

PENGARUH LAS TAHANAN LISTRIK TERHADAP KEKUATAN MEKANIS PIPA BAJA API 5L – X52 (24” X 12.70 mm)

Koos Sarjono, Achmad Chanif
Jurusan Mesin, Universitas Muhammadiyah Jakarta

Abstrak. Peranan teknologi pengelasan dalam mendukung berbagai sektor industri terutama dalam bidang fabrikasi dirasakan semakin meningkat dimasa-masa mendatang. Hal ini dirasakan dengan semakin meningkatnya permintaan terhadap berbagai jenis konstruksi dengan persyaratan kualitas semakin tinggi. Maka untuk meningkatkan kualitas dibutuhkan syarat mutu baik bahan baku yang berkualitas maupun proses produksi dengan teknologi yang canggih dan sumber daya manusia yang terampil.

Mutu sambungan las biasanya diukur dari komposisi kimia dari logam, kekuatan dan keuletan serta struktur mikro yang terbentuk pada sambungan las. Untuk melakukan pengelasan yang berkualitas tinggi PT. BAKRIE PIPE INDUSTRIES menggunakan metode Pengelasan Kampuh Kontinyu (Continuous Seam Welding) dan untuk mengetahui kekuatan dari pipa baja API 5L X-52 (24” X 12.70mm) maka dilakukan pengujian yang meliputi : Pengujian Tarik, Kekerasan metode Vickers dan Struktur Mikro dengan membandingkan kekuatan daerah HAZ dan Base Metal serta Fusion Line sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.

Berdasarkan pengujian secara keseluruhan, menunjukkan bahwa data hasil pengujian sesuai standar. Untuk pengujian tarik menunjukkan bahwa Kuat Tarik daerah Weld lebih tinggi dari Transe ini dikarenakan Post Weld Heat - treatment, (perlakuan panas setelah pengelasan) sangat efektif. Untuk pengujian kekerasan daerah Base Metal yang paling keras, karena tidak terkena perlakuan panas.

Kata kunci: pengelasan kampuh kontinyu

PENDAHULUAN

Sejalan dengan kemajuan teknologi dalam bidang konstruksi bangunan baja dan konstruksi mesin, maka aplikasi teknologi pengelasan sebagai metode utama penyambungan yang umum dipakai untuk menyambung atau menggabungkan bagian-bagian konstruksi, baik perkapalan, jembatan, pipa dan lain-lain akan menjadi semakin penting karena proses pembuatannya dinilai sederhana dan ekonomis.

Metode pengelasan banyak dipakai pada Industri material dengan berbagai cara dan kegunaan diantaranya Metode penyambungan . Dalam hal ini, jenis sambungan yang akan dibahas adalah pipa baja. Untuk mengetahui karakteristik mekanis sambungan las dilakukan penelitian yang dalam penulisan ini akan membahas sambungan las pada pipa baja API 5L - X52 (24 “ X 12.70mm).

Jenis yang di gunakan untuk pembuatan pipa baja produksi PT BAKRIE PIPE INDUSTRIES adalah jenis baja karbon rendah. Kekuatan tarik dan kekuatan luluh dari baja ini lebih tinggi dari baja lunak. Pada baja karbon rendah sifat sifat mekanisnya tergantung dari kadar unsur paduannya, perlakuan panas dan sebagainya. Diantara faktor-faktor tersebut perlakuan panaslah yang sangat berpengaruh.

Jadi dapat di simpulkan bagian terlemah pada suatu produk konstruksi terletak di daerah sambungan, khususnya sambungan las. Oleh karena itu, dilakukan usaha agar tegangan yang terjadi pada sambungan-sambungan di buat sekecil mungkin yaitu dengan melakukan proses aneling.

LANDASAN TEORI

Las Tahanan Listrik (Electric Resistance Welding)

Proses pengelasan las resistansi listrik yaitu dengan menggunakan arus yang cukup besar dialirkan melalui logam sehingga menimbulkan panas pada sambungan, dan dibawah pengaruh tekanan dan pengaturan hambatan listrik sehingga terbentuklah sambungan las. Transformator yang terdapat dalam mesin las merubah tegangan arus bolak-balik dari 110-220 V menjadi 4-12 V dan arusnya menjadi cukup besar sehingga menghasilkan panas yang

diperlukan. Bila arus mengalir dalam logam, panas timbul didaerah dengan tahanan listrik yang terbesar, yaitu pada batas permukaan kedua logam atau lembaran dan terjadilah sambungan las. Besar arus yang diperlukan didaerah sambungan berkisar antara 50-60 MVA/m² dengan tenggang waktu sekitar 12 menit, tekanan yang diperlukan berkisar antara 30-50 MPa.

Pada proses ini sambungan mengalami tekanan selama proses pemanasan yang diatur dengan cermat dan prosesnya sendiri berlangsung secara cepat. Hampir semua logam dapat dilas dengan las resistansi listrik, meskipun ada beberapa logam seperti timah putih, seng dan timbel agak sulit dilas.

Pada pengelasan tahanan listrik ada tiga faktor yang perlu diperhatikan :

- a. Besarnya arus yang dipergunakan untuk pengelasan.
- b. Besarnya tahanan arus yang digunakan dalam pengelasan.
- c. Waktu yang digunakan dalam pengelasan.

Sehingga besarnya energi panas yang dihasilkan dapat dihitung dengan rumus:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t$$

Dimana :

I = Arus listrik (A)

R = Hambatan listrik (Ohm)

t = waktu (detik)

Untuk mendapatkan hasil yang baik ketiga variable diatas, perlu diperhatikan dan ditentukan dengan cermat. Dan ketiga besaran sangat tergantung pada tebal bahan, elektroda dan tekanan yang digunakan. Waktu pengaliran arus sangat menentukan, perlu adanya tenggang waktu antara sambungan las yang akan dibentuk.

Pengelasan Kampuh Kontinyu (Continuous Seam Welding)

Proses inilah yang dipakai pada pembuatan pipa baja pada BPI (BAKRIE PIPE INDUSTRIES). Pengelasan ini hanya menggunakan suhu pemanas 1200°C untuk mengelas lembaran pipa baja, proses ini biasanya digunakan pada produk yang panjang dan sejenis dengan system penyambungan lurus atau pipe line. Cara kerjanya yaitu lembaran logam ditebuk dengan tekanan yang telah ditentukan sehingga membentuk sudut 40-70. puncak bentuk V yang terbuka meninggalkan kontak, sesuai arah gerakan. Aliran frekwensi tinggi menyusuri daerah yang terlakolisasi pada sisi V satu dan lalu balik lagi pada sisi yang lainnya yang menyebabkan efek kulit dan "proximiki". Tahanan logam terhadap aliran arus memanasi daerah tepi saja, tidak sampai melebur kedalam. Kecepatan pengelasan dan tingkat power disesuaikan sehingga dua tepi yang dilas selalu pada temperatur welding ketika ditemukan. Pada saat tersebut, tekanan rol menekan tepi panas dan menset tepi-tepi tersebut sehingga menghasilkan daerah pengelasan. Logam panas yang terdiri dari impurities dari permukaan lembaran ditekan keluar dari sambungan dan terbentuklah sambungan las yang kontinyu.

Anil Proses dan Normalisasi

Anealling adalah suatu proses dengan memanaskan logam sampai dengan temperatur Austenitisasi (723°C) kemudian didinginkan perlahan-lahan didalam tungku. keuletan yang tinggi dan biasanya dilakukan setelah pengelasan karena terjadi mikro struktur setelah pengelasan. Tujuan utama dari proses anil adalah pelunakan sehingga baja yang keras dapat dikerjakan melalui permesinan atau pengerjaan dingin. Anil proses diterapkan dalam industri lembaran kawat sewaktu proses pengerjaan dingin dan terdiri dari pemanasan baja pada suhu sedikit di bawah suhu kritis diikuti dengan pendinginan perlahan-lahan. Dalam proses ini menghasilkan struktur perlit yang lebih keras dan kurang ulet dibandingkan dengan hasil Anil Sempurna (full anealling). Pada suhu pemanasan lebih rendah kecenderungan untuk penggerakan akan berkurang.

Proses normalisasi terdiri dari pemanasan baja 10 – 400C diatas daerah kritis atas disusul dengan pendinginan dalam udara. Proses ini biasa diterapkan dalam baja karbon rendah dan sedang atau baja paduan agar struktur butiran lebih merata, atau untuk menghilangkan tegangan dalam atau untuk memperoleh sifat fisis yang diinginkan. Umumnya setelah digiling atau dicor baja mengalami proses normalisasi. Proses ini pula yang diterapkan dalam pembuatan pipa baja.

PERHITUNGAN KEKUATAN SAMBUNGAN LAS

Kekuatan sambungan dihitung berdasarkan tegangan yang diijinkan dengan anggapan bahwa hubungan antara tegangan dengan regangan mengikuti hukum hooke yaitu, perpanjangan berbanding lurus dengan besarnya gaya dan panjang specimen, serta berbanding terbalik dengan luas penampang specimen dan modulus elastisitas. Jadi rumus hukum Hooke adalah:

$$\varepsilon = \frac{\Sigma}{E}$$

Dimana :

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \text{Regangan (\%)} \\ \sigma &= \text{Tegangan (N/mm}^2\text{)} \\ E &= \text{Modulus Elastisitas (N/mm}^2\text{)}\end{aligned}$$

Dengan syarat bahwa tegangan terbesar yang terjadi tidak melebihi tegangan luluhnya

Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik atau kekuatan tarik maksimum (Ultimate Tensile Strength), adalah beban maksimum berbanding terbalik dengan luas penampang lintang awal benda uji. Dari definisi hasil pengujian maka rumus tegangan tarik adalah :

$$su = \frac{P_{maks}}{A_0}$$

Dimana :

$$\begin{aligned}su &= \text{Kekuatan tarik maksimum (MPa)} \\ A_0 &= \text{Luas penampang awal lintang benda uji (mm}^2\text{)} \\ P_{maks} &= \text{Tegangan tarik maksimum (N)}\end{aligned}$$

Tegangan tarik adalah nilai yang paling sering dituliskan sebagai hasil suatu uji tarik, tetapi pada kenyataannya nilai tersebut kurang bersifat mendasar, dalam kaitannya dengan kekuatan bahan. Untuk logam-logam yang liat kekuatan tariknya harus dikaitkan dengan beban maksimum, dimana logam dapat menahan beban sesumbu untuk keadaan yang sangat terbatas. Akan ditunjukkan bahwa nilai tersebut kaitannya dengan nilai logam kecil sekali kegunaannya untuk tegangan yang lebih kompleks, yakni yang biasanya sering ditemui. Untuk beberapa lama telah menjadi kebiasaan mendasar kekuatan struktur pada kekuatan tarik, di kurangi dengan faktor keamanan.

Pengukuran Keliatan (keuletan)

Cara yang biasa digunakan untuk pengukuran keuletan yang diperoleh dari uji tarik adalah regangan pada saat patah (ε_f) dan pengukuran luas pada patahan (q). kedua sifat ini didapatkan setelah terjadi patah, dengan menaruh benda uji kembali dan mengukur panjang setelah patah dan luas penampang setelah patah

$$\varepsilon_f = \frac{L_f - L_0}{L_0} \times 100 \%$$

Dimana :

$$\begin{aligned}L_f &= \text{Panjang spesimen setelah patah (mm)} \\ L_0 &= \text{Panjang spesimen awal (mm)} \\ \varepsilon_f &= \text{Regangan setelah patah (\%)}\end{aligned}$$

Bahan yang ulet biasanya mempunyai penyusutan penampang yang besar sebelum patah, perpanjangan merupakan ukuran regangan plastik sedangkan penyusutan penampang merupakan ukuran susut plastik. Dan bahan yang ulet biasanya mempunyai nilai yang tinggi untuk kedua besaran dan bahan yang getas nilainya mendekati nol.

Kekerasan Brinell

Uji kekerasan lekukan yang pertama kali banyak digunakan serta disusun pembakuannya adalah metode yang diajukan oleh J.A. Brinell pada tahun 1900. Uji kekerasan Brinell berupa pembentukan lekukan pada permukaan logam dengan memakai bola baja berdiameter 10 mm dan diberi beban 3000 kg. Untuk logam lunak, beban dikurangi hingga tinggal 500 kg, untuk menghindarkan jejak yang dalam, dan untuk bahan yang sangat keras,

digunakan paduan karbida tungsten, untuk memperkecil terjadinya distorsi indentor. Beban diterapkan selama waktu tertentu, biasanya 30 detik dan diameter lekukan diukur dengan mikroskop daya rendah, setelah beban tersebut dihilangkan, kemudian dicari harga rata – rata dari dua buah pengukuran diameter pada jejak yang berarah tegak lurus. Permukaan dimana lekukan akan dibuat harus relatif halus, bebas dari debu atau kerak. Angka kekerasan Brinell (BHN) dinyatakan sebagai beban (P) dibagi luas permukaan lekukan. Rumus untuk angka kekerasan tersebut adalah:

$$\text{BHN} = \frac{P}{(\pi D/2)(D - \sqrt{D^2 - d^2})} = \frac{P}{\pi D t}$$

Dimana :

- BHN = Kgf/mm
- P = Beban yang diterapkan (kgf)
- D = Diameter Bola (mm)
- d = Diameter lekukan (mm)
- t = kedalaman lekukan (mm)

Satuan dari BHN adalah kg/mm², untuk mendapatkan BHN yang sama dengan beban atau diameter bola yang tidak standar, diperlukan keserupaan lekukan secara geometris, keserupaan geometris akan diperoleh sejauh besar sudut tidak berubah.

Bahwa agar ϕ dan BHN tetap konstan, beban dan diameter bola harus divariasikan memenuhi perbandingan:

$$\frac{P_1}{D_1^2} = \frac{P_2}{D_2^2} = \frac{P_3}{D_3^2}$$

Tanpa menjaga P/D² konstan, yang dalam percobaan sering sangat merepotkan, maka BHN akan bervariasi terhadap beban. Pada daerah beban yang beragam, BHN akan mencapai harga yang maksimum pada beban menengah. Oleh karena itu, tidak mungkin menggunakan beban tunggal untuk mencakup seluruh daerah harga kekerasan yang terdapat pada logam – logam komersil. Jejak yang relatif besar dari pada kekerasan Brinell memberikan keuntungan dalam membagikan secara pukol rata ketidakseragaman lokal. Selain itu, uji brinell tidak begitu dipengaruhi oleh goresan dan kekerasan permukaan dibandingkan uji kekerasan yang lain. Dilain pihak, jejak Brinell yang besar ukurannya, dapat menghalangi pemakaian uji tersebut untuk benda uji yang kecil atau pada bagian yang kritis terhadap tegangan, dimana lekukan yang terjadi dapat menyebabkan kegagalan (*failure*).

Kekerasan Vickers

Pada uji kekerasan Vickers menggunakan penumbuk piramida intan yang dasarnya berbentuk bujur sangkar. Besar sudut antara permukaan – permukaan pyramid adalah 1360. Sudut ini dipilih karena nilai tersebut mendekati sebagian besar nilai perbandingan yang diinginkan antara diameter lekukan dan diameter bola penumbuk pada uji kekerasan Brinell. Karena penumbukan pyramid, maka pengujian ini sering dinamakan uji kekerasan piramida intan. Angka kekerasan piramid intan (DPH), atau angka kekerasan Vickers (HV), didefinisikan sebagai beban dibagi luas permukaan lekukan. Pada prakteknya, luas ini dihitung dari pengukuran mikroskopik panjang diagonal jejak. DPH dapat ditentukan dengan persamaan.

$$\text{DPH} = \frac{2P \sin(\theta/2)}{L^2} = \frac{1.854 P}{L^2}$$

Dimana :

- P = Beban yang diterapkan (kgf)
- L = Panjang diagonal rata – rata
- θ = Sudut antara permukaan intan yang berlawanan (1360)

Beban yang biasa digunakan pada pengujian Vickers antara 1 hingga 120 kg, tergantung pada kekerasan logam yang akan diuji. Hal – hal yang menghalangi keuntungan pemakaian metode Vickers adalah, uji kekerasan Vickers tidak dapat dipergunakan secara rutin karena pengujian tersebut lambat, memerlukan permukaan benda uji yang hati – hati dan terdapat pengaruh kesalahan manusia yang besar dalam penentuan diagonal.

Kekerasan Rockwell

Uji kekerasan yang paling banyak digunakan di Amerika Serikat adalah uji kekerasan Rockwell. Hal ini disebutkan oleh sifat – sifatnya yaitu : cepat, bebas dari kesalahan manusia, mampu untuk membedakan perbedaan kekerasan yang kecil pada baja yang diperkeras dan ukuran lekukannya kecil, sehingga bagian yang mendapatkan perlakuan panas yang lengkap, dapat diuji kekerasannya tanpa menimbulkan kerusakan. Uji ini menggunakan kedalaman lekukan pada beban yang konstan sebagai ukuran kekerasan. Mula–mula diterapkan beban kecil sebesar 10 kg untuk menempatkan benda uji. Hal ini akan memperkecil jumlah preparasi permukaan yang dibutuhkan dan juga memperkecil kecenderungan untuk terjadi penumbukan keatas atau penurunan yang di sebabkan oleh penumbuk. Kemudian diterapkan beban yang besar, secara otomatis kedalaman lekukan akan terekam pula oleh gage penunjuk yang menyatakan kekerasan. Penunjuk tersebut terdiri atas 100 bagian, masing – masing bagian menyatakan penembusan sedalam 0,00008 inchi. Petunjuk kebalikan sedemikian hingga kekerasan yang tinggi yang berkaitan dengan penembusan yang kecil, menghasilkan penunjukan angka kekerasan yang tinggi. Hal ini sesuai dengan angka kekerasan lain yang telah di jelaskan sebelumnya. Tetapi tidak seperti penentuan kekerasan cara Brinell dan Vickers, yang mempunyai satuan kg/mm² angka kekerasan Rockwell tergantung pada kita. Penumbuk yang digunakan biasanya kerucut intan 1200 dengan puncak yang hampir bulat dan dinamakan penumbuk Brale, serta bola baja berdiameter 1/16 dan 1/8 inchi beban yang digunakan adalah 60, 100, 160 kg.

ORIENTASI PENGUJIAN SPECIMEN

Didalam melakukan pengujian pada pipa baja line terdapat dua bentuk pengujian yaitu :

1. Pengujian spesimen pada sambungan las dan logam induk sejajar dengan pipa (*longitudinal test*)
2. Pengujian spesimen pada sambungan las dan logam induk melintang pada pipa (*transverse test*)

Pengujian tersebut hanya digunakan dalam spesifikasi material untuk produk yang ditempa. Dan tidak dapat digunakan untuk baja tuang, dimana seperti referensi yang dibuat oleh spesimen test dengan definisi :

1. Pengujian terhadap sambungan las dan logam induk yang sejajar dengan pipa, bila dijelaskan secara spesifik, menunjukkan garis sumbu yang memanjang pada spesimen secara parallel pada baja selama dirolling dan ditempa. Tegangan digunakan pada pengujian tarik *longitudinal* spesimen.
2. Pengujian terhadap sambungan las dan logam induk yang melintang pada pipa. Pengujian pada tranverse ini secara spesifik berarti garis sumbu yang memanjang tegak lurus terhadap spesimen. Tegangan digunakan pada pengujian tarik pada spesimen tranverse pada sudut kekanan, dan garis sumbu pada lekukan adalah pengujian bending secara tranverse yang sejajar.

METODOLOGI PENELITIAN

Pemilihan Bahan Pengujian

Data-data hasil penelitian yang diperoleh dari pengujian, yaitu :

1. Hasil Pengujian Tarik
2. Hasil Pengujian Kekerasan
3. Hasil Pengamatan Metallografi

Didalam menganalisa kekuatan sambungan las dan logam induk pada pipa baja API LX -52, (24" X 12.70mm) pengujian yang dilakukan adalah pengujian tarik, pengujian kekerasan, pengujian metallografi. Dan dari hasil uji tersebut kemudian dianalisa berdasarkan hubungan antara kekuatan tarik, kekuatan Hardness, struktur mikro dan karena ketiga pengujian sangat berhubungan erat. Proses analisa dimulai dari pengumpulan data dari bahan yang akan diuji dan pengelasan yang dilakukan serta perlakuan panas hingga hasil pengujian dan analisa yang kemudian dilanjutkan dengan kesimpulan.

Bahan yang digunakan dalam pengujian ini adalah pipa baja dengan ukuran diameter (24" X 12,70mm), bahan baku yang dipergunakan adalah berupa plat baja yang disebut coil. Coil tersebut dipasok dari Krakatau Stell dengan spec material API LX-52. Sedangkan pipa yang digunakan sebagai pengujian adalah jenis pipa untuk pipa minyak, gas, air yang membutuhkan kekuatan dan mutu yang tinggi, sehingga dalam proses pembuatannya memerlukan proses perlakuan panas (*anealling*).

1. Prosedur Pengujian Tarik

Spesimen tes tarik harus ditarik sampai putus, dan kuat tarik harus dihitung dengan membagi beban tarik maksimum dengan luas penampang terkecil yang dihitung dari ukuran aktual sebelum spesimen diuji tarik. Untuk dinyatakan lulus tes uji tarik, kuat tarik spesimen uji harus tidak kurang dari:

1. Kuat tarik minimum yang ditetapkan dari logam dasar, atau kekuatannya melebihi kekuatan dari logam dasar yang telah ditentukan.
2. Kuat tarik minimum yang ditetapkan dari logam induk yang terlemah, apabila logam dasar yang berlainan kuat tarik minimumnya, atau
3. Kuat tarik minimum dari logam lasan, apabila standar yang digunakan menentukan penggunaan logam lasan dengan kuat tarik yang lebih rendah dari pada logam induk pada suhu ruang.
4. Bila spesimen tes putus pada logam lasan didaerah lasan atau garis fusion line, tes dinyatakan lulus dengan syarat kuat tarik minimum 5 % lebih tinggi dari kuat tarik minimum yang ditetapkan untuk logam induk (Base Metal).
5. Batas mulur ditetapkan sebagai kuat tarik yang diperlukan untuk menimbulkan regangan sebesar 0,5 % dari gage length yang ditentukan dengan alat ekstensometer.
6. Pengujian tarik meliputi, uji tarik arah transversal dengan spesimen diambil dari material, logam induk dan logam las.
7. Lokasi pengambilan spesimen dan arah pengujian tarik dan dimensi bentuk

Sedangkan alat yang digunakan untuk pengujian tarik adalah mesin uji tarik universal dengan data dan foto sebagai berikut :

Nama alat	: Universal Testing Machine
Pabrik pembuat	: SHIMADZU, Japan
Tipe	: UMH 50 TV
Kapasitas beban	: 2,5 – 50000 Kgf



Gambar 1. Foto Mesin uji tarik Universal

2. Prosedur pengujian kekerasan

Pengukuran kekerasan dengan menggunakan microhardness tester harus mengikuti ketentuan sebagai berikut :

1. Benda uji diambil dari pipa pada daerah las dengan tebal 12.70 mm dan panjang 45 mm.
2. Benda uji (spesimen) kemudian digosok menggunakan alat penggosok dengan cairan, kemudian dikeringkan dengan alat pengering.
3. Setelah spesimen permukaannya halus dan kering kemudian diletakkan pada cekam yang ada pada mesin uji Vickers.
4. Pada saat mesin pada posisi on control load yang digunakan, loading time dan loading speednya.
5. Fokuskan benda pada yang akan diuji dengan cara memutar handle sampai fokus.
6. Spesimen uji dijejak dengan penjejak untuk membuat identasi dengan posisi seperti ditunjukkan pada gambar 3.5.
7. Baca Hardness dalam skala Vickers (HV) yang ditunjukkan oleh alat :

Kriteria penerimaan, kekerasan Fusion line dan Haz material tidak boleh melebihi dari 300 HV.10. dan distribusi kekerasan antara daerah-daerah HAZ, Fusion line, Weld dan material tidak boleh melebihi 50 HV.10.

Data alat uji kekerasan :

Nama alat	: Mesin uji Vickers
Pabrik pembuat	: Matsuzawa
Kapasitas	: Max 1865 HV



Gambar 2. Foto mesin uji Vickers.

3. Prosedur Pengujian Metallografi

Prosedur ini menetapkan cara dan persyaratan untuk memeriksa struktur makro dan mikro dari daerah lasan termasuk metal flow. Dengan prosedur yaitu :

- a. Benda uji diambil dari pipa pada daerah las kurang lebih lebar 5 cm panjang 15 cm.
- b. Kedua benda uji kemudian digosok menggunakan alat penggosok dengan cairan, kemudian dikeringkan dengan menggunakan alat pengering.
- c. Salah satu benda uji harus dietsa dengan menggunakan nital etching dan selanjutnya diinspeksi mikrostrukturnya dengan menggunakan mikroskop optik.
- d. Untuk memeriksa kedalaman penetrasi dari annealing harus memenuhi prosedur sebagai berikut :
 - a. Selanjutnya spesimen uji dipoles dengan amplas # 240, 600, 800 dan 1500 untuk mendapatkan permukaan yang halus.
 - b. Specimen selanjutnya dietsa menggunakan nital 20 % dan siap untuk diamati secara visual.

Alat uji metallografi :

Nama alat	: Metallurgical Microscope
Pabrik pembuat	: Olympus, Japan
Type	: MG Olympus
Kap. magnifican	: 10-800 X



Gambar 3. Foto alat uji metallografi

ANALISA DAN HASIL PEMBAHASAN

1. Perhitungan Hasil Uji Tarik

- a. Yield Strength (transe) didapat berdasarkan perhitungan berikut ini, untuk benda pertama diperoleh :

$$\sigma_y = \frac{F_u}{A_o} = \frac{22400 \text{ Kgf}}{486.92 \text{ mm}^2} = 46 \text{ Kgf / mm}^2$$

$$\sigma_y = \frac{46 \text{ Kgf / mm}^2}{0,0007031 \text{ Psi}} = 65424 \text{ Psi}$$

$$\sigma_y = \frac{65424 \text{ Psi}}{145,04 \text{ MPa}} = 451 \text{ MPa}$$

- b. Tensile Strength (Transe) didapat berdasarkan perhitungan berikut ini, untuk benda pertama diperoleh :

$$\sigma_s = \frac{F_u}{A_o} = \frac{26750 \text{ Kgf}}{489.34 \text{ mm}^2} = 54.66 \text{ Kgf / mm}^2$$

$$\sigma_s = \frac{54.66 \text{ Kgf / mm}^2}{0,0007031 \text{ Psi}} = 78083 \text{ Psi}$$

$$\sigma_s = \frac{77741 \text{ Psi}}{145,04 \text{ MPa}} = 538 \text{ MPa}$$

- c. Tensile Strength (Weld) didapat berdasarkan perhitungan berikut ini, untuk benda pertama diperoleh :

$$\sigma_s = \frac{F_u}{A_o} = \frac{26750 \text{ Kgf}}{486.92 \text{ mm}^2} = 55 \text{ Kgf / mm}^2$$

$$\sigma_s = \frac{55 \text{ Kgf / mm}^2}{0,0007031 \text{ Psi}} = 78225 \text{ Psi}$$

$$\sigma_s = \frac{78225 \text{ Psi}}{145,04 \text{ MPa}} = 539 \text{ MPa}$$

- d. Elongasi adalah regangan specimen uji tarik transe hingga putus :

$$\epsilon_f = \frac{625.000 \times A_{0.2}}{U_{0.9}}$$

$$\epsilon_f = \frac{625.000 \times 486.92 \times 0.2}{359 \times 0.9} = 10.81$$

TABEL 1.
DATA UJI TARIK DAERAH
TRANSE

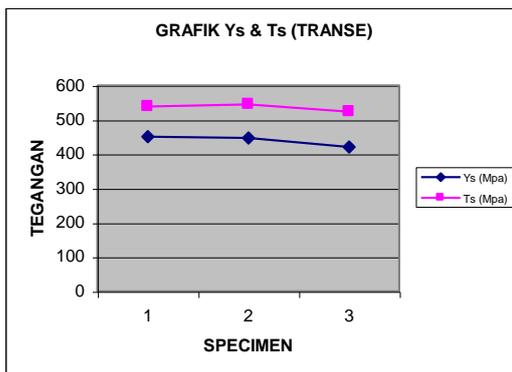
Specimen	Thickness	Width	Area	Yield Strength	Tensile Strength	Elongation
	(mm)	(mm)	(mm ²)	(Psi)	(Psi)	(%)
1	12.78	38.10	486.92	65424	78083	10.81
2	12.80	38.20	488.96	64855	779078	10.82
3	12.82	38.15	489.08	61072	75892	10.81

TABEL 2.
DATA UJI TARIK
DAERAH WELD

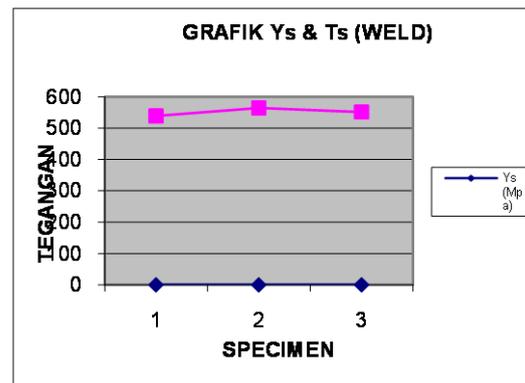
Specimen	Thickness (mm)	Width (mm)	Area (mm ²)	Yield Strength (Psi)	Tensile Strength (Psi)	Elongation (%)
1	12.81	38.20	489.34	□	78225	10.82
2	12.77	38.20	478.81	□	81979	10.81
3	12.78	38.20	488.20	□	80102	10.81

TABEL 3.
DATA UJI TARIK
DAERAH TRANSE DAN WELD

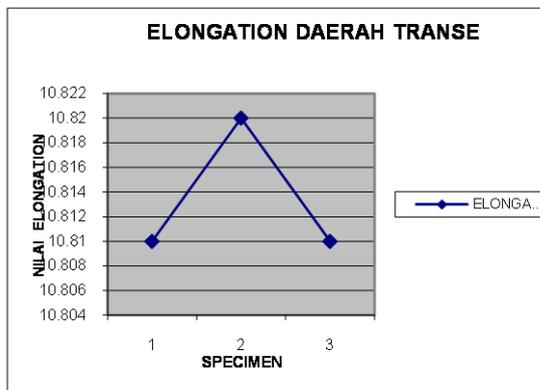
Specimen	Yield Strength (MPa) Transe	Tensile Strength (MPa) Transe	Elongation (%) Transe	Yeild Strength (MPa) Weld	Tensile Strength (MPa) Weld	Elongation (%) Weld
1	451	538	10.81	□	539	10.82
2	447	545	10.82	□	565	10.81
3	421	523	10.81	□	552	10.81
Rata 2	440	535	10.813	□	552	10.813



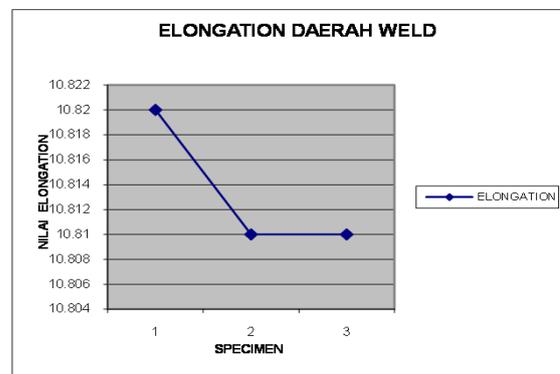
Gambar 4. Grafik Perhitungan Uji Tarik (TRANSE)



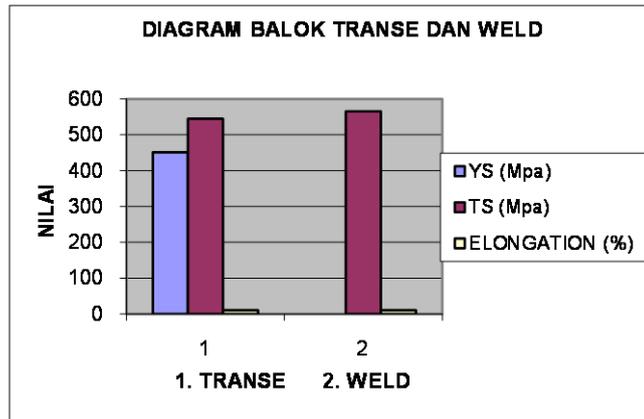
Gambar 5. Grafik Perhitungan Uji Tarik (WELD)



Gambar 6. Grafik Elongasi Uji Tarik (TRANSE)



Gambar 7. Grafik Elongasi Uji Tarik (WELD)



Gambar 8. Diagram Balok Transe & Weld

ANALISA HASIL PENGUJIAN TARIK

Dari hasil rata-rata uji tarik :

- Yield Strength pada Transe Base Metal 311017 Psi atau 440 MPa
- Yield Strength pada Weld tidak terjadi
- Tensile Strength rata-rata Weld 80102 Psi atau 552 Mpa
- Tensile Strength rata-rata Transe 535MPa
- Elongation rata-rata pada daerah Transe 10.813 %
- Elongation rata-rata pada daerah Weld 10,813 %

Dari data yang diperoleh dari pengujian tarik menunjukkan bahwa Tensile Strength Weld menunjukkan angka kekuatan tarik dan kekerasan yang cukup tinggi tetapi angka pengujian untuk Yield Strength tidak ada dikarenakan proses aneling dan pengelasan yang baik sehingga pada daerah HAZ tidak mengalami putus, ini terjadi karena pada daerah HAZ kekuatannya meningkat. Sedangkan untuk pengukuran Elongation daerah Weld dan daerah Transe tidak mengalami perubahan yang sangat signifikan, karena pada daerah weld benda uji tidak mengalami putus, dikarenakan pengelasan dan aneling yang baik sehingga kekuatan pada daerah weld sangat tinggi dengan demikian elongation pada daerah weld tidak terjadi banyak perubahan.

Data Hasil Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan metode Vickers, dijejak pada fusion Line, Heat Affected Zone (HAZ), Base Metal (BM) dengan menggunakan standar ASTM A370 dengan beban yang digunakan 10 Kg dan ketentuan-ketentuan :

- a. Kekerasan tidak boleh melebihi = 275 HV
- b. Distribusi kekerasan tidak boleh melebihi = 50 HV
- c. Test Frekuensi = 1 spl / Heat

Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode Vickers, dimana diamond pyramid digunakan sebagai indikator dengan sudut antara sisi-sisi puncak sebesar 136 o

Tabel 4 Hasil Uji Kekerasan

No	Posisi	Testing Methode	Base Metal	Haz	Fusion Line	Haz	Base Metal
			I	II	III	IV	V
I	1	HV 10	201	194.3	206.6	204.7	199.15
	2	HV 10	193.25	189.2	194.6	193.6	190.05
	3	HV 10	195	181.2	176.3	184.9	177.22
	Rata2	HV 10	196	188	192	194	188
II	1	HV 10	189.52	199	188.8	195	193.32
	2	HV 10	187.25	193	190.9	193.1	189
	3	HV 10	195.12	190.9	195.2	200.9	196.25
	Rata2	HV 10	190	194	192	196	193
III	1	HV 10	192	203.5	204.1	204.1	199.5
	2	HV 10	190.45	190.9	188.7	191.1	197.75
	3	HV 10	190.5	180.8	178.2	179	196.55
	Rata2	HV 10	191	192	190	191	198

ANALISA HASIL PENGUJIAN KEKERASAN

Data Hasil Pengujian Kekerasan :

- Base Metal 1 + 5 rata-rata = 200
- HAZ 2 + 4 rata-rata = 199.5

Dari hasil rata-rata uji Kekerasan daerah HAZ lebih rendah atau menurun dibandingkan dengan daerah Base Metal. Ini dikarenakan HAZ terkena perlakuan panas disertai dengan pendinginan yang cepat sehingga terjadi pelunakan, sedang pada daerah Fusion Line terjadi kekuatan sambungan las yang sangat tinggi karena pada daerah ini mengalami perlakuan panas yang tinggi akibat proses pengelasan.

Pemeriksaan Mikro Struktur

Pemeriksaan mikro struktur dilakukan sebagai pendukung untuk melakukan pembahasan. Pemeriksaan struktur mikro digunakan untuk mengetahui keseragaman dan struktur ferit dan perlit. Pada pemeriksaan mikro struktur ini menggunakan standar ASTM E112, pembesaran 800 X, dan di etsa menggunakan nital 2 %.



Gambar 9. Struktur Mikro Daerah BASE METAL

Pembesaran : 800X

Etsa : Campuran antara etanol absolut : C₂H₅O H 98%
Nitric Acid : 2%

Pada daerah BASE METAL Ferit (putih) sama banyak dengan Pearlite (hitam) hanya saja susunan Ferit lebih lebar ini terjadi karena tidak ada perubahan suhu ± 32 °C sehingga komposisi kimia pada logam tidak terjadi perubahan.



Gambar 10. Struktur Mikro daerah HAZ

Pembesaran : 800X

Etsa : Campuran antara etanol absolut : C₂H₅O H 98%
Nitri Acid : 2%

Pada daerah HAZ Ferit (putih) menyebar karena adanya panas atau peningkatan suhu akibat pengelasan, mencari tempat yang lebih rendah suhunya. Pearlite kurang nampak jelas karena pencahayaan saat pemotretan terlalu terang.



Gambar 11. Struktur Mikro Daerah FUSION LINE

Pembesaran : 800X

Etsa : Campuran antara etanol absolut : C₂ H₅ O H 98%

Nitri Acid : 2%

Pada daerah FUSION LINE Pearlite (hitam) lebih nampak dibanding Ferit (putih). Karena suhu yang sangat tinggi 1200 °C akibat pengelasan, sehingga ferit menyebar ke sekelilingnya ke daerah yang lebih rendah suhunya dan susunan keduanya lebih lebar. Karena pencahayaan terlalu terang maka struktur Pearlit yang harusnya lebih nampak jadi kurang terlihat.

KESIMPULAN

Dari rangkaian proses penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa: Untuk melakukan pengelasan yang berkualitas tinggi PT. BAKRIE PIPE INDUSTRIES menggunakan metode Pengelasan Kampuh Kontinyu (Continuous Seam Welding) dan untuk mengetahui kekuatan dari pipa baja API 5L X-52 (24" X 12.70mm) maka dilakukan pengujian yang meliputi : Pengujian Tarik, Kekerasan metode Vickers dan Struktur Mikro dengan membandingkan kekuatan daerah HAZ dan Base Metal serta Fusion Line sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.

Berdasarkan pengujian secara keseluruhan, menunjukkan bahwa data hasil pengujian sesuai standar. Untuk pengujian tarik menunjukkan bahwa Kuat Tarik daerah Weld lebih tinggi dari Transe ini dikarenakan Post Weld Heat - treatment, (perlakuan panas setelah pengelasan) sangat efektif. Untuk pengujian kekerasan daerah Base Metal yang paling keras, karena tidak terkena perlakuan panas.

DAFTAR PUSTAKA

1. WIRYOSUMATRO, HARSONO, PROF. DR. Ir. OKUMURA, TOSHIE *Teknologi pengelasan logam*, Jakarta
2. B. H, AMSTED, OSTWALD, PHOLIP F.BEGEMAN, DJAPRIE SARIATI, *Teknologi Mekanik* Jilid I, Edisi ke tujuh, Versi S-1 Erlangga, Januari 1985
3. American Petroleum Institute, API Specification 5L, Forty Second Edition Januari 2000
4. Diktat Metalografi, *Pengetahuan tentang Logam dan Paduannya*, Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
5. Van Vlack, Lawrence H, DJAPRIE SARIATI, *Ilmu dan Teknologi Bahan*, Edisi ke lima , Erlangga 1995
6. DIETER, GEORGE, DJAPRIE SARIATI, *Metalurgi Mekanik* Jilid I
7. BAKRIE PIPE INDUSTRIES, Prosedur Pengujian Logam, Lab Bakrie Pipe Industries