



## Analisis Kekuatan Bending Akibat Posisi Pengelasan Smaw pada Sambungan Pipa ASTM A53

Ilham Nasuha<sup>1</sup> Rizal Hanifi<sup>2</sup> Boni Sena<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang,  
Indonesia<sup>1,2,3</sup>

Email: [2110631150101@student.unsika.ac.id](mailto:2110631150101@student.unsika.ac.id)<sup>1</sup>

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi posisi pengelasan Shield Metal Arc Welding (SMAW) pada uji penetrant cair pada pipa karbon ASTM A53 terhadap sifat mekanik, khususnya dalam uji bending dan penetrant, dan untuk menghitung kekuatan lentur pipa ASTM A53. Hasil penelitian menghasilkan nilai kekuatan bending rata-rata sebesar 505,408 MPa untuk variasi kuat posisi 5 G, 347,907 MPa untuk variasi kuat posisi 6 G. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa tidak ada patahan pada uji penetrant yang dapat melukai atau menyebabkan kebocoran, dengan demikian hasil pengelasan dapat digunakan atau diteruskan sesuai dengan inspektur pengujian NDT dengan nomor sertifikasi B4T-PC/TCI. Menurut inspektur pengujian NDT dengan nomor sertifikasi SNT-IC-2011. Hasil menunjukkan bahwa variasi posisi pengelasan berpengaruh signifikan pada kekuatan mekanik material. Posisi 5 G memberikan nilai kekuatan bending tertinggi, sementara arus 100 A menunjukkan hasil optimal dalam kekuatan mekanik secara keseluruhan, dengan peningkatan risiko retak pada posisi 5 G. Penetrant menunjukkan perubahan ukuran butir seiring dengan peningkatan posisi. Kesimpulannya, posisi pengelasan 6 G merupakan pilihan optimal untuk pengelasan ASTM A53 dalam mencapai sifat mekanik yang baik dan stabil.

**Kata Kunci:** Pipa API 5L Grade B Sch 40, las SMAW, Pengujian Liquid Penetrant Test, Pengujian Bending

### Abstract

*This study aims to analyze the effect of Shield Metal Arc Welding (SMAW) welding position variations on liquid penetrant tests on ASTM A53 carbon pipes on mechanical properties, especially in bending and penetrant tests, and to calculate the flexural strength of ASTM A53 pipes. The results of the study produced an average bending strength value of 505.408 MPa for the 5 G position strength variation, 347.907 MPa for the 6 G position strength variation. The observation results showed that there were no fractures in the penetrant test that could injure or cause leakage, thus the welding results could be used or continued according to the NDT test inspector with certification number B4T-PC / TCI. According to the NDT test inspector with certification number SNT-IC-2011. The results showed that variations in welding positions had a significant effect on the mechanical strength of the material. Position 5 G provided the highest bending strength value, while a current of 100 A showed optimal results in overall mechanical strength, with an increased risk of cracking at position 5 G. The penetrant showed a change in grain size along with increasing position. In conclusion, the 6 G welding position is the optimal choice for ASTM A53 welding in achieving good and stable mechanical properties.*

**Keywords:** API 5L Grade B Sch 40 pipe, SMAW Welding, Liquid Penetrant Testing, Bending Testing



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

## PENDAHULUAN

Sistem perpipaan digunakan dalam industri gas dan minyak untuk mendistribusikan berbagai bahan, seperti udara pendingin, utilitas udara, bahan minyak, dan minyak. Contoh gas lainnya adalah gas cair, gas alam, uap, instrumen udara, utilitas udara, dan udara pabrik. Pada proses kilang integrasi, instalasi perpipaan terdiri dari bagian-bagian pipa dan batang-batang pipa yang saling terhubung satu sama lain. Pipa-pipa ini digunakan untuk memindahkan bahan



gas dan cair dari satu lokasi ke lokasi lain atau dari satu proses ke proses lainnya. Meskipun instalasi perpipaan mencakup 30-35% dari seluruh komponen peralatan di kilang, namun keberadaannya dalam industri pertambangan dan gas cukup signifikan. Oleh karena itu, perlu dilakukan tindakan untuk memastikan bahwa setiap instalasi perpipaan selalu dalam kondisi baik dan layak pakai [1]. Pengelasan pipa mengacu pada pengelasan sambung yang diproduksi di perusahaan konstruksi atau industri. Oleh karena itu, pengelasan yang terjadi selama proses produksi pipa jelas tidak termasuk dalam klasifikasi ini. Oleh karena itu, pengelasan jalur pipa memerlukan pertimbangan yang cermat terhadap faktor-faktor berikut. Pertama dan terutama, kualitas akar harus dipertimbangkan dengan cermat karena ditentukan oleh satu orang saja. Di sisi lain, jika ada kerusakan, seluruh sistem akan menderita. Oleh karena itu, kualitas dan kekuatan harus diprioritaskan [2]. Proses pengelasan logam berpelindung, juga dikenal sebagai shield metal arc welding, menggunakan rangkaian listrik yang memungkinkan busur las mengubah listrik atau bahan bakar menjadi panas. Panas dari busur las sangat kuat, sangat terkonsentrasi, dan sangat cepat untuk menangani benda yang berhubungan dengan pekerjaan dan ujung elektroda. Tukang las mempertahankan panjangnya busurnya dengan memberikan ruang atau "celah" yang konsisten antara elektroda dan las yang dibengkokkan pada lengkungan kerja. Membeku menjadi logam kontinyu saat busur dihilangkan, cairan menyatu dan mencair [3]. Ada banyak sumber energi yang dapat digunakan untuk menghasilkan energi selama operasi berkelanjutan, tergantung pada proses pengelasan. Sumber energi untuk pengelasan busur listrik adalah listrik, yang diubah menjadi energi panas. Dengan demikian, energi panas ini merupakan hasil dari beberapa faktor yang bekerja sama, yang paling penting adalah parameter arus pengelasan. Kualitas hasil pengelasan dipengaruhi oleh energi panas, yang juga dipengaruhi oleh arus las [4]

Pipa baja karbon ASTM A53 adalah Salah satu jenis sampel karbon yang distandarisi oleh ASTM International (American Society for Testing and Materials) adalah ASTM A53. Pipa ini memiliki beberapa karakteristik dan aplikasi utama yang membuatnya populer di beberapa industri. Berikut ini adalah beberapa detail penting tentang ASTM A53: Kampuh las digunakan untuk mengidentifikasi metal atau logam las, sehingga logam pengisi yang bersifat cair akan mengidentifikasi kubangan atau alur yang telah terbentuk selama proses perbandingan logam induk dengan logam pengisi. Butt joint adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan sambungan las dengan alur kampuh. Posisi 1G, 2G, 3G, dan 4G adalah sebagai berikut: bawah, horizontal, vertikal, dan di atas kepala. Selain itu, ada posisi 5G dan 6G untuk pengelasan pipa. Pengelasan berurutan yang cepat pada posisi yang berbeda diperlukan selama proses pengelasan yang berkelanjutan. Sesuai dengan posisi yang dibutuhkan, kekuatan dan kekerasan hasil pengelasan akan berbeda. Ada dua jenis cacat pada bahan: cacat di permukaan dan cacat di bawah permukaan. Meskipun biasanya mudah untuk melihat cacat di permukaan, cacat di bawah permukaan sulit dilihat secara visual. Pengujian non-destruktif, atau NDT, adalah prosedur yang diperlukan untuk mengurangi efek jika cacat tidak dapat dilihat. Penulis menggunakan pengujian NDT, atau uji penetrasi, dalam penelitian ini.

Uji penetrasi adalah salah satu metode pengujian NDT yang sangat sederhana dan praktis. Tujuan dari metode ini adalah untuk memeriksa perubahan warna yang halus pada material seperti retak, berlubang, atau kebocoran [5]. Selain menggunakan pengujian NDT dalam penelitian ini penulis menggunakan pengujian merusak (destructive testing, DT) yaitu pengujian bending. Pengujian bending atau pengujian tekuk merupakan suatu proses pengujian material yang bersifat visual, tujuannya adalah untuk memperoleh hasil kekuatan lentur dari suatu material setelah mengalami proses pembebanan tegangan tanpa menyebabkan deformasi [5]. Berdasarkan latar belakang penelitian di atas, penulis membahas secara menyeluruh tentang analisis kekuatan bending sebagai respon terhadap variasi arus

SMAW pada perakitan pipa ASTM A53 Sch 40. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan informasi mengenai pengaruh variasi arus pengelasan terhadap kekuatan bending pada pipa ASTM A53 Sch 40.

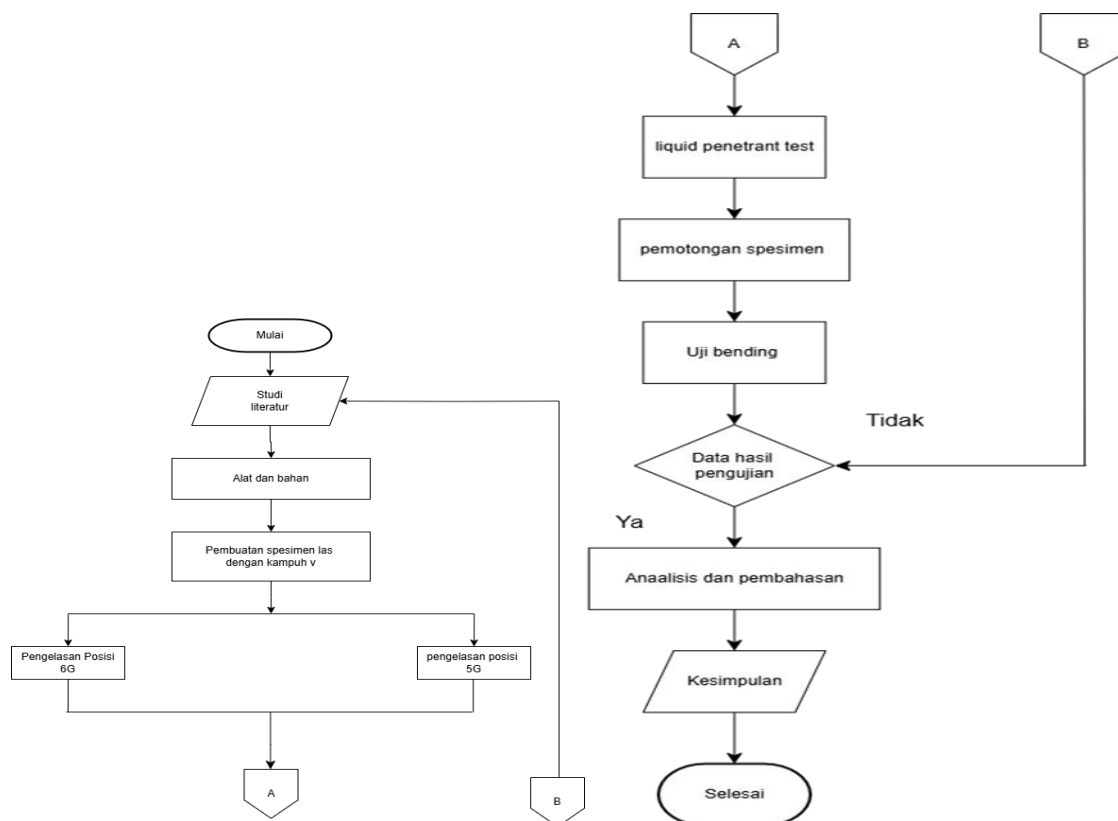
### METODE PENELITIAN

Salah satu metode yang digunakan untuk mengumpulkan data untuk sebuah penelitian sehingga dapat mencapai tujuan yang diinginkan adalah pengumpulan data penelitian. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan jenis penelitian eksperimental untuk mengetahui karakteristik suatu material tertentu yaitu ASTM A53 grade B sch 40 dengan menggunakan variasi teknik pengelasan posisi menggunakan SMAW, untuk mengetahui pengaruh variasi teknik SMAW terhadap hasil pengujian penetrant cairan, dan sifat mekanik uji bending pada material ASTM A53 Grade B sch 40. Pengujian penetrant digunakan untuk mendeteksi cacat dengan menggunakan cairan khusus. Tempat dan waktu penelitian sangat penting untuk menjelaskan alur penelitian, pembuatan spesimen las dan pengujian. Berikut tabel 3.1 adalah lokasi dan waktu penelitian.

**Tabel 1. Tempat dan Waktu Penelitian**

1.	Tempat Penelitian I	:PT. kinarya Gemilang Adhitama
	Waktu Penelitian	: Maret 2025
2.	Tempat Penelitian II	:Politeknik Negeri Bandung
	Waktu Penelitian	: Maret 2025

Diagram alir metodologi penelitian merupakan representasi dari berbagai metode penelitian. Di bawah ini adalah diagram alir metodologi penelitian yang menggambarkan berbagai metode penelitian yang akan digunakan:



**Gambar 1. Diagram Alir**

## Indetifikasi masalah

Pada proses pengelasan yang berpengaruh yaitu arus. Selalu ada kecacatan yang bisa terjadi dari kampuh, arus dan posisi, maka dari itu untuk melakukan proses pengelasan agar mendapatkan hasil maksimal bisa ingat 4 M yaitu:

1. Man
2. Material
3. Metode
4. Mesin

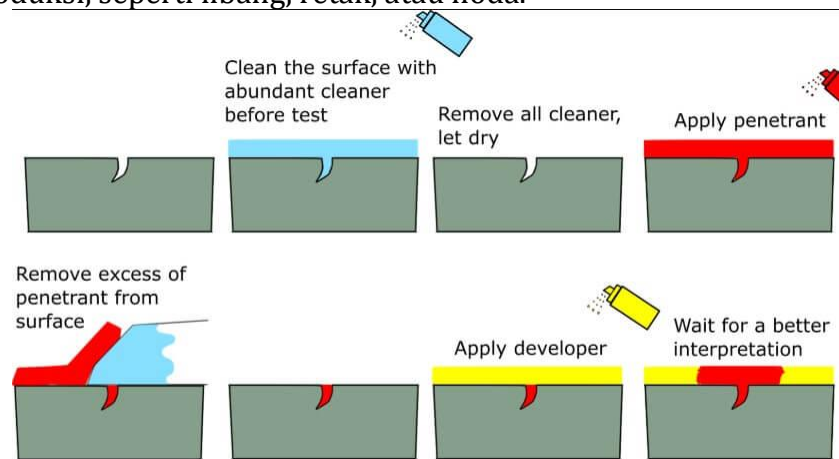
## Studi Literatur

Dalam melakukan penelitian sumber-sumber literatur seperti buku, jurnal dan sejenisnya sangat di perlukan oleh peneliti untuk memudahkan proses riset dan analisis. Untuk referensi atau literatur penulis melampirkan di daftar pustaka.

## Persiapan Alat dan Bahan

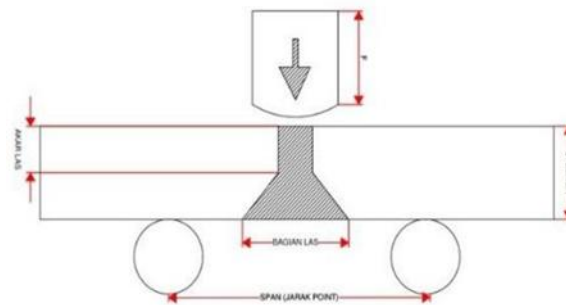
Dalam melakukan proses penelitian ini maka dibutuhkan alat dan bahan sebagai berikut:

1. Alat . Berikut merupakan alat yang di gunakan penulis dalam penelitian ini yaitu:
  - a. Uji penetrant. Prinsip kerja uji penetran adalah penetrasi penetran ke dalam permukaan material. Cairan ini kemudian akan keluar ke permukaan bersama developer atau cairan pengembang. Cairan pengembang harus memiliki peringatan yang berbeda dengan peringatan cairan penetran sehingga proses pengamatan dapat dilakukan dengan mudah dan akurat. Pengujian penetrant dapat mengidentifikasi permukaan mikroskopis yang tidak alami seperti lubang, kebocoran, dan retakan. Metode pengujian cairan didasarkan pada dasar. Metode untuk menghitung cairan dasar didasarkan pada kapilaritas[15]. Pada titik-titik diskonuitas, kenaikan atau penurunan luas permukaan cairan dikenal sebagai aksi kapilar. Diskontinuitas adalah kurangnya kemurnian bahan yang dihasilkan dari proses produksi, seperti libang, retak, atau noda.



Gambar 2. Pengaplikasian Cairan Penetran Test

- b. Uji bending. Bahan uji yang digunakan adalah material Baja ASTM A53 menggunakan dengan variasi posisi pengelasan, Uji Bending dengan menggunakan standar ASTM E290-14 dengan ukuran lebar 40 mm dan panjang 200 mm. Pada gambar 3.3 merupakan sektsa uji pending pada penelitian ini yaitu uji bending face bend[14].



**Gambar 3. Sketsa pengujian bending**

Berikut merupakan prinsip kerja dan beberapa aspek penting terkait uji bending

1) Pembahasan material :

- Bahan ditempatkan di atas dua titik penyangga di ujungnya
- Pendorongan atau ram kemudian ditempatkan di atas
- Bahan dan gaya di terapkan pada bahan dengan cara yang metodis.

2) Deformasi material

- Setelah pembebanan, material akan mengalami deformasi dengan dua gaya yang bekerja berlawanan pada saat yang bersamaan.
- Permukaan spesimen yang tersusun atas cembung harus diperiksa dari kemungkinan adanya retak atau cacat permukaan lainnya, dan
- jika spesimen menunjukkan gejala setelah ditebuk, maka spesimen dikatakan gagal uji. Namun, jika tidak, kriteria keberterimaannya harus sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.



**Gambar 4. Mesin Uji Bending**

- c. Mesin Las SMAW. Mesin las SMAW adalah sebuah alat yang digunakan untuk melakukan pengelasan logam dengan menggunakan busur listrik sebagai sumber panasnya. Busur listrik terbentuk antara elektroda berlapis logam dan permukaan logam kerja yang akan disambung. Elektroda berfungsi sebagai bahan pengisi dan pelindung busur listrik dari kontaminasi udara. Proses pengelasan SMAW juga dikenal sebagai las busur logam terlindung, las MMA, atau las batang, menggunakan Elektroda E-7018. Las Shield Metal Arc Welding (SMAW) adalah cara pengelasan yang sering digunakan pada saat ini. Cara pengelasan ini menggunakan kawat elektroda logam yang dibungkus dengan fluks. Bahwa busur listrik terbentuk diantara logam induk dan jung elektroda. Karena busur ini panas maka logam induk dan jung elektroda menjadi mencair lalu kemudian membeku.



**Gambar 5. Mesin las SMAW**

Spesifikasi mesin las yang digunakan di dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

Merk mesin las: titan 701

- Output range: 30-700 DC Amps
- Rated output: 500A,40V@100%, 600A,30V@40%, 650A,25V@25%
- OCV: 88V Max • Weight Kg: 796
- Dimensions H x W x D mm: 1067 x 800 x 1603mm

- d. Grinda
- e. Amplas
- f. Alat ukur (meteran penggaris)
- g. APD pengelasan
- h. Chipping hammer/welder hammer
- i. Sukat kawat
- j. Sepidol
- k. Majun
- l. Palu
- m. Tang/penjepit

2. Bahan. Berikut merupakan alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

- a. Elektroda jenis E7016
- b. Pipa ASTM A53 Grade B sch 40



**Gambar 6. Spesimen pipa ASTM A53 Grade B sch 40**

- c. Pembuatan Sepesimen Las. Pembuatan spesimen menggunakan material pipa ASTM A53 Grade B Sch 80, dipotong menggunakan gerinda. Pembuatan spesimen uji bending dibuat sesuai dengan ukuran standar ASTM A370-10, dengan dimensi ukuran 200 mm X 40 mm. Dibuat kampuh  $v = 12$  pcs.
- d. Data hasil pengujian. Setelah uji tidak merusak dilakukan dengan menggunakan uji penetrasi, langkah selanjutnya adalah menganalisis data yang diperoleh. Ini adalah sifat mekanis logam, atau uji tekuk. Jika data tidak menunjukkan kriteria, maka perlu memperlambat proses dengan mempelajari literatur.
- e. Analisis dan pembahasan. Setelah mendapatkan data dari hasil pengujian, langkah berikutnya adalah melakukan analisis dan pembahasan terhadap data tersebut.
- f. Kesimpulan. Setelah menyelesaikan penelitian, hasil akhir dari penelitian dapat di simpulkan.

### Data penelitian awal

Proses pelaksanaan penelitian adalah serangkaian langkah yang harus dilakukan untuk mengumpulkan data yang dapat diandalkan dan menganalisis hasil yang akurat. Tahapan-tahapan ini sangat penting ketika melakukan penelitian. Berikut adalah beberapa paragraf dari proses penelitian:

1. Setandar pengujian. Dari pengujian yang akan dilakukan daalam penelitian ini yaitu pengujian penetrant dengan standar pengujian ASTM E165, dan pengujian bending dengan standar pengujian ASTM E290, dengan dimensi ukuran 200 mm X 40 mm. Dibuat kampuh  $V = 12$  pcs.
2. Design of Ekperiment. Pada penelitian menggunakan Matrial pipa ASTM A53 dan menggunakan pengelasan SMAW dengan variasi posisi pengelasan. Kampuh yang di gunakan yaitu kampuh  $V$ , posisi yang di gunakan dalam penelitian ini adalah posisi 5G dan 6G Adapun arus yang di gunakan yaitu arus 80A.

**Tabel 3. Design of Experiment**

Kode spesimen	Posis	Arus	Jenis kampuh	jumlah	Hasil pengujian
A1	5G	80 A	V	3	
B1	6G	80 A	V	3	

3. Langkah-langkah pembuatan specimen. Adapun langkah-langkah pembuatan benda uji adalah sebagai berikut:
  - a. Persiapan alat dan bahan,
  - b. Material Pipa ASTM A53 Grade B Sch 40 kemudian di potong seragam sesuai standar ASTM A370-10,
  - c. Kemudian dibuat kampuh  $V = 12$ pcs
  - d. lalu rapihkan sisi-sisi spesimen bagian yang runcing atau tajam
4. Langkah pengujian. Berikut adalah langkah-langkah umum dalam proses uji penetrant:
  - a. Pembersihan permukaan: Material permukaan harus bebas dari kotoran, oli, cat, dan zat-zat lain yang dapat menghalangi penetrasi cairan.
  - b. Aplikasi penetrasi: Cairan penetrasi, sering dikenal sebagai pewarna fluoresen atau pewarna yang dapat dilihat, diaplikasikan dengan hati-hati pada bahan.
  - c. Penghapusan Penetrant Berlebih: Lebih khusus lagi, penetrasi dibuat pada permukaan dengan menggunakan udara atau pembersih sesuai dengan jenis penetrasi.
  - d. Aplikasi Devwoper: Pengembang diterapkan pada area yang telah disediakan untuk mendapatkan penetrasi keluar dari cacat las permukaan.

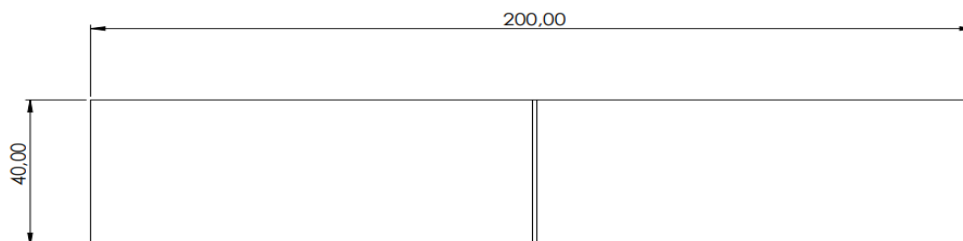
- e. Evaluasi indikasi: Hasil pengamatan dievaluasi untuk menentukan jenis, ukuran, dan keberadaan cacat.

Berikut adalah langkah-langkah uji bending yang umumnya digunakan untuk mengevaluasi kelenturan material:

- a. Persiapan dan pemotongan specimen : Potong spesimen dari material atau sambungan las yang akan diuji sesuai dengan ukuran yang ditentukan oleh standar yang berlaku. Ukuran spesimen biasanya ditentukan oleh jenis material dan persyaratan pengujian.
- b. Pengaturan mesin uji : Atur parameter mesin uji sesuai dengan spesifikasi pengujian, termasuk kecepatan pembengkokan dan sudut pembengkokan yang diinginkan.
- c. Penempatan specimen : Tempatkan specimen pada posisi yang tepat di mesin uji bending, biasanya di antara dua penyangga (roller atau anvil) dengan jarak tertentu.
- d. Proses pembengkokan : Mesin uji akan membengkokkan specimen dengan cara menekan bagian tengah specimen menggunakan punch atau dies hingga mencapai sudut tertentu atau hingga specimen patah atau retak.
- e. Pemeriksaan hasil pengujian : Setelah pembengkokan, lakukan inspeksi visual terhadap specimen untuk mendeteksi adanya retakan, lipatan, atau tanda-tanda kegagalan lainnya.

### Spesifikasi Spesimen Uji

Bahan uji yang digunakan adalah material pipa ASTM A53 Grade B Sch 40 menggunakan dengan variasi posisi pengelasan Spesimen uji bending dibentuk sesuai dengan standar ASTM A290-14:



Gambar 7. Dimensi spesimen standar ASTM E290-14

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pengelasan SMAW

Berikut adalah hasil dari pengelasan SMAW yang dilakukan oleh welder yang bersertifikasi pengelasan di PT. Kinarya Gemilang Adhitama pada pipa ASTM A53 Grade B Sch 40 yang divariasikan menggunakan posisi 5G dan 6G. Pada Gambar 4.1 adalah hasil pengelasan SMAW yang dilakukan oleh welder yang sudah bersertifikasi pengelasan. Pada Gambar 4.2 adalah posisi yang dipakai dalam penelitian ini. Pada Gambar 4.3 arus yang dipakai dalam penelitian ini.



Gambar 8. (a) Spesimen sebelum di las (b) Spesimen sesudah di las





**Gambar 9. Posisi Pengelasan yang di pakai dalam penelitian a) 5G, b) 6G**



**Gambar 10. Arus Pengelasan yang di gunakan 80 A**


**Hasil Uji penetrant**


Pengujian *penetrant* dilakukan di PT. Kinarya Gemilang Adhitama yang lokasi proyeknya di Purwakarta pada tanggal 12 Maret 2025. Proses pengujian penetrant diaplikasikan dengan cara di-spray (disemprot ke bagian yang di las), pengujian dilakukan di sekeliling permukaan pada 4 spesimen Yaitu A1, A2, B1 dan B2. Pada Gambar 4.4 uji *penetrant* dan pada tabel 4.1 adalah tabel hasil pengujian *penetrant*.



**Gambar 11. Uji penetrant**

**Tabel 4. Hasil Pengujian Penetrant**

Kode Spersimen	Posisi	Arus	Jenis kampu	Hasil uji penetrant	Resul	KET
A1	5G	80A	V		ACC (Terlampir)	Disetujui oleh inspector NDT

B1	6G	80A	V		ACC (Terlampir)	Disetujui oleh inspector NDT
----	----	-----	---	---	--------------------	------------------------------------

Dari data tabel 4 hasil pengujian penentrant pada spesimen A1, A2, B1 dan B2 berdasarkan hasil pengujian tidak merusak (NDT) tidak ditemukan indikasi cacat yang fatal pada hasil pengelasan dan spesimen pada tabel 4.1 layak untuk digunakan.

### Pembuatan Spesimen Uji Bending

Untuk pembuatan spesimen dilakukan sendiri, pemotongan dilakukan setelah proses pengujian tidak merusak selesai. Ukuran spesimen dengan panjang 200 mm dan lebar 40 mm sesuai gambar spesimen pada Bab 3. Proses pemotongan dilakukan secara safety dan menggunakan mesin gerinda yang telah diinspection terlebih dahulu. Pada gambar 12 menunjukkan sebelum pemotongan dan hasil pemotongan dari spesimen A1, A2, B1 dan B2.



Gambar 12. a) Spesimen sebelum dipotong b) Spesimen setelah dipotong

### Hasil Uji Bending

Pengujian berikutnya adalah pengujian bending yang sudah dilakukan di Laboratorium Bahan dan Metalurgi, jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bandung pada hari Selasa tanggal 25 Maret 2025 Pengujian dilakukan pada 6 spesimen, yang terdiri dari 3 spesimen posisi 5G, 3 Spesimen 6G. Pada gambar 13 menunjukkan spesimen Uji A.1 sebelum pengujian bending dan sesudah pengujian bending.



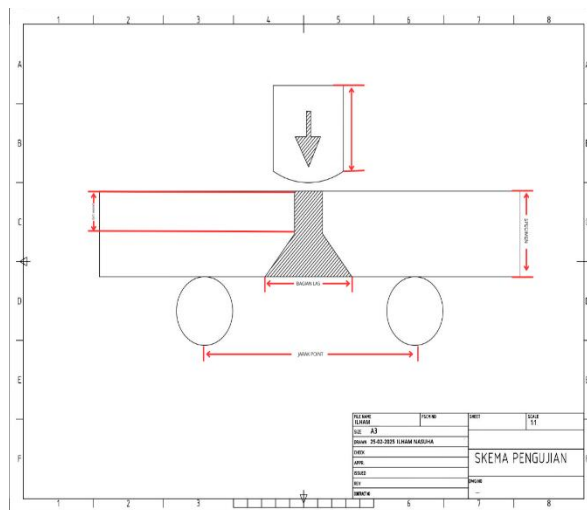
Gambar 13. Spesimen Uji A.1 sebelum dan sesudah pengujian bending

Pada gambar 14 di bawah menunjukkan specimen B.1 sebelum dan sesudah pengujian bending.



**Gambar 14. Spesimen Uji B.1 sebelum dan sesudah pengujian bending**

Pada gambar 15 merupakan skema uji *three point bending* pada penelitian ini yaitu uji *bending face bend*.

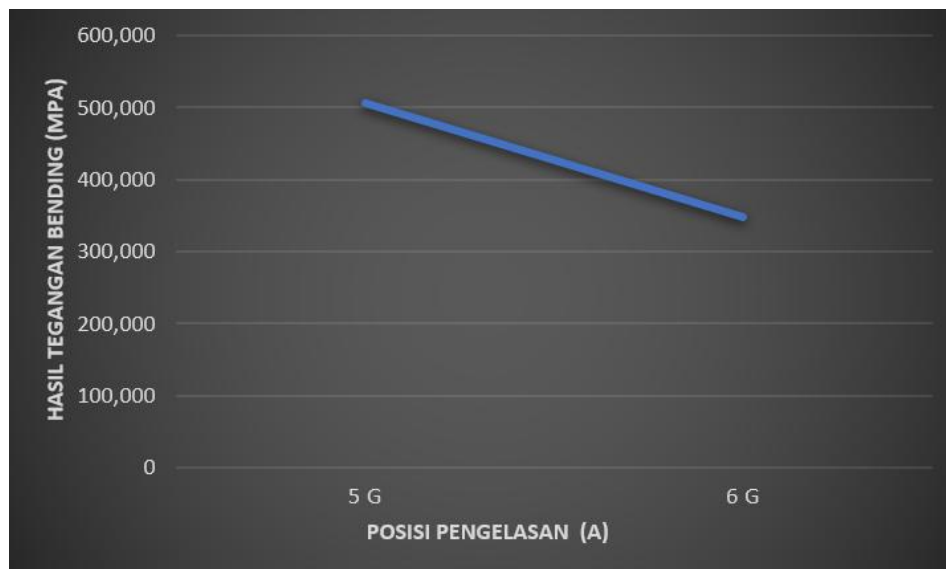


**Gambar 15. Skema pengujian bending**

Pada tabel 5 di bawah ini menunjukkan terdapat perubahan kekuatan bending untuk masing-masing kuat posisi yang divareasikan pada pengelasan SMAW pada baja ASTM A53. Terlihat pada tabel 5 pada posisi 5G memiliki nilai kekuatan bending tertinggi hasil pengelasan dengan nilai kekuatan bending rata-rata 505,408 MPa, pada posisi 6G dengan nilai kekuatan bending rata-rata 347,907 MPa. Pada tabel 5 adalah tabel hasil pengujian bending dan pada gambar 4.8 adalah diagram hasil pengujian bending.

**Tabel 5. Hasil Pengujian Bending**

No	Spesimen	F(P)	F(P)	L (mm)	T(d) (mm)	W(b) (mm)	Tegangan (MPa)	Rata-rata Tegangan (MPa)
		(kN)	(N)					
1	5G. 1	5,81	5810	100	4	4,09	189,944	505,408
2	5G. 2	5,00	5000	100	4	3,98	235,552	
3	5G. 3	5,14	5140	100	4	4,02	239,738	
4	6G. 1	5,45	5450	100	4	41,12	107,569	347,907
5	6G. 2	3,53	3530	100	4	40,15	164,850	
6	6G. 3	4,94	4940	100	4	4,09	226,466	



Gambar 16. Diagram hasil pengujian bending

Dari data pada tabel 5 maka dapat dibuat grafik tegangan bending seperti gambar di atas. Jika dilihat dari diagram 16 di dapatkan hasil pada posisi 5 G lebih tinggi dibanding dengan kekuatan posisi 6 G. Pada penelitian ini posisi pengelasan sangat mempengaruhi pada hasil kekuatan bending karena pada posisi 6 G memungkinkan posisi terlalu horizontal dan memiliki kecepatan lebih tinggi dalam kondisi standar. Sedangkan pada posisi 5 G memungkinkan posisi yang ideal karena mempunyai hasil kekuatan bending yang tinggi dibanding dengan posisi 6 G, dikarenakan posisi pengelasan lebih stabil cenderung menghasilkan panas yang lebih besar sehingga dapat mempengaruhi sifat mekanik seperti kekuatan bending, posisi yang tidak stabil bisa menyebabkan penurunan kualitas pengelasan. Ada beberapa faktor yang membuat perbedaan kekuatan bending yaitu sebagai berikut:

1. Human Error. Kemungkinan bisa terjadi karena *welder* yang bersangkutan mengalami kelelahan, posisi pengelasan yang tidak stabil, atau gangguan di area pengelasan.
2. Hasil NDT. Terdapat cacat halus pada pengelasan, tabel hasil pengujian NDT dari *liquid penetrant test* terdapat pada Tabel 4.1 terdapat juga *report* hasil pengujian pada Lampiran C.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan data, penulis sampai pada kesimpulan mengenai analisis kekuatan bending akibat variasi posisi pengelasan SMAW pada pipa ASTM A53 Grade B Sch 40 sebagai berikut:

1. Pada pengujian penetrant didapatkan hasil pengelasan bisa dilanjutkan atau dipakai karena pada pengujian penetrant ini tidak ada cacat yang bisa membahayakan atau mengakibatkan kebocoran. Pada gambar di tabel hasil pengujian terlihat adanya undercut namun masih bisa disetujui oleh inspektor pengujian NDT dengan nomor sertifikasi B4T-PC/TCI. Pada variasi posisi pengelasan 5 G dan 6 G.
2. Hasil pengujian menunjukkan perubahan kekuatan bending untuk masing-masing kuat arus yang divariasikan kekuatan Posisi 5 G memiliki kekuatan bending tertinggi dengan rata-rata 505.408, kekuatan posisi 6 G memiliki kekuatan bending rendah sebesar 347.907 MPa

Dalam penelitian ini penulis memberikan saran sebagai berikut;

1. Pentingnya penentuan kekuatan posisi



2. Pengembangan Penelitian disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut dengan variasi yang berbeda.
3. Pemotongan spesimen yang tidak sama membuat hasil dari kekuatan bending menjadi bervariasi.
4. Memperhatikan hasil pengujian NDT memungkinkan berpengaruh pada hasil kekuatan bending

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- A. Mauliza and S. Usman, "Analisa Pengaruh Arus Terhadap Kekuatan Tarik Material Baja Karbon AISI 1050 Hasil Pengelasan SMAW," *J. Weld. Technol. Vol.*, vol. 4, no. 1, pp. 22–26, 2022, [Online]. Available: <https://media.neliti.com/media/publications/436420-analysis-of-the-effect-of-current-on-ten-e4d77915.pdf>
- A. R. C. Welding, T. I. G. Menggunakan, and M. Las, "Prosiding Seminar Nasional ( Shielded Metal Arc Welding ) Dengan Dye Penetrant," 2022.
- A. Rahmatika, E. Sutarto, and A. C. Arifin, "Pengujian Merusak Pada Kualifikasi Prosedur Las Plat Baja Karbon SA-36 dengan Proses Pengelasan SMAW Berdasarkan Standar ASME Section IX," *J. Vokasi Teknol. Ind.*, vol. 3, no. 1, pp. 24–30, 2021, doi: 10.36870/jvti.v3i1.218.
- A. S. Ardiansyah, D. Anisa, R. Wati, and M. Arif, "Pengaruh Variasi Media Pendingin Dan Jenis Elektroda Pada Pengelasan Smaw Terhadap Uji Kekerasan Material Baja SS 36," vol. 03, pp. 59–64, 2025.
- Arif Hidaytullah and M. Choifin, "Hydrotest Guna Mencapai Standar Pengujian Tekanan Astm a53," *G-Tech*, vol. 2, no. 2, pp. 145–152, 2019.
- C. D. Setia and E. Pranatal, "Analisa Cacat Pengelasan Smaw Pada Posisi 2G Pada Baja Material a36 Dengan Variasi Arus Dan Sudut Pengelasan," *J. Sumberd. Bumi Berkelanjutan*, vol. 1, no. 1, pp. 257–263, 2022, doi: 10.31284/j.semiteman.2022.3262.
- G. D. Maylano, U. Budiarto, and A. W. B. Santosa, "Analisis Pengaruh Variasi Sudut Kampuh Double V Pada Sambungan Las SMAW (Shield Metal Arc Welding) Baja St 37 Terhadap Kekuatan Tarik, Tekuk dan Impact," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 5, no. 4, p. 785, 2022, [Online]. Available: <http://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>
- L. Isna Saputra, U. Budiarto, and S. Jokosisworo, "Jurnal Teknik Perkapalan Pada Sambungan Las Baja SS 400 Pengelasan SMAW (Shielded Metal Arc Welding) Akibat dengan Variasi Jenis Kampuh dan Posisi Pengelasan," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 7, no. 4, p. 215, 2019, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>
- M. Azimi, B. Bukhari, and A. Ariefin, "Analisa Pengaruh Holding Time Pada Proses Perlakuan Panas Annealing Baja Aisi 1050 Hasil Pengelasan Smaw Terhadap Ketangguhan Impak," *J. Mesin Sains Terap.*, vol. 4, no. 2, p. 119, 2020, doi: 10.30811/jmst.v4i2.2019.
- M. Mansyur, U. Usman, and S. Syamsuar, "Analisis Hubungan Variasi Arus Terhadap Kacacatan Lasan SMAW 3G Pada Material AISI 1020 Dengan Pengujian Tidak Merusak," *J. Mesin Sains Terap.*, vol. 7, no. 1, pp. 1–4, 2023, [Online]. Available: <http://ejournal.pnl.ac.id/mesinsainsterapan/article/view/3926>
- P. Sustainability *et al.*, "Jurnal Pengabdian Masyarakat Teknik," vol. 5, no. 1, pp. 27–30, 2022.
- R. Amzamsyah, M. Lazuardi Umar, P. Studi Teknik Mesin, F. Teknik, and U. Muhammadiyah Jember, "The Effect of Campuh Variation and Current Strength of SMAW Welding on Bending Strength in ASTM A36," *J. Kaji. Ilm. dan Teknol. Tek. Mesin*, vol. 5, no. 2, pp. 2541–3562, 2021, [Online]. Available: <http://jurnal.unmuhjember.ac.id/index.php/J-Proteksion>
- R. E. Hartanto, S. Yulianto, and M. Sugiri, "Analisis Pengaruh Kuat Arus Listrik Terhadap Hasil Pengelasan Smaw Material St 37 Dengan Elektroda Low Hidrogen Pada Pengujian Visual,



- Radiografi ,Struktur Makro Dan Mikro," *SNITT-Politeknik Negeri Balikpapan*, p. 7, 2020.
- T. Satrio Wibowo, Z. Khairani Rizky, N. Fauzaan, A. Budi Listyawan, A. Yani Tromol, and J. Tengah, "Deteksi Cacat Las Pada Kerangka Atap Masjid Agung Jawa Tengah Di Magelang Dengan Metode Liquid Penetrant Test," 2024.
- Y. N. I. Saputro, "Pengaruh Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Las Smaw Dengan Elektroda E 7018," *RESULTAN J. Kaji. Teknol.*, vol. 13, no. 2, pp. 24–31, 2011.