

**RANCANG BANGUN ALAT UJI BENDING ROOT DAN FACE PADA
PENGUJIAN MUTU LAS**

PROYEK AKHIR

*"Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan Program Diploma III
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang"*



Oleh:

SANDI DWI PUTRA
17072066 / 2017
Fabrikasi

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2021**

HALAMAN PERSETUJUAN PROYEK AKHIR

**RANCANG BANGUN ALAT UJI *BENDING ROOT* DAN *FACE* PADA
PENGUJIAN MUTU LAS**

Oleh:

Nama : Sandi Dwi Putra
NIM/BP : 17072066/2017
Konsentrasi : Fabrikasi
Jurusan : Teknik Mesin
Program Studi : DIII Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Padang, Februari 2021

Disetujui oleh:

Ketua Program Studi D III
Teknik Mesin FT-UNP



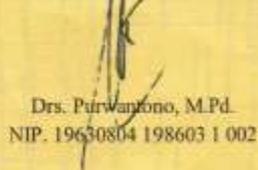
Drs. Jasman, M.Kes.
NIP. 19621228 198703 1 003

Pembimbing Proyek Akhir



Delima Yanti Sari, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 19780114 200312 2 003

Ketua Jurusan Teknik Mesin FT-UNP



Drs. Purwanto, M.Pd.
NIP. 19630804 198603 1 002

HALAMAN PENGESAHAN PROYEK AKHIR

**RANCANG BANGUN ALAT UJI *BENDING ROOT* DAN *FACE* PADA
PENGUJIAN MUTU LAS**

Nama : Sandi Dwi Putra
Nim/BP : 17072066/2017
Program : Teknik Mesin
Jurusan : DIII Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Dinyatakan Lulus Setelah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Proyek Akhir
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang
Pada Tanggal 29 Januari 2021

Dewan Penguji

Nama	Tanda Tangan
1. Ketua : Delima Yanti Sari, S.T., M.T., Ph.D.	1. 
2. Anggota : Drs. Jasman, M.Kes.	2. 
3. Anggota : Andril Arafat, S.T., M.Eng., Ph.D.	3. 

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa proyek akhir ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Padang, Februari 2021

Yang Menyatakan



Sandi Dwi Putra

NIM : 17072066

ABSTRAK

Alat Uji *Bending* ini bertujuan untuk menguji kekuatan hasil penyambungan pelat. Berdasarkan standar AWS D1.1 penerimaan hasil uji tekuk (*bending*) material las dinilai secara visual. Alat uji *bending* ini digunakan pada mata kuliah Pengujian Mutu Las. Dengan prinsip kerja yang sederhana, memudahkan mahasiswa dalam pengoprasiaannya. Sebelum pembuatan alat ini langkah yang dipilih yaitu: Observasi lapangan, pemilihan bahan, perancangan desain alat, pembelian bahan. Pengujian ini memiliki dua jenis pengujian yaitu *root* dan *face* dengan menggunakan jenis sambungan las kampu V *groove*. Rangka yang digunakan besi kanal U. Meliputi beberapa kriteria yang maksimal sobekan kesegala arah 1/8 in (3 mm). Standar kriteria kelulusan pengujian *bending* yaitu: Jumlah sobekan sebesar 3/8 in (10 mm), untuk sobekan antara 1/8 in (3 mm) s.d. 1/32 in (1 mm), sobekan pinggir boleh sampai 1/4 in (6 mm) asal bukan terjadi karena cacat las.

Kata Kunci: Standar AWS D1.1 Alat uji *bending* ini digunakan pada mata kuliah Pengujian Mutu Las dengan menggunakan jenis sambungan las kampu V *groove*.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil alamin, puji syukur kehadiran Allah Subhaanahu Wa Ta'ala yang telah memberikan rahmat dan Karunia-Nya beserta kekuatan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan proyek akhir yang berjudul **“Rancang bangun Alat Uji *Bending Root* dan *face* pada Pengujian Mutu Las**”. Shalawat beserta salam kita haturkan kepada junjungan Nabi besar Muhammad *Salallahu'Alaihi Wassallam* beserta keluarga dan sahabatnya orang-orang mukmin yang tetap istiqomah di jalan-Nya.

Penyusunan Laporan Proyek Akhir ini bertujuan untuk melengkapi salah satu syarat dalam memperoleh gelar Diploma (D3) Program Studi Teknik Mesin di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

Dalam penulisan laporan proyek akhir ini penulis banyak mendapatkan bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Laporan Proyek Akhir ini, terutama kepada:

1. Terima Kasih kepada orang tuaku yang selalu memberikan semangat dan bantuan dalam menyelesaikan Proposal Proyek Akhir ini.
2. Bapak Drs. Purwantono, M.Pd selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin FT UNP.
3. Bapak Drs. Jasman, M.Kes. selaku Kepala Program Studi Diploma III Jurusan Teknik Mesin FT UNP.
4. Ibu Delima Yanti Sari, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Proyek Akhir yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing saya menyelesaikan Proyek Akhir ini.
5. Bapak Andril Arafat, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Dosen Penguji Proyek Akhir Jurusan Teknik Mesin FT UNP.
6. Dr. Eko Indrawan, S.T.,M.Pd. selaku Dosen Pembimbing Akademik Jurusan Teknik Mesin FT UNP.

7. Dosen Teknisi dan Staf Jurusan Teknik Mesin FT UNP yang telah berjasa kepada penulis.
8. Semua sahabat, teman dan rekan-rekan Teknik Mesin yang telah banyak membantu dan memberikan dukungan kepada penulis.

Semoga Allah SWT memberikan balasan yang setimpal kepada semua yang telah membantu penulis dalam membuat laporan ini, dengan segala kerendahan hati penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kesempurnaan. Karena itu kritik dan saran yang membangun akan diterima dengan senang hati demi kesempurnaan penulisan laporan ini di masa mendatang.

Padang, Januari 2021

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PERSETUJUAN	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR RUMUS	xii
BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah.....	3
C. Batasan Masalah.....	4
D. Rumusan Masalah	4
E. Tujuan Proyek Akhir	4
F. Manfaat Proyek Akhir.....	5
BAB II. KAJIAN TEORI	
A. Pengertian dan Prinsip Dasar Alat uji Bending.....	6
1. Definisi Alat Uji Bending.....	7
2. Definisi Benda Uji	7
3. Definisi Point Bending	7
a. Tree Point Bending	8
b. Four Point Bending	9
c. Transfersal Bending.....	10
1) Face Bend.....	10
2) Root Bend.....	10
3) Side Bend	11

B. Prosedur Pengujian <i>Bending</i>	11
1. Syarat Keberterimaan Berdasarkan ASME sec.IX	14
2. Kriteria Kelulusan Uji Bending D1.1	14
C. Tujuan Rangka	15
D. Identifikasi Bahan	15
E. Proses Pembuatan.....	16
1. Proses Pengukuran	16
a. Mistar Baja.....	16
b. Mistar Siku.....	17
c. Penitik	17
d. Penggores.....	18
2. Penyambungan.....	18
a. Pengelasan	18
b. Posisi Pengelasan.....	19
3. Proses Pemotongan.....	21
a. Mesin Gergaji	21
b. Gerinda Potong	22
4. Proses Gurdir	22
a. Mesin Gurdir Meja.....	23
F. Prinsip Kerja Alat Uji Bending.....	23
G. Komponen Utama pada Alat Uji Bending	23
1. Dongkrak Hidrolik.....	23
2. Pegas.....	24
3. Jig.....	25
4. Plunger atau Tatakan	25

BAB III. METODE PROYEK AKHIR

A. Jenis Proyek Akhir	26
B. Waktu dan Tempat Pelaksanaan	27
C. Tahap Pembuatan Proyek Akhir	27
D. Perencanaan Alat dan Bahan.....	28

E. Diagram Aliran Rancang Bangun Alat Uji Bending.....	30
F. Perencanaan Anggaran Biaya	31

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perancangan	32
B. Pembuatan Alat	41
C. Pengujian.....	43
D. Hasil Pengujian Posisi Root dan Face.....	47
E. Data Pengujian	48

BAB V. PENUTUP

A. Kesimpulan	49
B. Saran.....	50

DAFTAR PUSTAKA	51
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Alat Uji Bending di Workshop Teknik Mesin FT UNP	2
2. Alat Press Hidrolik.....	6
3. Three point bending.....	8
4. Four point bending.....	9
5. Face bend pada transversal bending	10
6. Root bend pada transversal bending	10
7. Side Bend pada transversal Bending	11
8. Penentuan Jarak Antara Penumpu Berdasarkan ASME	13
9. Penentuan Jarak Antara Penumpu Berdasarkan AWS D1.1.....	14
10. Mistar Baja.....	17
11. Mistar Siku.....	17
12. Penggores.....	18
13. Posisi Bawah Tangan (Las)	19
14. Posisi Tegak (Las)	19
15. Posisi Datar (Las).....	20
16. Posisi Over Head (Las).....	20
17. Mesin Gerjagi	22
18. Gerinda Potong	22
19. Mesin Gurdir Meja.....	23
20. Jig atau tatakan.....	25
21. plunger	25
22. Desain Alat Uji bending	26
23. Skema Alat Tampak(Tampak Samping).....	34
24. Diagram Benda Bebas	35
25. Diagram Benda Bebas Pin	36
26. Desain Alat Tampak Bagian Pegas.....	37
27. Diagram Benda Bebas Pada Pegas	37
28. Alat Uji Bending	43

29. Hasil Pembentukan kampu V Groove	44
30. Root Gap Sebelum di Las	44
31. Hasil Perataan Permukaan Las	45
32. Posisi Pelas	45
33. Katup Oli.....	46
34. Penunjuk Dial Pressure Gauge	46
35. Pengoprasian Dongkrak.....	47
36. Pembukaan Katup Oli.....	47
37. Haril Pengujian Root dan Face	48

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Penentuan Diameter Mandril / Penekan Berdasarkan Standar ASME	12
2. Penentuan Diameter Mandril menurut AWS.....	13
3. Komponen dan jenis material yang digunakan.....	16
4. Penggunaan Elektroda	21
5. Rancangan Anggaran Biaya.....	31
6. Tabel <i>Tensile Strength</i>	33
7. Hasil Pengujian	48

DAFTAR RUMUS

Tabel	Halaman
1. Rumus Three Point Bending	8
2. Rumus Four Point Bending.....	9
3. Rumus Bagian Rangka.....	15
4. Rumus Tekanan Dongkrak	24
5. Rumus Hukum Hooke pada Pegas.....	24
6. Rumus Three Point Bending	32
7. Rumus Gaya.....	35
8. Rumus Konstanta Pegas.....	38
9. Rumus Massa.....	38
10. Rumus Konstanta Pegas.....	39
11. Rumus Gaya	40
12. Luas Lingkaran	40

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Alat uji *bending* adalah alat yang digunakan untuk melakukan pengujian kekuatan lengkung (*bending*) pada suatu bahan atau material. Pada umumnya alat uji *bending* memiliki beberapa bagian utama, seperti rangka, alat tekan, *pointbending* dan alat ukur. Rangka harus memiliki kekuatan lebih besar dari kekuatan alat tekan, agar tidak terjadi kerusakan pada rangka pada saat melakukan pengujian. Alat tekan berfungsi sebagai alat yang memberikan gaya tekan pada benda uji pada saat melakukan pengujian. Alat penekan harus memiliki kekuatan lebih besar dari benda yang di uji (ditekan). *Point bending* berfungsi sebagai tumpuan benda uji dan juga sebagai penerus gaya tekan yang dikeluarkan oleh alat tekan. Panjang pendek tumpuan *point bending* berpengaruh terhadap hasil pengujian. Alat ukur adalah suatu alat yang menunjukkan besarnya kekuatan tekan yang terjadi pada benda uji.

Pengujian ini (*bending*) juga bertujuan untuk mengetahui kekuatan hasil las dari suatu material yang di las dengan kampuh V *groove*. Tujuan pembuatan kampuh pengelasan ini untuk mendapatkan penetrasi atau penembusan yang dalam dari hasil pengelasan.

Dalam Melakukan pengujian *bending* di laksanakan di workshop Teknik Mesin FT UNP dengan posisi *root* dan *face* dapat dilihat pada gambar 1. Bagian bawah dongkrak terdapat tatakan uji *bending*, pada bagian penekan pelat dinamakan sebagai plunger dan bagian yang berbentuk U dinamakan jig dengan dimensi yang sudah ditentukan. Untuk memaksimalkan kerja dari alat uji *bending* ini mahasiswa harus memberi bantuan, selain menggerakkan tuas dongkrak, menata peletakan dongkrak dan plunger agar tidak terjatuh pada saat melakukan pengujian *bending*.



Gambar 1.Alat Uji *Bending* di Workshop Teknik Mesin FT UNP

Akibat keterbatasan dan kendala dalam melakukan praktikum di Workshop Teknik Mesin FT UNP, salah satunya hasil uji *bending* tidak memenuhi standar pengujian *U bendingroot* dan *face*, membahayakan mahasiswa untuk memaksimalkan kerja dari alat uji *bending*, mahasiswa harus memberi bantuan selain membantu pengoprasian tuas dongkrak, menata peletakan dongkrak dan plunger agar tidak terjatuh pada saat melakukan pengujian *bending*, hasil tidak akurat, mahasiswa tidak dapat mengamati proses pengujian *bending*. Ada beberapa hal yang harus dijelaskan terkait paragraf di atas:

1. Hasil uji *bending* tidak memenuhi standar pengujian dikarenakan *Ubending AWS D1.1* meliputi beberapa kriteria yang maksimal sobekan kesegala arah $1/8$ in (3 mm), jumlah sobekan sebesar $3/8$ in (10 mm), untuk sobekan antara $1/8$ in (3 mm) s.d. $1/32$ in (1 mm) dan sobekan pinggir boleh sampai $1/4$ in (6 mm) asal bukan terjadi karena cacat las. Standar yang tidak terpenuhi oleh alat uji *bending* yang sudah ada dikarenakan pelat tidak menyentuh bagian bawah jig, penempatan posisi tengah benda uji sulit.
2. Potensi membahayakan bagi sipenguji bisa tertimpa komponen alat uji yang cukup berat.
3. Pengujian tidak dapat diamati dengan baik dikarenakan *dial peressue gauge* tidak dalam kondisi bagus.

4. Proses pengujian membutuhkan tiga orang dalam melakukan pengerjaan dan membutuhkan waktu selama 10 menit dalam satu kali pengerjaan.
5. Mahasiswa membutuhkan alat uji *bending* yang dapat menghemat waktu dan tenaga dalam penggunaannya.

Kasus seperti diatas membuat penulis berpikir dan terinspirasi untuk membuat alat uji yang bersifat sederhana dan mudah untuk dioperasikan dengan posisi *root* dan *face*. Berdasarkan opservasi yang dilakukan di Laboratorium Produksi Fabrikasi FT-UNP kesederhanaan alat pengujian bahan, sehingga menimbulkan keterlambatan dalam pelaksanaan praktikum mata kuliah Teknologi Pengujian Mutu Las, hasil yang tidak maksimal, tidak dapat mengamati proses pengujian *bending*, membahayakan mahasiswa dalam melakukan praktikum, membutuhkan lebih dari satu orang dalam sekali pengujian, lamanya waktu saat melakukan pengujian.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka dapat diidentifikasi permasalahannya sebagai berikut:

1. Alat uji *bending* yang ada sangat sederhana dan berpotensi membahayakan mahasiswa dalam menggunakannya.
2. Hasil pengujian tidak akurat dikarenakan pelat tidak meyentuh bagian bawah jig (tatakan).
3. Mahasiswa tidak bisa mengamati pengujian *root* dan *face*.
4. Proses pengujian membutuhkan tiga orang dalam melakukan pengerjaan dan membutuhkan waktu selama 10 menit dalam satu kali pengerjaan.
5. Mahasiswa membutuhkan alat uji *bending* yang dapat menghemat waktu dan tenaga dalam penggunaannya.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan pada identifikasi masalah yang ditemukan maka penulis membatasi masalah pada pembahasan “Rancang Bangun alat Uji *BendingRoot* dan *Face*” adalah:

1. Proses perancangan alat uji *bending three point bend*.
2. Proses pembuatan alat uji *bending three point bend*.
3. Peroses pengujian sambungan las dengan kampu V *groove*.
4. Peroses pengujian pelat ST 37 dengan tebal pelat 4 mm dan 5 mm.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan masalah maka penulis merumuskan masalah dalam rancangan alat uji *bendingroot* dan *face* agar dapat menghemat waktu dalam melakukan praktikum dan mudah dalam mengamati proses pengujian *bendingroot* dan *face*, yaitu:

1. Bagaimana perancangan alat uji *bending three pointbend*?
2. Bagaimana proses pembuatan alat uji *bending three point bend* ?
3. Bagaimana proses pengujian sambungan V *groove*?
4. Bagaimana peroses pengujian pelat ST 37 dengan tebal pelat 4 mm dan 5 mm?

E. Tujuan Proyek Akhir

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari pembuatan Alat uji *bending root* dan *face* ini adalah sebagai berikut:

1. Mampu melakukan proses rancang bangun alat pengujian mutu las *root* dan *face*.
2. Mampu melakukan proses pengujian sambungan las dengan tebal pelat 4 mm dan 5 mm.

F. Manfaat Proyek Akhir

1. Bagi Mahasiswa
 - a. Merupakan suatu proses belajar untuk menambah ilmu dalam membuat suatu alat ataupun mesin yang bermanfaat bagi diri sendiri maupun orang lain.
 - b. Sebagai proses pembentukan karakter mahasiswa yang ideologis berfikir untuk bersaing di dunia *industry*.
 - c. Sarana dalam menerapkan ilmu yang didapat selama perkuliahan untuk mengembangkan ilmu pengetahuan.
 - d. Membangkitkan minat untuk menghitung, mengamati, dan membuat alat uji *bendingroot* dan *face* tersebut.
 - e. Tersediannya alat uji *bending* untuk pengujian sambungan las di Teknik Mesin FT UNP.
2. Bagi Masyarakat
 - a. Mendorong masyarakat umum agar berfikir ilmiah, dinamis dan berperan aktif dalam dunia teknologi yang semakin berkembang pesat.
 - b. Membantu dalam meningkatkan efektifitas dan efisiensi dalam menyelesaikan pekerjaannya.
 - c. Khusus untuk jurusan Teknik Mesin FT UNP dengan mata kuliah pengujian mutu las.
3. Bagi Dunia Pendidikan
 - a. Memberikan masukan yang positif terhadap pengembangan dan pemberdayaan teknologi tepatguna.
 - b. Sebagai bahan kajian untuk mengembangkan teknologi yang lebih maju dan berdayaguna.

BAB II

KAJIAN TEORI

A. Pengertian dan Prinsip Dasar Alat Uji Bending

1. Definisi Alat Uji Bending

Alat uji *bending* adalah alat yang digunakan untuk melakukan pengujian kekuatan lengkung (*bending*) pada suatu bahan atau material. Pada umumnya alat uji bending memiliki beberapa bagian utama, seperti: rangka, alat tekan, *point bending* atau tatakan dan alat ukur. Rangka berfungsi sebagai penahan gaya balik yang terjadi pada saat melakukan uji *bending*. Rangka harus memiliki kekuatan lebih besar dari kekuatan alat penekan, agar tidak terjadi kerusakan pada rangka pada saat melakukan pengujian.



Gambar 2. Alat Press Hidrolik
(Sumber Ari Hermawan, 2017)

Alat penekan berfungsi sebagai alat yang memberikan gayatekan pada benda uji pada saat melakukan pengujian. Alat penekan harus memiliki kekuatan lebih besar dari benda yang di uji (ditekan). *Point bending* berfungsi sebagai tumpuan benda uji dan juga sebagai penerus

gaya tekan yang dikeluarkan oleh alat tekan. Panjang pendek tumpuan *point bending* berpengaruh terhadap hasil pengujian. Alat ukur adalah suatu alat yang menunjukkan besarnya kekuatan tekan yang terjadi pada benda uji.

Uji *bending* adalah suatu proses pengujian material dengan cara ditekan untuk mendapatkan hasil berupa data tentang kekuatan lengkung (*bending*) suatu material yang di uji. Proses pengujian *bending* memiliki dua macam pengujian, yaitu *threepoint bending* dan *fourpoint bending*.

2. Definisi Benda Uji

Benda uji adalah suatu benda yang di uji kekuatan lengkungnya dengan menggunakan alat uji *bending*. Jenis material benda uji yang digunakan sebagai benda uji sangatlah berpengaruh dalam pengujian *bending*. Karena tiap jenis material memiliki kekuatan lengkung yang berbeda-beda, yang nantinya berpengaruh terhadap hasil uji *bending* itu sendiri.

3. Definisi Point Bending

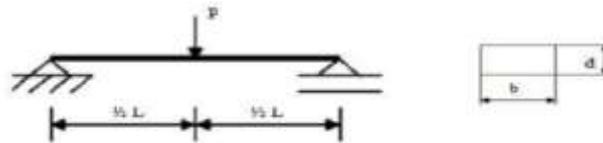
Point bending adalah suatu sistem dalam melakukan pengujian lengkung (*bending*). *Point bending* ini memiliki 2 tipe, yaitu: *three point bending* dan *four point bending*. Perbedaan dari kedua cara pengujian ini hanya terletak dari bentuk dan jumlah *point* yang digunakan, *three point bending* menggunakan 2 *point* pada bagian bawah yang berfungsi sebagai tumpuan dan 1 *point* pada bagian atas yang berfungsi sebagai penekan sedangkan *four point bending* menggunakan 2 *point* pada bagian bawah yang berfungsi sebagai tumpuan dan 2 *point* (penekan) pada bagian atas yang berfungsi sebagai penekan.

Secara umum proses pengujian *bending* memiliki 2 cara pengujian, yaitu: *Three point bending* dan *Four point bending*. Kedua cara

pengujian ini memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing karena tiap cara pengujian memiliki cara perhitungan yang berbeda-beda.

a. *Three Point Bending*

Three point bending adalah cara pengujian yang menggunakan dua tumpuan dan satu penekan.



Gambar 3. *Three Point Bending*

(Sumber Khamid, 2011)

Perhitungan yang digunakan (West Conshohocken, 1996):

$$\sigma_f = \frac{3 PL}{2bd^2} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan rumus:

σ_f = Tegangan lengkung (kgf/mm^2)

P = beban atau Gaya yang terjadi (kgf)

L = Jarak *point* (mm)

b = lebar benda uji (mm)

d = Ketebalan benda uji (mm)

keuntungan menggunakan *tree point bending* :

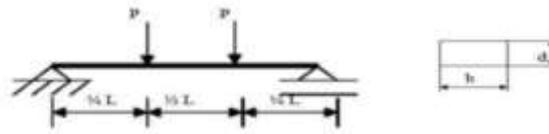
- 1) Kemudahan persiapan spesimen dan pengujian.
- 2) Pembuatan *point* lebih mudah.

Kekurangan menggunakan *tree point bending*:

- 1) Kesulitan menentukan titik tengah persis, karena jika posisi tidak di tengah persis penggunaan rumus berubah.
- 2) Kemungkinan terjadi pergeseran, sehingga benda yang diuji pecah/patah tidak tepat di tengah maka rumus yang digunakan kombinasi tegangan lengkung dengan tegangan geser.

b. *Four Point Bending*

Four point bending adalah cara pengujian yang menggunakan dua tumpuan dan dua penekan.



Gambar 4. *Four Point Bending*

(Sumber Khamid, 2011)

Perhitungan yang digunakan (West Conshohocken, 1996):

$$\sigma_f = \frac{3 PL}{4bd^2} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

σ_f = Tegangan lengkung (kgf/mm^2)

P = beban atau Gaya yang terjadi (kgf)

L = Jarak point (mm)

b = lebar benda uji (mm)

d = Ketebalan benda uji (mm)

Keuntungan menggunakan *four point bending*

- 1) Penggunaan rumus perhitungan lebih mudah.
- 2) Lebih akurat hasil pengujiannya.

Kekurangan menggunakan *four point bending*

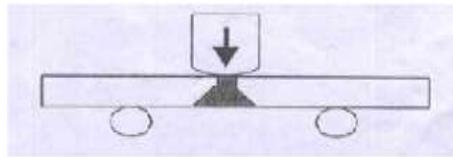
- 1) Pembuatan *point* lebih rumit.
- 2) Dua *point* atas harus bersamaan menekan benda uji. Jika salah satu *point* lebih dulu menekan benda uji maka terjadi *three point bending*, sehingga rumus yang digunakan berbeda.

c. *Transversal Bending*

Transversal bending ini, spesimen diambil tegak lurus dengan arah pengelasan. Berdasarkan arah pengamatan dan lokasi pembebanan, pengujian *transversal bending* dibagi menjadi tiga :

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

Face Bend dilakukan pada permukaan las yang mengalami tegangan Tarik. Pada dasar las mengalami tegangan tekan. Hal ini dilakukan pada permukaan las yang mengalami tegangan tarik. Apakah terjadi retak atau tidak. Jika terjadi retak daerah manakah yang mengalami retakan, apakah di HAZ, *weldmetal* atau *diffusion line* (garis perbatasan WM dan HAZ).

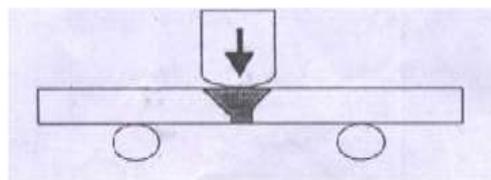


Gambar 5. *Face bend* pada *Transversalbending*

Sumber (Alip Mochamad, Teori dan Praktek Las, Jakarta.)

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

Root Bend dilakukan dengan cara dasar las mengalami tegangan tekandan akar las mengalami tegangan tarik. Pengamatan dilihat pada akar las yang mengalami tegangan tarik, adakah timbul retak atau tidak. Jikaterjadi retak daerah manakah yang mengalami retakan, apakah di weld metal. HAZ atau di *fusion line* (garis perbatasan WM dan HAZ).

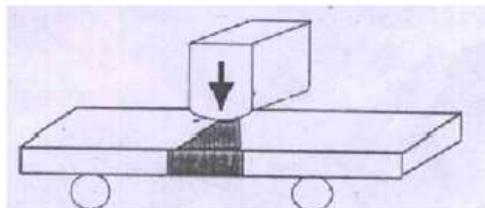


Gambar 6. *Root Bend* pada *Transversal Bending*

Sumber (Alip Mochamad, Teori dan Praktek Las, Jakarta.)

3) *Side Bend* (*Bending* pada sisi las)

Dikatakan *Side Bend* jika *bending* dilakukan dari sisi las. Hal ini dilakukan jika ketebalan spesimen yang di las lebih besar dari 3/8 inchi. Pengamatan dilihat pada sisi las tersebut, apakah terjadi retak atau tidak. Jika timbul retak daerah manakah yang mengalami retakan, apakah di *Weld metal*, HAZ atau di *fusion line* (garis perbatasan WM dan HAZ).



Gambar 7. *Side Bend* pada Transversal *Bending*

Sumber (Alip Mochamad, Teori dan Praktek Las, Jakarta.)

B. **Prosedur Pengujian *Bending***

Dalam pemberian beban dan penentuan dimensi mandril ada beberapa faktor yang harus diperhatikan, yaitu :

1. P-No. dari material yang diuji.
2. *Elongation* dari material yang diuji.
3. Kekuatan luluh (*yield strength*) dari material yang diuji.

Berdasarkan standard and code ASME sec. IX, ukuran diameter mandril ditentukan berdasarkan P-No.dari material yang diuji. Namun jika P-No.material tidak ditemukan pada referensi di standar tersebut, maka dapat digunakan data *elongation* material uji untuk mencari diameter mandril atau penekan.

Berbeda dengan standard and code ASME sec. IX yang menggunakan P-No.dan data pemanjangan material, pada standar yang lain yaitu AWS D1.1 justru menggunakan data kekuatan luluh (*yield*

strength) dari material yang diuji untuk menentukan diameter mandril atau penekan. terlihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Penentuan Diameter Mandril / Penekan Berdasarkan Standard And Code ASME sec. IX.

Sumber (Firmansyah, *Bending Test*).

SI Unit					
Material	Thickness of specimen,mm	A, mm	B,mm	C,mm	D,mm
P-No.23 to P-No.21 through P-No 25; P-No 21 through P-No 25 With F-No 23 or 26; P-No.35; any P-No Metal With F-No 33,36 or 37	$t = 3$ or less	$16^{1/2}t = 50$	$8^{1/4}t = 25$	$18^{1/2}t + 16 = 57$	$9^{1/4}t + 0,8 = 29$
P-No.11A, P-No. 11B; P-No.21 or P-No.22 or P-No.25	$t = 10$ or less	$6^{2/2}t = 67$	$3^{1/3}t = 33$	$8^{2/3}t + 3,2 = 90$	$4^{1/3}t + 1,6 = 45$
P-No.51; P-No.49	$t = 10$ or less	$8t = 80$	$4t = 40$	$10t + 3,2 = 103$	$5t + 1,6 = 52$
P-No. 52; P-No. 53 P-No.61; P-No. 62	$t = 10$ or less	$10t = 100$	$5t = 50$	$12t + 3,2 = 123$	$6t + 1,6 = 62$
All others with greater than or equal to 20%	$t = 10$ or less	$4t = 40$	$2t = 20$	$6t + 3,2 = 63$	$3t + 1,6 = 32$
Materials with 3% to less than 20% elongation	$t = [See Note(1)]$	$32^{7/8}t \text{ max}$	$16^{7/16}t \text{ max}$	$A+2t + 1,6 \text{ max}$	$\frac{1}{2}C + 0,8 \text{ max}$

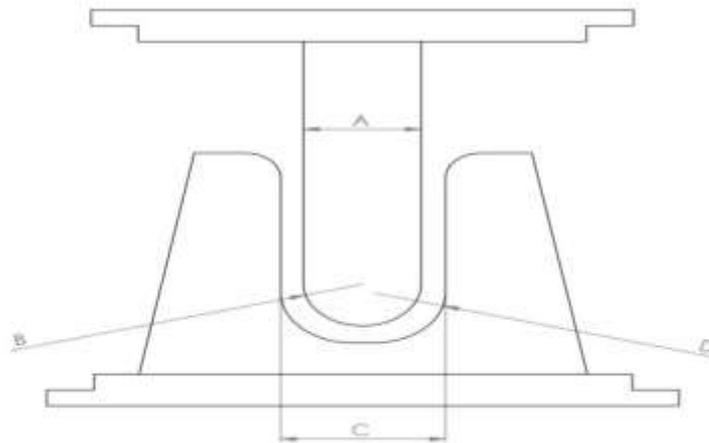
Tabel 2. Penentuan Diameter Mandril atau Penekan Berdasarkan AWS

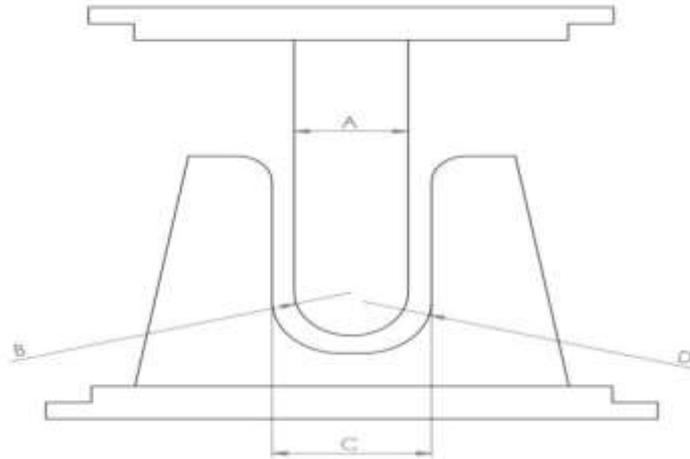
D1.1

Sumber (Firmansyah, *Bending Test*).

Specified or Actual Base Metal Yield Strength	A	B	C	D
	In (mm)	In (mm)	In (mm)	In (mm)
50 ksi (345 mpa) under	1-1/2 (38.1)	3/4 (19.0)	2-3/8 (60.3)	1-3/16 (30.2)
90 ksi (620 mpa)	2 (50.8)	1 (25.4)	2-7/8 (73.0)	1-7/16(36.6)
90 ksi (620 mpa) & Over	2-1/2 (63.5)	1-1/4 (31.8)	3-3/8 (85.7)	1-11/16 (42.9)

Selain itu juga diatur mengenai jarak antara penumpu dan mandril atau penekan. Skema serta jarak penentuan pengujian dapat di lihat pada Gambar 9 dan Gambar 10.

**Gambar 8.** Penentuan Jarak Antar Penumpu Berdasarkan ASME sec. IXSumber (Firmansyah, *Bending Test*)



Gambar 9. Penentuan Jarak Antar Penumpu Berdasarkan AWS D1.1

Sumber (Firmansyah, *Bending Test*)

1. Syarat Keberterimaan Berdasarkan ASME sec. IX

Untuk dapat lulus dari uji tekuk (*bending*) berdasarkan standard and code ASME sec. IX maka hasil pengujian harus memenuhi kriteria berikut ini :

- a. Keretakan pada *weld metal* atau HAZ maksimal 3 mm diukur dari segala arah pada permukaan cembung yang telah ditekuk.
- b. Retak pada pojok permukaan yang telah ditekuk tidak diperhitungkan. Kecuali yang disebabkan oleh *slag inclusion*, *lack of fusion*, atau cacat lainnya.
- c. Pada pengelasan *overlay cladding* tidak boleh terdapat retak terbuka melebihi 1.5 mm dihitung dari segala arah. Pada *interface* tidak boleh terdapat retak terbuka melebihi 3 mm.

2. Kriteria kelulusan uji *bending* D1.1

Penerimaan hasil uji tekuk (*bending*) material las dinilai secara visual yaitu dengan mengukur gejala – gejala seperti dikontinuitas yang terjadi pada *weld metal* HAZ. Kriteria penerimaan hasil uji tekuk berdasarkan standar AWS D1.1.D1.1 adalah *Construction Code/standard*

yang dikembangkan oleh AWS (American Welding Society). Meliputi beberapa kriteria yang maksimal sobekan kesegala arah 1/8 in (3 mm), jumlah sobekan sebesar 3/8 in (10 mm), untuk sobekan antara 1/8 in (3 mm) s.d. 1/32 in (1 mm) dan sobekan pinggir boleh sampai 1/4 in (6 mm) asal bukan terjadi karena cacat las.

C. Tujuan Rangka

Rangka berfungsi sebagai penahan kekuatan balik dari gaya tekan yang dihasilkan oleh alat penekan pada saat proses pengujian. Selain itu rangka juga berfungsi sebagai dudukan komponen-komponen lain, sehingga ukuran dari rangka haruslah lebih besar dari komponen-komponen tersebut.

Dalam merancang sebuah rangka pada suatu mesin tidak ada batasan tertentu, sehingga perancangan lebih dipusatkan pada analisis faktor yang mempengaruhi suatu rangka seperti:

1. Gaya yang ditimbulkan oleh komponen alat lainnya melalui titik pemasangan seperti Jig dan Plunger atau pemasangan komponen lainnya.
2. Cara kedudukan rangka itu sendiri

Analisa Beban pada Rangka

$$F = m \cdot g \text{ (N)} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:

F = Gaya pada batang dudukan (N).

m = Masa/beban keseluruhan terhadap rangka (kg).

g = Gaya Gravitasi ($9,8m/s^2$).

D. Identifikasi Bahan

Rangka adalah penahan kekuatan baik dari gaya tekan yang dihasilkan oleh alat penekan pada saat proses pengujian yang berfungsi untuk menopang komponen yang terdiri dari: dongkrak, jig (tatakan), *plunger*. Bahan yang digunakan untuk komponen ini dengan jenis besi

UNP 80 x 45 x 6 mm, besi siku 40 x 40, besi poros dengan diameter 20 mm, pegas dengan diameter 26 mm dan panjang 275 mm.

Tabel 3. Komponen dan jenis material yang digunakan

No	Komponen	Material
1.	Rangka	Besi kanal UNP yang umum digunakan
2.	Poros	ST 37 kg/mm^2 setara dengan 370 N/mm^2
3.	Pegas	ST 70 kg/mm^2 yang umum digunakan
4.	Pelat tebal 6 mm	ST 37 kg/mm^2 sebagai dudukan jig dan plunger
5.	Besi siku	ST 37 kg/mm^2 sebagai kaki dari suatu rangka

E. Proses Pembuatan

Setelah memahami ukuran dan bahan yang digunakan, selanjutnya yang diperlukan adalah identifikasi alat. Untuk itu kita sebelum memulai pekerjaan sebaiknya kita mengetahui alat-alat yang digunakan dan disiapkan guna kelancara proses pengerjaan dan hasil pekerjaan sesuai yang diharapkan. Alat yang digunakan pada proses pengerjaan Rangka uji *bending* adalah sebagai berikut:

1. Proses Pengukuran

Proses pengukuran dilakukan guna memperoleh ukuran yang dikerjakan agar sesuai dengan kebutuhan sehingga dimensi akhir dari rangka uji *bending* sesuai dengan kebutuhan.

a. Mistar Baja

Mistar baja dibuat dari plat baja yang pada kedua sisi salah satu permukaannya diberi garis skala. Panjang skala ukuran mistar baja

terdiri dari 150 mm – 1000 mm dengan pembagian skala terkecil $\frac{1}{2}$ mm dan 1 mm.



Gambar 10. Mistar Baja

Sumber (Workshop Fabrikasi FT UNP)

b. Mistar siku

Penggaris siku merupakan alat bantu dalam menggambar berfungsi menandai benda pada saat dipotong atau dilakukan penyambungan agar hasil menjadi baik dan membentuk sudut yang benar.



Gambar 11.Mistar Siku

Sumber (Workshop Fabrikasi FT UNP)

c. Penitik

Penitik adalah alat yang digunakan untuk membuat lubang pada benda kerja. Penitik terbuat dari besi yang ujungnya runcing

membentuk sudut 30 – 90 derajat. Penitik juga terbuat dari karbon tinggi yang dikeraskan, sedangkan ujungnya runcing membentuk sudut 30 sampai 90 derajat.

d. Penggores

Penggores berfungsi sebagai alat bantu membuat garis, khususnya penandaan garis pada permukaan logam benda kerja. Alat ini terbuat dari bahan baja perkakas, dimana bagian badannya dibuat kartel agar tidak licin saat digunakan.



Gambar 12. Penggores

Sumber (Workshop Fabrikasi FT UNP)

2. Penyambungan

a. pengelasan

Berdasarkan definisi dari *Dutch Industri Normen* (DIN) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair.

Mengelas secara umum adalah suatu cara menyambung logam dengan menggunakan energi panas baik menggunakan bahan pengisi atau tidak menggunakan bahan pengisi. Pada proses

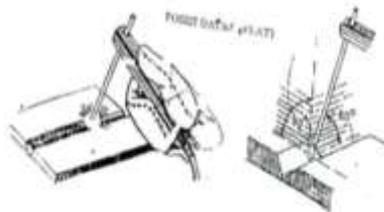
pembuatan rangka mesin penggembur tanah pertanian dengan sistem penggerak rantai, jenis pengelasan yang dipilih untuk menyambung bagian-bagian rangka adalah dengan menggunakan las busur listrik dengan elektroda terbungkus atau juga dikenal dengan SMAW (*Shielded metal arc welding*).

b. Posisi Pengelasan

Posisi pengelasan terdiri dari empat macam yaitu :

1) Posisi di bawah tangan

Posisi dibawah tangan yaitu suatu cara pengelasan yang dilakukan pada permukaan rata/datar dan dilakukan dibawah tangan. Kemiringan elektroda las sekitar 10° - 20° terhadap garis vertical dan 70° - 80° terhadap benda kerja.



Gambar 13. Posisi di Bawah Tangan

Sumber (Alip mochamad, Teori dan Praktek Las)

2) Posisi tegak (vertikal)

Mengelas posisi tegak adalah apabila dilakukan arah pengelasannya keatas atau kebawah. Pengelasan ini termasuk pengelasan yang paling sulit karena bahan cair yang mengalir atau menumpuk diarah bawah dapat diperkecil dengan kemiringan elektroda sekitar 10° - 15° terhadap garis vertical dan 70° - 85° terhadap benda kerja.

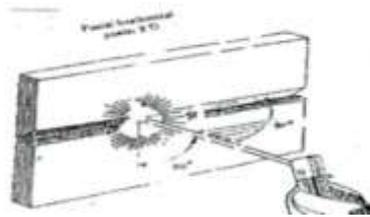


Gambar 14. Posisi Tegak (vertical)

Sumber (Alip mochamad, Teori dan Praktek Las)

3) Posisi datar (Horizontal)

Mengelas dengan horizontal biasa disebut juga mengelas merata dimana kedudukan benda kerja dibuat tegak dan arah elektoda mengikuti horizontal. Sewaktu mengelas elektroda dibuat miring sekitar 5° - 10° terhadap garis vertical dan 70° - 80° kearah benda kerja.

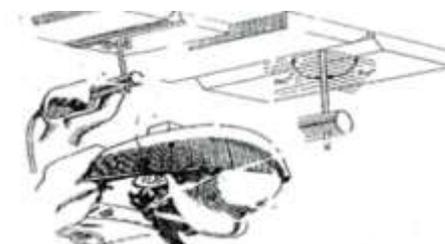


Gambar 15. Posisi Datar (horizontal)

Sumber (Alip mochamad, Teori dan Praktek Las)

4) Posisi diatas kepala (*over Head*)

Posisi pengelasan ini sangat sukar dan berbahaya karena bahan cair banyak berjatuhan dapat mengenai juru las, oleh karena itu diperlukan perlengkapan yang serba lengkap antara lain : baju las, sarung tangan, sepatu kulit dan sebagainya. Mengelas dengan posisi ini benda kerja terletak pada bagian atas juru las dan kedudukan elektroda sekitar 5° - 20° terhadap garis vertikal dan 75° - 85° terhadap benda kerja.



Gambar16. Posisi *Over Head*

Sumber (Alip mochamad, Teori dan Praktek Las)

Tabel 4.Penggunaan Elektroda

Tebal bahan (mm)	Diameter Elektroda (mm)	Kuat arus (ampere)
0,1 – 0,9	1,5	20 – 30
1,0 – 1,5	2	31 – 50
1,6 – 2,6	2,6	61- 100
2,7 – 4,0	3,2	101 – 120
4,1 – 6,0	4	121 – 180
6,1 – 10	5	181 – 220
10,1 – 16	6	221 - 300

3. Proses Pemotongan

Proses pemotongan dilakukan guna mendapatkan ukuran benda kerja yang sesuai dengan harapan. Terdapat beberapa macam alat potong yaitu gergaji manual dan mesin gergaji otomatis, mesin grind, dapat juga menggunakan las oksasi-asitilin.

a. Mesin Gergaji

Mesin gergaji berfungsi untuk memotong beberapa macam benda kerja, diantaranya memotong benda pejal, profil dan memotong pipa. Ukuran daun gergaji mesin berbeda dengan ukuran daun gergaji pada daun gergaji tangan. Panjang, lebar, dan panjangnya melebihi panjang, lebar, dan tebal daun gergaji tangan. Banyak gigi antara 6 – 14 gigi tiap inci kebanyakan letak giginya.



Gambar 17. Mesin Gergaji

Sumber (Workshop Fabrikasi FT UNP)

b. Gerinda Potong

Mesin gerinda potong, meskipun memiliki efisiensi yang sama baiknya dengan mesin gergaji namun penggunaannya memiliki satu kelemahan dibandingkan dengan mesin gergaji. Kelemahan tersebut berada pada batu gerinda yang digunakan. Pada mesin gerinda potong, proses penyayatan (gerak potong batu gerinda) pada saat melakukan proses pemotongan dilakukan oleh operator mesin gerinda, dengan demikian batu gerinda potong memiliki kecenderungan untuk rusak (pecah) apabila operator tidak berhati-hati dalam proses penyayatan.



Gambar 18. Gerinda Potong
Sumber (Workshop Fabrikasi FT UNP)

4. Proses Gurdi

Proses gurdi (*drilling*) dilakukan untuk membuat lobang pada bahan rangka alat pengujian bending sebagai tempat komponen mur dan baut. Jenis – jenis mesin gurdi yaitu mesin gurdi *portable*, gurdi meja dan gurdi lantai.

a. Mesin gurdi meja

Merupakan prangkat yang diletakan diatas meja kerja sehingga disebut demikian. Mesin gurdi lantai meja dapat mengerjakan lubang dengan diameter yang lebih besar dibandingkan dengan gurdi *portable*. Perangkat pendukung pada mesin gurdi meja terdapat ragun yang mengencangkan benda kerja yang akan dilubangi.



Gambar 19. Mesin Gurdi Meja
Sumber (Workshop Fabrikasi FT UNP)

F. Prinsip Kerja Alat Uji *Bending*

Alat uji *bending* ini menggunakan system tekan berupa dongkrak hidrolik 5 ton. Landasan uji *bending* (plunger) dapat digerakkan oleh dongkrak hidrolik, dongkrak akan menekan landasan(plunger) sehingga terjadi proses penekanan pada benda uji yang telah diletakkan ditempat jig (tatakan) uji *bending*. Lengan dongkrak dioperasikan secara konstan sampai benda uji menekuk dengan sempurna dan meyentuk tatakan (Jig).

G. Komponen Utama pada Alat Uji *Bending Root* dan *Face*

1. Dongkrak Hidrolik

Dongkrak hidrolik adalah sebuah alat pengangkat untuk mengangkat barang yang membantu memudahkan kerja manusia yang digerakkan tangan. Dongkrak hidrolik yang digunakan dalam alat ini adalah dongkrak yang berkapasitas 2 ton. Rumus mencari tekanan (Halliday, Dafid. 1984).

$$P = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan :

P = Tekanan (N/m^2)

F = Gaya (N)

A = Luas Alas/Penampang (m^2 atau cm^2)

1 ton = 1 mmHg

Tekanan Hidrostatik :

$P_h = \rho \times g \times h$

$P_h = h \times s$

Keterangan:

P_h = Tekanan hidrostatik (N/m^2)

h = Jarak permukaan zat cair (m)

s = berat jenis zat cair (N/m^2)

ρ = Masa jenis zat cair (kg/m^3)

2. Pegas

Pegas biasanya terbuat dari baja, istilah ini mengacu pada coil springs, fungsi pegas pada alat uji *bending root* dan *face* ini yaitu membantu naik turunnya plat penekan atau landasan dongkrak pada saat ditekan (digerakkan).

Mencari rumus pegas (Halliday resnick 1989).

Hukum *Hooke* dirumuskan

Hukum *hooke* gaya pegas

$$F = k \cdot \Delta x \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan:

$F = w$ (Gaya berat) = gaya pegas = gaya yang bekerja pada pegas

k = Konstanta pegas

Δx = Pertambahan panjang

3. Jig

Jig berfungsi sebagai tatakan (cetakan) pada pengujian *bending* yang mana tatakan tersebut memiliki dimensi tertentu. Jig ini hampir membentuk huruf U.



Gambar 20. Jig atau Tatakan

Sumber (Workshop Teknik Mesin FT UNP)

4. Plunger

Plunger berfungsi sebagai alat bantu penekan yang mana posisinya diletakkan ditengah bagian yang dilas. Plunger ini membentuk huruf T, pada bagian bawahnya membentuk sudut yang telah sesuai dengan standarnya.



Gambar 21. Plunger (bagian yang menekan benda uji)

Sumber (Workshop Teknik Mesin FT UNP)

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Perhitungan gaya yang dibutuhkan untuk melakukan uji *bending*

Dongkrak yang digunakan memiliki kapasitas maksimum 5 ton atau setara dengan 49050 N. Gaya yang dibutuhkan 2807 N jauh lebih kecil dari 49050 N. Dengan demikian dongkrak yang digunakan mampu memberikan gaya yang dibutuhkan untuk pengujian *bending*.

2. Perhitungan diameter pin penumpu

Terdapat dua buah pin sebagai tumpuan dari pelat dan dudukan jig. Spesifikasi pin ini menggunakan material jenis ST 37, dengan panjang material 300 mm, dan diameter pin yang digunakan 20 mm.

3. Perhitungan Konstanta Pegas

Berat dongkrak yang digunakan 5.5 kg, berat plunger (penekan pelat) 5 kg, dan berat besi kanal unip yaitu 3 kg. Dengan demikian pegas yang digunakan minimal 510 N/m memberikan gaya yang dibutuhkan untuk pengujian *bending*.

4. Perhitungan menentukan tekanan *dial pressure gauge*

Gaya yang dibutuhkan yaitu 2807 N, jari - jari dongkrak 30 mm, hasil dari luas penampang yaitu 706.5 mm^2 , *dial* yang digunakan pada alat uji *bending* yaitu 25 MPa. Dengan demikian 4 MPa lebih kecil dari 25 MPa artinya *dial pressure gauge* mampu membaca atau menampilkan tekanan yang dibutuhkan. Jika *dial pressure gauge* tekanan maksimalnya 1 MPa maka *dial* tidak bisa membaca atau menampilkan tekanan.

B. Saran

Beberapa hasil dari pengujian tidak baik maka penulis mengemukakan beberapa saran, yaitu :

1. Alat uji ini masih membutuhkan penyempurnaan lagi agar pengoprasian lebih canggih, pada bagian penggerak poros dongkrak menggunakan tombol penggerak otomatis.
2. Dengan adanya alat ini dapat membantu mahasiswa dalam melaksanakan praktikum pengujian mutu las dengan posisi *root* dan *face*, posisi pengelasan menggunakan sambungan kampu V *groove*.

DAFTAR PUSTAKA

- Amanto, Hari dan Daryanto. 2003. *"Ilmu Bahan"*, Jakarta : PT Bumi Aksa.
- Achmad Zainuri. *Elemen Mesin*
- Alip Mochamad. 2011. *"Teori dan Praktek Las"*, Jakarta. Departemen
- Firmansyah. 2014. *"Bending Test"*.
- Khamid. 2011. *"Pengertian dan Prinsip Dasar Alat uji Bending"*.
- Sularso, K. d. 2004. *"Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin"*. Jakarta.
Pradya Pramita.
- Universitas Negeri Padang. 2014. *"Panduan Penulisan Tugas Akhir Universitas Negeri Padang"*. Padang. Universitas Negeri Padang.