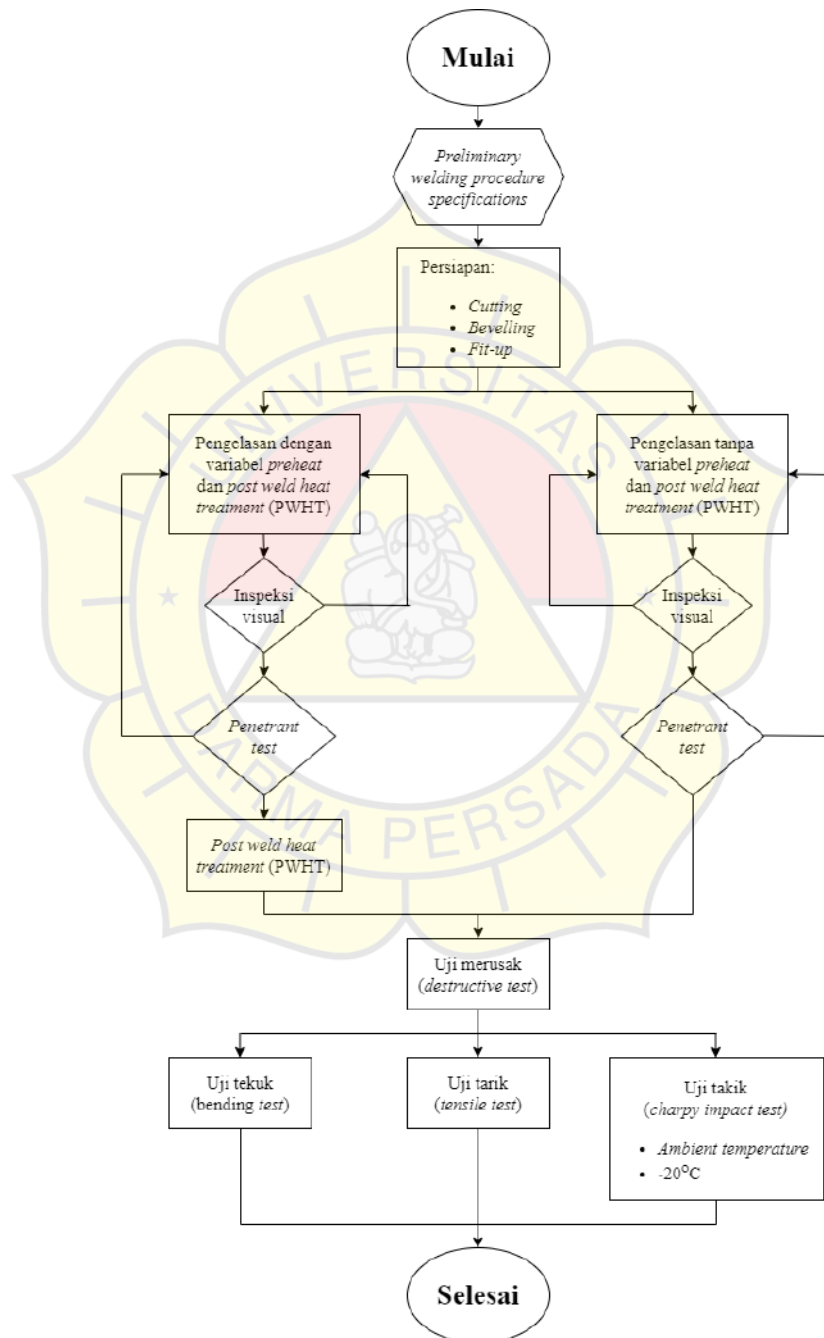


BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Alur Penelitian (*Flow Chart*)

Untuk mempermudah dalam menyelesaikan penelitian ini, tahapan penelitian yang akan dilakukan adalah sesuai *Flow Chart* di bawah ini.



(Sumber: Data pribadi)

Gambar 3.1. *Flow chart*

3.2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental dan analisa, yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh daripada *preheat* dan *post weld heat treatment* terhadap sifat mekanik sambungan las material baja ASTM A 516 *grade* 60. Metode eksperimental ini berupa pengamatan dibawah kondisi buatan yang sengaja diatur dan direncanakan. Penelitian ini dilakukan dengan memanipulasi objek dari penelitian tersebut dengan disertai adanya variabel kontrol.

3.3. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan bertujuan untuk mendapatkan pengetahuan berupa teori dalam melengkapi tugas akhir ini. Antara lain, jurnal dan *standard* internasional sebagai referensi terkait pembahasan.

3.4. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei 2022 sampai dengan Juni 2022. Dan penelitian ini meliputi persiapan material, proses pengelasan, uji tidak merusak (*non-destructive test*), *post weld heat treatment* dan pengujian merusak (*destructive test*).

Untuk persiapan material, pengelasan, uji tidak merusak (*non-destructive test*) dan *post weld heat treatment* (PWHT) dilaksanakan di *PT. Daekyung Indah Heavy Industry*. Sedangkan untuk pengujian merusak (*destructive test*) dilaksanakan di *PT. Bintang Inspeksindo Indonesia*.

3.5. Alat dan Bahan Penelitian

Dalam penelitian ini alat dan bahan yang digunakan mulai dari proses awal persiapan material, proses pengelasan, proses pengujian tidak merusak dan sampai dengan proses pengujian merusak, yaitu sebagai berikut:

3.5.1. Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari peralatan dari tiap-tiap tahap atau proses, yaitu sebagai berikut:

1) Alat pelindung diri



(Sumber: Foto pribadi)

Gambar 3.2. Alat pelindung diri

2) Alat ukur meter (meteran)



(Sumber: <https://my-best.id/138497>)

Gambar 3.3. Meteran

3) Spidol / marker



(Sumber: www.vanwalraven.com)

Gambar 3.4. Spidol

4) Gerinda



(Sumber: www.pppa.or.id)

Gambar 3.5. Gerinda

5) *Chipping hammer*



(Sumber: www.lincolnelectric.com)

Gambar 3. 6. *Chipping hammer*

6) *Gas cutting machine*



(Sumber: <https://caldwell-tech.com>)

Gambar 3.7. *Gas cutting machine*

7) *Centering tongs*



(Sumber: www.lonostest.com)

Gambar 3.8. *Centering tongs*

8) Mesin las listrik SMAW (*shielded metal arc welding*)



(Sumber: <https://productnation.co/id/>)

Gambar 3.9. Mesin las listrik SMAW

9) *Low temperature chamber*



(Sumber: www.alatuji.com)

Gambar 3.10. *Low temperature chamber*

10) *Oxy-gas flame*



(Sumber: www.unitedwelding.co.uk)

Gambar 3.11. *Oxy-gas flame*

11) *Portable welding rod dryer*



(Sumber: www.huawei-cutting.com)

Gambar 3.12. *Portable welding rod dryer*

12) *Electrical resistance heating dan ceramic beaded heating coil*



(Sumber: www.indonesian.inductionheating-machine.com)

Gambar 3.13. *Induction heating set*

13) *Welding gauge*



(Sumber: www.smarttechcalibration.com)

Gambar 3.14. *Welding gauge*

14) *Taper gauge*



(Sumber: www.limit-tools.com)

Gambar 3.15. *Taper gauge*

15) *Thermogun*



(Sumber: <https://superoxy.life/>)

Gambar 3.16. *Thermogun*

16) *Digital clamp meter*



(Sumber: <https://skyraystore.lk/>)

Gambar 3.17. *Digital clamp meter*

17) Stopwatch



(Sumber: www.brannan.co.uk)

Gambar 3.18. Stopwatch

18) Kamera



(Sumber: www.nesabamedia.com)

Gambar 3.19. Kamera

19) Majun



(Sumber: www.fitinline.com)

Gambar 3.20. Majun

20) Kuas



(Sumber: www.vinindo.co.id)

Gambar 3.21. Kuas

21) Wadah



(Sumber: www.jemfix.se)

Gambar 3.22. Wadah

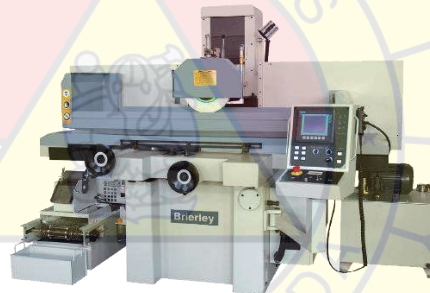
22) *Digital caliper*



(Sumber: www.rehadapt.com)

Gambar 3.23. *Digital caliper*

23) *Surface grinding machine*



(Sumber: www.chestermachinetools.com)

Gambar 3.24. *Surface Grinding Machine*

24) Mesin frais



(Sumber: www.ikimura.co.id)

Gambar 3.25. Mesin frais

25) Mesin sekrap



(Sumber: www.pengelasan.net)

Gambar 3.26. Mesin sekrap

26) *Universal testing machine (UTM)*



(Sumber: www.geoteksaintifik.com)

Gambar 3.27. *Universal testing machine*

27) *Impact tester*



(Sumber: www.zwickroell.com)

Gambar 3.28. *Impact tester*

3.5.2. Bahan

- 1) *Material* ASTM A 516 grade 60



(Sumber: www.indonesian.stainlesssteel-sheetmetal.com)

Gambar 3.29. *Material* ASTM A 516 grade 60

- 2) Kawat las (*welding electrode*) E7016 dan E7018-1



(Sumber: www.bhinneka.com)

Gambar 3.30. Kawat las

- 3) Mata gerinda potong dan poles



(Sumber: www.megaperkakas.com)

Gambar 3.31. Mata gerinda potong dan poles

- 4) Oksigen dan asetilin



(Sumber: www.nicelocal.id)

Gambar 3.32. Oksigen dan asetilin

5) *Methanol*



(Sumber: www.solveco.se)

Gambar 3.33. *Methanol*

6) *Red penetrant*



(Sumber: www.boleran.id)

Gambar 3.34. *Penetrant*

7) *Cleaner / remover*



(Sumber: www.aircraft-tool.com)

Gambar 3.35. *Cleaner / remover*

8) *Developer*



(Sumber: www.boleran.id)

Gambar 3.36. *Developer*

3.6. Prosedur Penelitian

3.6.1. Pengelasan

Pada penelitian ini proses pengelasan dibagi menjadi 3 (tiga) tahapan, yaitu sebelum pengelasan (*before welding*), selama pengelasan (*during welding*), dan setelah pengelasan (*after welding*). Yang dimana pada tiap tahapnya mengacu pada prosedur yang berlaku seperti *welding procedure specification*, dan seluruh tahap pengelasan dipantau, diawasi dan dikontrol oleh *welding inspector*. Pada penelitian ini, prosedur yang digunakan masih bersifat *preliminary welding procedure specification*.

a. *Before Welding*

Before welding atau persiapan sebelum dimulainya pengelasan meliputi pemeriksaan seluruh keabsahan dokumen seperti sertifikat material (*mill certificate*), sertifikat juru las (*welder certificate*), sertifikat kawat las, dan mempersiapkan seluruh peralatan dan perlengkapan pengelasan seperti mesin las SMAW, tang las, tang massa, gerinda, mata gerinda potong, mata gerinda poles, dan lain-lain.

Selain itu ada 3 (tiga) kegiatan sebelum dimulainya pengelasan selain yang disebutkan sebelumnya, yaitu yang pertama ialah pemotongan (*cutting*), kedua adalah pembuatan kampuh las (*beveling*), dan yang ketiga adalah *fit-up*.

1) Pemotongan (*Cutting*)

Pada persiapan ini, pelat baja ASTM A516 *grade 60* dipotong menggunakan *gas cutting machine* dengan dimensi 345 mm x 140 mm sebanyak 4 (empat) lembar. Yang nantinya 2 (dua) lembar pertama sebagai *test coupon* untuk pengelasan dengan adanya variabel *preheat* dan *post weld heat treatment* (PWHT), dan 2 (dua) lembar lainnya sebagai *test coupon* untuk pengelasan tanpa adanya variabel *preheat* dan *post weld heat treatment* (PWHT).

2) *Bevelling*

Setelah proses pemotongan, masing-masing pelat tersebut dibentuk kampuh las (*bevel*) menggunakan *gas cutting machine* atau gerinda, dan untuk mengetahui besar sudut dari kampuh sesuai dengan yang diinginkan diukur menggunakan alat ukur berupa *welding gauge*.

Sudut kampuh las dan *root face* dibuat tipikal sesuai dengan apa yang diatur pada *preliminary welding procedure specification*.

3) *Fit-up*

Pada tahap *fit-up* ini, keempat lembar pelat tersebut dijadikan berpasang-pasangan menjadi 2 (dua) pasang *test coupon*. Tiap pasangannya diberi *tack weld* atau las pendek berupa titik guna mengatur kedudukan kedua lembar pelat tersebut agar sesuai dengan posisi yang diinginkan dengan memperhatikan keselarasan (*alignment*) supaya tidak terjadi *high-low*.

Pada *fit-up* ini besar *root gap* dibuat sesuai dengan apa yang diatur pada *preliminary welding procedure specification* dengan cara diukur menggunakan *taper gauge*.

b. *During Welding*

Selama pengelasan, seluruh variabel pengelasan seperti posisi, klasifikasi bahan pengisi (*filler*), arus listrik, polaritas, rentang *ampere*, rentang *volt*, rentang kecepatan (*travel speed*) pengelasan mengacu kepada *preliminary welding procedure specification* (pWPS).

Pada penelitian ini sesuai dengan rumusan masalah dibuat 2 (dua) *preliminary welding procedure specification*. Pada pWPS pertama, terdapat nilai pada variabel *preheat* dan *post weld heat treatment* (PWHT). Sedangkan untuk pWPS yang kedua variabel tersebut tidak ada / tidak diberi nilai, hanya *interpass temperature* saja.

Pada *test coupon* pertama, pelaksanaan *preheat* menggunakan *oxy-gas flame* dan pengukuran suhu menggunakan *thermogun* hingga

mencapai suhu yang disyaratkan pada pWPS. Dan seluruh variabel pengelasan direkam atau dicatat oleh *welding inspector* pada laporan *run sheet*.

c. *After Welding*

Setelah proses pengelasan selesai, selanjutnya adalah tahap inspeksi secara visual yang dilakukan langsung oleh *welding inspector*. Yang dimana *welding inspector* tersebut dapat langsung menjustifikasi terhadap hasil pengelasan yang di inspeksi secara visual dan apabila terdapat temuan atau cacat las (*defect*) langsung memverifikasi ke *acceptance criteria* pada *standard* yang digunakan pWPS yaitu ASME *section IX*.

Apabila putusan inspeksi visual tersebut adalah *repair*, maka juru las (*welder*) wajib melakukan perbaikan terhadap pengelasannya pada *spot* atau *area* yang telah ditandai oleh *welding inspector*. Namun apabila putusan tersebut layak dan diterima, maka tahap selanjutnya adalah uji tidak merusak (*non destructive test*), pada penelitian ini metode uji tidak merusak yang dipilih ialah *penetrant test*.

3.6.2. *Penetrant Test (PT)*

Penetrant test dilakukan oleh operator yang memiliki sertifikat kualifikasi. Pada penelitian ini, *penetrant test* dilakukan oleh operator PT level II. Dimana PT level II selain sebagai pelaksana uji, juga berwenang terhadap keputusan layak atau tidaknya hasil uji tersebut.

Pada uji ini kedua *test coupon* yang diuji dengan 4 (empat) tahapan, yang pertama *pre-cleaning*, kedua pengaplikasian *penetrant*, ketiga *cleaning / removing* dan yang keempat pengaplikasian *developer*.

a. *Pre-cleaning*

Sebelum melaksanakan pengujian ini, permukaan benda uji dan daerah sekitar las-lasan sedikitnya 1 (satu) inci dibersihkan dari semua kotoran seperti *grease, flux, spatter*, minyak / oli dan material lain yang akan menutupi atau mengganggu bukaan permukaan dengan cara

dibersihkan menggunakan cairan *remover / cleaner* dan dilanjut dengan penyeka menggunakan majun.

b. *Penetrant*

Setelah benda uji bersih dari kotoran, selanjutnya adalah pengaplikasian cairan *red penetrant* menggunakan bantuan kuas. *Red penetrant spray* disemprotkan ke dalam wadah lalu mengoleskan cairan tersebut menggunakan kuas kepada benda uji. Setelah itu, tunggu sampai minimal 10 menit agar cairan tersebut penetrasi ke dalam cacat atau lubang yang ada pada permukaan atau daerah las-lasan benda uji.

c. *Cleaning / Removing*

Setelah membiarkan cairan *penetrant* masuk / meresap selama 10 menit, selanjutnya adalah menghapus / menghilangkan cairan *penetrant* yang berada pada benda uji menggunakan majun dengan hati-hati, lakukan berulang kali sampai tidak terlihat lagi bekas cairan *penetrant* pada majun tersebut.

d. *Developer*

Setelah *cleaning / removing penetrant*, dengan segera dilanjutkan pengaplikasian *developer*, tidak boleh lebih dari 10 menit setelah proses penghapusan / penghilangan *penetrant* tersebut. Pengaplikasian *developer* dengan cara menyemprotkan (*spray*) langsung ke benda uji.

Sebelum penyemprotan, *developer* terlebih dahulu dikocok agar meyakinkan dispersi dari campuran partikel telah cukup. Lalu, penyemprotan dilakukan ke benda uji dengan jarak kurang lebih 30 cm. Waktu minimum *developing* sampai dengan interpretasi adalah 10 menit.

3.6.3. Post Weld Heat Treatment (PWHT)

Setelah kedua *test coupon* lolos uji *penetrant test*, selanjutnya pada *test coupon* pertama dilakukan *post weld heat treatment* menggunakan *electrical resistance heating* dan *test coupon* tersebut diselimuti menggunakan *ceramic beaded heating coil*.

Untuk parameter seperti rentang temperatur, *heating rate*, dan *holding time* mengikuti apa yang disarankan pada *preliminary welding procedure specification*. Dan proses PWHT ini direkam pada grafik (*chart*) yang dihasilkan dari mesin *electrical resistance heating* tersebut.

3.6.4. Uji Merusak (*Destructive Test*)

Tahap selanjutnya melakukan uji merusak kepada kedua *test coupon* tersebut. Untuk pengujian merusak ini dilaksanakan oleh pihak PT. Bintang Inspeksindo Indonesia, termasuk persiapan sampel / spesimen uji. Pembuatan spesimen uji dibuat menggunakan peralatan dan mesin yang sudah tersedia dan mumpuni seperti mesin potong, *surface grinding machine*, mesin sekrap (*shaping machine*), mesin frais (*milling machine*) yang sudah tersedia.

Dimensi dan bentuk spesimen uji dibuat sesuai dengan *standard* spesimen uji yang berlaku yaitu ASTM A370 atau lainnya. Spesimen uji yang dibuat dari kedua *test coupon* tersebut masing-masing terdiri dari 2 spesimen uji tekuk (*bending test*), 2 spesimen uji tarik (*tensile test*), 4 spesimen uji takik (*impact test*).

a. *Bending Test*

Dikarenakan pengujian ini bertujuan mengetahui kualitas daripada juru las (*welder*) atau *welder performance qualification*. Sesuai yang disyaratkan pada ASME *section IX*, untuk *test coupon* yang memiliki ketebalan (*thickness*) lebih dari $\frac{3}{4}$ inci (19 mm) posisi *bending* yang ditentukan adalah *side bend*.

Keempat spesimen uji tersebut diletakkan satu-persatu secara bergantian pada *universal testing machine* yang sudah disiapkan dan dilengkapi dengan *former* berdiameter 40 mm dan sudut *bend* 180 derajat.

Yang dimana setelah pengujian ini selesai, bukaan berupa bukaan atau retak diukur menggunakan *digital caliper* apabila ada temuan (*observation*) pada spesimen uji tersebut. Dan hasil tersebut diverifikasi dengan *reference code* atau *acceptance criteria* yang berlaku.

b. *Tensile Test*

Pada pengujian tarik ini, keempat spesimen uji tersebut satu-persatu secara bergantian dipasangkan pada *universal testing machine* dan ujung-ujungnya dicengkram, mesin tersebut akan menarik secara perlahan sampai dengan spesimen uji tersebut putus.

Yang dimana pada saat proses penarikan tersebut berlangsung, mesin meneruskan data ke komputer dan menjadi sebuah rekaman berupa grafik (*chart*) dan rekaman tersebut dijadikan laporan yang terdiri dari beberapa variabel seperti lokasi kegagalan / putus, tipe kegagalan, nilai *ultimate tensile strength*, dan lain-lain.

Lalu nilai *ultimate tensile strength* yang didapat diverifikasi dengan nilai *minimum tensile strength* yang ada pada *standard* spesifikasi material tersebut yaitu ASTM A 516 *specification standard*.

c. *Impact Test (charpy v-notch)*

Pengujian yang terakhir ini terdiri dari 4 spesimen uji yang berasal dari *test coupon* pengelasan dengan adanya *preheat* dan *post weld heat treatment*, dan 4 spesimen uji yang berasal dari *test coupon* pengelasan tanpa adanya *preheat* dan *post weld heat treatment*.

Urutan pengujiannya yang pertama, 2 spesimen uji dari masing-masing *test coupon* diuji satu-persatu secara bergantian dengan kondisi spesimen uji pada suhu ruangan. Yang kedua, 2 spesimen uji sisanya dari masing-masing *test coupon* diuji satu-persatu secara bergantian dengan kondisi suhu spesimen uji -20°C , untuk mencapai suhu tersebut spesimen uji dimasukkan *low temperature chamber* yang sudah diisi dengan cairan *methanol* dan ditahan selama 5 menit apabila sudah mencapai suhu yang diinginkan. Lalu selanjutnya spesimen uji yang berada di dalam *low temperature chamber* tersebut diambil menggunakan *centering tongs* dan dengan segera dilakukannya pengujian impak tersebut.

Metode pengujian yang digunakan ialah ASTM E23. Selama pengujian seluruh nilai dan variabel direkam, sehingga dapat dihasilkan sebuah laporan yang berisi beberapa variabel dan nilai seperti posisi *v-notch*, suhu pengujian, nilai impak, hasil, dan lain-lain.