

TUGAS AKHIR

ANALISIS PENGARUH TEKANAN GAS TERHADAP HASIL PEMOTONGAN ASTM A36 MENGGUNAKAN FLAME CUTTING BERDASAR ISO 9013:2017 SERTA METODE PENGUJIAN VICKERS DAN STRUKTUR MIKRO

Disusun untuk memenuhi persyaratan mencapai Sarjana Terapan

**Dosen Pembimbing :
Oki Setiawan, S.T., M.Eng**



Disusun oleh:
YULIANTO SANDHIKA PUTRA
4422201029

**TEKNOLOGI REKAYASA PENGELASAN DAN FABRIKASI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BATAM**

2026

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PENGARUH TEKANAN GAS TERHADAP HASIL PEMOTONGAN ASTM A36 MENGGUNAKAN FLAME CUTTING BERDASAR ISO 9013:2017 SERTA METODE PENGUJIAN VICKERS DAN STRUKTUR MIKRO

TUGAS AKHIR

Disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana terapan pada
Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Pengelasan dan Fabrikasi
Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Batam

Disusun oleh :

YULIANTO SANDHIKA PUTRA
4422201029

Telah diterima dan disetujui pada 28 Juli 2026

Penguji I



Ninda Hardina Batubara S.Pd., M.Si

Penguji II



Kms M. Avrieldi, S.Pd., M.Pd.T.

Dosen Pembimbing I



Oki Setiawan, S.T., M.Eng.

Mengetahui,
Koordinator Program Studi
Teknologi Rekayasa Pengelasan dan Fabrikasi



Nurul Laili Arifin, S.S.T., M.T.

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Yulianto Sandhika Putra
NIM : 4422201029
Tahun terdaftar : 2026
Program Studi : Teknologi Rekayasa Pengelasan dan Fabrikasi
Jurusan : Teknik Mesin

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Laporan Tugas Akhir ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan sumbernya secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dengan demikian saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur- unsur plagiasi dan apabila dokumen ilmiah Tesis ini dikemudian hari terbukti merupakan plagiasi dari hasil karya penulis lain dan/atau dengan sengaja mengajukan karya atau pendapat yang merupakan hasil karya penulis lain, maka penulis bersedia menerima sanksi akademik atau sanksi hukum yang berlaku.

Batam, 14 Juli 2026


523A0X130122622
Yulianto Sandhika Putra
4422201029

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah S.W.T tuhan semesta alam yang telah memberikan kekuatan dan kesehatan kepada penulis sehingga mampu menulis tugas akhir ini dengan lancar, dan menjadi suatu kebanggaan tersendiri bagi penulis karena dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Adapun judul tugas akhir ini adalah “ANALISIS PENGARUH TEKANAN GAS TERHADAP HASIL PEMOTONGAN ASTM A36 MENGGUNAKAN FLAME CUTTING BERDASAR ISO 9013:2017 SERTA METODE PENGUJIAN VICKERS DAN STRUKTUR MIKRO”. Tugas akhir ini dibuat untuk memenuhi salah satu syarat yang diperlukan untuk menyelesaikan pendidikan pada program studi Teknologi Rekayasa Pengelasan dan Fabrikasi, jurusan teknik mesin, Politeknik Negeri Batam.

Penulis menyadari bahwa penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu penulis, Yoelija Yacob, yang selalu memberikan doa, semangat dan kasih sayang kepada putra bungsunya ini, serta selalu mengajarkan kepada putra bungsunya ini untuk menjadi pria yang baik dan pantang menyerah.
2. Pak Oki Setiawan, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan arahan dan dorongan semangat kepada penulis untuk bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik
3. Seluruh Staff pengajar jurusan teknik mesin yang telah memberikan ilmu dan pengalaman yang tak ternilai selama penulis menempuh pendidikan di jurusan teknik mesin
4. Seluruh kabinet Panglima Tempur Himpunan Mahasiswa Mesin (HMM) yang sudah menjadi warna serta cerita bagi penulis selama menjalani perkuliahan di politeknik negeri Batam
5. Seluruh penghuni grup “Tancapppppp” yang sudah memberikan makna bahwa pertemanan adalah hal yang cukup penting dalam menjalani perkuliahan

6. Seluruh teman-teman seperjuangan yang tidak bisa disebutkan satu per satu yang sudah kebersamai penulis menjalin gelak tawa selama perkuliahan di politeknik negeri batam
7. Ucapan khusus kepada seseorang yang pernah penulis temui secara tidak sengaja dan membuat penulis menyadari bahwa terkadang seseorang yang hadir dalam hidup bukan datang untuk menjalani hidup bersama, namun menjadi pembelajaran hidup yang bermakna, pertemuan tersebut menjadi suatu cerita yang tidak akan penulis lupakan dan akan menjadi kenangan yang akan selalu penulis syukuri.
8. Ucapan terimakasih kepada diri penulis sendiri karena sampai hari ini selalu berjuang dan tidak pernah menyerah, hingga hari ini penulis mampu sampai pada tahap ini, dan penulisan tugas akhir ini menjadi hadiah bagi penulis yang selalu bangkit dan tidak pernah menyerah pada apapun.

Penulis berharap tugas akhir ini dapat menjadi bahan pembelajaran dan penyebaran ilmu yang bermanfaat bagi semua orang, penulis juga berharap pembaca dapat melihat sisi positif pada apa yang ditulis pada penelitian ini. Penulis menyadari betul bahwa penyusunan tugas akhir ini memiliki kekurangan, maka dari itu penulis dengan senang hati menerima masukan dan saran dari berbagai pihak serta akan selalu belajar dan mengevaluasi diri untuk menjadi pribadi yang lebih baik.

Batam, 2 Agustus 2026



Yulianto Sandhika Putra
4422201029

ABSTRAK

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh pertanyaan mengenai bagaimana menghasilkan pemotongan yang optimal terhadap material ASTM A36 menggunakan *flame cutting conventional*. Standar ISO 9013:2017 menjadi acuan penting untuk menilai hasil pemotongan menggunakan *flame cutting*, kriteria seperti kekasaran permukaan, bentuk tepian potongan dan zona terpengaruh panas diatur didalam standar ini. Penggunaan material ASTM A36 dalam penelitian ini menjadi pilihan yang tepat karena material ini adalah material umum yang sering digunakan dalam dunia indsutri karena berbagai faktor seperti sifat menanik yang fleksibel, harga yang terjangkau dan produksinya yang massal sehingga tersedia dalam jumlah banyak. Salah satu bagian yang diperlukan dalam proses pemotongan dengan *flame cutting* adalah tekanan gas, tekanan gas menjadi penting agar material yang mengalami proses pemanasan hingga titik leleh dapat langsung mengalami peleburan akibat tekanan gas yang diberikan. Hal ini mengakibatkan adanya perbedaan pendapat mengenai berapa tekanan gas yang optimal untuk menghasilkan hasil pemotongan yang baik. Penelitian ini juga melibatkan proses uji kekerasan vickers dan uji struktur mikro untuk mendapat data pembanding yang relevan. Diharapkan penelitian ini dapat menjawab menentukan tekanan gas optimal yang menghasilkan potongan dengan hasil visual yang baik, mendapat nilai kekerasan yang sesuai dan struktur mikro yang homogen. Temuan pada penelitian ini diharapkan mampu meningkatkan kualitas proses fabrikasi industri dan meningkatkan kualitas mutu baja ASTM A36 yang digunakan.

Kata kunci: *Flame cutting*, ASTM A36, ISO 9013:2017, Tekanan gas, Kekerasan Vickers, Struktur Mikro.

ABSTRACT

This research is motivated by the question of how to produce optimal cutting of ASTM A36 material using conventional flame cutting. The ISO 9013:2017 standard is an important reference for assessing cutting results using flame cutting, criteria such as surface roughness, cut edge shape and heat affected zone are regulated in this standard. The use of ASTM A36 material in this study is the right choice because this material is a common material that is often used in the industrial world due to various factors such as flexible mechanical properties, affordable prices and mass production so that it is available in large quantities. One of the parts needed in the flame cutting process is gas pressure, gas pressure is important so that the material that undergoes a heating process to the melting point can immediately experience melting due to the applied gas pressure. This results in differences of opinion regarding the optimal gas pressure to produce good cutting results. This study also involves the Vickers hardness test process and microstructure test to obtain relevant comparative data. It is hoped that this study can answer the determination of the optimal gas pressure that produces cuts with good visual results, getting the appropriate hardness value and a homogeneous microstructure. The findings of this study are expected to improve the quality of industrial fabrication processes and improve the quality of the ASTM A36 steel used.

Keywords: *Flame cutting, ASTM A36, ISO 9013:2017, Gas pressure, Vickers hardness, Microstructure.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah/Ruang Lingkup.....	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Hasil penelitian/perancangan terdahulu	4
2.2. Dasar Teori.....	5
2.2.1. <i>Thermal Cutting</i>	5
2.2.2. Diagram fasa	6
2.2.3. ASTM A36.....	6
2.2.4. Inspeksi Visual	8
2.2.5. Uji Kekerasan	8
2.2.6. Uji Struktur Mikro.....	9
BAB III METODOLOGI.....	10
3.1. Metode Penelitian	10
3.2. Bahan dan Alat	10
3.2.1. ASTM A36.....	10
3.2.2. <i>Oxy Fuel Cutting Portable</i>	11
3.2.3. Alat Ukur (Measurement Tools)	12
3.2.4. Bandsaw Machine.....	12
3.2.5. Surface Roughness profilometer	12
3.2.6. Kertas Amplas(<i>Sandpaper</i>)	12
3.2.7. Larutan Etsa(<i>Etching</i>).....	13
3.2.8. <i>Vickers Hardness</i>	13
3.2.9. Mikroskop Optik Metalografi	13
3.3. Alur Penelitian	13

3.3.1.	Studi Literatur	15
3.3.2.	Persiapan Material	16
3.3.3.	Persiapan Proses Pemotongan	16
3.3.4.	Proses pemotongan Flame Cutting	16
3.3.5.	Inspeksi Visual	17
3.3.6.	Preparasi Sample Pengujian	17
3.3.7.	Proses Pengujian	17
3.3.8.	Pengumpulan Data Penelitian	17
3.3.9.	Analisis Data	18
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1.	Hasil dan Pembahasan	19
4.1.1.	Data Pengamatan Hasil Pemotongan	19
4.1.2.	Data Pengukuran Nilai Ketegakan (<i>Perpendicularity</i>)	20
4.1.3.	Data Nilai Kekasaran Permukaan	22
4.1.4.	Data Pengukuran Dimensi Potongan	23
4.1.5.	Data Nilai Uji Kekerasan Vickers	24
4.1.6.	Data Hasil Pengamatan Struktur Mikro	25
4.2.	Hasil Perbandingan Data	27
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	28
5.1.	Kesimpulan	28
5.2.	Saran	28
	DAFTAR PUSTAKA	29
	LAMPIRAN	32

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi material ASTM A36 (Pratama dkk, 2026)	7
Tabel 3.1 Grit Sandpaper, Karakteristik dan Tujuan Penggunaan	13
Tabel 3.2 Standar Sebagai Studi Literatur Penelitian	15
Tabel 3.3 Kualifikasi Hasil Pemotongan	15
Tabel 3.4 Variasi Tekanan Gas dan Nomor Material	16
Tabel 3.5 Penomoran Sample Pengujian	17
Tabel 4.1 Hasil Inspeksi Visual	19
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Nilai Ketegakan	21
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Surface Roughness	22
Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Dimensi Potong	23
Tabel 4.5 Hasil Pengukuran Vickers	24
Tabel 4.6 Hasil Pengukuran Grain Size	26

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Fasa	6
Gambar 3.1 Dimensi Material ASTM A36.....	10
Gambar 3.2 ASTM A36 Setelah Melalui Proses Pemotongan	11
Gambar 3.3 Oxy Fuel Cutting Portable	11
Gambar 3.4 Diagram Alir Penelitian	14
Gambar 4.1 Grafik Nilai Ketegakan (Perpendicularity)	21
Gambar 4.2 Grafik Nilai Surface Roughness.....	22
Gambar 4.3 Grafik Pengukuranl Dimensi Potong	23
Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengujian Vickers	25
Gambar 4.5 Grafik Hasil Pengujian Struktur mikro Grain size	26

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Industri manufaktur umumnya memiliki berbagai macam produk yang beragam dengan desain dan fungsi yang berbeda-beda, keberagaman ini menyebabkan bahan baku harus melalui proses fabrikasi agar memenuhi standar desain dan fungsi. Fabrikasi adalah proses pengolahan material baku atau setengah jadi secara manual ataupun otomatis, material dapat dirangkai, dibentuk, dan dimanipulasi untuk menghasilkan barang baru dengan nilai tambah dan fungsi (Julian dkk, 2022). Pertumbuhan industri manufaktur mampu menjadi fondasi ekonomi modern karena secara tidak langsung mampu memasok barang kebutuhan masyarakat, menciptakan lapangan pekerjaan, dan meningkatkan daya saing global, hal ini didukung dengan apa yang disampaikan langsung oleh kemenperin berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) bahwa kontribusi industri manufaktur terhadap PDB nasional pada triwulan I-III 2025 menyumbang sebesar 17,27% (Christian, 2026)

Untuk menciptakan pertumbuhan industri manufaktur yang baik dibutuhkan bahan baku atau material untuk memproduksi kebutuhan yang diinginkan oleh pasar, salah satu material yang paling banyak digunakan pada industri manufaktur adalah ASTM A36. Material ASTM A36 adalah salah satu material yang termasuk didalam kategori baja karbon rendah karena paduan penyusun material ini mengandung karbon yang kurang dari 0.3% (Chrisdiantono dkk, 2024). ASTM A36 menjadi salah satu material umum yang sering ditemui dalam kegiatan fabrikasi karena sifat mekaniknya yang cukup baik, mudah diolah, serta harganya yang ekonomis, dengan alasan tersebut material ini menjadi pilihan tepat bagi industri fabrikasi, konstruksi, dan perkapalan. Salah satu proses fabrikasi yang pasti dilalui dalam pengolahan material ASTM A36 adalah proses pemotongan. Dalam proses produksi, pemotongan baja menjadi tahap awal yang krusial, dan pemilihan metode pemotongan yang tepat sangat penting untuk mencapai kualitas yang diinginkan (Thabrani dkk, 2025).

Metode pemotongan dalam dunia industri memiliki banyak pilihan mulai dari menggunakan pemotongan modern seperti *laser cutting* dan *plasma cutting*, atau metode dengan gaya mekanis seperti menggunakan *bandsaw*, serta penggunaan metode tradisional menggunakan *flame cutting*. *Flame cutting* adalah proses pemisahan logam menggunakan api dan tekanan gas untuk memicu reaksi antara oksigen dan baja sehingga membentuk komponen baja sesuai dengan kebutuhan (Mustafa & sudarno, 2021). Dari pemahaman ini dapat dilihat bahwa adanya perubahan struktur baja akibat proses pemotongan menggunakan *flame cutting*, perubahan seperti nilai kekerasan, struktur mikro, dan visual menjadi hal yang pasti terjadi saat menggunakan *flame cutting* untuk proses pemotongan baja.

Banyak variasi parameter dalam proses pemotongan menggunakan *flame cutting* sehingga memicu pertanyaan tentang variasi parameter apa yang tepat dan terbaik untuk dilakukan pada ASTM A36 saat proses pemotongan dengan *flame cutting*. Banyak penelitian yang membahas topik mengenai pengaruh parameter pemotongan, namun pada penelitian ini parameter yang akan di kaji adalah parameter tekanan gas yang digunakan. Penelitian ini juga akan mengamati variasi hasil pemotongan ASTM A36 akibat tekanan gas, pengamatan dapat dilakukan dengan inspeksi visual dan uji kekasaran permukaan, kemudian dilanjutkan dengan menguji nilai kekerasan dan pengamatan struktur mikro.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh parameter tekanan gas terhadap hasil pemotongan material ASTM A36?
2. Berapa nilai tekanan gas yang optimal untuk membuat ASTM A36 menghasilkan potongan yang baik dan tepat?

1.3. Batasan Masalah/Ruang Lingkup

penelitian ini akan dilakukan di *Workshop* Politeknik Negeri Batam, berfokus pada penggunaan material ASTM A36 yang akan melalui proses pemotongan dengan *flame cutting* dengan bahan bakar *acetylene* dan tekanan gas yang bervariasi pada 2 bar, 4 bar dan 6 bar, pengujian pada penelitian ini akan

menggunakan inspeksi visual dengan standar ISO 9013:2017 untuk menilai kekasaran permukaan hasil potongan, dimensi hasil potong dan nilai ketegakan hasil potong, kemudian dilanjutkan dengan pengujian kekerasan vickers untuk mendapat nilai kekerasannya dan strktur mikro untuk mengamati *grain size* pada masing-masing sample yang ada.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui hal-hal berikut:

1. Mengetahui pengaruh parameter tekanan gas terhadap hasil pemotongan ASTM A36
2. Mengetahui nilai tekanan gas yang optimal untuk mendapatkan hasil pemotongan yang baik

1.5. Manfaat Penelitian

Setelah penelitian ini selesai dilakukan, ada beberapa manfaat yang diharapkan mampu tercapai, diantaranya adalah

1. Penelitian ini menjadi bahan pengajaran atau acuan akademik bagi mahasiswa kampus politeknik negeri batam dalam proses fabrikasi khususnya saat tahap pemotongan menggunakan *flame cutting*
2. Dapat menjadi referensi teknik apabila ingin melakukan pengembangan dan riset dalam proses fabrikasi khususnya saat tahap pemotongan dengan *flame cutting*.
3. Mampu memberikan optimalisasi dalam hasil pemotongan dengan *flame cutting* agar hasil menjadi lebih baik dan *on point*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Hasil penelitian/perancangan terdahulu

Penelitian mengenai proses pemotongan pada suatu material sudah menjadi topik yang sering kali dikaji dan diteliti oleh banyak ahli, salah satu penelitian terkait proses pemotongan terhadap material yang sudah pernah dilakukan adalah penelitian oleh Dimas Rafly Dwi Nuril Maulidani dan Sibut (2026) dengan judul “Pengaruh Gas *Pressure* dan *Cutting Speed* Pada Proses *Fiber Laser cutting* Terhadap Kekasaran Permukaan Material Baja AISI 1040 Dengan Ketebalan 6 mm”. Penelitian ini membahas terkait proses pemotongan menggunakan *fiber laser cutting* dengan variasi tekanan gas (1 bar, 1.5 bar dan 2 bar) dan cutting speed (500, 1000, 1500 mm/min) dapat mempengaruhi kekasaran permukaan hasil pemotongan. Material yang digunakan adalah baja AISI 1040 dengan tebal 6 mm. Hasil yang didapat adalah tekanan gas dan *cutting speed* berpengaruh besar terhadap kekasaran hasil pemotongan, dan dari penelitian tersebut dapat dilihat bahwa kombinasi variasi tekanan gas 1.5 bar dan 1000 mm/min menghasilkan nilai kekasaran permukaan terkecil yaitu 2,5 μ m yang menjadikannya pilihan terbaik bila ingin mendapat hasil pemotongan dengan permukaan yang halus.

Pemotongan dengan metode *thermal cutting* ada beberapa jenis seperti *flame cutting*, *plasma cutting* dan *laser cutting*, dan semua hasil dari pemotongan tersebut dapat di uji kualitasnya dengan mengacu pada ISO 9013:2017. Salah satu penelitian yang membawa topik ini adalah penelitian oleh G Irsel dan B N Guzey (2022) dengan judul “*Comparison of Laser Beam, Oxygen and Plasma Arc Cutting Methods in Terms of Their Advantages and Disadvantages in Cutting Structural Steels*”. Penelitian ini secara khusus memaparkan kelebihan dan kekurangan pada masing-masing proses pemotongan dengan melakukan perhitungan kekasaran permukaan, pengujian *tensile* dan pengamatan struktur mikro untuk mengetahui dampak dari hasil pemotongan masing-masing proses pemotongan. Penelitian ini menyimpulkan bahwa setiap proses pemotongan memiliki kekurangan dan kelebihannya masing-masing, baik dari sisi ekonomis, proses pelaksanaan yang

sederhana, kekasaran permukaan dan sifat mekanik dari hasil masing-masing proses pemotongan.

Proses yang melibatkan panas dengan suhu yang tinggi pasti akan memberikan perubahan struktur dan sifat mekanik, sehingga pengujian dan pengamatan sangat diperlukan setelah material melalui suatu proses yang mengandalkan suhu panas yang tinggi. Salah satu penelitian yang membahas mengenai pengamatan terhadap perubahan struktur dan sifat mekanik material setelah melalui proses dengan melibatkan panas yang tinggi adalah penelitian oleh Nurudin dkk (2022) dengan judul “Analisis Sambungan Las GMAW Baja ASTM A36 Yang Terpapar Panas Tinggi dan Pendinginan Cepat”. Penelitian ini mensimulasikan secara sederhana bencana kebakaran yang mengakibatkan panas tinggi dan pendinginan cepat terhadap material ASTM A36. Penelitian ini mencari perbandingan antara material yang tidak diberik perlakuan panas dengan 2 material yang diberikan perlakuan panas (400-550 °C dan 550-700 °C) dan kemudian didinginkan dengan cepat. penelitian ini juga dilakukan beragam pengujian seperti *bending*, *hardness*, sturktur mikro, dan *tensile test*, dengan tujuan untuk menemukan pengaruh panas tinggi dan pendinginan cepat terhadap material ASTM A36. Hasil yang didapat adalah *coupon test* dengan suhu 550-700 °C mengalami peningkatan kekerasan da kekuatan tarik, sedangkan *coupon test* dengan suhu 400-550 °C mengalami penurunan nilai kekerasan dan kekuatan tarik dibanding *coupon test* tanpa perlakuan panas.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Thermal Cutting

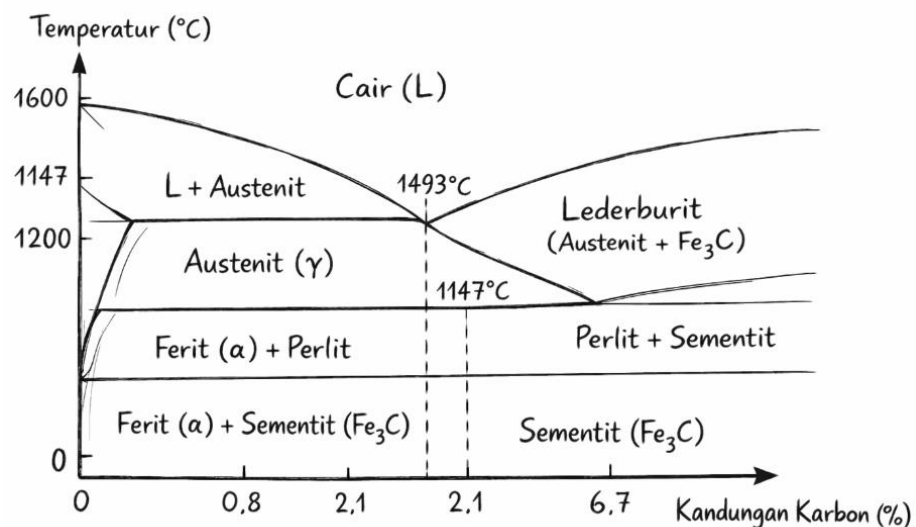
Thermal cutting adalah proses pemotongan material dengan memanfaatkan energi panas tinggi untuk mencairkan dan memisahkan logam. Proses *thermal cutting* mencakup metode *oxyfuel cutting*, *plasma cutting*, *laser beam cutting* dan *electron beam cutting*, proses ini mampu menghasilkan panas tinggi sehingga material dapat dipotong tanpa kontak mekanis langsung. Proses ini memerlukan tekanan udara untuk menciptakan reaksi eksotermik suhu tinggi oksigen dengan logam dasar (Bauer & Remenar, 2003). Hasil pemotongan menggunakan *thermal cutting* diperlukan pengamatan dan pengujian, dalam hal ini standar ISO 9013:2017

menjadi acuan yang sering digunakan bila ingin melakukan kualifikasi hasil pemotongan. Dalam standar tersebut diatur beberapa kualifikasi seperti kekasaran permukaan, ketegakan potongan dan toleransi ukuran pemotongan (Suparno & pangaribawa, 2025)

2.2.2. Diagram fasa

Diagram fasa adalah grafis yang memberikan gambaran antara fasa-fasa berbeda dari suatu campuran yang menerima berbagai kondisi tekanan dan suhu. Diagram ini menjadi alat untuk lebih mudah memvisualisasi dan memahami bagaimana suatu campuran mengalami perubahan dari satu fasa ke fasa lainnya. Diagram fasa biner Fe-C(besi dan karbon) menjadi hal mendasar untuk pemahaman struktur baja karena material ini sering dijumpai dalam industri (CMPFA Universitas Indonesia, n.d.).

Adapun diagram fasa Fe-C yang menjadi dasar pemahaman dalam penilitan ini dapat dilihat pada gambar dibawah



Gambar 2.1 Diagram Fasa

2.2.3. ASTM A36

Baja ASTM A36 adalah baja *carbon* rendah yang dapat dijumpai pada banyak industri, ASTM A36 dikategorikan sebagai baja *carbon* rendah karena kandungan *carbon* sebagai penyusun material ini tidak lebih dari 0.3%. komposisi penyusun material ASTM A36 dapat dilihat pada tabel

Tabel 2.1 Komposisi material ASTM A36 (Pratama dkk, 2026)

No	Paduan	Komposisi (Tebal Material)				
		≤ 20 mm	20-40 mm	40-65 mm	65-100 mm	> 100
1	Carbon	0.25	0.25	0.26	0.27	0.29
2	Silicon	0.40	0.40	0.15 - 0.40	0.15- 0.41	0.15- 0.42
3	Manganese	-	-	0.18-1.20	0.18-1.20	0.18-1.20
4	Phosphorus	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
5	Sulfur	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
6	Copper	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20

Dengan kandungan yang dimiliki oleh ASTM A36 membuat material ini menjadi pilihan banyak industri khususnya yang bergerak pada bidang konstruksi, minyak dan gas, adapun kelebihan material ASTM A36 adalah

1. Nilai kekuatan yang dimiliki ASTM A36, nilai *Yield Strength* dan *tensile strength* pada ASTM A36 dianggap sudah cukup memenuhi kebutuhan untuk diaplikasikan pada konstruksi umum
2. Proses pengolahan yang tidak sulit, kandungan *carbon* yang kurang dari 0,3% membuat material ASTM A36 menjadi mudah dibentuk dan dikerjakan, karena memiliki nilai keuletan dan kelenturan yang baik.
3. Biaya yang relatif rendah, produksi material ASTM A36 dilakukan secara massal serta komposisi penyusunnya yang dinilai murah sehingga menekan harga jual dari material ASTM A36. (Addai dkk, 2024)

Paduan yang menyusun ASTM A36 memiliki dampak dan perubahan setelah melalui proses oksidasi akibat pemotongan dengan flame cutting seperti *carbon* yang menghasilkan fasa martensit dan perlit yang meningkatkan nilai kekerasan, paduan mangan yang menjadi stabilisasi fasa austenit yang menyebar pada zona HAZ, fosfor yang meningkatkan nilai kerapuhan pada zona HAZ (Xu dkk, 2026).

2.2.4. Inspeksi Visual

Inspeksi visual adalah proses identifikasi sebuah produk atau sebagian dari produk menggunakan mata dan alat bantu sederhana untuk menentukan apakah kualitasnya masuk dalam kategori baik atau tidak baik. Dalam dunia industri khususnya pengelasan metode ini menjadi proses awal penentuan kualitas produksi apakah layak untuk lanjut ketahap pengerjaan berikutnya atau harus melalui perbaikan(*repair*) terlebih dahulu. Namun, metode ini memiliki banyak kekurangan karena bersifat subjektif dan penuh dengan bias akibat pengerjaannya yang dilakukan secara langsung oleh manusia tanpa bantuan teknologi yang pasti. Dampak dari hal ini adalah inkonsisten dalam penilaian standar kualitas karena adanya perbedaan setiap inspektur dalam melakukan penilaian. Standar seperti ASME, AWS, ISO, serta *accept criteria* setiap perusahaan menjadi acuan yang bisa memperkecil kemungkinan salah saat inspeksi visual (Wahyono dkk, 2024).

2.2.5. Uji Kekerasan

kekerasan (*Hardness*) pada material adalah ketahanan mekanis suatu bahan (*spesimen*) terhadap lekukan mekanis oleh benda lain yang lebih keras (*indenter*). Bahan alami yang sering digunakan sebagai *indenter* adalah intan, yang digunakan untuk *indentor* (intan industri). Pengertian kekerasan berbeda dengan pengertian kekuatan, yaitu ketahanan suatu bahan terhadap deformasi dan pemisahan akibat penetrasi. Tujuan umum dilakukannya uji kekerasan adalah untuk dapat mengetahui seberapa besar nilai kekerasan dari suatu material, namun terdapat tujuan lain seperti Sebagai metode untuk menemukan hubungan kualitatif suatu material dengan material lainnya berdasarkan kekerasannya. Keunggulan dari uji kekerasan adalah

1. Memiliki proses yang *relative* mudah dan cepat untuk dilakukan
2. Dampak pengujian yang kecil yaitu hanya kerusakan kecil pada *spesimen*.
3. Banyaknya berbagai geometri spesimen yang dapat di uji dengan menggunakan metode pengujian kekerasan (Zwickroell, n.d.)

2.2.6. Uji Struktur Mikro

Struktur mikro merupakan struktur terkecil yang terdapat dalam suatu material yang keberadaannya tidak dapat dilihat dengan mata telanjang, tetapi harus menggunakan suatu alat seperti mikroskop optik, mikroskop elektron, ataupun mikroskop sinar (Ilham.A, 2023). Memahami struktur mikro dari material logam merupakan langkah esensial untuk mengoptimalkan sifat mekanik dan fungsional dari bahan tersebut. Struktur mikro mencakup susunan *grain* (butir), fasa, serta distribusi dan komposisi dari berbagai elemen yang terdapat pada logam atau paduan logam. Pengetahuan akan struktur mikro dapat memberikan gambaran menyeluruh terkait kekuatan, kekerasan, ketangguhan, dan keuletan material tersebut. (Gurumuda, n.d.).

BAB III

METODOLOGI

3.1. Metode Penelitian

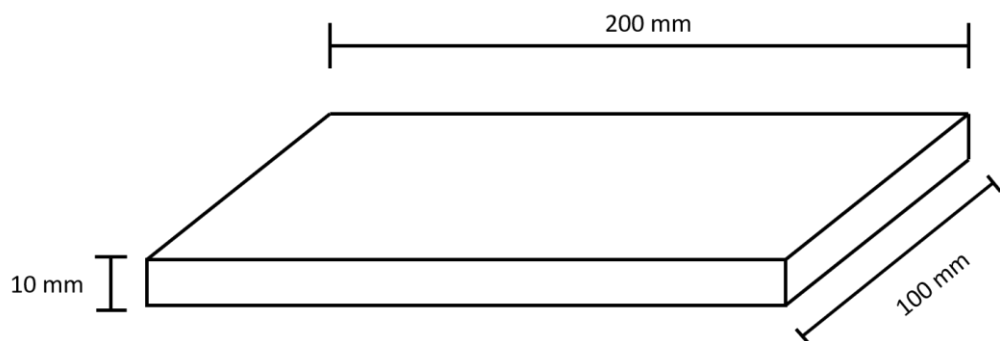
Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan jenis penelitian eksperimental, hal ini didasari karena penelitian ini berfokus pada pengukuran sifat mekanik dan struktur mikro dari hasil pemotongan ASTM A36 menggunakan *flame cutting* secara objektif dan langsung. Jenis penelitian eksperimental di pilih karena adanya proses pengujian hasil pemotongan dengan tekanan gas yang bervariasi untuk melihat dampaknya, kemudian diamati pengaruh variasi tekanan gas terhadap sifat kekerasan dan struktur ASTM A36 yang sudah dipotong. Penelitian ini menjadikan tekanan gas saat pemotongan sebagai variabel bebas. Untuk variabel terikat pada penelitian ini adalah nilai kekerasan pengukuran dengan vickers dan hasil pengamatan struktur mikro. Untuk variabel kontrol pada penelitian ini adalah jenis material berupa ASTM A36, jenis bahan bakar yang merupakan *acetylene*, ukuran material, dan kondisi lingkungan saat penelitian.

3.2. Bahan dan Alat

Dalam sebuah penelitian penggunaan bahan dan alat menjadi hal penting karena tanpa bahan penelitian tidak bisa dilakukan, dan tanpa alat penelitian akan sulit dilakukan yang berpotensi mengalami kegagalan dalam melakukan penelitian.

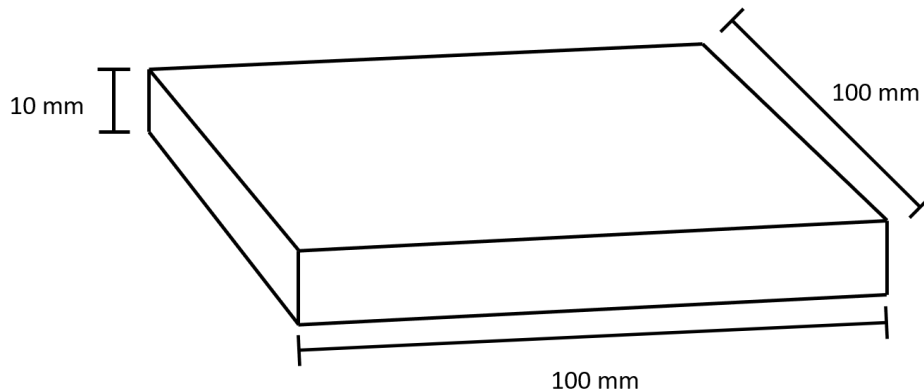
3.2.1. ASTM A36

Pada penelitian ini material dan *sample* yang digunakan adalah ASTM A36, adapun ukuran material dan sample dapat dilihat pada gambar dibawah



Gambar 3.1 Dimensi Material ASTM A36

Material di fabrikasi sesuai dengan ukuran diatas dan kemudian akan di lakukan proses pemotongan dengan flame cutting dengan variasi tekanan yang berbeda-beda, dan saat proses pemotongan akan diberikan kemiringan 30° pada pada nozel agar menciptakan hasil potongan dengan bevel. Pada bagian bevel akan dilakukan inspeksi visual mengikuti standar ISO 9013:2017. Hasil potongan plat ASTM A36 akan seperti gambar dibawah



Gambar 3.2 ASTM A36 Setelah Melalui Proses Pemotongan

3.2.2. *Oxy Fuel Cutting Portable*

Penelitian ini menggunakan *oxy fuel cutting portable* karena saat proses pemotongan diperlukan kestabilan dalam kecepatan pemotongan, sehingga penggunaan alat pemotongan semi otomatis seperti *oxy fuel cutting portable* sangat diperlukan. Adapun spesifikasi alat yang digunakan dapat dilihat pada gambar dibawah



Model no	GC-30 P
Cutting speed	50-750mm/min
Cutting thickness	6-100mm
Voltage	AC 220 V
Serial No	202413

Penelitian menggunakan travel speed 2mm/sec

Gambar 3.3 Oxy Fuel Cutting Portable

3.2.3. Alat Ukur (Measurement Tools)

Alat ukur yang digunakan pada penelitian ini berfokus pada alat ukur dimensi, alat ukur ini digunakan untuk memastikan semua *sample* sesuai dengan ukuran yang diinginkan pada penelitian yang dilakukan. Alat ukur yang digunakan antara lain adalah meteran, *caliper*, dan *welding gauge*. Meteran digunakan untuk pengukuran material sebelum memulai proses pemotongan, *Caliper* digunakan untuk mengukur ketebalan material dan ukuran *sample*, dan *welding gauge* digunakan untuk mengukur *bevel* hasil dari pemotongan.

3.2.4. Bandsaw Machine

Alat ini digunakan untuk membuat *sample* dari material yang sudah melalui proses pemotongan dengan flame cutting. Tujuan penggunaan alat ini adalah untuk mencegah terjadinya perubahan struktur material yang berpotensi dapat memengaruhi data hasil analisis.

3.2.5. Surface Roughness profilometer

Alat ini berfungsi untuk mengukur kekasaran permukaan material dan *sample* yang digunakan pada saat pengujian. Dalam penelitian ini pengukuran kekasaran permukaan setelah pemotongan dengan flame cutting diperlukan untuk membandingkan hasil potong setiap variasi tekanan gas yang digunakan. Alat ini juga akan digunakan untuk mengukur kehalusan *sample* yang sudah melalui proses grinding dengan kertas amplas, tujuan dilakukannya pemeriksaan kehalusan permukaan adalah untuk memastikan bahwa setiap *sample* memiliki nilai yang relatif sama sehingga memperkecil potensi kesalahan pengujian akibat perbedaan kehalusan permukaan.

3.2.6. Kertas Amplas(Sandpaper)

Kertas amplas digunakan untuk tahap sebelum dimulainya proses pengujian dengan tujuan menghaluskan permukaan *sample* agar saat pengujian dilakukan hasil dari pengujian dapat dilihat dan dianalisis dengan tepat. Adapun *grit* kertas amplas dan fungsinya akan dijelaskan dalam tabel berikut

Tabel 3.1 Grit Sandpaper, Karakteristik dan Tujuan Penggunaan

No	Nomor grit	Karakteristik	Tujuan penggunaan
1	80-120	Memiliki kekasaran yang tinggi	Mengkikis permukaan kasar akibat oksidasi hasil pemotongan.
2	240-320	nilai kekasaran yang dikategorikan medium	meratakan permukaan dan sebagai tahap awal penghalusan
3	600-800	nilai kekasaran yang rendah	menghasilkan permukaan yang bebas dari goresan
4	1200	memiliki permukaan yang halus	menghasilkan permukaan cermin permukaan yang siap menerima proses

3.2.7. Larutan Etsa(*Etching*)

Dalam pengamatan struktur mikro cairan etsa(*etching*) menjadi hal penting karena fungsinya yaitu untuk menciptakan perbedaan kontras antara *ferrite*, *pearlite* atau *cementite* sehingga struktur mikro pada *sample* menjadi jelas dan mudah untuk dianalisis. Larutan etsa yang digunakan pada penelitian ini adalah larutan nital (etanol + asam nitrat) yang dimana larutan ini menjadi larutan umum yang digunakan pada baja karbon.

3.2.8. *Vickers Hardness*

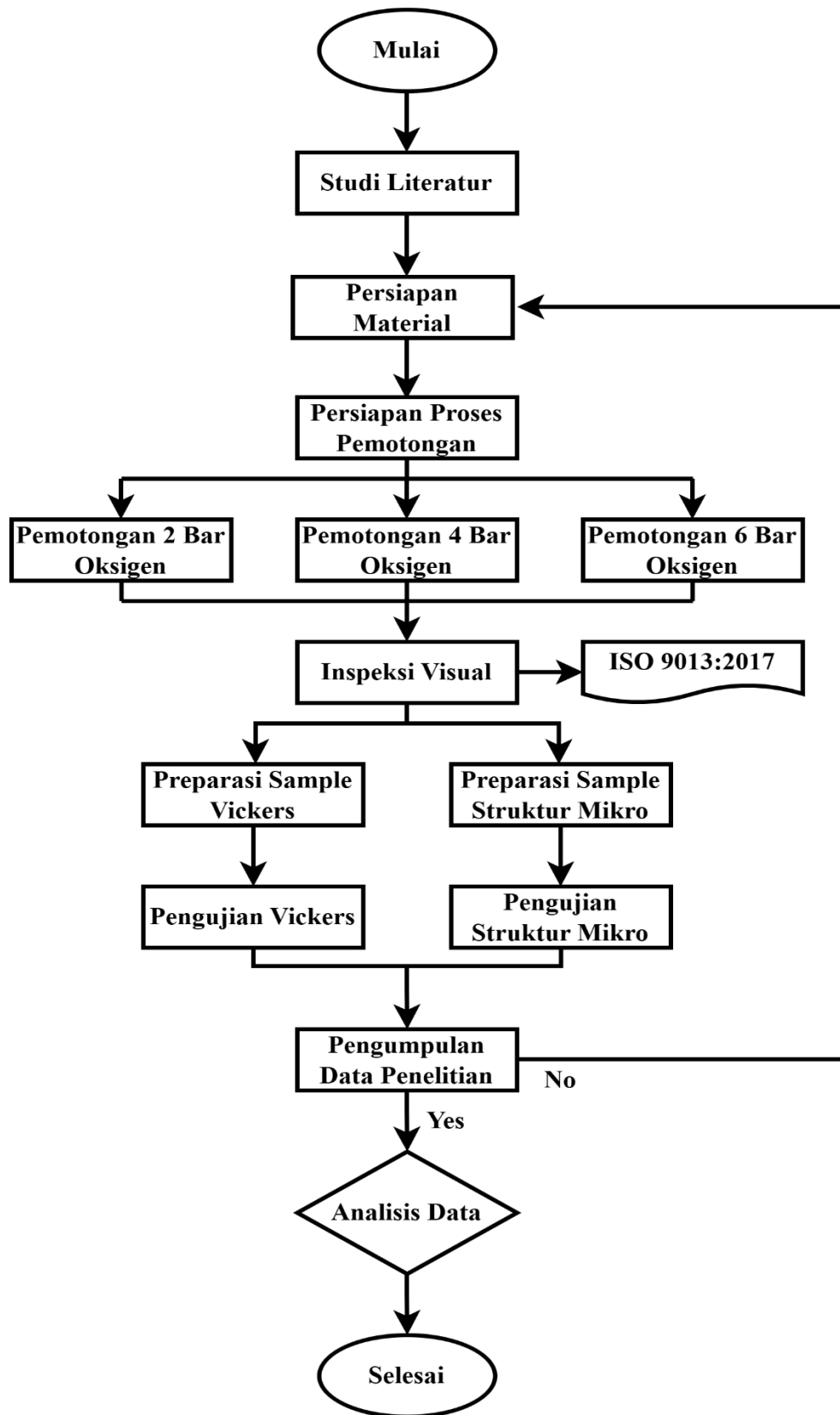
Metode *Vickers Hardness* digunakan untuk mengetahui nilai kekerasan *sample material* yang telah melalui proses pemotongan menggunakan *flame cutting* dengan variasi tekanan gas yang berbeda-beda. Standar penggunaan *vickers hardness* ini mengacu pada ASTM E92 standar yang berfokus pada pengujian kekerasan material logam dengan metode *vickers hardness testing*.

3.2.9. Mikroskop Optik Metalografi

Alat ini digunakan untuk mengamati perubahan struktur mikro baja ASTM A36 setelah melalui proses pemotongan menggunakan *flame cutting* dengan tekanan gas yang berbeda-beda. Tujuan dilakukannya pengamatan menggunakan mikroskop optik ini untuk memahami hubungan antara struktur mikro dan sifat material.

3.3. Alur Penelitian

Penyusunan alur penelitian bertujuan untuk acuan proses yang akan dilakukan selama penelitian secara berurutan dan terstruktur sehingga hasil yang data yang diperoleh valid. Penelitian akan memiliki alur sebagai berikut



Gambar 3.4 Diagram Alir Penelitian

3.3.1. Studi Literatur

Selama penelitian dilakukan studi literatur menjadi proses awal yang penting untuk meningkatkan pemahaman terhadap penelitian yang dilakukan. Studi literatur bisa berasal dari jurnal dan penelitian terdahulu maupun standar yang sudah diatur dan digunakan secara luas oleh banyak pihak. Adapun standar yang dijadikan sebagai studi literatur pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel dibawah

Tabel 3.5 Standar Sebagai Studi Literatur Penelitian

No	Standar	Tentang (Judul Standar)	Fungsi pada Penelitian
1	ISO 9013:2017	<i>Thermal Cutting -Classification of Thermal Cuts - Geometrical Product Specification and Quality Tolerances</i>	Sebagai acuan inspeksi visual yang menjadi topik utama penelitian
2	ASTM E 92	<i>Standard Test Methods for Vickers and Knoop Hardness of Metallic Materials</i>	Sebagai standar acuan Pengujian <i>Vickers Hardness</i>
3	ASTM E 3	<i>Preparation of Metallographic Specimens</i>	Sebagai acuan preparasi sample struktur mikro
4	ASTM E 407	<i>Microetching Metals and Alloys</i>	Sebagai acuan etching pada saat melakukan pengujian struktur mikro
5	ASTM E 112	<i>Standard Test Methods for Determining Average Grain Size</i>	Sebagai standar pengamatan dan analisis struktur mikro pada <i>grain size</i>

Penelitian ini sebagian besar berfokus pada standar ISO 9013:2017, dalam standar tersebut diatur mengenai klasifikasi hasil pemotongan menggunakan flame cutting, dimana klasifikasi tersebut terbagi menjadi 4 klasifikasi yang disebut range 1-4 adapun klasifikasinya dapat dilihat pada tabel dibawah

Tabel 3.9 Kualifikasi Hasil Pemotongan

No	Parameter	Range 1	Range 2	range 3	range 4
1	Nilai ketegakan (Perpendicularity) (mm)	≤ 0.08	≤ 0.22	≤ 0.5	≤ 1
2	Nilai kekasaran (Surface Roughness)(μm)	≤ 16	≤ 48	≤ 82	≤ 128
3	Dimensional Tolerance (mm)	$\pm 0.25-0.3$	$\pm 1.0 \text{ mm}$	$\pm 1.8-2.0 \text{ mm}$	$\pm 2.5 \text{ mm}$
4	Aplikasi umum	Komponen presisi	Struktur baja umum	Konstruksi berat	Pemisahan kasar

Penelitian ini berfokus pada kualifikasi pada range 2, hal ini didasari karena pemotongan dengan flame cutting dan penggunaan material ASTM A36 di workshop 2 Politeknik Negeri Batam diaplikasikan untuk pelatihan mahasiswa dalam melakukan pengelasan, dan simulasi pengelasan yang dilakukan diarahkan untuk kesiapan teori dan praktik mahasiswa dalam menghadapi perusahaan yang sebagian besar bergerak dalam pembuatan struktur baja umum.

3.3.2. Persiapan Material

Proses mempersiapkan material seperti pengukuran material, pemotongan material, penyesuaian bentuk dan ukuran material, menentukan banyaknya material yang akan digunakan, penomoran material, dan inspeksi awal untuk memastikan material tidak memiliki cacat dan sudah sesuai dengan standar.

3.3.3. Persiapan Proses Pemotongan

Proses mempersiapkan alat pengujian berupa *flame cutting*, oksigen dan bahan bakar yang merupakan *acetylene*. Proses ini juga menyertakan inspeksi terhadap mesin *flame cutting* yang digunakan untuk memastikan bahwa alat dalam keadaan baik dan sudah sesuai standar untuk menghindari terjadinya kesalahan dalam pengujian yang akan dilakukan.

3.3.4. Proses pemotongan Flame Cutting

Proses utama dalam penelitian ini yaitu melakukan pemotongan material ASTM 36 dengan flame cutting dengan memberikan variasi tekanan gas yang berbeda-beda. Dalam penelitian ini sudah disiapkan jumlah material dan proses pemotongan yang akan dilakukan terhadap material tersebut, penyajian datanya dapat dilihat pada tabel dibawah

Tabel 3.13 Variasi Tekanan Gas dan Nomor Material

No	Tekanan gas (Bar)	Nomor Material	
1	2	1	2
2	4	3	4
3	6	5	6

3.3.5. Inspeksi Visual

ASTM A36 yang sudah melalui tahap pemotongan dengan *flame cutting* akan dilakukan inspeksi visual untuk melihat dampak langsung dari variasi tekanan gas dalam proses pemotongan. Jenis inspeksi yang dilakukan adalah penilaian visual, mengukur nilai ketegakan (*Perpendicularity*), kekasaran permukaan hasil pemotongan dan dimensi setelah pemotongan.

3.3.6. Preparasi Sample Pengujian

Proses pembuatan sample pengujian dari material ASTM A36 yang sudah melalui tahap pemotongan, tahap ini akan melibatkan proses pemotongan, pengukuran, *polishing* dan proses *etching* untuk struktur mikro. *Sample* akan berjumlah sebanyak 9 pcs, untuk penjelasan masing-masing *sample* dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 3.17 Penomoran Sample Pengujian

No	Tekanan gas (Bar)	No Material	No sample	
			Hardness	Struktur mikro
1	2	1	X ₁	Y ₁
		2	X ₂	
2	4	3	X ₃	Y ₂
		4	X ₄	
3	6	5	X ₅	Y ₃
		6	X ₆	

3.3.7. Proses Pengujian

Tahapan ini bertujuan untuk mendapat nilai kekerasan dan visualisasi struktur mikro dari masing-masing material yang sudah dilakukan proses pemotongan dengan *flame cutting*. Tahap ini memberikan data dengan akurat sehingga masing-masing dari variasi pemotongan dapat dinilai, dibandingkan dan kemudian dapat ditarik kesimpulan. Dalam proses ini melibatkan penggunaan alat uji vickers *hardness* dan juga struktur mikro.

3.3.8. Pengumpulan Data Penelitian

Saat proses penelitian sudah dilakukan semua data dikumpulkan dan disajikan secara deskriptif dan diberikan juga grafik untuk mempermudah

pembacaan dan pemahaman. Dalam penelitian ini data yang dikumpul berupa hasil inspeksi visual berdasar ISO 9013:2017, nilai kekerasan *Vickers hardness*, dan Pengamatan struktur mikro. Proses pengamatan cacat data pada uji vickers dan struktur mikro juga akan dilakukan untuk melihat apakah ada sample dalam 1 kelompok variabel yang memiliki perbedaan signifikan, jika ditemukan perbedaan secara signifikan akan dilakukan pengujian ulang untuk sample tersebut.

3.3.9. Analisis Data

Data yang sudah dikumpulkan akan dianalisis antar kelompok untuk melihat apakah variasi tekanan gas menghasilkan perbedaan terhadap hasil tekanan gas, data dihitung kemudian dibandingkan, data yang bisa digunakan dalam penelitian ini adalah data yang didapat dari hasil inspeksi visual berdasar ISO 9013:2017 , uji *vickers hardness* dan struktur mikro. Data yang didapat akan dideskripsikan dan kemudian akan dijelaskan dengan gambar yang mendukung, metode anova akan digunakan pada analisis data untuk menentukan apakah hasil pemotongan mengalami perbedaan secara signifikan akibat tekanan gas, jika analisis anova memberikan keterangan $P < 0,05$ maka akan dilakukan analisis lanjutan berupa post hoc test dengan pendekatan data Tukey's HSD untuk mendapatkan setiap karakteristik data dan melihat penyebab perbedaan bisa terjadi.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil dan Pembahasan

Data yang didapatkan pada penelitian ini akan disajikan dengan pengamatan deskriptif dan hasil konkrit dari perhitungan alat ukur yang digunakan selama penelitian, adapun hasil data yang didapatkan sebagai berikut

4.1.1. Data Pengamatan Hasil Pemotongan

Pengamatan ini dilakukan di workshop 2 Politeknik Negeri Batam, tujuan untuk melihat hasil visual dari masing-masing variasi tekanan gas pada proses pemotongan *flame cutting*. Pengamatan visual ini akan berfokus pada *slag* akibat proses oksidasi, burr pada tepian potong, dan *Edge straightness*. Hasil inspeksi visual pada masing-masing variabel dapat dilihat pada tabel dibawah

Tabel 4.1 Hasil Inspeksi Visual

Tekanan Gas (Bar)	hasil inspeksi visual		
	Slag	Burr	edge straightness
2	ditemukan slag menempel hampir pada seluruh bagian bawah hasil pemotongan dan sedikit sulit dibersihkan	Permukaan hasil pemotongan menghasilkan burr pada beberapa area dan dinilai cukup besar dan tepi kasar	permukaan relatif bergelombang dan tidak rata
4	terdapat slag pada bagian bawah hasil pemotongan namun mudah dibersihkan dengan pukulan ringan	Hasil pemotongan menunjukkan burr masih ada pada beberapa titik namun relatif kecil dan tepi halus	permukaan tidak menunjukkan profil bergelombang
6	hanya ada sebagian kecil slag yang muncul pada bagian bawah hasil pemotongan dan mudah dibersihkan	Jumlah burr yang dihasilkan sangat sedikit dan bahkan sulit dan sangat halus	permukaan rata dan relatif sangat halus namun ditemukan adanya cacat overcut pada permukaan potong bagian bawah

Berdasarkan data hasil inspeksi visual yang diperoleh, dapat dijabarkan pada tiap masing-masing variabel sebagai berikut

1. Variabel dengan tekanan 2 bar menghasilkan slag dan burr yang relatif tersebar pada seluruh bagian hasil pemotongan material, hal ini disebabkan karena tekanan oksigen yang kurang baik saat proses oksidasi terjadi sehingga energi

potongan yang kurang maksimal hal ini mengakibatkan slag yang tertinggal pada bagian bawah dan menghasilkan burr pada sebagian area hasil pemotongan.(Xu dkk, 2026) *Edge straightness* yang dihasilkan juga cukup bergelombang dibanding 2 variasi lainnya sehingga variasi 2 bar menjadi variasi yang dinilai sangat tidak optimal.

2. Variabel dengan tekanan 4 bar dinilai sebagai variabel paling konsisten dan menghasilkan pemotongan yang baik, hal ini karena slag yang berada pada bagian bawah tepi hasil pemotongan dinilai lebih terkontrol dan mudah dibersihkan, burr yang ada pada hasil pemotongan juga relatif halus dan tidak menyebar di seluruh permukaan hasil pemotongan. *Edge Straightness* yang dihasilkan juga menunjukkan hasil yang memiliki sedikit gelombang dan tidak menyebar merata di seluruh hasil permukaan potong
3. Variabel dengan tekanan 6 bar menunjukkan performa yang memiliki kemiripan dengan variasi 4 bar, namun hasil pemotongan variasi 6 bar memberikan hasil yang lebih optimal, karena hasil slag yang relatif tidak menyebar dan menumpuk pada bagian tepi bawah hasil pemotongan dan mudah dibersihkan, burr yang dihasilkan juga relatif halus dan hanya ada di beberapa titik hasil pemotongan. Namun ditemukan overcut pada bagian atas dan bawah tepi potongan hasil pemotongan, hal ini bisa terjadi karena adanya efek side burning pada proses pemotongan akibat tekanan gas yang terlalu besar, hal ini yang membuat hasil pemotongan tekanan 6 bar menghasilkan overcut pada tepian hasil pemotongan.(Xu dkk, 2026)

4.1.2. Data Pengukuran Nilai Ketegakan (*Perpendicularity*)

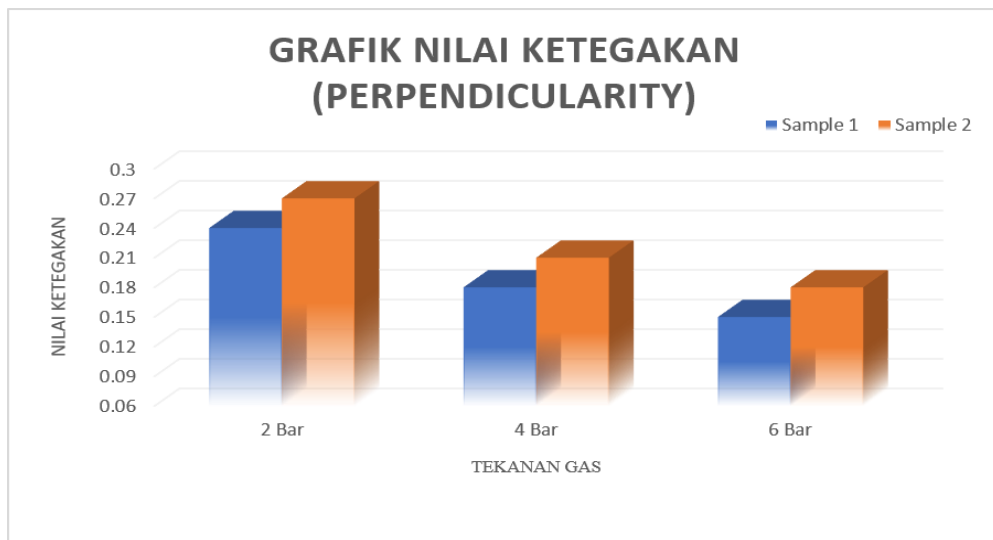
Pengukuran dilakukan di workshop 2 Politeknik Negeri Batam, pengukuran ini akan melibatkan alat ukur precision square (siku) dan feeler gauge untuk mengukur celah diantara tepi potongan dengan garis tegak

lurus. Penelitian ini akan menggunakan klasifikasi data hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel dibawah

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Nilai Ketegakan

Tekanan Gas (Bar)	Material Number	Perpendicularity	Limit for Range 2	Status accept/reject
2	1	0.24 mm	0.22 mm	Reject for range 2
	2	0.27 mm		Reject for range 2
4	3	0.18 mm		accept
	4	0.21 mm		accept
6	5	0.15 mm		accept
	6	0.18 mm		accept

Berdasar data hasil pengukuran nilai ketegakan yang diperoleh, hasil tersebut dapat dilihat pada grafik dibawah ini



Gambar 4.1 Grafik Nilai Ketegakan (Perpendicularity)

Pada grafik dapat dilihat perbedaan yang cukup menonjol dari variasi 2 bar yang memiliki nilai cukup tinggi, hal ini didasari karena tekanan gas yang relatif rendah, akibatnya proses oksidasi menjadi tidak maksimal sehingga permukaan potongan akan meninggalkan celah yang cukup lebar, berdasarkan ISO 9013;2017 bar 2 sudah masuk dalam klasifikasi standar range 3. Variasi 4 bar dan 6 bar menunjukkan hasil yang optimal karena proses oksidasi berlangsung dengan baik sehingga menghasilkan potongan yang cukup baik untuk dapat di klasifikasikan standar range 2.

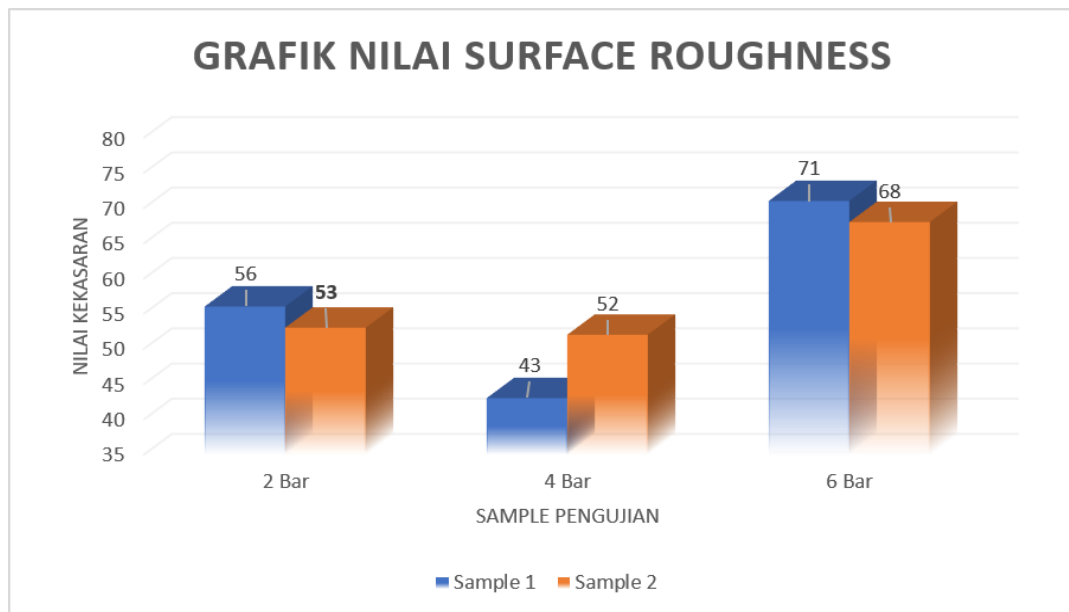
4.1.3. Data Nilai Kekasaran Permukaan

Pengukuran nilai kekasaran dilakukan di PT Kuantum, pengukuran menggunakan alat *surface roughness profilometer* yang berbasis komputerisasi sehingga nilai yang dihasilkan akan cukup jelas dan akurat. Hasil pengukuran nilai kekasaran dapat dilihat pada tabel dibawah

Tabel 4.5 Hasil Pengukuran Surface Roughness

Tekanan Gas (Bar)	Material Number	Nilai Kekasaran (μm)	Limit for range 2	Status accept/reject
2	1	56 μm	48 μm	Reject
	2	63 μm		Reject
4	3	43 μm		Accept
	4	52 μm		Reject
6	5	71 μm		Reject
	6	68 μm		Reject

Berdasar data hasil pengukuran surface roughness yang sudah dilakukan, data tersebut dapat disajikan dengan grafik dibawah ini



Gambar 4.2 Grafik Nilai Surface Roughness

Pada pengukuran surface roughness ditemukan bahwa nilai kekasaran sebagian besar sample sudah masuk pada range 3, namun pada sample 4 yang menerima tekanan 4 bar memberikan hasil kekasaran permukaan yang masuk pada range 2. Data yang dikumpulkan juga

menjelaskan bahwa tekanan yang tinggi mampu menciptakan kekasaran permukaan yang tinggi. Hasil pengukuran surface roughness dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kecepatan, nozzle, dan ketebalan material yang dipotong.

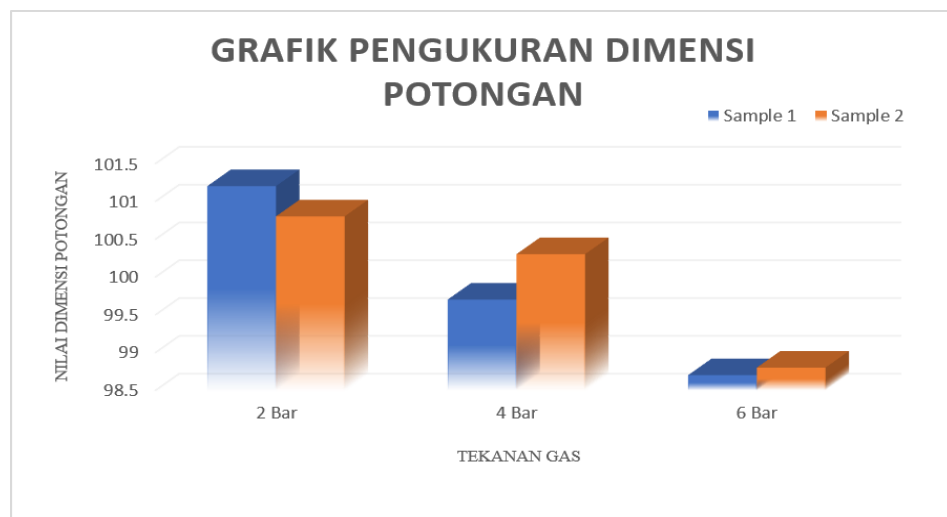
4.1.4. Data Pengukuran Dimensi Potongan

Pengukuran nilai kekasaran dilakukan di workshop 2 Politeknik Negeri Batam, pengukuran menggunakan alat ukur caliper untuk mendapat ketelitian yang lebih baik pada hasil pengukuran. Hasil pengukuran dimensi potong dapat dilihat pada tabel dibawah

Tabel 4.324 Hasil Pengukuran Dimensi Potong

Tekanan Gas (Bar)	Material Number	Dimensional tolerance	Limit for Range 2	Status accept/reject
2	1	101.2	±1.0 mm	Reject for range 2
	2	100.8		accept
4	3	99.7		accept
	4	100.3		accept
6	5	98.7		Reject for range 2
	6	98.8		Reject for range 2

Berdasar data pengukuran dimensi potongan yang sudah diperoleh, hasil tersebut dapat dilihat pada grafik dibawah



Gambar 4.3 Grafik Pengukuran Dimensi Potong

Pada grafik dapat dilihat bahwa tekanan gas 6 bar memberikan hasil pemotongan yang membuat dimensi potong material kehilangan lebih dari

1mm, hal ini dapat terjadi karena tekanan gas yang cukup tinggi sehingga membuat turbelensi gas pada proses pemotongan, tekanan gas yang tinggi dapat juga membuat material ASTM A36 mengalami deformasi thermal (Prasetya & Tranggono, 2025)

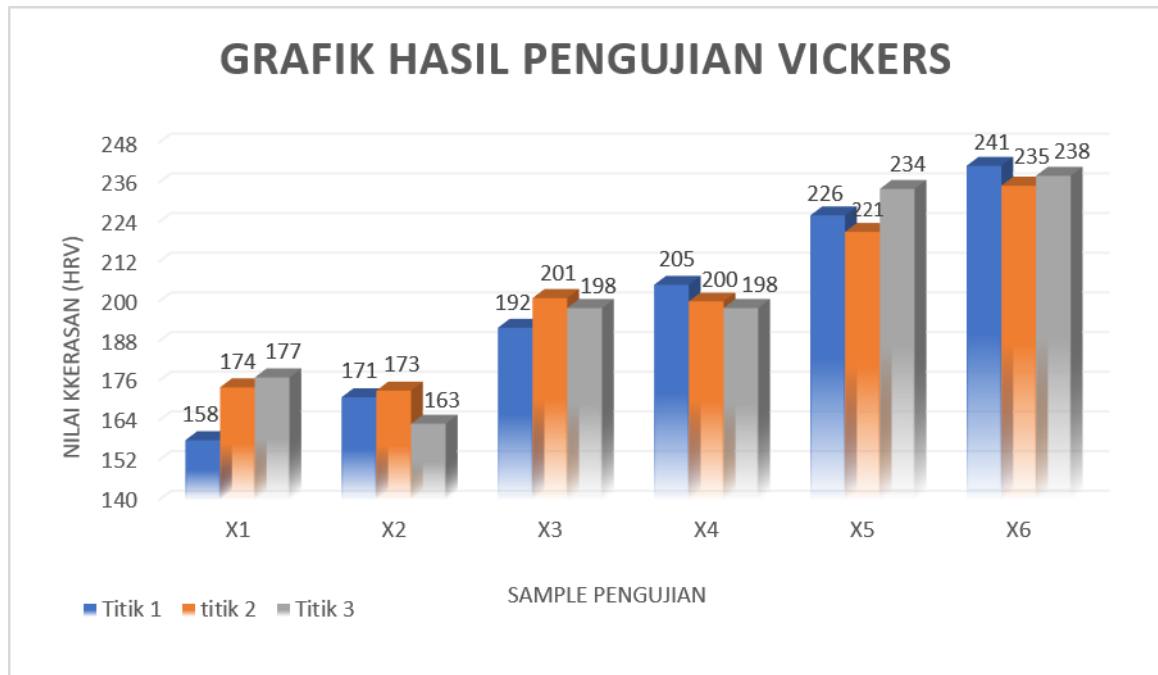
4.1.5. Data Nilai Uji Kekerasan Vickers

Pengukuran nilai kekasaran dilakukan di lab pengujian PT Fluid Sciences Batam, alat ukur ini menggunakan uji vickers dengan indenter berlian dengan sudut 136° dan berat yang diberikan adalah 10Kgf. Adapun hasil pengukuran *vickers hardness* yang dilakukan dapat dilihat pada tabel dibawah

Tabel 4.635 Hasil Pengukuran Vickers

No	Posisi	Sample	titik pengujian	Diagonal (mm)	Nilai kekerasan (VN)	rata-tata
1	Heat Affected Zone (HAZ)	X1	1	0.075	158	169.6666667
			2	0.068	174	
			3	0.067	177	
2		X2	1	0.069	171	169
			2	0.068	173	
			3	0.072	163	
3		X3	1	0.062	192	197
			2	0.059	201	
			3	0.060	198	
4		X4	1	0.058	205	201
			2	0.059	200	
			3	0.060	198	
5		X5	1	0.052	226	227
			2	0.054	221	
			3	0.050	234	
6		X6	1	0.048	241	238
			2	0.050	235	
			3	0.049	238	

Berdasar data hasil pengujian *Vickers Hardness* yang sudah dilakukan, hasil tersebut bisa dilihat pada grafik dibawah ini



Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengujian Vickers

Dari grafik hasil pengujian struktur mikro dapat dilihat bahwa nilai kekerasan mengalami peningkatan seiring dengan tekanan gas yang juga meningkat, dari grafik dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi tekanan gas yang diberikan nilai kekerasan juga akan semakin meningkat. Peningkatan nilai kekerasan ini dapat terjadi karena seiring tekanan gas meningkat proses oksidasi yang berlangsung akan menjadi lebih cepat dan optimal, hal ini akan berhubungan langsung dengan proses pendinginan lokal yang dimana akan menghasilkan proses pendinginan cepat yang mampu meningkatkan nilai kekerasan (Lambang & Tamjidillah, 2020)

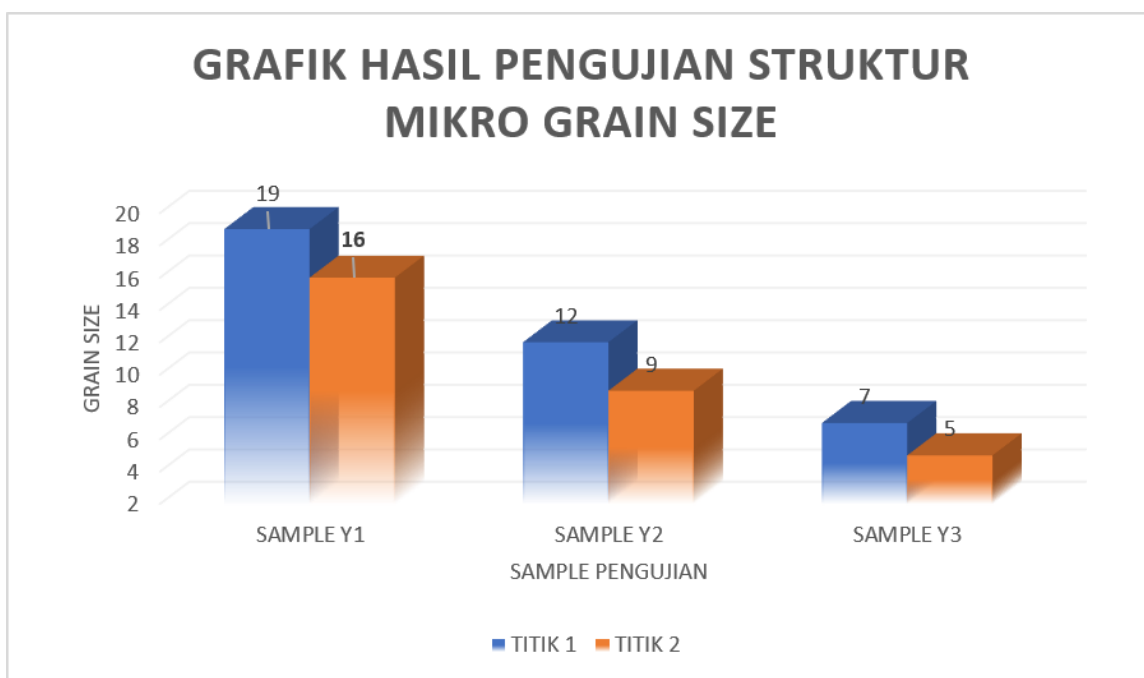
4.1.6. Data Hasil Pengamatan Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro dilakukan di lab pengujian PT Fluid Sciences Batam, pengamatan struktur mikro ini menggunakan alat mikroskop optik dengan pembesaran 300x, kemudian dilakukan metode perbandingan dengan diagram yang terdapat pada ASTM E112 dan kemudian secara otomatis gambar yang diambil akan dilakukan proses penyocokan dengan digram yang ada pada ASTM E112, yang kemudian nilai grain size number untuk mendapat nilai grain size sample uji. Hasil pengamatan struktur mikro dapat dilihat pada tabel dibawah

Tabel 4.1003 Hasil Pengukuran Grain Size

No	Posisi	Sample	titik pengujian	hasil grain size
1	Heat affected zone (HAZ	Y1	1	19 μm
			2	16 μm
2		Y2	1	12 μm
			2	9 μm
3		Y3	1	7 μm
			2	5 μm

Berdasar data hasil pengujian struktur mikro yang sudah dilakukan, hasil tersebut dapat diliha pada tabel dibawah ini



Gambar 4.5 Grafik Hasil Pengujian Struktur mikro Grain size

Data grafik tersebut dapat terlihat bahwa nilai grain size mengalami penurunan seiring dengan tekanan gas yang mengalami peningkatan, hal ini berhubungan langsung dengan nilai kekerasan dimana semakin kecil ukuran butir maka nilai kekerasan akan meningkat, hasil pengujian ini sesuai dengan teori hall-petch yang menyatakan bahwa semakin halus grain size maka akan semakin banyak batas butir yang menyebabkan dislokasi lebih sulit bergerak sehingga nilai kekerasan meningkat (Hernandez dkk, 2018).

4.2. Hasil Perbandingan Data

Setelah seluruh penelitian dilakukan, diamati dan dianalisis maka ditemukan beberapa hal diantaranya adalah

1. Tekanan 2 bar memperlihatkan profil hasil pemotongan yang tidak baik, dapat dilihat pada hasil inspeksi visual yang memiliki banyak defect, sehingga berpotensi akan mempengaruhi serangkaian proses fabrikasi setelah pemotongan. Berdasarkan ISO 9013:2017 hasil pemotongan dengan tekanan 2 bar menunjukkan klasifikasi yang sebagian besar masuk pada range 3 yang merupakan range yang tidak menjadi target pada penelitian.
2. Tekanan 4 bar menunjukkan hasil yang relatif baik, hal ini dapat dilihat pada hasil inspeksi visual yang memberikan profil yang bagus, defect yang dihasilkan juga berada pada tahap yang mudah dibersihkan dan ditangani sebelum melangkah ke serangkaian proses fabrikasi berikutnya. Berdasarkan ISO 9013:2017 hasil pemotongan dengan tekanan 4 bar menunjukkan bahwa seluruh klasifikasi masuk pada range 2 yang merupakan range yang menjadi target pada penelitian ini.
3. Tekanan 6 bar menunjukkan hasil pemotongan yang baik, hal ini dapat dilihat pada hasil inspeksi visual yang menunjukkan bahwa defect yang dihasilkan relatif sedikit dan mudah dibersihkan. Berdasarkan pada ISO 9013:2017 memperlihatkan bahwa hasil pemotongan dengan tekanan 6 bar memberikan beberapa hasil klasifikasi berada pada range 3 yang merupakan range yang tidak menjadi target pada penelitian ini.

Berdasarkan apa yang sudah ditemukan selama penelitian dapat disimpulkan bahwa variasi tekanan 4 bar merupakan variasi tekanan paling optimal dalam melakukan proses pemotongan menggunakan flame cutting, kesimpulan ini diambil dengan berlandaskan data yang didapat selama penelitian dan kemudian diamati.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasar pada hasil penelitian dan pengamatan dapat disimpulkan variasi tekanan 4 bar menjadi variasi yang paling optimal dalam melakukan proses pemotongan menggunakan flame cutting, hal ini karena tekanan 4 bar menunjukkan bahwa hasil pemotongan memenuhi standar klasifikasi yang dibutuhkan dan pengujian nilai kekerasan dan struktur mikro menunjukkan hasil yang baik dan optimal. Penelitian ini juga mendapati bahwa variasi tekanan 2 dan 6 bar bukan berarti tidak bisa digunakan pada proses pemotongan dengan flame cutting, hanya saja hasil pemotongan yang diberikan masih memiliki beberapa klasifikasi yang tidak masuk dalam kriteria yang dinilai optimal pada penelitian ini.

5.2. Saran

Saran yang bisa diberikan penulis pada penelitian ini adalah diharapkan penelitian berikutnya dapat menambahkan variabel lain yang terindikasi dapat mempengaruhi hasil pemotongan, karena pada penelitian ini penulis hanya berfokus pada tekanan gas yang digunakan saat pemotongan. Material yang digunakan saat penelitian juga bisa menjadi bahan pertimbangan, karena menurut penulis akan sangat menarik bila penelitian berikutnya menggunakan jenis material lain yang memiliki unsur paduan berbeda dibanding yang digunakan oleh penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Addai, B., Gyimah, K. O., Asumadu, T. K., Anto, M., Klenam, D. E. P., & Soboyejo, W. O. (2024). *Strain Gradient Plasticity In AISI A36 Plain Carbon Steel Weldment: Comparison Of Butt And Lap Joint Configurations*. Result in Engineering 22 (2024), 01-16 <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102078>
- Bauer, B., & Remenar, M. (2002). *Thermal Cutting*. UNESCO EOLSS. <https://www.eolss.net/Sample-Chapters/C05/E6-171-18-00.pdf>
- Center of Materials processing and Failure Analysis UI. (n.d.). *Diagram Fasa*. [*Diagram Fasa – CMPFA*](#)
- Chrisdiantono, R., Chandra, H., & Mataram, A.(2024). *Analysis Surface Fatigue Fracture On The Material Steel ASTM A-36*. Journal of Mechanical and Civil Engineering, 21(2), 01-08 www.iosrjournals.org
- Christian, I. (2026, Januari 22). *Tumbuh 5.17% Industri Manufaktur jadi Motor Utama Pertumbuhan Ekonomi RI*. Liputan6. [Tumbuh 5,17%, Industri Manufaktur Jadi Motor Utama Pertumbuhan Ekonomi RI](#)
- Gurumuda. (n.d.) *Metode analisis struktur mikro dalam metalurgi*. [Metode analisis struktur mikro dalam metalurgi - METALURGI](#)
- Ilham, A., Adzima, M. F. F., Heryanto, O. D., Ferdinand, F. A., & Azmy, I. (2023). *Pengaruh variasi proses perlakuan panas terhadap struktur mikro dan sifat mekanik baja AISI 1018*. Sigma Teknika, 6(1), 137-144 [PENGARUH VARIASI PROSES PERLAKUAN PANAS TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT MEKANIK BAJA AISI 1018 | Ilham | SIGMA TEKNIKA](#)
- Irsel, G., & Guzey, B. N. (2021). *Comparison of Laser Beam, Oxygen and Plasma Arc Cutting Methods in Terms of Their Advantages and Disadvantages in Cutting Structural Steels*. Journal of Physics: Conference Series, 2130, 01-13. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2130/1/012022>
- Julian, F., Kardiman, & Fauji, N. (2022). *Sistem Pengendalian Kualitas (Quality Control) Pada Proses Farbikasi Project “Refinery Development Master Plan (RDMP)*. Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan, 8(15), 228-235. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7049124>

- Lambang, F., & Tamjidillah, M. (2020). Analisis Variasi Aliran Gas Pelindung Dan Bentuk Kampuh Pada Proses Las Gmaw Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja Astm A36. *Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika*, 5(1), 51-66. https://www.academia.edu/144956969/Analysis_of_Protective_Gas_Flow_and_Seam_Formation_on_Gmaw_Weld_Process_to_Hardness_and_Micro_Structure_of_Astm_A36_Steel?utm_source=copilot.com
- Maulidani, D. R. D. N., & Sibut. (2026). *Pengaruh Gas Pressure dan Cutting Speed Pada Proses Fiber Laser Cutting Terhadap Nilai Kekasaran Permukaan Material Baja AISI 1040 Dengan Ketebalan 6 mm*. *Jurnal Mesin Material Manufaktur dan Energi*, 6(1), 308-314. [Vol. 6 No. 1 \(2026\): JMMME Jurnal Mesin Material Manufaktur dan Energi](#)
- Mezaal, M. T., Aripin, N. B. M., Othman, N. S., & Sallomi, A. H. (2024). *Empirical Modelling Of Dust Storm Path Attenuation For 5G Mm Wave*. Elsevier B.V. Vol 22. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102092>
- Mustafa & Sudarno. (2021). *Faktor Yang Mempengaruhi Flame Cutting CNC dan Waktu Pendinginan Terhadap Kekerasan*. *PILAR TEKNOLOGI: Jurnal Ilmiah Ilmu Teknik*, 6(1), 32-35. <https://pilar.unmermadiun.ac.id/index.php/pilarteknologi>
- Nurudin, Salim, A. T. A., Yuwono, I., Rahmatika, A., & Suparman. (2022). *Analisis Sambungan Las GMAW Baja ASTM A36 Yang Terpapar Panas Tinggi dan Pendinginan Cepat*. *Jurnal Teknologi Terapan (JTT)*, 8(2), 166-173. <https://jurnal.polindra.ac.id/index.php/jtt/article/view/436>
- Suparno, A. P., & Pangaribawa, M. R. (2025). *Kaji Performa Berbagai Mesin Potong Berbasis Termal Untuk Memenuhi Standar ISO 9013:2017 Pada Logam*. Halaman Repositori Universitas Muhammadiyah Surakarta (UMS). <https://eprints.ums.ac.id/131058/10/NASKAH%20PUBLIKASI.pdf>
- Prasetya, R. R., Tranggono. (2025). *Analysis on Effects of Process Parameters CNC Flame Cutting on Dimensional Inaccuracy Using Taguchi Method and ANOVA*. *Journal Knowledge Industrial Engineering (JKIE)*, 12(1), 19-28. <https://jurnal.yudharta.ac.id/v2/index.php/jkie/article/view/5892/3158>
- Pratama, R. G. P., Pratiwi, D. K., & Utami, N. P. E. (2021). *The Effect Of Time*

- Variation On Corrosion Behaviour Of Astm A36 In Seawater From West Bangka Of Bangka Belitung Islands, Indonesia.* Journal of Mechanical Science and Engineering (JMSE), 8(2), 19-23.
<https://doi.org/10.36706/jmse.v8i2.69>
- Thabrani, M., Rasyid, A. H. M., Irfa'i, M. A ., Ningsih, T. H., & Arizal, H. (2025). *Effect of Post-Welding Heat Treatment on ASTM A36 Steel on Tensile Strength.* Indonesian Journal of Engineering and Technology (INAJET), 7(2), 36-42. [View of Effect of Post-Welding Heat Treatment on ASTM A36 Steel on Tensile Strength](#)
- Wahyono, Dharmawan, A., Awaludin, L., Natan, O., & Baskara. (2024). *Inspeksi Kualitas Pengelasan Besi Menggunakan Teknik Segmentasi Citra Berbasis Convolutional Neural Network.* Indonesian Journal of Electronics and Instrumenations System (IJEIS), 14(1), 01-12. [IJEIS \(Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems\)](#)
- Xu, G., Zhu, B., Meng, L., Wei, K., Cao, J., & Zeng, X. (2026). *Influence Mechanism Of Heat And Mass Transfer Behaviors On Kerf Quality And Cutting Efficiency Of Thick Steel Plates Using Laser-Flame Hybrid Cutting.* Journal of Materials Research and Technology, 42(2026), 8541-8556.
<https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2026.05.166>
- Xu, G., Zhu, B., Meng, L., Wei, K., & Zeng, X. (2026). *The role of chemical composition in governing heat transfer and oxidation dynamics during laser-flame hybrid cutting of high-thickness steel plates.* Journal of Materials Research and Technology, 352(119321), [10.1016/j.jmatprotec.2026.119321](#)
- Zwickroell. (n.d.) *Metode pengujian kekerasan dan pengujian kekerasan.* www.zwickroell.com. [Pengujian Kekerasan: Definisi dan metode uji kekerasan | ZwickRoell](#)

LAMPIRAN

Lampiran A Hasil Tes Plagiasi

LAPORAN TUGAS AKHIR - Julianto Sandhika.pdf

 Politeknik Negeri Batam

Document Details

Submission ID

trncoid::3618:145617387

Submission Date

Jul 15, 2026, 7:57 AM GMT+7

Download Date

Jul 15, 2026, 7:59 AM GMT+7

File Name

LAPORAN TUGAS AKHIR - Julianto Sandhika.pdf

File Size

922.3 KB

40 Pages

6,620 Words

41,626 Characters

 iThenticate

Page 1 of 47 - Cover Page

Submission ID trncoid::3618:145617387

 iThenticate

Page 2 of 47 - Integrity Overview

Submission ID trncoid::3618:145617387

24% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

► Bibliography

Top Sources

24%  Internet sources

8%  Publications

0%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.