

## UPAYA PENINGKATAN SIFAT MEKANIS MATERIAL *BISPLATE 80 GRADE 700* MELALUI *POST WELD HEAT TREATMENT (PWHT)* PADA PENGELOAN PROSES *SHIELD METAL ARC WELDING (SMAW)* POSISI 1G

**Sunarko**  
Widyaiswara pada PPPPTK BMTI  
e-mail :

### ABSTRAK

Salah satu perusahaan yang bergerak di bidang industri manufaktur alat-alat berat memproduksi *dump truck, heavy transportation equipment, original component and attachments and mining support*. Salah satunya produksinya *light vessel* yang berfungsi sebagai bak pengangkut batubara, sering terjadi kerusakan pada daerah-daerah yang terdapat sambungan pengelasan. Penyebabnya adalah daerah-daerah hasil lasan tidak dilakukan proses *post weld heat treatment (PWHT)* dan penggunaan secara kontinyu dalam mengangkut batubara di area tambang yang mengakibatkan tegangan dalam di sambungan lasan, sehingga sering terjadi keretakan. Ditinjau dari komposisi dan aplikasinya, maka *bisplate 80 grade 700* baik digunakan dalam pembuatan *light vessel*. Proses fabrikasi dalam pembuatan *light vessel* teknik penyambungannya menggunakan proses pengelasan *Shielded Metal Arc Welding (SMAW)* dan *Flux Core Arc Welding (FCAW)* dengan jenis sambungan *fillet* (sudut) dan *groove* (tumpul). Setelah proses pengelasan dilakukan, maka pada daerah las akan terjadi tegangan dalam (*internal stress*). Tegangan dalam terjadi karena struktur butiran pada daerah las menjadi tidak seragam, sehingga perlu dilakukan PWHT. Material *bisplate 80 grade 700* memiliki *weldability* yang baik, karena memiliki CE 0,40 % atau < 0,45 %, tidak peka (aman) terhadap retak dingin dengan nilai CE 0,185 % atau < 0,35 %, dan tidak peka (aman) terhadap retak pemanasan ulang dengan nilai CE - 2% atau < 0. Penelitian ini PWHT menggunakan 3 variasi temperatur, yaitu 530° C, 550° C, dan 570° C dengan waktu penahanan masing-masing 30 menit kemudian didinginkan secara perlahan. Pada *non-PWHT* memiliki rata-rata nilai kekerasan tertinggi, yaitu 362,0 HVN. Hasil lasan dengan PWHT yang memiliki rata-rata nilai kekerasan tertinggi, yaitu 358,6 HVN pada temperatur 530° C. Perbandingan sifat mekanis antara *non-PWHT* dengan PWHT tidak jauh sehingga implementasi di lapangan (*site*) selayaknya menerapkan proses PWHT pasca pengelasan, karena dapat mengurangi tegangan sisa akibat proses pengelasan.

**Kata kunci :** *light vessel, SMAW, PWHT, bisplate 80 grade 700*

### ABSTRACT

*One of the companies engaged in the manufacturing of heavy equipment to produce dump trucks, heavy transportation equipment, original components and attachments and mining support. One of them is the production of light vessel that serves as a carrier like coal, frequent damage to the welding areas. The cause is the result of weld areas not done the Post Weld Heat Treatment (PWHT) and continuous use in transporting coal mining areas resulting in a stress at the welding areas, so frequent cracks. Judging from the composition and application, then bisplate 80 grade 700 good used in the manufacture of light vessel. The fabrication process in making of the light vessel uses Shielded Metal Arc Welding (SMAW) and Flux Core Arc Welding (FCAW) process with fillet and groove type. After the welding process is done, then the welding area will occur in the stress (internal stress). The stress occurs because the grain structure in the weld area against cracking cold with CE 0.185% or the value of <0.35%, and safe to cracking reheating the value of CE - 2% or <0. This study uses three PWHT temperature variations, 530°C, 550°C and 570°C with a holding time of each 30 minutes and then cooled slowly. In non-PWHT has an average value of the highest hardness, 362.0 HVN. With PWHT has an average value of the highest hardness, 358.6 HVN at a temperature of 530°C. Comparison of mechanical properties between the non-PWHT and PWHT is not far away so that implementation on the site should apply PWHT after welding process, as it can reduce residual stresses due to the welding process.*

**Keywords:** *light vessel, SMAW, PWHT, bisplate 80 grade 700*

### 1. PENDAHULUAN

Salah satu produk Industri manufaktur alat-alat berat adalah *light vessel*, yaitu alat berat yang berfungsi sebagai bak pengangkut batubara. *Light vessel* yang beroperasi di tambang sebagai *mining transportation*, tidak jarang terjadi kerusakan pada daerah sambungan las. Hasil perbaikan (*repair*) di lapangan (*site*) pada daerah las tidak pernah dilakukan proses lanjut (*post weld heat treatment/PWHT*), karena kondisi yang tidak

memungkinkan, yaitu peralatan PWHT tidak tersedia dan alat transportasi setelah diperbaiki langsung beroperasi kembali. Hasil dari pengelasan yang tidak dilakukan PWHT akan terjadi tegangan sisa (*residual stresses*) akibat proses pengelasan.<sup>1</sup> *Residual stresses* menyebabkan material menjadi lebih getas, sehingga bila terkena beban, material menjadi lebih mudah patah.

*Bisplate 80 grade 700* adalah baja berkekuatan tinggi dengan karbon ekuivalen terkontrol sehingga

memiliki sifat mampu las yang optimal. Pengelasan yang sering digunakan oleh industri untuk material *bisplate 80 grade 700* adalah *Shielded Metal Arc Welding*. Pengelasan akan berhasil dengan baik, apabila menggunakan *filler low hydrogen* dan memperhatikan perlakuan *preheat*, temperatur *interpass*, *heat input*, dan kualitas sambungan. *Stress relieving* untuk material ini disarankan pada temperatur antara 530°C sampai dengan 570°C.

Definisi pengelasan menurut *American Welding Society* (AWS) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dengan kata lain, mengelas adalah sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas. Dalam proses penyambungannya ada yang disertai dengan tekanan dan pemberian material tambahan (*filler*).<sup>5</sup>*Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) adalah suatu proses pengelasan yang panasnya diperoleh dari nyala busur listrik dengan menggunakan elektroda yang berselaput. Elektroda berselaput ini berfungsi sebagai bahan pengisi dan memberi perlindungan terhadap kontaminasi atmosfer.

## 2. Kajian Teori

Baja *High Strength Low Alloy* (HSLA) adalah jenis baja paduan yang memiliki sifat mekanik yang lebih baik atau resistensi lebih besar terhadap korosi daripada baja karbon. Baja HSLA memiliki kandungan karbon antara 0,05-0,25% untuk mempertahankan sifat mampu bentuk dan mampu las. Elemen paduan lain mencakup hingga 2,0% jumlah mangan dan sedikit dari tembaga, nikel, niobium, nitrogen, vanadium, kromium, molibdenum, titanium, dan zirconium ditambahkan untuk tujuan memperkuat. Unsur-unsur ini dimaksudkan untuk mengubah struktur mikro baja karbon, yang biasanya ferit-perlit, untuk menghasilkan dispersi yang sangat halus dari paduan karbida dalam matriks ferit yang hampir murni. Hal ini menghilangkan efek ketangguhan-mengurangi dari fraksi volum *pearlitic* namun mempertahankan dan meningkatkan kekuatan material tersebut dengan memperbaiki ukuran butir, yang dalam hal kekuatan luluh meningkat sebesar 50% ferit untuk setiap mengurangi separuh dari diameter butir rata-rata. Penguatan presipitasi memainkan peran kecil, juga. Hasil kekuatan bervariasi antara 250-590 MPa (36,000 Psi-86,000 Psi).

*Bisplate 80 grade 700* adalah salah satu produk dari *Bisalloy Steel Pty Ltd*. Australia yang termasuk kelompok baja HSLA.<sup>[3]</sup> Material ini memiliki kekuatan yang tinggi, baja paduan rendah yang memiliki kekuatan luluh tiga kali lipat dibandingkan baja karbon, serta mengandung karbon yang rendah, memiliki ketangguhan sangat baik, sifat mampu las yang baik dan sifat mampu bentuk yang baik pula. *Bisplate 80 grade 700* tetap memiliki kekuatan yang tinggi meskipun ketebalannya direduksi tanpa kehilangan kualitas dari strukturnya. Berdasarkan keuntungan dari sifat ini penggunaan *bisplate 80 grade 700* digunakan pada:

1. Peralatan transportasi
2. Bahan profil bangunan
3. Peralatan tambang (*dump truck*)
4. Peralatan angkat (*mobile crane*/penanganan peralatan kontainer)
5. Jembatan-jembatan
6. Tangki-tangki penyimpanan
7. *Excavator buckets*
8. *Induced draft fans*

*Bisplate 80 grade 700* adalah baja berkekuatan tinggi dengan karbon ekuivalen terkontrol sehingga memiliki sifat mampu las yang optimal. Pengelasan akan berhasil dengan baik, apabila menggunakan *filler low hydrogen* dan memperhatikan perlakuan *preheat*, temperatur *interpass*, *heat input*, dan kualitas sambungan. *Stress relieving* untuk material ini disarankan pada temperatur antara 540°C sampai dengan 570°C.

*Bisplate 80 grade 700* memiliki sifat mekanik seperti yang tertera pada tabel II.1 berikut:

**Tabel II.1. Sifat mekanik *bisplate 80 grade 700***

Properties	Specification	Typical
0.2% Proof Stress	690 MPa (Min)*	750 MPa
Tensile Strength	790-930 MPa*	830 MPa
Elongation in 50 mm	18% (Min)*	26%
Charpy Impact (Longitudinal) -20°C (10 mm x 10 mm)	40 J (Min)*	160 J
Hardness	-	255 HB

\*tergantung pada tebal pelat

Definisi pengelasan menurut *American Welding Society* (AWS) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dengan kata lain, mengelas adalah sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas. Dalam proses penyambungannya ada yang disertai dengan tekanan dan pemberian material tambahan (*filler*).<sup>[4]</sup>

Salah satu dari beberapa proses pengelasan adalah *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW), suatu proses pengelasan yang panasnya diperoleh dari nyala busur listrik dengan menggunakan elektroda yang berselaput. Elektroda berselaput ini berfungsi sebagai bahan pengisi dan memberi perlindungan terhadap kontaminasi atmosfer. Operator las memegang penjepit elektroda (tang las) yang berisolasi dan menarik busur pada posisi dimana sambungan dibuat. Penjepit/ pemegang elektroda menjepit ujung elektroda yang tidak berselaput untuk mengalirkan arus listrik. Elektroda mencairkan logam dasar dan membentuk terak las pada waktu yang bersamaan; ujung elektroda melecair dan bercampur dengan bahan yang di las.

Berikut ini beberapa contoh aplikasi penggunaan proses *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW), antara lain:

1. Sambungan-sambungan kaki kolom,
2. Konstruksi baja
3. Balok-balok penyangga,

4. Bejana bertekanan,
5. Alat berat, dll.

Trafo las atau mesin las pada dasarnya digunakan untuk menurunkan tegangan dan menaikkan arus listrik (OCV 40 – 80 V dan CCV 20-35 V). Ditinjau dari arah aliran arus, mesin las dibagi menjadi dua:

1. Arus listrik yang mengalir dengan arah aliran yang sama pada setiap saat, ini disebut Arus Searah (*Direct Current/DC*).
2. Arus listrik yang mengalir secara bolak-balik (pertama mengalir pada satu arah, kemudian berhenti dan mengalir ke arah yang berlawanan), arus seperti ini disebut Arus Bolak Balik (*Alternating Current/AC*).

Jumlah arus yang mengalir dalam sirkuit diatur dalam ampere. Arus listrik mengalir dari terminal positif ke negatif dalam suatu sirkuit. Aliran elektron mengalir kebalikan dari aliran arus.

Ada dua jenis pengkutuban las pada mesin las DC, yang salah satu pengkutubannya dapat menghasilkan panas yang lebih tinggi dibanding dengan pengkutuban yang lain, kedua jenis pengkutuban tersebut adalah:

a) DCRP (*Direct Current Reverse Polarity/DCEP*)

Pada pengkutuban ini, elektroda dihubungkan dengan kutub positif dan kabel massa (benda kerja) dihubungkan dengan kutub negatif. Distribusi panasnya adalah benda kerja akan lebih panas ( $\pm 2/3$ ) jika dibanding dengan elektroda ( $\pm 1/3$ ). Oleh karena benda kerja lebih panas, maka akan lebih sesuai bila digunakan untuk mengelas logam yang tebal (memerlukan penetrasi yang dalam).

b) DCSP (*Direct Current Straight Polarity/DCEN*)

Pada pengkutuban DCSP, kabel elektroda dihubungkan pada kutub negatif dan kabel massa (benda kerja) dihubungkan pada kutub positif. Dalam pengkutuban seperti ini distribusi panas yang dihasilkan adalah sebagai berikut: elektroda las akan menjadi lebih panas ( $\pm 2/3$ ) bila dibanding dengan benda kerja ( $\pm 1/3$ ). Oleh karena elektroda lebih panas, maka akan lebih sesuai bila digunakan untuk mengelas logam yang tipis (penetrasi yang dangkal).

Jenis elektroda menurut salutannya sebagai berikut:

1. Elektroda rutil (E 6012 dan E 6013) dinamakan juga elektroda untuk tujuan umum. Mengandung rutil (utama) mudah digunakan untuk semua posisi menghasilkan penembusan yang sedang dan rigi las bersih.

E 6012 mengandung rutil natrium dan E 6013 mengandung rutil kalium.

E 6013 menghasilkan cairan terak yang lebih encer dan terak mudah lepas, elektroda ini lebih sesuai untuk pengelasan posisi di atas kepala dan tegak, untuk mesin yang mempunyai out put rendah E xx13 lebih mudah dinyalakan bila dibanding E xx12.

2. Elektroda Cellulose (E xx10 dan E xx11).

Mempunyai salutan yang tipis dan mengandung banyak cellulose yang dapat menghasilkan gas pelindung sangat banyak. Elektroda ini khusus untuk penembusan yang dalam seperti akar lasan

pada sambungan tumpul dengan volume terak yang kecil juga baik digunakan untuk pengelasan yang memerlukan perubahan posisi selama pengelasan berlangsung, misal pengelasan pipa. Perbedaan pemakaian E xx10 dan E xx11 terletak pada mesin las yang digunakan : E xx10 digunakan pada DC dan E xx11 dapat digunakan pada AC / DC.

3. Elektroda serbuk besi (E xx24 dan E xx27)

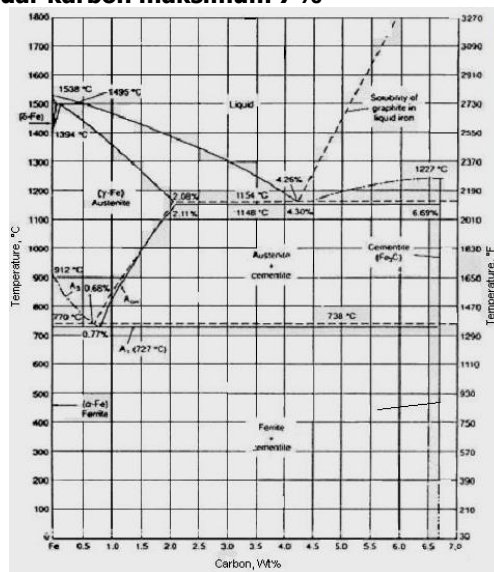
Mempunyai kandungan flux yang dapat melindungi cairan logam dari udara disekitarnya dan dapat menambahkan sejumlah kecil unsur-unsur lain, seperti: carbon, silikon, mangan. Elektroda yang mempunyai salutan lebih tebal berisi lebih banyak serbuk besi, hasil lasan lebih cepat dan lebih lebar. Dua angka terakhir menunjukkan kandungan serbuk besi dan pada umumnya lebih tinggi angkanya, lebih banyak serbuk besi dan lebih besar ampere yang digunakan.

4. Elektroda hidrogen rendah (E xx15, E xx16, dan E xx18)

Dapat mencegah masuknya gas hidrogen dan udara ke kawah las, seperti diketahui bahwa gas hidrogen di dalam cairan logam akan mengakibatkan keretakan di dalam. Elektroda ini biasanya digunakan pada pengelasan baja-baja yang mengandung lebih banyak karbon daripada baja lunak. Selain itu juga digunakan untuk baja paduan yang mengandung sejumlah besar unsur paduan seperti: chromium, malibdenum, vanadium, mangan, sulfur, dll. Salutan yang terlalu keluar kadang-kadang menyebabkan sukar menghasilkan busur. Elektroda ini kurang baik digunakan dengan mesin yang mempunyai voltage output rendah. Disarankan pengelasan dengan busur pendek dan elektroda disimpan di tempat yang kering.

Diagram fasa adalah suatu peta yang memberikan hubungan antara beberapa fasa (fasa kesetimbangan dan metastabil) dalam suatu sistem paduan sebagai fungsi temperatur, tekanan dan komposisi kimia. Keadaan setimbang dari suatu sistem adalah keadaan yang paling

**Gambar II.16. Diagram fasa Fe-C dengan kadar karbon maksimum 7%<sup>[6]</sup>**



Definisi beberapa struktur pokok dalam diagram fasa Fe-C

1. Austenit adalah nama struktur yang ditetapkan sebagai larutan padat  $\gamma$  dengan kemampuan larut maksimum austenit sebesar 2% C pada suhu 1.130°C. Di bawah kondisi tertentu struktur austenit dimungkinkan dapat terbentuk pada suhu ruang. Sifat-sifat austenit yaitu tegangan tarik 150.000 psi, perpanjangan 10%, kekerasannya sebesar 40 HRC, dan keuletan yang tinggi.
2. Sementit adalah berbentuk karbida besi dengan simbol  $Fe_3C$ , mengandung 6,67% C dari beratnya. Sifat sementit adalah keras dan getas dengan tegangan tarik 5.000 psi tetapi tegangan kompresinya cukup tinggi.
3. Ladeburit adalah nama struktur campuran dari austenit dan sementit. Ladeburit terbentuk dengan kadar karbon 4,3% pada suhu 1.130°C.
4. Ferit adalah struktur yang berlaku pada larutan padat  $\alpha$ . Yaitu suatu larutan padat dengan sejumlah kecil kadar karbon yang larut dalam besi  $\alpha$  BCC. Sifat mampu larut maksimum struktur ferit adalah sebesar 0,025% C pada suhu 723°C dan pada suhu ruang hanya mampu larut 0,008% C. Struktur ferit sifatnya sangat lunak dengan tegangan tarik sekitar 40.000 psi, perpanjangan 40%, dan kekerasannya kurang dari 90 HRB.
5. Perlit, adalah campuran eutektoid dengan kadar karbon 0,8% dan terbentuk pada suhu 723°C dengan pendinginan yang sangat lambat. Perlit merupakan struktur seperti lapisan-lapisan tipis dan rata yang baik, atau berbentuk campuran lamelar dari struktur ferit dan sementit. Struktur ferit berwarna putih cerah sebagai latar belakang berbentuk matrik dari campuran eutektoid dengan sementit berbentuk lapisan tipis dan rata. Sifat-sifat dari struktur perlit yaitu tegangan tarik sebesar 120.000 psi, perpanjangan 20% dan kekerasan sekitar 20 HRC, 95 – 100 HRB atau 250 – 300 HB.<sup>[11]</sup>

### Perlakuan panas

Perlakuan panas adalah suatu operasi yang penting dalam proses fabrikasi akhir suatu komponen dalam kebanyakan komponen teknik. Hanya dengan perlakuan panas akan diperoleh sifat mekanik yang tinggi pada komponen baja atau perkakas sehingga usia pakai komponen maupun perkakas tersebut akan lebih lama<sup>[7]</sup>. Perlakuan panas didefinisikan sebagai usaha mengubah sifat mekanik suatu material (baja) sehingga akan sesuai dengan performansi design yang diharapkan, dengan cara melakukan pemanasan pada temperatur tertentu, menahanya selama waktu tertentu kemudian mendinginkan dengan kecepatan tertentu.

*Annealing* adalah proses pemanasan material sampai temperatur austenit lalu ditahan beberapa waktu kemudian pendinginannya dilakukan perlahan-lahan di dalam tungku. Tujuan utama proses *annealing* ialah melunakan, menghaluskan butir kristal, menghilangkan *internal stress*,

memperbaiki *machinability* dan memperbaiki sifat kelistrikan/kemagnetan. Bentuk-bentuk perlakuan panas *annealing*, yaitu:

1. *Full annealing*
2. *Normalizing*
3. *Sphereodizing*
4. *Stress relieving*
5. *Homogenizing*

Pada industri pertambangan khususnya dalam pemeliharaan peralatannya terdapat proses *repairing*, salah satunya dengan menggunakan proses pengelasan. Akibat proses pengelasan pada bagian logam yang tersambung mengalami tegangan dalam, untuk mengurangi tegangan dalam pada hasil lasan perlu dilakukan proses perlakuan panas yaitu *stress relieving*.

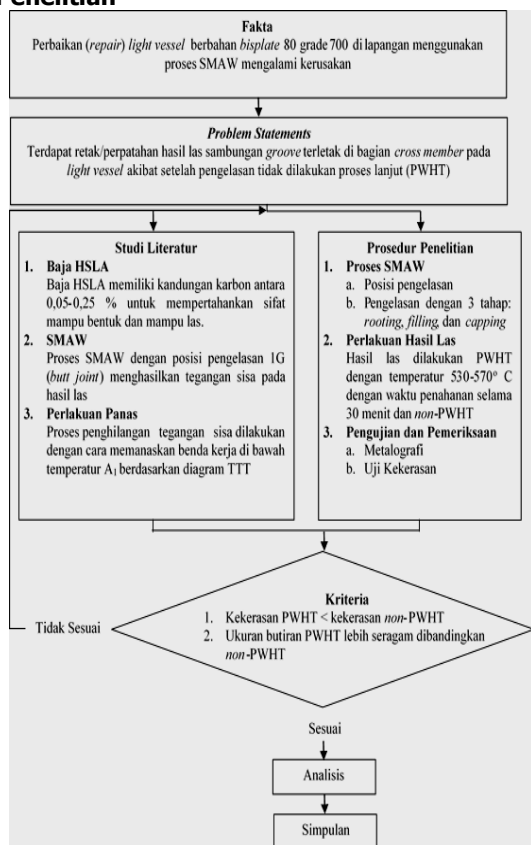
*Stress relieving* adalah salah satu proses perlakuan panas yang ditujukan untuk menghilangkan tegangan-tegangan yang adadi dalam benda kerja, memperkecil distorsi yang terjadi selama proses perlakuan panas dan pada kasus-kasus tertentu, mencegah timbulnya retak. Proses ini terdiri dari memanaskan benda kerja sampai ke temperatur sedikit dibawah garis  $A_1$  dan menahannya untuk jangka waktu tertentu dan kemudian didinginkan di dalam tungku sampai temperatur kamar. Proses ini tidak menimbulkan perubahan fasa kecuali rekristalisasi. Banyak faktor yang dapat menimbulkan timbulnya tegangan di dalam logam sebagai akibat dari proses pembuatan logam yang bersangkutan menjadi sebuah komponen. Beberapa dari faktor-faktor tersebut antara lain adalah: pemesinan, pembentukan, perlakuan panas, pengecoran, pengelasan, dan lain-lain. Penghilangan tegangan sisa dari baja dilakukan dengan memanaskan bajatersebut pada temperatur sekitar 500-700°C, tergantung pada jenis bajayang diproses. Pada temperatur diatas 500-600°C, baja hampir sepenuhnya elastic dan menjadi ulet. Berdasarkan hal ini, tegangan sisa yang terjadi di dalam baja pada temperatur seperti itu akansedikit demi sedikit dihilangkan melalui deformasi plastik setempat akibat adanya tegangan sisa tersebut.

Tegangan sisa yang terjadi di dalam logam sebagai akibat dari faktor-faktor di atas harus dapat dihilangkan, agar sifat yang diinginkan dari komponen tersebut dapat diperoleh. Proses penghilangan tegangan sisa biasanya dilakukan dengan cara memanaskan benda kerja di bawah temperatur

### 3. Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimen (*experimental research*) yang penelitiannya dilaksanakan di lapangan, laboratorium, dan pengamatan hasil pengujian. Sampel untuk analisis penelitian digunakan hasil lasan *Shielded Metal Arc Welding* posisi 1G. Secara skematik, diagram alir metodologi penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.1 dan diagram alir prosedur penelitian ditunjukkan pada Gambar 2.2.

**Gambar 2.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian**



**Tabel 3.1 Komposisi Kimia Material Bisplate 80 Grade 700**

Komposisi (%wt)									
C	P	Mn	Si	S	Cr	Mo	Cu	Ni	V
0,148	0,015	1,189	0,331	0,004	0,06	0,110	0,014	0,01	0,003

Catatan: \*rata-rata

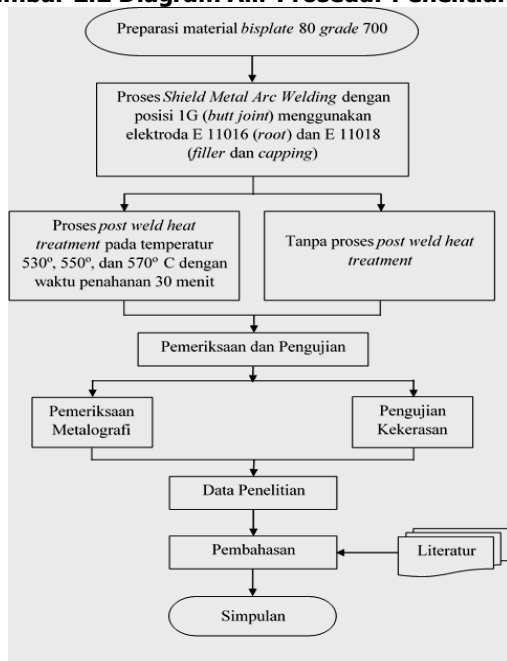
Material bisplate 80 grade 700 merupakan material dengan kekuatan yang tinggi, baja dengan paduan rendah dengan kekuatan luluh tiga kali lipat dari baja karbon, memiliki kemampuan las (weldability) dan kemampuan bentuk (formability) yang baik. Kemampuan las yang baik dikarenakan material bisplate 80 grade 700 memiliki CE 0,38 % atau < 0,45 %, artinya baja ini dapat di las tanpa terjadinya cacat pada waktu proses pengelasan.

Retak dingin lasan yang terjadi dihitung berdasarkan kandungan unsur paduan baja bisplate 80 grade 700 memiliki nilai CE 0,23 % atau < 0,35 % artinya baja ini tidak peka terhadap retak dingin pada daerah pengaruh panas. Retak pemanasan ulang, baja bisplate 80 grade 700 mempunyai nilai pemanasan ulang sebesar CE - 1,841 % atau < 0, artinya CE masih sangat jauh di bawah persyaratan (Tabel 3.2). Retak pemanasan ulang disebabkan oleh adanya unsur V, Nb, Mo, dan Ti. Unsur-unsur ini akan memacu pembentukan ferit

**Tabel 3.2 Hasil Perhitungan Sifat Mampu Las dan Kepekaan Cacat Retak Pelat Baja Bisplate 80 Grade 700 akibat Proses Pengelasan**

No	Kepekaan retak	Nilai CE	Keterangan
1.	Mampu las	0,38 %	Baik
2.	Retak dingin	0,23 %	Aman
3.	Retak pemanasan ulang	-1,841%	Aman

**Gambar 2.2 Diagram Alir Prosedur Penelitian**



**4. Hasil dan Pembahasan**

**A. Analisa Sifat Mampu Las dan Kepekaan Cacat Retak Lasan Bisplate 80 Grade 700**

Berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian komposisi kimia dengan alat spektrometer, material bisplate 80 grade 700 memiliki komposisi kimia sebagai berikut:

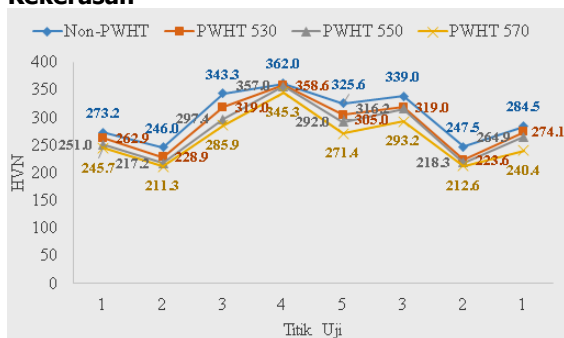
**B. Analisa Kekerasandan Struktur Mikro**

Berdasarkan Gambar 3.1 dapat dianalisa bahwa kekerasan tertinggi terdapat pada titik 4 pada hasil lasan non-PWHT sebesar 362,0 HVN dan pada hasil lasan dengan PWHT 530°C sebesar 358,6 HVN karena fasa yang terbentuk ferit dan bainit, dan kekerasan terendah terdapat pada titik 2 pada hasil lasan non-PWHT sebesar 247,5 HVN dan pada hasil lasan dengan PWHT 570°C sebesar 212,6 HVN karena fasa yang terbentuk pada titik ini adalah fasa ferit dan perlit. Hasil lasan non-PWHT memiliki kekerasan lebih tinggi dibandingkan hasil lasan yang dilakukan dengan PWHT, karena adanya proses PWHT maka mengakibatkan terjadinya transformasi fasa dan persentase fasa. PWHT dengan temperatur 530°C memiliki rata-rata kekerasantertinggi bila dibandingkan dengan PWHT pada temperatur 550°C dan 570°C, nilai rata-rata kekerasan terendah hasil lasan dengan PWHT pada temperatur 570°C.

Analisis struktur mikro dengan menggunakan program Optimas untuk mengetahui persentase fasa dan ukuran butiran yang terdapat pada setiap titik uji. Hasil penghitungan dengan program ini dapat dilihat pada Tabel 3.3 dan Tabel 3.4. Hasil pemeriksaan metalografi pada titik 1 sampai dengan 5 menghasilkan perbedaan fasa (Gambar 4.6a sampai 4.10b), persentase fasa dan ukuran

butiran pada setiap titik. Pada hasil lasan *non*-PWHT dan PWHT memiliki bervariasi fasa yaitu ferit, perlit, martensit, dan bainit, tetapi ada kesamaan fasa pada setiap hasil pemeriksaan metalografi yaitu fasa ferit. Pengaruh PWHT pada hasil lasan akan meningkatkan persentase area fasa ferit dan menurunkan fasa lainnya, sehingga mempengaruhi tingkat kekerasannya menjadi menurun. Pada hasil las yang dilakukan PWHT mengalami pembesaran ukuran butiran dibandingkan dengan hasil las yang tidak dilakukan PWHT, yang mempengaruhi pula pada kekerasan dan kekuatannya. Sehingga, semakin tinggi temperatur PWHT akan membuat persentase fasa ferit akan terjadi peningkatan dan membuat seluruh ukuran butir pada setiap fasa mengalami peningkatan

**Gambar 3.1 Grafik Perbandingan Nilai Kekerasan**



**Tabel 3.3 Persentase Fasa**

Titik	Fasa (cm <sup>2</sup> )	Kondisi Perlakuan			
		Non-PWHT	PWHT 530°C	PWHT 550°C	PWHT 570°C
1	Ferit	324,05	332,23	335,27	342,08
	Martensit	261,98	255,11	250,35	243,94
2	Ferit	324,08	328,96	333,12	337,40
	Perlit	262,08	257,17	253,44	248,43
3	Ferit	254,11	265,00	269,28	276,12
	Perlit	331,90	321,16	316,99	310,19
4	Ferit	256,87	266,39	270,89	278,46
	Bainit	329,10	321,80	316,22	307,63
5	Ferit	283,01	284,34	287,89	292,47
	Perlit	302,66	302,19	299,13	295,41

**Tabel 3.4 Ukuran Butiran**

Titik	Fasa (µm)	Kondisi Perlakuan			
		Non-PWHT	PWHT 530°C	PWHT 550°C	PWHT 570°C
1	Ferit	37,9624	38,0206	38,0912	38,1794
	Martensit	37,5602	37,6302	37,7208	37,7560
2	Ferit	38,0383	38,1176	38,2411	38,3205
	Perlit	37,8001	37,8707	37,9324	37,9942
3	Ferit	37,5091	37,6302	37,7208	37,7913
	Perlit	36,9270	37,1299	37,2181	37,2798
4	Ferit	37,2798	37,4915	37,5444	37,6390
	Bainit	36,8300	37,0769	37,1740	37,2357
5	Ferit	37,7296	37,8001	37,8883	38,0206
	Perlit	37,1122	37,3856	37,4915	37,5797

**5. Simpulan dan Saran**

**A. Simpulan**

1. Material *bisplate* 80 *grade* 700 memiliki *weldability* yang baik, karena memiliki CE 0,38 % atau < 0,45 %.
2. Material *bisplate* 80 *grade* 700 tidak peka (aman) terhadap retak dingin dengan nilai CE 0,23 % atau < 0,35 % dan tidak peka (aman)

terhadap retak pemanasan ulang dengan nilai CE = 1,841 % atau < 0.

3. Hasil las *non*-PWHT memiliki rata-rata nilai kekerasan tertinggi, yaitu 362,0 HVN dan hasil las dengan PWHT yang memiliki rata-rata nilai kekerasan tertinggi, yaitu 358,6 HVN pada temperatur 530°C.
4. Temperatur PWHT pada hasil las mempengaruhi persentase fasa dan ukuran butiran pada hasil las. Persentase fasa ferit mengalami peningkatan dibandingkan fasa lainnya (martensit, perlit dan bainit) dan pada setiap titik uji pada hasil lasan mengalami peningkatan ukuran butiran.
5. Hasil las PWHT pada temperatur 530°C memiliki nilai kekerasan yang tidak jauh dengan hasil las *non*-PWHT, sehingga implementasi di lapangan (*site*) selanjutnya menerapkan proses PWHT pasca pengelasan pada temperatur tersebut, karena dapat mengurangi tegangan sisa akibat proses pengelasan dan memperbaiki sifat mekanis

**B. Saran**

1. Sambungan hasil lasan pada material *bisplate* 80 *grade* 700 sebaiknya dilakukan proses PWHT, untuk mengurangi tegangan sisa akibat pengelasan.
2. Perlu adanya penelitian lanjutan untuk mengetahui kekuatan tarik hasil las material *bisplate* 80 *grade* 700
3. Perlu adanya penelitian lanjutan untuk mengetahui ketangguhan hasil las material *bisplate* 80 *grade* 700
4. Sebelum dilakukan preparasi spesimen hasil pengelasan untuk material uji, sebaiknya dilakukan pengujian tidak merusak seperti ultrasonic test (selain visual inspection) untuk mengetahui cacat yang berada di dalam hasil pengelasan benda uji, agar data yang didapatkan maksimal.

**6. Daftar Pustaka**

- [1]. Avner, Sidney H. 1974, Introduction to Physical Metallurgy 2nd edition, McGraw-Hill International Book Company: New York.
- [2]. Smallman, R.E., Bishop, R.J., Djaprie, S. 2000, Metalurgi Fisik Modern dan Rekaya Material, Erlangga: Jakarta.
- [3]. Bisalloy Steels PTY LTD. www.bissalloy.com.au Australia.
- [4]. Welding Handbook, Volume 2. 1992, Welding Process American Welding Society, 2nded.
- [5]. Basuki, E.A. 2004, Metalurgi Fisika, Option Metalurgi, Departemen Teknik Pertambangan ITB: Bandung.
- [6]. Wilson, R. 1975, Metalurgy and Heat Treatment of Tool Steels, McGraw-Hill, Book Company Limited, Maidenhead, England.
- [7]. Ali Alhamidi. 2003. Diktat kuliah Heat Treatment. Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa: Cilegon-Banten.
- [8]. Anrinal, ....Bahan Ajar Metalurgi Fisik. Institut Teknologi Padang: Sumatra Barat.

- 
- [9]. G. Fontana, Mars. 1987, Corrosion Engineering 3rd Edition. McGraw-Hill International Book Company: New York.
- [10]. ASM Handbook Committee. 1991, ASM Handbook Volume 4 Heat Treating. The Material Information Company: United States of America.
- [11]. ..... 1983, Welding, Brazing and Soldering, Metal Handbook Volume 6, American Society for Metal, Ohio.
- [12]. Basuki, E.A. 2005, Transformasi Fasa Lanjut, Program Pascasarjana Rekayasa Mineral dan Metalurgi ITB: Bandung.
- [13]. Wiryosumarto, Harsono dan Toshie Okumura (1985), Teknologi Pengelasan Logam, Pradnya Paramita, Jakarta.
- [14] ..... 2002, Engineering Properties of Steel, Seventh Printing, American Society For Metals, Metals Park, Ohio.
- [15]. Indachea, J.E., Heat Treating of Steels and Metallic Materials, University of Illinois of Chicago Civil& Materials Engineering Dept, Heat %20 Treatment %20 of %20 Steel %20 and %20 Metallic %20 Materials 551 % 5D.Pdf.