (Fe-γ), besi delta (Fe - δ), simentit, perlitte, ledeburit.



Gambar 9. Diagram keseimbangan Fe-Fe₃C [6].

2.6 Pengujian rambatan retak fatik

Telah banyak dilakukan penelitian untuk menentukan perambatan retakan fatik. Hubungan-hubungan perambatan retakan yang dapat dipercaya memungkinkan pelaksanaan falsafah rancangan aman-tidak aman. Diakui bahwa retak pada kontruksi mesin tidak mungkin dihindarkan, bertujuan menentukan beban panjang ratak yang aman untuk menghindari kegagalan.

Laju rambatan retak fatik pada sambungan las busur rendam telah dipelajari oleh beberapa peneliti. Suharto (2004), telah meneliti masukan panas terhadap sambungan las busur rendam pada pengelasan baja SM 490, hasil penelitian menunjukkan bahwa masukan panas 2 kJ/mm memberikan ketahanan laju rambat retak yang

baik, sedangkan moechamad noer ilman dkk (2005) hasil penelitiannya menunjukkan bahwa logam las yang diberi perlakuan *stress relief* pada suhu 600 °C memperlihatkan peningkatan ketahanan terhadap laju rambatan retak fatik yang paling rendah. Dan logam yang diberi periakuan *stress relief* pada suhu 500 °C dapat memperbaiki ketangguhan impak pada suhu rendah, ketangguhan impak dapat diperbaiki dengan *stress relief* pada suhu 400 °C.

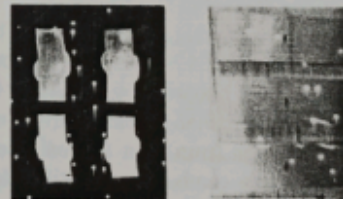
3. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen dan studi literatur. Yaitu pengujian, pengamatan dan penelitian langsung terhadap objek atau spesimen.

Tahap-tahap dalam pelaksanaan penelitian adalah sebagai berikut :

1. Pembuatan spesimen uji

Pembuatan spesimen dilakukan dengan cara memotong sebagian material baja dengan menggunakan alat pemotong gergaji tangan dalam hal ini pemotongan material tidak menggunakan las potong ataupun gerinda potong kerana untuk menghindari terjadinya rekristalisasi dan mengurangi distribusi panas yang berpengaruh terhadap perubahan struktur mikro pada material.



Gambar 10. Gambar benda uji

2. Pelaksanaan pengujian;

a. Perlakuan Panas (*Heat treatment*) dan Pendinginan (*annealing*)

Pada proses ini material baja dipanaskan dalam sebuah oven pemanas dengan suhu yang berbeda-beda, dimulai dari suhu 550 °C, 650 °C, 750 °C, dan ditahan pada masing-masing suhu selama 30 menit, kemudian material didinginkan perlahan dengan media pendingin udara.

b. Pemolesan atau penggosokan benda uji

Pada benda uji dilakukan penggosokan atau pemolesan, yaitu sample digosok dengan kertas gosok (ampelas) dengan tingkat kekerasan ampelas yang berbeda, dimulai dengan ampelas dengan ukuran yang paling kasar 150, 220, 320, 500, 1000 dan terakhir menggunakan ampelas yang paling halus 1500 sehingga mendapatkan permukaan yang halus, rata dan mengkilap.

c. Dietsa

Pengetsaan dilakukan dengan tujuan untuk menimbulkan struktur pada material baja setelah dipoles dan mendapatkan perlakuan heat treatment dengan tingkat suhu yang berbeda.

Adapun cairan yang digunakan dalam pengetsaan adalah asam nitrat (NHO3) dan alkohol 96%, dan perbandingan campuran cairan zat tersebut 50cc : 100cc (1:2). Setelah dietsa material kemudian dibersihkan kembali dengan menggunakan cairan alkohol dengan tujuan untuk menghilangkan sisa-sisa etsa yang menempel pada material.

d. Pengamatan struktur mikro

Pengamatan struktur mikro bertujuan untuk mengetahui perubahan struktur mikro pada baja yang mengalami perlakuan panas dan perlakuan dingin dengan media udara. Alat yang dipergunakan dalam pengujian ini adalah mikroskop optik, dengan mikroskop ini dapat dilihat ukuran dan bentuk butir serta distribusi dari berbagai macam fasa logam. Kemudian sample dilihat dengan menggunakan mikroskop, setelah mendapatkan sample yang bagus lalu dilakukan pemotretan pada daerah yang telah mengalami proses *heat treatment*, yang bertujuan untuk mengetahui perubahan struktur mikro pada baja setelah dan sebelum mengalami perlakuan panas.

e. Pengujian rambatan retak fatik.

Standar uji rambatan retak yang dipakai adalah ASTM E 647-95a dengan spesimen berupa rivet. ΔP beban yang besarnya $P_{maks} - P_{min}$, a adalah panjang retak fatik (mm), W panjang spesimen (mm) dan B tebal spesimen (mm). Pengujian rambat retak fatik dilakukan dengan menggunakan level tegangan sekitar 40% dari tegangan luluh, *stress ratio* $R = 0,3$ dan frekuensi sekitar 5-15 Hz.



W = 134 mm 2a = 10 mm
L = 50 mm 2an = 3 mm
B = 4 mm jarak sumbu = 67 mm

Gambar 11. Spesimen uji fatik

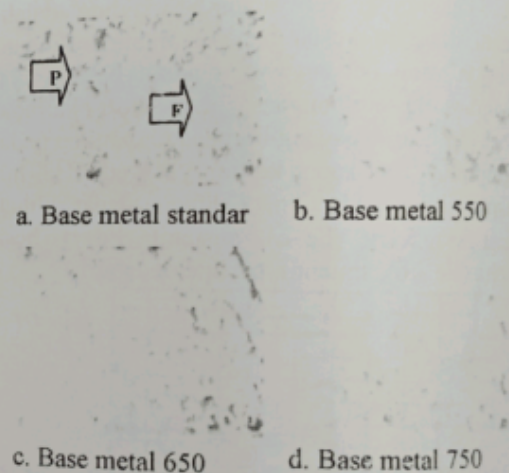
Data yang akan dianalisa diperoleh dari hasil pengujian rambatan retak fatik dan pengambilan foto mikrostruktur dari 4 spesimen uji yaitu logam yang tanpa perlakuan panas (spesimen pertama), *heat treatment* 550°C (spesimen kedua), *heat treatment* 650°C (spesimen ketiga), *heat treatment* 750°C (spesimen keempat). Masing-masing daerah

spesimen akan diambil pengujian untuk dilakukan foto mikrostruktur yaitu daerah logam induk (*base metal*), HAZ (*Heat Affected Zone*), dan daerah las dengan daerah uji rambatan retak fatik.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengamatan struktur mikro

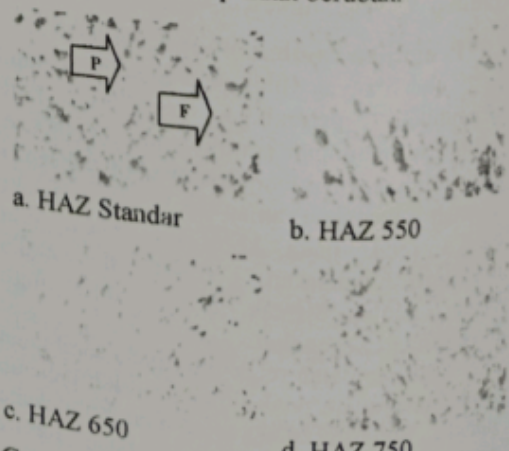
Dalam pengamatan struktur mikro dengan menggunakan mikroskop optik mempunyai tujuan untuk mengetahui bentuk dan susunan butir pada material. Pada gambar 12 dibawah ini ditunjukkan bentuk struktur mikro pada daerah *base metal*, berdasarkan perbedaan perlakuan heat treatment, pada gambar 13 pada daerah HAZ dan gambar 14 pada daerah las.



Gambar 12. Foto mikro daerah logam induk (*base metal*) pembesaran 100x

4.1.1 Struktur mikro daerah logam induk (*base metal*)

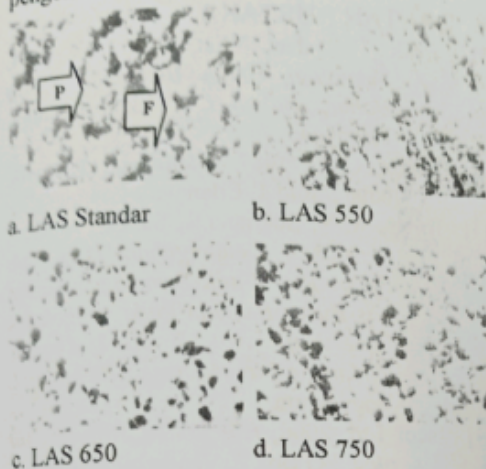
Daerah ini adalah daerah yang sama sekali tidak terpengaruh panas sehingga struktur mikro yang ada tetap tidak berubah.



Gambar 13. Foto mikro daerah HAZ pembesaran 100x

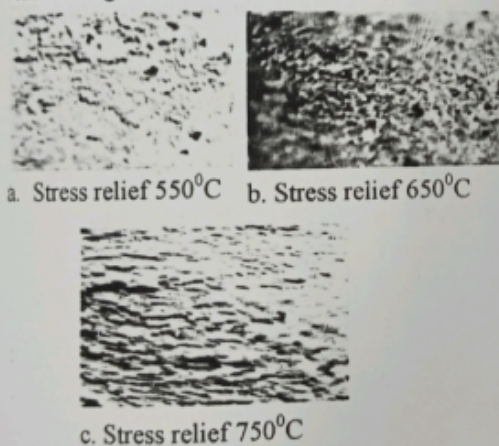
4.1.2 Struktur mikro daerah HAZ

Daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) adalah daerah logam induk yang mengalami perubahan struktur mikro akibat dari pengaruh panas pengelasan.



Gambar 13. Foto mikro daerah LAS pembesaran 100x

4.2 Pengamatan Foto Makro Uji Fatik



Gambar 14. Foto makro perputahan daerah LAS

4.4. Pengamatan Uji laju rambat retak fatik

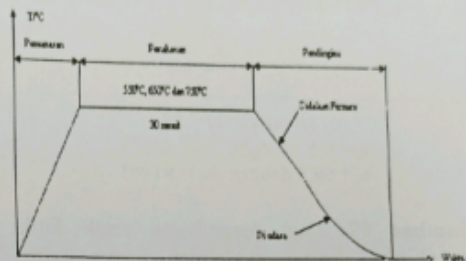


Gambar 15. uji rambat retak fatik

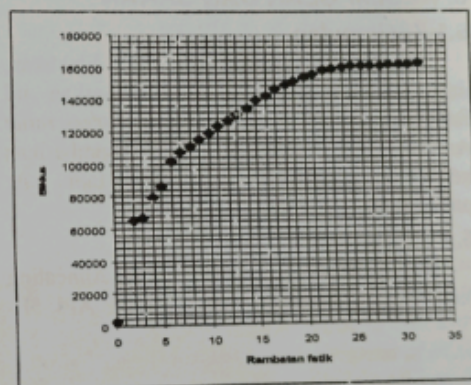
Hasil uji laju rambat retak fatik dari ke Tiga jenis pengujian terlihat pada Gbr.17, dimana

nilai awal perambatan retak fatik hingga terjadi perputahan. Maka didapat nilai perambatan retak fatik (a), dan siklusnya(n).

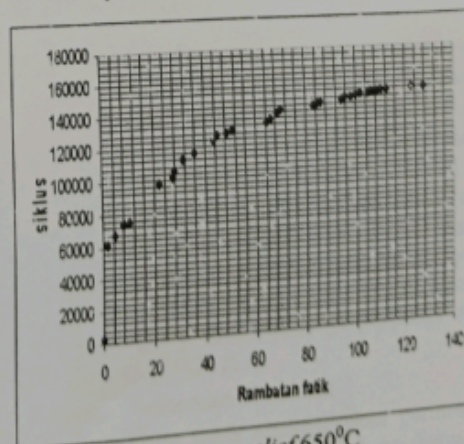
Specimen untuk uji struktur mikro dan uji fatik diberi perlakuan panas *stress relief annealing* dengan cara pemanasan pada suhu 550, 650 dan 750 di tahan di dalam oven (furnace) ditahan selama 30 menit, seperti pada gambar 16 dibawah:



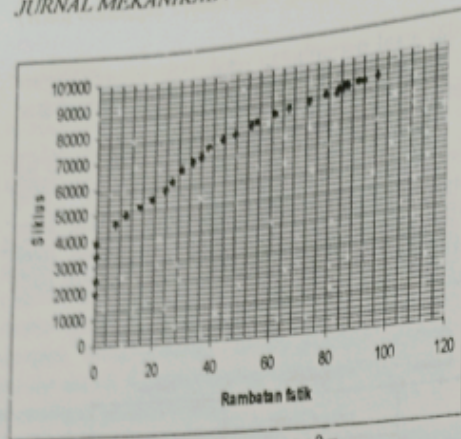
Gambar 16. Siklus thermal perlakuan panas Stress Relief



(a) stress relief 550°C
 $a_i = 2$ dengan $N_i = 65155$
 $a_f = 132.5$ dengan $N_f = 162060.5$



(b) Stress relief 650°C
 $a_i = 2$ dengan $N_i = 65155$
 $a_f = 132.5$ dengan $N_f = 162060.5$



(c) *stress relief* 750°C
 $a_i = 6.5$ dengan $N_i = 46633$
 $a_r = 69.5$ dengan $N_r = 91961$

Gambar 17. Laju perambatan retak fatik daerah las dengan perlakuan *Stress relief Annealing* pada kondisi (a) 550°C (b) 650°C (c) 750°C.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan, Berdasarkan uji fatik, daerah las dengan perlakuan *Stress relief Annealing* pada suhu 550 °C dapat memberikan ketahanan terhadap laju perambatan fatik yang paling baik.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian *Stress relief Annealing* pada Hasil Pengelasan (SAW) Baja API 5L-

X52 Terhadap Laju Rambat Retak Fatik dan Struktur Mikro, dapat dilanjutkan penelitian yang dapat memperbaiki ketangguhan impact dan uji kekerasan dengan perlakuan *stress relief annealing*.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Both, W dan Vliet, V.G.L.J, 1984, *Teknologi Untuk Bangunan Mesin Bahan -Bahan I*, Cetakan Pertama, Erlangga
- [2] Dieter, GE, 1987, *Metalurgi Mekanik*, edisi 3 jilid 1, Erlangga
- [3] Ilman, M.N, Sukrisno,R, Subeki, N 2005, *Perbaikan Ketangguhan Dan Laju Rabat Retk Fatik Sambungan Spiral Las Busur Rendam Pada Pengelasan Pipa Baja Api 5l X-52 Dengan Perlakuan Panas Stress Relief*, UGM, Yogyakarta
- [4] Iscor Ltd, 2000, *Hot Rolled Strip for line pipe*, PO Box 2, Vanderbijlpark
- [5] Sonawan, H dan Suratnan, R, 2003, *Pengelasan Logam*, CV. Alfabeta, Bandung
- [6] Surdia, T, M.S. Met. E dan Saito, S, 1995, *Pengetahuan Bahan Teknik*, PT. Pradnya Paramita Jakarta
- [7] Wiryosumarto, H dan Okumura, T, 2000 *Teknologi Pengelasan Logam*, PT . Pradnya Paramita, Jakarta