

## PENGUJIAN MEKANIK PADA KUALIFIKASI WPS/PQR SMAW WELDING PIPA API 5L X42 BERDASARKAN API 1104

Oleh : Ikhsan Kholis<sup>\*</sup>)

### ABSTRAK

Kualifikasi prosedur pengelasan (*Welding Procedure Specification/WPS*) disiapkan untuk memberikan panduan bagi juru las atau operator las dalam melaksanakan pengelasan produksi yang memenuhi persyaratan standard dan code. Data-data hasil pengujian dan parameter dari pengelasan yang dilaksanakan berdasarkan WPS yang berisi variabel-variabel yang digunakan selama pengelasan dicatat sebagai *Procedure Qualification Record (PQR)*.

Tahapan kualifikasi WPS dan PQR adalah pembuatan test coupon, pengelasan test coupon, pengujian spesimen dari test coupon, serta pemeriksaan hasil pengujian. Kualifikasi dilakukan pada prosedur pengelasan SMAW pada pembuatan pipeline. Pemeriksaan hasil pengujian mekanik dilakukan berdasarkan API 1104 – 2013, yaitu *Tension test*, *Bending test* dan *Nickbreak test*.

*Key Words* : WPS, PQR, Uji Mekanik, SMAW Welding

### A. PENDAHULUAN

Industri minyak dan gas bumi merupakan industri *high risk*, *high cost* dan *high technology*. Oleh karena itu, pengelolaannya harus dapat menjamin keselamatan pekerja, umum, peralatan dan instalasi, serta keselamatan lingkungan. Untuk menjamin kehandalan dan keselamatan peralatan dan instalasi yang ada, harus dimulai dari tahapan desain, fabrikasi, konstruksi, operasi dan pemeliharaan.

Pengelasan merupakan metode yang sering digunakan dalam fabrikasi peralatan maupun konstruksi instalasi, karena pengelasan merupakan cara penyambungan logam yang paling efisien sehingga memiliki peranan kunci di dalam proses fabrikasi maupun konstruksi material logam. Pengelasan melibatkan proses metalurgi sehingga diperlukan pengetahuan yang mendalam untuk dapat menghasilkan sambungan las yang berkualitas dan memenuhi persyaratan standar.

Kualitas hasil pengelasan harus terjamin karena berpengaruh terhadap

kehandalan dan keselamatan peralatan atau instalasi yang dihasilkan. Untuk itu, diperlukan prosedur pengelasan yang terstandar sehingga dapat memberikan arahan dalam pembuatan produk las sesuai dengan persyaratan standar. Dalam rangka menjamin prosedur pengelasan tersebut, perlu dilakukan kualifikasi sehingga menghasilkan peralatan maupun instalasi yang handal dan terjamin keselamatannya.

Kualifikasi *welding procedure specification (WPS)* dan *procedure qualification record (PQR)* yang dibahas pada makalah ini, yaitu prosedur pengelasan dengan proses SMAW pada pipa *API 5L Grade X42*.

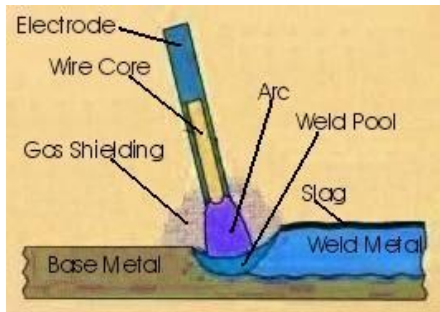
### B. LANDASAN TEORI

#### 1. Pengelasan SMAW

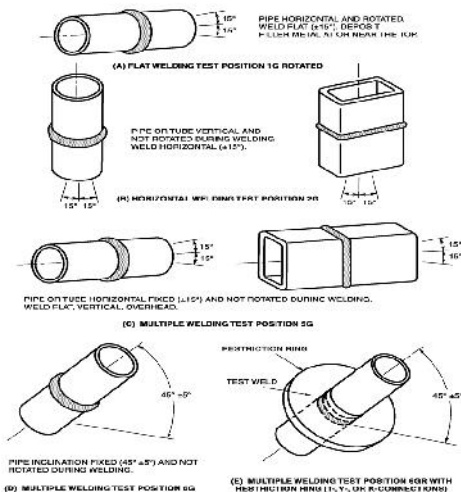
Proses pengelasan SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) yang juga disebut Las Busur Listrik adalah proses pengelasan yang menggunakan panas untuk mencairkan material dasar atau logam induk dan elektroda (bahan pengisi). Panas tersebut dihasilkan oleh lonjakan ion listrik

yang terjadi antara katoda dan anoda (ujung elektroda dan permukaan plat yang akan dilas).

Proses terjadinya pengelasan ini karena adanya kontak antara ujung elektroda dan material dasar sehingga terjadi hubungan pendek, saat terjadi hubungan pendek tersebut tukang las (*welder*) harus menarik elektroda sehingga terbentuk busur listrik yaitu lompatan ion yang menimbulkan panas. Panas akan mencairkan elektroda dan material dasar sehingga cairan elektrode dan cairan material dasar akan menyatu membentuk logam lasan (*weld metal*). Untuk menghasilkan busur yang baik dan konstan tukang las harus menjaga jarak ujung elektroda dan permukaan material dasar tetap sama. Adapun jarak yang paling baik adalah sama dengan  $1,5 \times$  diameter elektroda yang dipakai.



Gambar 1. Proses pengelasan SMAW



Gambar 2. Posisi pengelasan pada pipa untuk sambungan *grove*

## 2. Pipa

Pipa merupakan benda tubular yang mempunyai diameter dan tebal, yang berfungsi sebagai sarana transportasi fluida cair dan gas. Dasar penggunaan pipa sebagai sarana transportasi, yaitu:

- Frekuensi pengangkutan yang berlangsung terus menerus;
- Handal dalam pengoperasian dan keamanannya;
- Lebih ekonomis dalam jangka waktu panjang.

Jenis pipa yang digunakan bergantung pada beberapa faktor, diantaranya jumlah/volume fluida yang diangkut, jarak angkut, jenis fluida yang diangkut, tekanan fluida yang diangkut, viskositas fluida yang diangkut. Untuk transportasi fluida melalui pipa, digunakan standar sebagai acuan dalam desain dan perencanaan yang menyangkut material yang digunakan untuk membuat pipa, kekuatan pipa terhadap muatan yang diangkut serta tekanan pada dinding pipa, sambungan yang digunakan termasuk tata cara pengelasan pipa, serta ketahanan terhadap korosi.

Material pipa harus dapat menjaga struktur pipa di bawah kondisi lingkungan tertentu, secara kimia sesuai dengan fluida yang disalurkan dan memenuhi syarat sesuai aplikasinya. Beberapa jenis material pipa digunakan pada pipa transmisi adalah *carbon steel*, *cast iron* dan *stainless steel*.

Dalam industri minyak dan gas bumi, pemilihan material yang tepat pada desain pipa sangat penting karena sangat berpengaruh terhadap kehandalan pipa yang dibuat, mengingat fluida yang akan dialirkan memiliki karakteristik yang berbeda serta kondisi operasi yang berbeda pula. Dalam memilih material yang tepat, harus mempertimbangkan *mechanical properties*, *physical properties* maupun ketahanan korosi dari material yang digunakan.

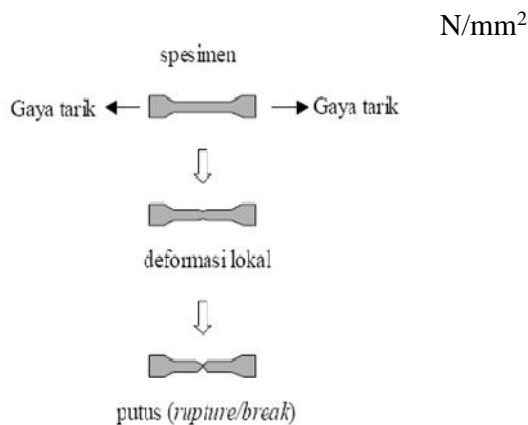
Pada industri minyak dan gas bumi, pipa yang digunakan umumnya terbuat dari material baja karbon maupun baja paduan termasuk *stainless steel*.

### 3. Sifat Mekanik Material

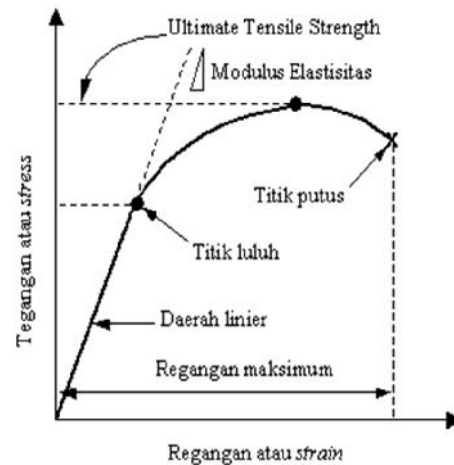
#### a. Kekuatan Tarik

Uji tarik adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan/material dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu. Hasil yang didapatkan dari pengujian tarik sangat penting untuk rekayasa teknik dan desain produk karena menghasilkan data kekuatan material. Pengujian uji tarik digunakan untuk mengukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara lambat.

Seperti pada gambar 2.10 benda yang di uji tarik diberi pembebanan pada kedua arah sumbunya. Pemberian beban pada kedua arah sumbunya diberi beban yang sama besarnya.



Pengujian tarik adalah dasar dari pengujian mekanik yang dipergunakan pada material. Ketika sebuah material dikenai suatu beban yang cukup berat, gaya yang timbul dari pembebanan tersebut selanjutnya akan menyebabkan material mengalami perubahan bentuk. Perubahan bentuk dari material dikenal dengan istilah deformasi. Deformasi yang terjadi pada material ini biasanya dinyatakan dalam bentuk tegangan-regangan. Pengujian tegangan-regangan (*stress-strain*) ini lebih dikenal dengan uji tarik. Uji tarik adalah salah satu uji *stress-strain* mekanik yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan bahan terhadap gaya tarik. Dengan menarik suatu bahan sampai putus maka dapat diketahui bagaimana suatu bahan tersebut bereaksi terhadap gaya tarik dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah panjang.



Gambar 3. Skema singkat uji tarik

#### b. Uji Bending

Uji lengkung (*bending test*) merupakan salah satu bentuk pengujian untuk menentukan mutu suatu material secara visual. Selain itu uji bending digunakan untuk mengukur kekuatan material akibat pembebanan dan

kekenyalan hasil sambungan las baik di *weld metal* maupun HAZ.

Berdasarkan posisi pengambilan spesimen, uji bending dibedakan menjadi 2 yaitu *transversal bending* dan *longitudinal bending*.

- **Face Bend (Bending pada permukaan las)**

Dikatakan *Face Bend* jika bending dilakukan sehingga permukaan las mengalami tegangan tarik dan dasar las mengalami tegangan tekan. Pengamatan dilakukan pada permukaan las yang mengalami tegangan tarik. Apakah timbul retak atau tidak. Jika timbul retak di manakah letaknya, apakah di *weld metal*, HAZ atau di *fusion line* (garis perbatasan Weld Metal dan HAZ).

- **Root Bend (Bending pada akar las)**

Dikatakan *Root Bend* jika bending dilakukan sehingga akar las mengalami tegangan tarik dan dasar las mengalami tegangan tekan. Pengamatan dilakukan pada akar las yang mengalami tegangan tarik, apakah timbul retak atau tidak. Jika timbul retak dimanakah letaknya, apakah di *weld metal*, HAZ atau di *fusion line*.

- **Side Bend ( Bending pada sisi las ).**

Dikatakan *Side Bend* jika bending dilakukan sehingga sisi las. Pengujian ini dilakukan jika ketebalan material yang di las lebih besar dari 3/8 inchi. Pengamatan dilakukan pada sisi las tersebut, apakah timbul retak atau tidak. Jika timbul retak dimanakah letaknya, apakah di *Weld metal*, HAZ atau di *fusion li*.

#### 4. Kualifikasi Prosedur Pengelasan

Untuk mendapatkan hasil pengelasan yang memenuhi standar, pelaksanaan pengelasan harus mengikuti suatu spesifikasi prosedur. Spesifikasi prosedur diperlukan untuk menjadi dasar perencanaan pengelasan dan pengendalian kualitas saat pelaksanaan pengelasan. Sehingga hasil pengelasan dapat dijamin kesesuaiannya dengan produk yang telah dibuat sebelumnya, jika

mengikuti prosedur yang sama dan dikendalikan dengan cermat.

##### a. Spesifikasi Prosedur Pengelasan

Spesifikasi prosedur pengelasan atau *welding procedure specification* (WPS) merupakan prosedur pengelasan terstandar yang disiapkan untuk memberikan arahan dalam pembuatan produk las sesuai dengan persyaratan standar. WPS harus menjelaskan seluruh variabel yang digunakan dalam proses pengelasan, baik *essential*, *nonessential* maupun *supplementary*. Adanya perubahan pada variabel *essential* atau *supplementary essential* (jika diperlukan) menghendaki adanya rekualifikasi WPS, dengan pembuatan rekaman kualifikasi prosedur atau *procedure qualification record* (PQR) baru atau tambahan untuk mendukung perubahan variabel *essential* maupun *supplementary essential*. Hal tersebut perlu dilakukan karena adanya perubahan pada variabel *essential* maupun *supplementary essential* dapat berpengaruh terhadap sifat mekanik produk pengelasan. Perubahan pada variabel *nonessential* tidak membutuhkan rekualifikasi WPS karena tidak berpengaruh terhadap sifat mekanik produk pengelasan.

Informasi yang dibutuhkan dalam WPS dapat dibuat dalam bentuk apapun, berupa tulisan ataupun tabel, menyesuaikan kebutuhan masing-masing organisasi selama seluruh variabel *essential*, *nonessential* maupun *supplementary essential* (jika diperlukan) tercantum didalamnya. Format WPS berdasarkan API 1104.

##### b. Rekaman Kualifikasi Prosedur

Rekaman kualifikasi prosedur atau *procedure qualification record* (PQR) merupakan dokumentasi variabel yang dicatat selama pengelasan *test coupon*. PQR juga berisi hasil pengujian spesimen

dari *test coupon* yang telah dibuat. Variabel yang tercatat biasanya berada pada *range* variabel yang akan digunakan pada produksi pengelasan.

PQR harus mendokumentasikan seluruh variabel *essential* dan *supplementary essential* (jika diperlukan) yang digunakan selama proses pengelasan *test coupon*. Rekaman *nonessential variabel* atau variabel lain selama pengelasan *test coupon* dapat dibuat sesuai kebutuhan organisasi. Seluruh variabel yang dicatat selama pengelasan *test coupon* harus merupakan variabel aktual (termasuk *range*). Jika variabel tidak diamati selama proses pengelasan, variabel tersebut tidak boleh dimasukkan ke dalam PQR. PQR harus disertifikasi secara akurat, dan hasil pengujian

spesimen dari *test coupon* harus memenuhi standar yang digunakan.

Perubahan pada PQR tidak diizinkan kecuali terdapat *editorial correction* atau pada lampiran. Seluruh perubahan pada PQR membutuhkan resertifikasi (termasuk tanggal) oleh organisasi. Informasi yang dibutuhkan dalam PQR dapat dibuat dalam bentuk apapun, menyesuaikan kebutuhan masing-masing organisasi selama setiap variabel *essential*, *nonessential* maupun *supplementary essential* (jika diperlukan) tercantum didalamnya. Selain itu, jenis pengujian, jumlah pengujian beserta hasil pengujian spesimen dari *test coupon* harus terdapat di dalam PQR. PQR harus tersedia saat diperiksa oleh inspektur yang berwenang, untuk mendukung WPS yang dibuat.

COUPON TEST REPORT							
Date _____	Test No. _____						
Location _____	Weld Position: _____			Roll <input type="checkbox"/>	Fixed <input type="checkbox"/>		
State _____	Mark _____						
Welder _____	Time of day _____						
Welding time _____	Wind break used _____						
Mean temperature _____	Amperage _____						
Weather conditions _____	Welding machine size _____						
Voltage _____							
Welding machine type _____							
Filler metal _____							
Reinforcement size _____							
Pipe type and grade _____							
Wall thickness _____	Outside diameter _____						
	1	2	3	4	5	6	7
Coupon stenciled							
Original specimen dimensions							
Original specimen area							
Maximum load							
Tensile strength							
Fracture location							
<input type="checkbox"/> Procedure	<input type="checkbox"/> Qualifying test		<input type="checkbox"/> Qualified				
<input type="checkbox"/> Welder	<input type="checkbox"/> Line test		<input type="checkbox"/> Disqualified				
Maximum tensile _____	Minimum tensile _____		Average tensile _____				
Remarks on tensile strength tests _____							
1. _____							
2. _____							
3. _____							
4. _____							
Remarks on bend tests _____							
1. _____							
2. _____							
3. _____							
4. _____							
Remarks on nick break tests _____							
1. _____							
2. _____							
3. _____							
4. _____							
Test made at _____	Date _____						
Tested by _____	Supervised by _____						
NOTE Use back for additional remarks. This form can be used to report either a procedure qualification test or a welder qualification test.							

Gambar 4. Format PQR API 1104

### 2.4.3. Tahapan Kualifikasi Prosedur Pengelasan

Untuk menjamin kesesuaian WPS dengan persyaratan standar yang digunakan, perlu dilakukan kualifikasi terhadap WPS yang dibuat. Tahapan yang dilakukan dalam melaksanakan kualifikasi prosedur pengelasan, yaitu:

1. Pembuatan *test coupon*, dimana dimensi *test coupon* harus dapat mencukupi kebutuhan spesimen untuk pengujian<sup>[7]</sup>.
2. Pengelasan *test coupon* dengan parameter-parameter yang tercantum dalam *preliminary welding procedure specification* (pWPS). Pengelasan dilakukan oleh *welder* atau *welding operator* yang memiliki kualifikasi atau mampu dan terampil. Setiap variabel yang digunakan, baik *essential*, *supplementary essential* maupun *nonessential* harus didokumentasikan dalam PQR.
3. Pengujian spesimen dari *test coupon* yang telah dilakukan pengelasan. Pengujian spesimen, berupa<sup>[7]</sup>:
  - a. Pengujian mekanik, antara lain *tension test*, *guided-bend test*, dan *notch-toughness test*;
  - b. Pengujian dan pemeriksaan lainnya, antara lain:
    - *Volumetric NDE*, mencakup *radiographic examination* & *ultrasonic examination*;
    - *Visual examination – performance*;
    - *Liquid penetrant examination*;

- Pengujian yang dipersyaratkan pada standar lain, seperti *corrosion test*, *hardness test*, *ferrite check* dan sebagainya.

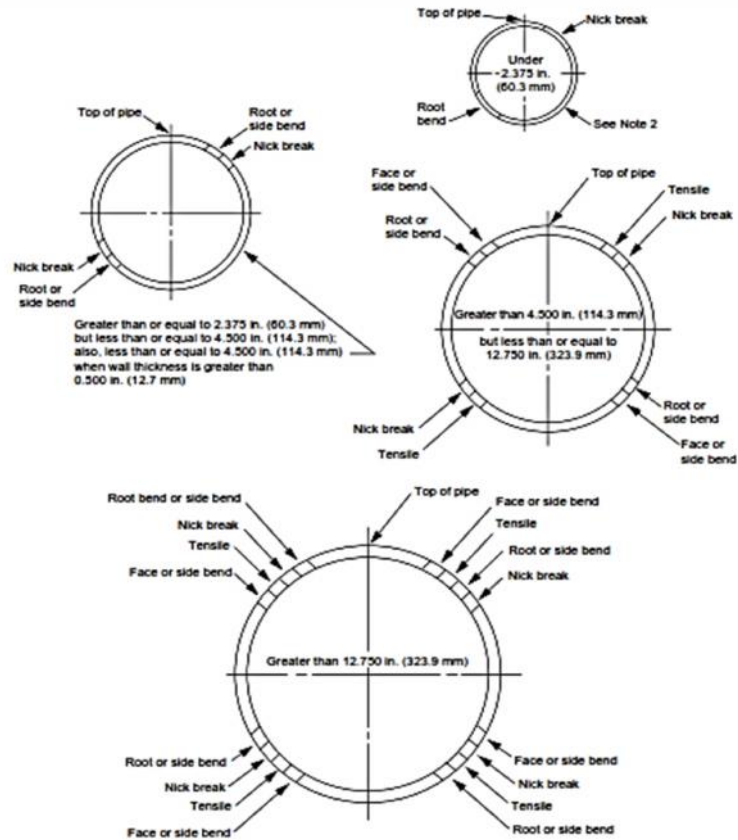
Hasil pengujian juga harus didokumentasikan ke dalam PQR.

4. Pemeriksaan WPS/PQR oleh *welding inspector*, berdasarkan hasil pengujian spesimen dari *test coupon*. Pemeriksaan juga termasuk penelaahan parameter yang ada di dalam WPS dengan hasil PQR untuk menjamin bahwa *range* dan parameter yang tercantum pada WPS masuk dalam lingkup PQR. WPS/PQR yang dibuat harus memenuhi standar maupun *owner specification* yang digunakan.

## C. PEMBAHASAN

### 1. Persiapan Pengujian

Untuk melakukan pengujian sambungan las, spesimen uji harus dipotong sesuai dengan lokasi yang ditunjukkan pada Gambar 5. Jumlah minimum benda uji dan jenis pengujian yang akan dilakukan dapat dilihat dalam Tabel 1. Untuk pipa dengan diameter luar kurang dari 2,375 inchi (60,3 mm), dibutuhkan dua *sample* lasan agar didapatkan jumlah *specimen* uji yang cukup. Spesimen harus didinginkan udara sampai suhu ambien sebelum sedang diuji. Untuk “*full-section specimen*” harus diuji sesuai dengan metode dan harus memenuhi persyaratan standar API 1104.



Gambar 5. Lokasi pengambilan spesimen uji untuk pengujian mekanik

Tabel 1. Jenis pengujian mekanikal dan jumlah spesimen uji

Outside Diameter of Pipe		Number of Specimens					
in.	mm	Tensile Strength	Nick Break	Root Bend	Face Bend	Side Bend	Total
Wall Thickness ≤ 0.500 in. (12.7 mm)							
<2.375	<60.3	0 <sup>b</sup>	2	2	0	0	4 <sup>a</sup>
2.375 to 4.500	60.3 to 114.3	0 <sup>b</sup>	2	2	0	0	4
>4.500 to 12.750	>114.3 to 323.9	2	2	2	2	0	8
>12.750	>323.9	4	4	4	4	0	16
Wall Thickness > 0.500 in. (12.7 mm)							
≤4.500	≤114.3	0 <sup>b</sup>	2	0	0	2	4
>4.500 to 12.750	>114.3 to 323.9	2	2	0	0	4	8
>12.750	>323.9	4	4	0	0	8	16

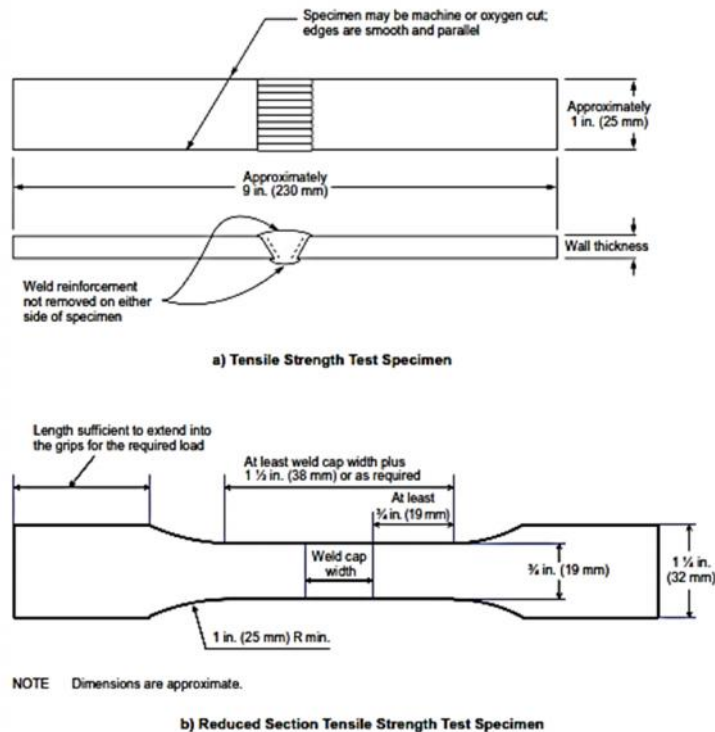
<sup>a</sup> One nick break and one root bend specimen are taken from each of two test welds, or for pipe less than or equal to 1.315 in. (33.4 mm) in diameter, one full-section tensile strength specimen is taken.

<sup>b</sup> For materials with SMYS's greater than the material specified as API 5L Grade X42, a minimum of one tensile test is required.

**2. Pengujian Tarik**

Pengujian Tarik merupakan pengujian mekanikal yang dilakukan untuk

menentukan kekuatan tarik dari hasil pengelasan. Bentuk *specimen* uji tarik mengacu seperti gambar 6. di bawah ini.



Gambar 6. Spesimen Uji Tarik

Spesimen uji kekuatan tarik harus rusak di bawah beban tarik menggunakan peralatan yang mampu mengukur beban di mana kegagalan terjadi. Kekuatan tarik harus dihitung dengan membagi beban maksimum pada kegagalan dengan luas penampang terkecil dari spesimen, yang diukur sebelum beban diterapkan.

### 3. Pengujian Nick Break

Pengujian *Nick Break* dilakukan untuk melihat *soundness* dari hasil pengelasan atau kebersihan hasil pengelasan dari cacat. Gambar 7 di atas merupakan *specimen* benda uji dari *nick break*, dengan kriteria sebagai berikut:

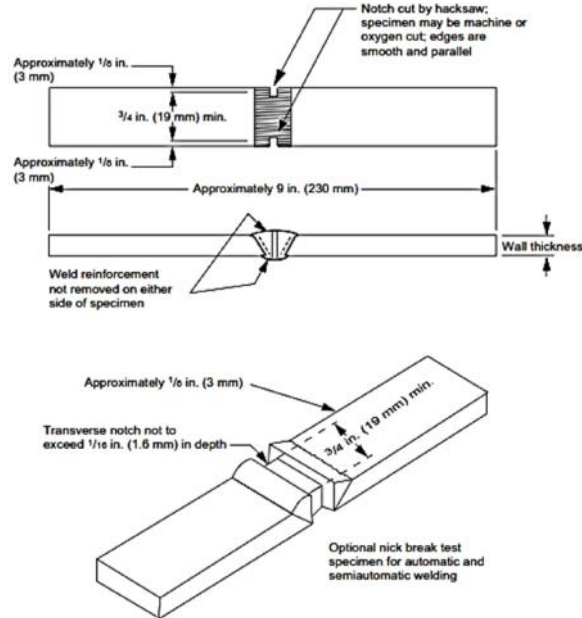
1. Gambar 7a. merupakan spesimen uji *nick break* yang umum digunakan, dengan panjangnya harus sekitar 9 inci (230 mm) dan lebarnya sekitar 1 inci (25 mm). Pematangan spesimen

dapat dilakukan dengan mesin potong atau *Cuting Oxygen*. Sisi Bagian lasannya harus dibuat berlekuk (takik) dengan gergaji besi, dan kedalaman setiap takik harus sekitar 1/8 inci (3 mm). Ujung-ujung dari sisi spesimen harus halus dan sejajar.

2. Gambar 7b. merupakan spesimen uji *nick break* optional untuk pengelasan *automatic* atau *semiautomatic*. Semua sisi bagian yang dilas dibuat takik dengan kedalaman sebesar 1/16 inci (1,6 mm)

Spesimen *Nick Break* harus patah pada daerah lasan dengan metode diantaranya tarik, bending, atau *stricking* (ini tidak mengecualikan metode pengujian lainnya) Daerah patahan lebarnya harus paling sedikit 1/4 inci (19 mm).

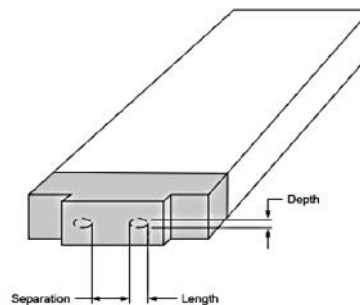


Gambar 7. Spesimen Uji *Nick Break*

Standar keberterimaan dari hasil pengujian *nick break* adalah:

1. Permukaan pengelasan yang telah dibuat takik pada setiap *specimen nick break* harus menunjukkan *complete penetration and fusion*.
2. Dimensi terbesar dari setiap *gas pocket* tidak melebihi 1/16 inci (1,6 mm), dan gabungan dari semua *gas pocket* tidak melebihi 2% dari luas permukaan patahan yang terjadi.

3. *Slag Inclusion*, dalamnya tidak boleh lebih dari 1/32 inci (0,8 mm) secara dan panjangnya tidak boleh lebih dari 1/8 inci (3 mm) atau 1,5 ketebalan dinding yang ditentukan, mana yang lebih kecil. Jarak antara *slag inclusion* (dari berbagai ukuran) yang berdekatan serendah-rendahnya 1/2 inci (13 mm), seperti yang ditunjukkan gambar 8 di bawah ini

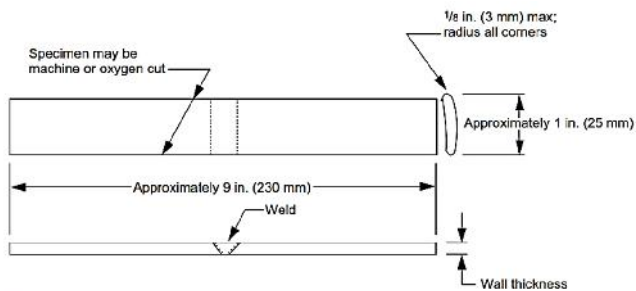


NOTE A broken nick break test specimen is shown; however, this method of dimensioning applies also to broken tensile and fillet weld test specimens.

Gambar 8. Dimensi dari cacat-cacat pada permukaan lasan

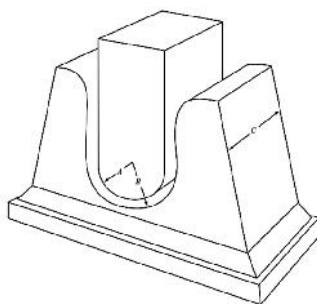
4. Untuk diameter pipa yang dilas lebih besar dari 12 3/4 inchi (323,9 mm), jika hanya satu spesimen *nick break* yang gagal, maka spesimen dapat diganti dengan dua *specimen nick break* baru. Spesimen baru diambil dari lokasi dekat ke spesimen gagal. Jika salah satu spesimen pengganti gagal, las dianggap tidak dapat diterima.

## 5. Pengujian Bending



NOTE The weld reinforcement is removed from both faces and made flush with the surface of the specimen. The specimen is not flattened prior to testing.

Gambar 9. Spesimen uji *Root and Face Bend*



NOTE This figure is not drawn to scale. Radius of plunger, A = 1 1/2 in (45 mm); radius of die, B = 2 1/2 in (60 mm); width of die, C = 2 in (50 mm)

Gambar 10. Jig untuk *guide bend test*

Spesimen *root and face bending* harus ditekan sampai melengkung dengan menggunakan *guide bend test jig* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11.

Setiap specimen harus ditempatkan pada dies dengan bagian lasan ada di bagian tengah. Spesimen *face bend* harus ditempatkan dengan bagian *face* menghadap ke bawah, sedangkan spesimen *root bend* harus ditempatkan dengan bagian *root* menghadap ke bawah. *Plunger* memberikan tekanan kepada

Spesimen uji *bending* panjangnya harus sekitar 9 inchi (230 mm) dan lebarnya sekitar (13 mm), bagian tepi dari spesimen harus dibuat radius. Pemotongan dapat dilakukan dengan mesin potong atau *cutting oxygen*.

Bagian *root* dan *capping* dari lasan harus diratakan dengan permukaan spesimen. Permukaan spesimen harus halus.

specimen uji sehingga specimen berubah menjadi bentuk U.

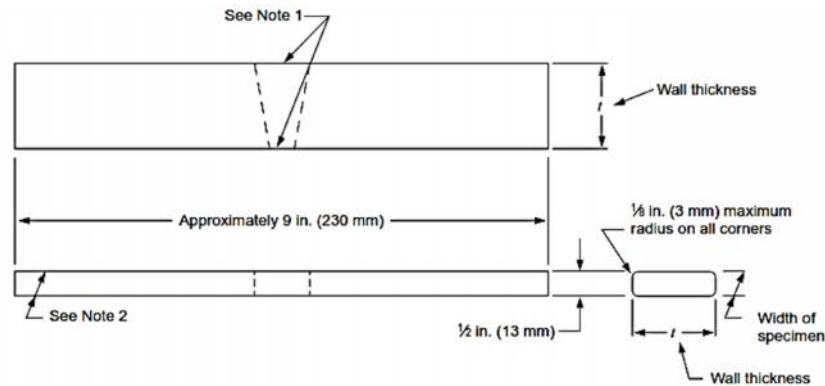
Spesimen uji *bending* dapat dikatakan diterima jika tidak ada retak atau cacat lainnya melebihi 1/8 inchi (3 mm) atau 1,5 kali ketebalan dinding dari material, mana yang lebih kecil, untuk segala arah permukaan daerah lasan dan zona fusi setelah diuji. Retak yang terjadi pada sepanjang sisi spesimen selama pengujian dan ukuran retaknya kurang dari 1/4 inchi (6 mm), diukur dalam segala arah, tidak dianggap sebuah cacat.

Untuk diameter tes las lebih besar dari 12 3/4 inchi (323,9 mm), jika hanya satu spesimen uji yang gagal, spesimen dapat diganti dengan dua spesimen tambahan dari lokasi yang berdekatan dengan spesimen yang gagal. Jika salah satu spesimen uji pengganti gagal, las dianggap tidak dapat diterima.

Untuk material coupon dengan ketebalan lebih besar dari 0,5 inchi (12,7 mm), juga dilakukan pengujian *side bending*, dengan standar

keberterimaannya sama dengan pengujian *root and face band*. Spesimen uji *side bend*

seperti terlihat gambar 11. di bawah ini.



NOTE 1 The weld reinforcement is removed from both faces flush with the surface of the specimen.

NOTE 2 Specimens may be machine cut to a width of  $\frac{1}{2}$  in. (13 mm), or they may be oxygen cut to a width of approximately  $\frac{3}{4}$  in. (19 mm) and then machined or ground smooth to a width of  $\frac{1}{2}$  in. (13 mm). Cut surfaces are smooth and parallel.

Gambar 11. Spesimen uji *side bending*

#### D. PENUTUP

Dari pembahasan mengenai kualifikasi *Welding Procedure Specification* (WPS) dan kualifikasi juru las (*welder*) dapat ditarik beberapa kesimpulan bahwa pekerjaan pengelasan (*welding*) dalam industri migas harus dilakukan oleh juru las (*welder*) yang kompeten dan sudah terqualifikasi berdasarkan persyaratan yang diacu. WPS merupakan prosedur pengelasan tertulis yang berisi parameter-

parameter pengelasan untuk memberikan arahan kepada *welder* dalam membuat lasan produksi (*production weld*) harus dilakukan kualifikasi berdasarkan acuannya. Dan hasil pengujian terhadap WPS yang diqualifikasi dituangkan ke dalam *Procedure Qualification Record* (PQR). Dan WPS yang sudah terqualifikasi sesuai standar yang diacu dapat digunakan untuk *production weld* dan kualifikasi *welder*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Welding, Brazing, and Soldering, Volume 6, ASM Handbook, ASM International, 1993.*
- BS EN 288 : Part 1. Specification and Approval of Welding Procedure for Metallic Materials – Part 1. General Rules for Fusion Welding. CEN, 1992.*
- API 1104 Welding of Pipeline and Related Facilities*
- ASME Section IX. Welding, Brazing, and Fusing Qualifications. ASME International, 2013*
- ASTM A 790/A 790M. Standard Specification for Seamless and Welded Ferritic/Austenitic Stainless Steel Pipe. ASTM International, 2005.*
- ASME B31.3. Process Piping. ASME International, 2008.*

\*) Penulis adalah pejabat fungsional Widyaiswara Muda Pusdiklat Migas