



PELASAN MATERIAL SUPER DUPLEX STAINLESS STEEL UR S32520 UNTUK KAKI TANKI PENYIMPAN ASAM FOSFAT (Tinjauan Metalurgi Pelasan)

P. Zacharias, Budi Santoso

PRPN BATAN, Kawasan PUSPIPEK, Gedung 71, Tangerang Selatan, 15310

ABSTRAK

PELASAN MATERIAL SUPER DUPLEX STAINLESS STEEL UR S32520 UNTUK KAKI TANKI PENYIMPAN ASAM FOSFAT. Tanki proses T100-01 digunakan untuk servis fluida yang mengandung asam fosfat, materialnya menggunakan super duplex stainless steel UR S32520 karena ketahanan korosinya paling bagus pada media asam fosfat. Elevasi tanki T100-01 didesain 1,5 m. sehingga diperlukan kaki penyangga tanki, yang disambungkan ke tanki dengan sambungan las. Pada pelasan yang menggunakan material super duplex diperlukan pengetahuan yang cukup tentang metalurgi pelasan dan sifat mekanik material tersebut. Untuk itu telah dilakukan studi referensi tentang pelasan material super duplex stainless steel UR S32520 yang ditinjau dari metalurgi pelasan dan sifat mekaniknya. Hasil kegiatan dapat dinyatakan sbb. Material super duplex UR S32520 dapat dilas dengan semua las busur nyala listrik, tidak perlu pre-heating dan PWHT. Suhu interpass dianjurkan pada 120°C. Kaki dan pad dilas dengan sambungan T dengan fillet weld dan menggunakan material isian super duplex berkomposisi 25%Cr,Ni. Dengan pelasan seperti itu, strukturmikro hasil las didominasi oleh fase feritik-austenitik. Oleh karena itu dalam perhitungan dimensi pelasan digunakan tegangan geser super duplex. Dari perhitungan yang menggunakan panjang kaki las 0,635 cm didapat ukuran minimum sambungan las yaitu panjang bruto alur las di daerah 1 dan 2 adalah 12 cm, daerah 3 adalah 9 cm. Perhitungan ini didasarkan pada faktor keselamatan 35 % dari kekuatan luluh.

Kata kunci: super duplex stainless steel UR S32520, material isian , fillet weld, tegangan geser

ABSTRACT

WELDING SUPER DUPLEX STAINLESS STEEL UR S32520 FOR LEG SUPPORT PHOSPHATE ACIDS STORAGE TANK. Tank T100-01 is used for storage of fluid containing phosphoric acid, therefore tank material used is super duplex stainless steel UR S32520 for best corrosion resistance in phosphoric acid. Elevation tank is designed at 1.5 m, so that the necessary leg support tank, and which is connected to the tank with welded joints. Welding that uses super duplex materials required sufficient knowledge of welding metallurgy and mechanical properties of the material. For reference studies that have been conducted on the welding material super duplex stainless steel UR S32520 the terms of welding metallurgy and mechanical properties. The results of the activities can be expressed as follows. Super duplex UR S32520 can be welded using all electric arc welding, do not need pre-heating and PWHT. Interpass temperature recommended at 120°C. Jointed legs and pad use Tee joint, then welded by fillet weld and super duplex 25% Cr, Ni as the filler material can be used. With such welding, welds microstructure dominated by ferritic-austenitic phase. Therefore, in calculating the weld size, the shear stress of super duplex can be used. From the calculations that used the weld leg length 0.635 cm, the minimum size of the length of weld at area 1 and 2 are 12 cm, at area 3 is 9 cm. Safety factors are used 35% of the yield strength.

Keywords: super duplex UR S32520, filler material, fillet weld, shear stress.



1. PENDAHULUAN

Kegiatan Desain Dasar Sistem Mekanik Pabrik *Yellow Cake* dari Uranium Hasil Samping Pabrik Asam Fosfat dibatasi pada desain peralatan proses utama dan komponennya, yaitu peralatan proses dari umpan masuk hingga ke produk serbuk *yellow cake*. Peralatan proses produksi berupa tanki-tanki atmosferik, tanki pemisah, tanki ekstraksi-stripping, reaktor kalsinasi, peralatan *machinery*, dan sistem perpipaan serta komponennya memiliki elevasi tertentu. Untuk mendapatkan elevasi tersebut digunakan kaki-kaki penyangga yang penyambungannya dengan peralatan menggunakan sambungan las. Pada tanki proses untuk servis fluida yang mengandung asam fosfat, materialnya harus menggunakan *super duplex stainless steel* UR S32520 karena paling lambat laju korosinya pada media asam fosfat. Oleh karena itu, untuk mendapatkan kualitas sambungan las yang baik perlu dipahami sifat material *super duplex* terhadap pengaruh pelasan. Pengetahuan metalurgi pelasan dan sifat mekanik material *super duplex* dan hasil lasnya dipelajari untuk memahami perlakuan panas yang diperlukan, sifat dan karakteristik metalurgi hasil las dan pengaruhnya terhadap sifat mekanik. Sifat mekanik hasil las menentukan kekuatan sambungan las. Selain itu, kekuatan sambungan las ditentukan juga oleh jenis sambungan dan jenis pelasannya (*butt* atau *fillet weld*). Untuk itu dilakukan studi referensi tentang metalurgi pelasan material *super duplex stainless steel* UR S32520 dan karakteristiknya, dan sifat mekanik material induk dan hasil las. Dan hasilnya digunakan pada perhitungan desain pelasan kaki tanki penyimpanan asam fosfat.

2. METALURGI PELASAN *SUPER DUPLEX STAINLESS STEEL* UR S32520

2.1. Material dan Sifatnya dalam Pelasan

Faktor jenis, bentuk dan ukuran material menentukan cara dan proses pelasan. Faktor tersebut akan mempengaruhi perlu atau tidak perlakuan awal (*pre-treatment*) dan perlakuan sesudah pelasan (*Post Weld Heat Treatment* - PWHT). Selain itu, penambahan bahan isian las (*filler metal*) sangat ditentukan oleh material induk yang akan disambung^[1].

Material *super duplex* UR S32520 digunakan untuk tanki penyimpanan asam fosfat (T100-01) karena material ini lebih tahan terhadap erosi-korosi akibat batuan fosfat daripada material lain. Sifat mekanik ini meningkat disebabkan oleh tingginya kandungan Cr dan Mo-Cu, dan N. Penambahan Mo dan N meningkatkan ketahanan korosi, nitrogen



tinggi memperbaiki stabilitas struktur di daerah HAZ (*Heat Affective Zone*), sedangkan pengaruh Cu akan meningkatkan sifat tahan korosi dalam media asam sulfat. Tabel 1 dan Tabel 2 menunjukkan komposisi kimia dan sifat mekanik material UR S32520. PREN menunjukkan angka ekuivalen ketahanan terhadap korosi *pitting* (*Pitting Resistance Equivalent Number*) [2, 3, 4].

C	Cr	Ni	Mo	N	lain
<0,03	25	6,5	3,5	0,25	Cu>1,5
PREN=(Cr%)+3,3(Mo%)+16(N%)≥ 40					

Tabel 1. Komposisi kimia UR S32520.

ASTM/ UNS	Grade	Kekuatan Luluh,min.,	Kekuatan Tarik,MPa.	Elongasi %,min.	HB, Max.
S32520	UR 52N+	490 MPa	690-890	25	310

Tabel 2. Sifat mekanik UR S32520 pada temperatur *ambient*

2.2. Perlakuan panas [2, 3, 4]

Meskipun material *super duplex* UR S32520 memiliki ketahanan oksidasi suhu tinggi yang baik, seperti duplex *stainless steels* lainnya, mereka mengalami perapuhan (*embrittlement*) jika dilakukan dalam waktu singkat pada suhu di atas 270 ° C. Perapuhan ini hanya dapat diperbaiki dengan *solution annealing treatment*. Perlakuan anil seperti itu dilakukan pada rentang temperatur 1080 - 1120°C, kemudian dilanjutkan dengan pendinginan cepat dalam air. Meskipun demikian, perlakuan panas tidak mengubah kekerasan material ini. Proses pembentukan melalui pembentukan dingin (*cold forming*) membutuhkan energi tinggi akibat dari sifat mekanik yang tinggi. Deformasi dingin (perolan dingin) di atas 20% diperlukan perlakuan panas. Pembentukan panas (*hot forming*) dapat dilakukan pada suhu antara 1000°C -1150°C, setelah itu perlu dilakukan *solution annealing heat treatment* dalam rentang suhu 1080-1120°C yang dilanjutkan dengan pencelupan cepat dalam air. Material ini tidak dianjurkan untuk penggunaan di bawah – 50°C, karena pada suhu tersebut terjadi perubahan sifat mekanik dari ulet ke getas. Oleh karena itu batasan operasional material ini adalah pada -50°C – 270°C.

2.3. Sifat Korosi

Super duplex UR S32520 menunjukkan performa tahan korosi sangat baik dalam larutan asam sulfat dan fosfat, bahkan dalam larutan berklorida. Strukturmikro super



duplex menghasilkan sifat mekanik tinggi, sehingga material ini tahan terhadap erosi-korosi. Karena itu, material ini yang paling baik untuk digunakan pada industri asam fosfat yang bahan bakunya berasal dari bebatuan fosfat. Selain itu, karena nilai minimum PREN adalah 40, maka UR S32520 juga memiliki ketahanan terhadap korosi *pitting* dan *crevice* ^[2,3,4]. Meskipun demikian, penghalusan permukaan produk, meniadakan celah yang tak perlu yang dapat menimbulkan korosi *crevice* tetap melekat pada produk yang dikerjakan. Pada penyambungan las yang menggunakan material berbeda sehingga berpotensi terjadi korosi galvanik perlu dilakukan beberapa trik untuk menghindari korosi galvanik terjadi. Untuk melindungi material induk, dalam hal ini *super duplex* UR S32520, dari korosi digunakan *pad* yang juga *super duplex* UR S32520 sebagai bantalan las kaki tanki. Dengan cara ini, jika terjadi korosi galvanik, maka yang terserang adalah *pad* atau kaki tanki dan bukan dinding shell. Cara ini yang digunakan dalam pelasan kaki tanki dengan shell tanki T100-01, meskipun menggunakan material yang sama. Alasan lain penggunaan *pad* adalah untuk memperbesar luasan las pada dinding tanki.

2.4. Pelasan

Semua proses pelasan dapat digunakan pada material *superduplex* UR S32520. Prosedur pelasan sama dengan pelasan material *duplex stainless steel* yang lain. Pekerjaan pelasan tidak memerlukan *pre-heating*, dan *post weld heat treatment*. Namun untuk mendapatkan hasil lasan berstruktur mikro feritik-austenitik, hasil lasan perlu didinginkan dengan laju pendinginan optimal, dengan pengaturan panas masuk dan temperatur *interpass*. Pengaturan temperatur *interpass* untuk *super duplex* ini dibatasi tidak lebih dari 150°C, dan direkomendasikan bekerja di temperatur 120°C. Temperatur *interpass* terlalu tinggi akan menurunkan laju pendinginan hasil las yang berakibat fase intermetallic terbentuk. Fase ini dapat menurunkan kualitas sifat mekanik dan ketahanan korosi. Dan bila laju pendinginan terlalu tinggi, mikrostruktur hasil las didominasi oleh fase ferit ^[2, 3, 4].

3. PEREKAYASAAN SAMBUNGAN LAS KAKI TANKI

3.1. Tanki T100-01

Tanki T100-01 didesain untuk tempat menampung fluida campuran yang mengandung asam fosfat 40 % berat pada Pabrik *Yellow Cake* dari Uranium Hasil Samping Pabrik Asam Fosfat. Daya tampung tanki ditetapkan 80% volume, yang setara dengan massa 108492,4287 Kg (densitas 1588,8 Kg/m³).



Berikut data tanki T100-01 :

Diameter dalam *shell* : 4,6 m

Tinggi *shell* : 4,6 m

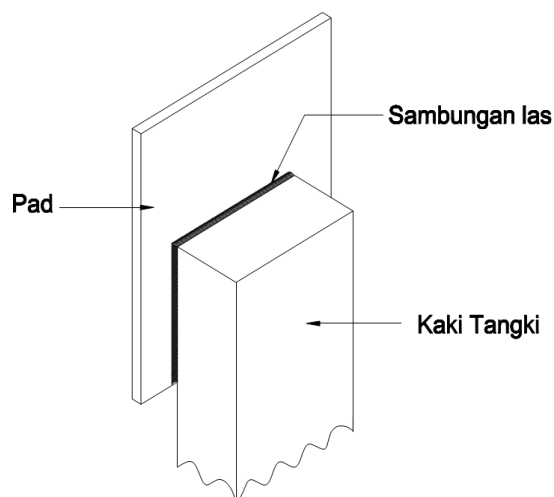
Tebal *shell* : 6,35 mm

Tebal *head* dan *bottom* : 6,35 mm

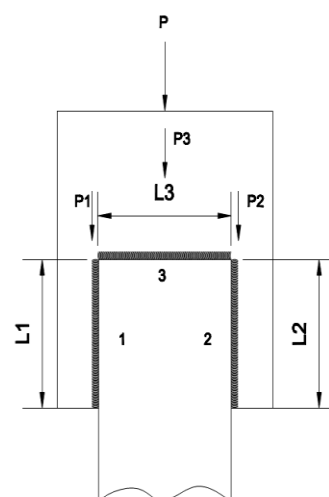
Berat kosong : 65781,6 N

Material : *super duplex stainless steel* UR S32520

Nozel inlet berada di *head*, sedangkan nozel outlet di posisi terbawah *bottom*. Pada nozel *outlet* dipasang saluran pipa keluar dan komponennya. Karena itu, tanki proses harus dipasang kaki penopang untuk mendapatkan elevasi tertentu. Elevasi tanki diperlukan untuk memberikan ruang tempat pemasangan komponen tanki, seperti nozel, flange, pipa, elbow dan komponen lainnya, atau juga sebagai akses keperluan lainnya. Konstruksi pemasangan kaki (*leg*) pada dinding luar *shell* tanki seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Posisi pelasan kaki (*leg*) tangki pada pad (bantalan) di dinding Shell



Gambar 2. Lokasi pelasan sudut antara kaki dan pad yaitu di daerah 1, 2, dan 3

3.2. Rekayasa proses pelasan

Pelasan kaki tanki dengan *pad* seperti tampak pada Gambar 1. Dengan posisi seperti ini, proses pelasan dapat dilakukan secara mendatar dengan menggunakan sambungan T dengan las sudut (*fillet weld*). Proses pelasan dapat menggunakan antarlain las busur nyala listrik terlindung (*Shielded Metal Arc Welding*, SMAW untuk tebal pelat minimal 3 mm), GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) dan GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*). Las GTAW dapat digunakan untuk tebal pelat kurang dari 15 mm dan hasil



lasan lebih murni dengan kandungan oksigen paling rendah. Semua pelasan menggunakan material isian (*filler metal*). Berikut beberapa alternatif pelat material kaki tanki yang dapat dilas dengan *pad superduplex* UR S32520 beserta dengan material isiannya ^[4, 5, 6].

- Material *pad* dan material kaki sama yaitu *superduplex* UR S32520. Ada dua jenis material isian yang dapat digunakan, yaitu material 25% Cr, Ni duplex, dan paduan tinggi Ni, Cr dan Mo, yaitu jenis alloy C22; E NiCrMo10 (AWS dan ASME), atau jenis alloy 59; SG Mo Cr23 Mo16 (DIN).
- Material kaki tanki menggunakan *carbon steel*, baja paduan rendah, atau *austenitic stainless steel*. Material isian yang dapat digunakan adalah *superduplex*, *duplex* atau 309 L Mo.
- Material kaki tanki menggunakan baja austenitik atau paduan nickel, material isian yang dapat digunakan adalah jenis paduan nickel yang kandungan Cr dan Mo tinggi tapi bebas dari niobium, yaitu E NiCrMo10 atau SG Ni Cr23 Mo16.

3.3. Rekayasa kekuatan sambungan las

3.3.1. Penurunan Rumus

Untuk penyederhanaan perhitungan kekuatan lasan hanya mempertimbangkan faktor berat saja, yaitu berat tanki dan isinya yang disebut berat total. Untuk menopang berat total tersebut, tanki T100-01 didesain dengan menggunakan 6 buah kaki dengan menggunakan profil U yang disambung dengan pelasan pada bantalan logam (*pad*). *Pad* dilas ke dinding *shell* dan kaki dilas ke *pad*. Rekayasa kekuatan las ini tidak melibatkan perhitungan kekuatan lasan antara dinding *shell* dan *pad*, dengan alasan bahwa kegagalan sambungan las dominan terjadi pada luasan las yang lebih kecil. Total luas sambungan las antara *pad* dan *shell* lebih besar daripada luas sambungan las kaki dengan *pad*, sehingga tegangan geser dan tarik yang terjadi pada sambungan *shell* dan *pad* lebih kecil.

Perhitungan kekuatan las atau ukuran luasan las mengacu ke gambar-gambar berikut ^[7]. Dari Gambar 2 tampak ada 3 daerah (luasan) yang dilas, yaitu daerah 1, 2 dan daerah 3. Gaya P adalah gaya berat total yang bekerja pada satu kaki dan harus dapat ditahan oleh total luas lasan per kaki. Gaya yang bekerja pada daerah las 1, 2, dan 3 berturut turut adalah gaya P_1 , P_2 , dan P_3 . Semua sambungan menggunakan sambungan las sudut (*fillet weld*). Oleh karena itu pada daerah lasan 1, 2 dan 3 gaya berat P dapat menimbulkan patahan/retakan yang disebabkan oleh tegangan geser.



Perhitungan kekuatan las di daerah lasan 1 dan 2 mengacu pada Gambar 3. Gambar 3 adalah sebuah segitiga siku-siku sama kaki, dan merupakan potongan sambungan las dilihat dari atas atau bawah Gambar 2. Panjang kaki las di kedua sisi segitiga diasumsikan sama dengan tebal pelat yang digunakan yaitu S_1 untuk daerah 1 dan S_2 untuk daerah 2. Tegangan geser yang mengakibatkan sambungan patah terjadi di luasan $a_1 \times l_1$ dan $a_2 \times l_2$, merupakan daerah sambungan las dengan luas penampang terkecil, dimana $a_1 = a_2 =$ tebal las dan $l_1 = l_2$ panjang neto alur las (Gambar 2. $L = l$). Tebal las mengikuti garis a_1 yang membentuk sudut 45° dengan garis S_1 , dengan demikian dapat ditentukan berdasarkan Gambar 3 bahwa $a_1 = S_1 \cdot \sin 45^\circ$. Luas bidang geser (A_g) yang menahan tegangan geser berturut-turut di lasan 1 dan 2 adalah :

$$A_{g1} = a_1 \times l_1 = l_1 \cdot S_1 \cdot \sin 45^\circ \quad \text{dan} \quad A_{g2} = a_2 \times l_2 = l_2 \cdot S_2 \cdot \sin 45^\circ$$

Karena $l_1 = l_2$ dan $a_1 = a_2$ maka $A_{g1} = A_{g2}$

Tegangan geser , τ_g

$$\tau_{g1} = \frac{P_1}{A_{g1}} \quad \text{dan} \quad \tau_{g2} = \frac{P_2}{A_{g2}}$$

$$P_1 = \tau_{g1} \cdot A_{g1} = l_1 \cdot S_1 \cdot \sin 45^\circ \cdot \tau_{g1}$$

$$= \frac{l_1 S_1}{\sqrt{2}} \tau_{g1} \quad \text{dan karena } P_1 = P_2,$$

maka besar gaya yang dapat ditahan sambungan las di daerah 1 atau 2 adalah

$$P_{1,2} = 2 \frac{l_1 S_1}{\sqrt{2}} \cdot \tau_{g1} \quad (1)$$

Penentuan kekuatan las di daerah 3 sama dengan cara seperti di atas dan mengacu ke Gambar 4. Pada Gambar 4 tampak sebuah segitiga sama kaki, yang merupakan potongan sambungan las di posisi daerah 3 yang dilihat dari samping Gambar 2. Panjang kaki las di kedua sisi segitiga diasumsikan sama dengan tebal pelat yang digunakan yaitu S_3 . Tegangan geser yang mengakibatkan sambungan patah/bergeser terjadi di luasan $a_3 \times l_3$, dimana $a_3 =$ tebal las dan l_3 panjang neto alur las, sehingga didapat $a_3 = S_3 \cdot \cos 45^\circ$. Luas bidang geser (A_g) yang menahan tegangan geser di daerah lasan 3 adalah:

$$A_{g3} = a_3 \times l_3 = l_3 \cdot S_3 \cdot \cos 45^\circ$$

dan gaya geser yang terjadi adalah : $P^1_3 = P_3 \times \cos 45^\circ$.



Tegangan geser, τ_g yang diterima luasan ini adalah :

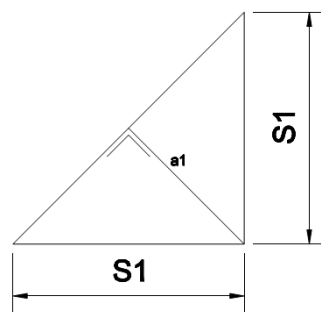
$$\tau_{g3} = \frac{P1_3}{A_{g3}} = \frac{P_3}{\ell_3 S_3}$$

Sehingga,

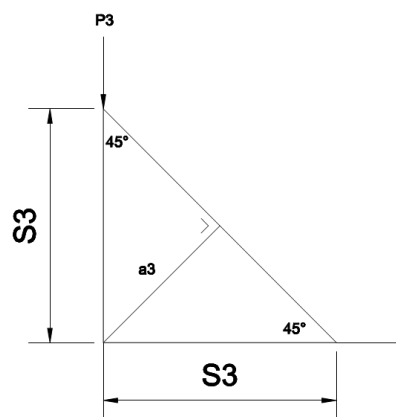
$$P_3 = \ell_3 S_3 \tau_{g3} \quad (2)$$

Dari penjumlahan Pers. 1 dan 2 dihasilkan besar gaya P yang dapat ditahan sambungan las di daerah 1, 2, dan 3 per kaki. Untuk tebal pelat dan tegangan geser sama serta $\ell_1 = 1,5 \ell_3$ didapat

$$P = \left(\frac{2}{\sqrt{2}} + \frac{2}{3} \right) \ell_1 S_1 \tau_{g1} \quad (3)$$



Gambar 3. Segitiga siku-siku sama kaki, potongan sambungan las di daerah 1 dilihat dari atas / bawah Gambar 2. a_1 = tebal lasan, S_1 = panjang kaki las = tebal pelat. Arah P_1 menembus bidang gambar.



Gambar 4. Potongan sambungan las di daerah 3 dilihat dari kiri/kanan Gambar 2.



Bidang geser $a_3 \times \ell_3$, a_3 = tebal lasan, ℓ_3 = panjang alur neto las.

3.3.2. Perhitungan Sambungan Las

Kondisi batas kekuatan sambungan las bergantung pada kekuatan tarik material isian hasil lasan dan bukan berdasarkan kekuatan luluhnya. Elektrode yang digunakan dalam rekayasa pelasan ini adalah material *super duplex* berkomposisi 25% Cr, Ni, menghasilkan lasan baja fase *ferritic-austenitic*. Nilai kekuatan tariknya 680 MPa (*super duplex UR S32520*) pada suhu operasi 100°C. Untuk metal induk , tegangan tarik yang diijinkan menggunakan faktor keamanan 35 % terhadap kekuatan luluh, sedangkan metal hasil las adalah 35% dari kekuatan tariknya. Berat total tanki dan isinya adalah 1150705,887 N, tanki menggunakan 6 buah kaki (*leg*). Beban dianggap terdistribusi merata untuk tiap kaki, jadi beban per kaki $P = 1150705,887 : 6 = 191784,3145$ N.

Berikut pendekatan yang digunakan untuk tegangan tarik dan geser yang diijinkan.

$$\begin{aligned} \text{Tegangan tarik yang diijinkan, } \sigma_t &= 0,35 \times 680 \text{ MPa}^{5,7)} \\ &= 238 \text{ MPa.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tegangan geser yang diijinkan, } \tau_g &= 0,6 \times \sigma_t \\ &= 142,8 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\text{Tebal pelat = panjang kaki las = } S = 6,35 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Dengan menggunakan Persamaan (3) dapat ditentukan nilai ℓ_1 , yaitu :

$$\ell_1 = 0,1016 \text{ m} = 10,2 \text{ cm, jadi } \ell_2 = 10,2 \text{ cm}$$

Selanjutnya dapat ditentukan : $\ell_3 = \frac{2}{3} \ell_1 = 6,77 \text{ cm} = 7 \text{ cm}$. Nilai ℓ_1 , ℓ_2 dan ℓ_3 merupakan nilai panjang neto alur lasan, ketiga nilai tersebut memenuhi ketentuan batasan untuk las sudut *fillet*, yaitu panjang neto alur las minimum 4 cm dan maksimum 28,28 kali panjang kaki las.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari tinjauan metalurgi pelasan dan proses pelasan di atas, perekayasaan sambungan las kaki dengan *pad* pada tanki T100-01 menunjukkan bahwa material *super duplex UR S32520* dapat dilas dengan menggunakan semua proses pelasan busur nyala listrik. Prosedur pelasan sama dengan pelasan material *duplex stainless steel* yang lain. Pekerjaan pelasan tidak memerlukan *pre-heating*, dan *post weld heat treatment*.



Namun untuk mendapatkan strukturmikro hasil las sebagaimana seharusnya, proses pendinginan lasan harus dengan laju pendinginan optimal, dengan mempertimbangkan pengaturan panas masuk dan temperatur *interpass*. Temperatur *interpass* harus lebih rendah dari 150°C, dan direkomendasikan bekerja di temperatur 120°C. Jika temperatur *interpass* terlalu tinggi, maka laju pendinginan akan rendah dan yang berakibat pembentukan fase intermetallik yang dapat menurunkan kualitas sifat mekanik dan ketahanan korosi lasan. Sebaliknya, bila laju pendinginan terlalu tinggi, maka strukturmikro *super duplex* tidak terbentuk, hasil las didominasi oleh fase ferit. Selain itu, ada rentang batas suhu perlakuan panas material induk yang perlu diperhatikan karena di luar batas itu akan berdampak buruk terhadap kekuatan mekanik. Perlakuan panas secara singkat di atas temperatur 270°C mengakibatkan perapuhan material. Perapuhan ini hanya dapat diperbaiki dengan *solution annealing treatment* pada rentang temperatur 1080 - 1120°C, kemudian dilanjutkan dengan pendinginan cepat dalam air. Perlakuan panas material ini di bawah - 50°C tidak dianjurkan, karena pada suhu tersebut terjadi perubahan sifat mekanik dari ulet ke getas, karena itu batasan operasional material ini adalah pada -50°C – 270°C. Batasan ini menjadi persyaratan desain material, yang nantinya berkaitan dengan temperatur operasi proses (100°C) dan temperatur *ambient* di lokasi pabrik.

Rekayasa pekerjaan pelasan mengikuti Gambar 1 dan Gambar 2. Pelasan dapat dilakukan dengan cara mendatar (tanki horizontal) atau vertikal, dan menggunakan sambungan T dengan pelasan sudut (*fillet weld*). Karena itu, sambungan las ini jika mengalami retak/patah lebih disebabkan oleh tegangan geser yang terjadi pada metal lasan. Tegangan geser berasal dari berat total tanki dan isinya yang dianggap terdistribusi rata tiap kaki. Bidang geser diasumsikan terjadi di daerah hasil las yang luas penampangnya paling kecil, sehingga di luasan ini terjadi tegangan geser paling besar (lihat Gambar 3 dan Gambar 4). Hal penting lain adalah penggunaan material isian yang harus menghasilkan lasan dengan sifat mekanik dan korosi hampir sama dengan material induk. Dari uraian di *item* 3.2. di atas, ada tiga kelompok jenis material isian dan material kaki yang dapat digunakan pada pelasan dengan material *super duplex*. Pemilihannya berdasarkan atas kemudahan mendapatkan material (kaki dan bahan isian, dalam hal ini karena sama dengan tanki), dan bebas dari perlakuan setelah pelasan. Kemudian mempertimbangkan potensi terjadi korosi, dan kemudahan pembentukan strukturmikro *super duplex* logam hasil las. Dengan kriteria seperti itu, desain untuk pekerjaan pelasan ini menggunakan material isian 25% Cr, Ni dan *super duplex* sebagai kaki tanki. Dengan



demikian potensi korosi galvanis sangat rendah, dan juga korosi *pitting* sangat kecil karena nilai PREN > 40, sedangkan korosi *crevice* dapat diminimumkan dengan meniadakan celah dan penghalusan pengerjaan permukaan sambungan. Sambungan hasil las memiliki strukturmikro feritik-aitenitik *super duplex*, karena itu dalam perhitungan digunakan tegangan geser yang diijinkan didapat dari tegangan tarik UR S32520 untuk suhu 100°C.

Hasil perhitungan luasan las berdasarkan kekuatan las menahan berat total ditampilkan pada tabel di bawah ini, yang menunjukkan panjang neto alur las secara berurutan untuk daerah las 1, 2 dan daerah 3 adalah $l_{n1} = l_{n2}$ dan l_{n3} . Dan panjang bruto alur las adalah $l_{bt1} = l_{bt2}$ dan l_{bt3} . Panjang bruto alur las didapat melalui persamaan $l_{bt} = l_{nt} + 3 \cdot a$.

	Luas neto lasan 1 atau 2, cm ²	Luas bruto lasan 1 atau 2, cm ²	Luas neto lasan 3 cm ²	Luas bruto lasan 3 cm ²
	$l_{n1} = l_{n2} = 10,2$	$l_{bt1} = l_{bt2}$	l_3	l_{bt3}
a=0,45	(0,45 x 10,2)	(0,45 x 12)	(0,45 x 7)	(0,45 x 9)
S=0,65	(0,65 x 10,2)	(0,65 x 12)	(0,65 x 7)	(0,65 x 9)

5. KESIMPULAN

Penyambungan kaki tanki dengan tanki T100-01 menggunakan sambungan las dengan proses las busur nyala listrik. Bahan kaki menggunakan pelat *super duplex* yang dibentuk menjadi profil U melalui pembentukan panas. Posisi penyambungan seperti tampak pada Gambar 1, yaitu *pad* dilas ke dinding *shell*, dan kaki profil U dilas ke *pad*. Jenis sambungan T (*Tee joint*) dan las *fillet* yang digunakan, dan temperatur *interpass* dijaga pada 120°C. Jika gaya berat yang bekerja pada sambungan itu menyebabkan retak/patah, maka disebabkan oleh tegangan geser. Karena material *pad* dan kaki sama-sama *super duplex* UR S32520, dan material isian adalah *super duplex* dengan komposisi 25% Cr, Ni, maka strukturmikro hasil las dapat menyerupai material induk dan tidak diperlukan proses PWHT. Oleh karena itu pada perhitungan kekuatan sambungan las, data tegangan geser yang diijinkan didapat dari tegangan tarik UR S32520. Dari perhitungan diperoleh bahwa untuk menahan berat total tanki yang menggunakan 6 kaki identik dapat digunakan sambungan las sudut dengan posisi pelasan satu kaki seperti Gambar 1 dan Gambar 2. Untuk menahan beban aman di setiap kaki, maka ukuran minimal panjang bruto alur las di daerah 1 dan 2 adalah 12 cm, dan panjang bruto alur



las daerah 3 adalah 9 cm. Panjang kaki las dipilih sama dengan tebal pelat yaitu 0,635 cm. Faktor keselamatan yang digunakan adalah 35 % dari tegangan luluh.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Sriwidharto, Petunjuk Kerja Las, cetakan 1, PT Pradnya Paramita, Jakarta, 1987, Bab 2-4.
2. Avesta welding, How to Weld Duplex Stainless Steels, Sweden 2010, www.avestawelding.com, download October 17, 2012
3. Duplex, Austenoferritic Stainless Steel, UGIWELD™ 52N, UGITECH, 2010, p.11 - 15, www.ugitech.com, down load 18 October 2012.
4. CASTI Metal Blue Book 9, Patchett, B.M., Welding Filler Metals, 4th Ed., CASTI Publishing Inc., Jan. 2003, down load 5 October 2012
5. Technical and Further Education (TAFE) Commision, Mechanical Design Data Manual, Weld Joints, Bankstown, New South Wales, Feb 1999, Chapter 14. Download 12 October 2012.
6. Selectarc, Arc Welding Electrodes, Stainless Steels & Nickel Base, TUV, CERT, www.Selectarc.com, down load 5 October 2012.
7. NATIONAL METAL DISTRIBUTORS INC., Super Duplex Stainless Steels, UR 52N+ (255), Vancouver, Canada, 2010. Spec. p.1-8., Welding p.1-12, down load 27 Maret 2012.

TANYA JAWAB

Pertanyaan

1. Bagaimana proses pengelasan? (RONY DJOKORAYONO)
2. Berapa titik cair UR S32520? (RONY DJOKORAYONO)
3. Bagaimana pengujian Las dengan menggunakan URS3250, apakah sama seperti SS316 mohon dijelaskan? (RONY DJOKORAYONO)
4. Bagaimana pengaruh suhu interpass 120°C, jika terjadi kelebihan atau kekurangan tersebut apa yang terjadi? (MARGONO)

Jawaban

1. proses pengelasan dapat menggunakan semua las busur listrik
2. Melting point superdules 1350 °C
3. Secara umum pengujian sama , dapat menggunakan NDT atau uji mekanik dan uji metallografi untuk melihat struktur mikro



-
4. Suhu interpass berpengaruh pada suhu pendinginan hasil lasan, Laju pendingin tinggi pada logam hasil las didominasi fase ferit. Laju pendinginan rendah terbentuk fase intermetalik berakibat kekuatan mekanik dan ketahanan korosi turun