

TUGAS AKHIR

Studi Penggunaan *Backing Ceramic* dan Variasi Sudut Bevel Terhadap Kekuatan Sambungan Las FCAW pada Baja ASTM A36

Disusun untuk memenuhi persyaratan mencapai gelar Sarjana Terapan

Dosen Pembimbing :

Nurul Ulfah, S. Si, M.T



Disusun oleh:

M. RIZKY MARPAUNG

4422211007

**Teknologi Rekayasa Pengelasan dan Fabrikasi Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Batam**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BATAM**

2026

LEMBAR PENGESAHAN

**Studi Penggunaan *Backing Ceramic* dan Variasi Sudut Bevel Terhadap
Kekuatan Sambungan Las FCAW pada Baja ASTM A36**

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

**Studi Penggunaan *Backing Ceramic* dan Variasi Sudut Bevel Terhadap
Kekuatan Sambungan Las FCAW pada Baja ASTM A36**

Disusun oleh :

M. RIZKY MARPAUNG

4422211007

Telah disetujui oleh Dosen Pembimbing.



Batam, 14 Juli 2026

Dosen Pembimbing,

Nurul Ulfah, S. Si, M.T

LEMBAR PENGESAHAN

Studi Penggunaan Backing Ceramic dan Variasi Sudut Bevel Terhadap Kekuatan Sambungan Las FCAW pada Baja ASTM A36

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 :

M. RIZKY MARPAUNG

4422211007

Telah diterima dan disetujui pada 27 Juli 2026

Penguji I



Ir. Adhe Arysawan, S.Pd., M.Si.

NIP. 198906142019031007

Penguji II

Meschac Timothee Silalahi, S.T.,

M.T. NIP.

199308282025061002

Dosen Pembimbing I

Nurul Ulfah, S.Sk, M.T.

NIP. 199205082019032030

Mengetahui,

Koordinator Program Studi

Teknologi Rekayasa Pengelasan dan Fabrikasi

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

NIK. 115139

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : M. Rizky Marpaung

NIM : 4422211007

Tahun terdaftar : 2022

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 Tugas Akhir 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 dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Batam, 14 Juli 2026



M. Rizky Marpaung

4422211007

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. Atas seluruh curahan rahmat dan hidayat nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Studi Penggunaan *Backing Ceramic* dan Variasi Sudut Bevel Terhadap Kekuatan Sambungan Las FCAW pada Baja ASTM A36” tepat pada waktunya. Penyusunan tugas akhir ini bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Teknologi Rekayasa Pengelasan dan Fabrikasi, Politeknik Negeri Batam.

Dalam penyelesaian studi dan penulisan tugas akhir ini, penulis banyak memperoleh bantuan baik pengajaran, bimbingan, dan arahan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu penulis menyampaikan terima kasih yang tak terhingga kepada :

1. Allah SWT. Yang telah memberikan kesehatan, kekuatan, dan kemudahan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Orang tua dan adik yang selalu memberikan support dan doa selama proses studi dan penyelesaian tugas akhir ini.
3. Bapak Hedra Butar Butar selaku wali dosen yang telah memberikan bimbingan dan bantuan selama penulis menempuh studi di *Politeknik Negeri Batam*.
4. Ibu Nurul Ulfah, S.Si., M.T. Selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan dukungan, tenaga, bimbingan, serta saran selama proses dan penulisan tugas akhir ini.
5. Bapak Ir. Adhe Aryswan, S.Pd., M.Si. dan Bapak Meshac Timothee Silalahi, S.T., M.T. Selaku dosen penguji 1 dan 2 yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan arahan dalam penulisan tugas akhir serta menguji tugas akhir penulis.
6. Seluruh laboran teknik mesin yang sudah membantu selama proses penelitian berlangsung.
7. Seluruh teman angkatan 2022 prodi Teknologi Rekayasa Pengelasan dan Fabrikasi yang sudah memberikan dorongan, bantuan selama masa studi di *Politeknik Negeri Batam*.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih memiliki keterbatasan dan jauh dari kata sempurna. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa mendatang. Penulis juga berharap semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan bagi pembaca maupun pihak lain yang membutuhkan.

Batam, 14 Juli 2026

Penyusun



M. Rizky Marpaung

4422211007

ABSTRAK

Pengelasan merupakan salah satu proses penyambungan logam yang banyak digunakan dalam industri manufaktur, konstruksi, dan perkapalan. Kualitas sambungan las dipengaruhi oleh berbagai faktor, di antaranya penggunaan *backing ceramic* dan variasi sudut bevel. *Backing ceramic* berfungsi untuk menahan logam cair pada bagian akar las sehingga penetrasi dapat terbentuk dengan lebih baik, sedangkan sudut bevel memengaruhi volume kampuh, distribusi panas, dan kualitas peleburan logam.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan *backing ceramic* dan variasi sudut bevel terhadap kekuatan tarik sambungan las FCAW pada material ASTM A36, serta membandingkan nilai *tensile strength* antara sambungan yang menggunakan dan tanpa menggunakan *backing ceramic*. Penelitian dilakukan secara eksperimental menggunakan material baja ASTM A36 dengan ketebalan 12 mm dan sambungan *single V-groove*. Variasi yang digunakan meliputi sudut bevel 30° dan 40° dengan kondisi menggunakan serta tanpa menggunakan *backing ceramic*. Proses pengelasan dilakukan dengan metode Flux Cored Arc Welding (FCAW) posisi 1G menggunakan kawat las E71T berdiameter 1,2 mm. Pengujian tarik mengacu pada standar ASTM E8.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa spesimen dengan sudut bevel 30° menggunakan *backing ceramic* menghasilkan nilai rata-rata *tensile strength* tertinggi sebesar 493,853 MPa, sedangkan spesimen sudut bevel 40° tanpa *backing ceramic* menghasilkan nilai rata-rata terendah sebesar 445.811 MPa. Penggunaan *backing ceramic* mampu meningkatkan nilai kekuatan tarik sebesar 13,5 MPa pada sudut bevel 30° dan 32,794 MPa pada sudut bevel 40°. Selain itu, sudut bevel 30° memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan sudut bevel 40° karena menghasilkan penetrasi yang lebih optimal dan meminimalkan potensi cacat pengelasan. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa penggunaan *backing ceramic* dan pemilihan sudut bevel yang tepat berpengaruh positif terhadap peningkatan kualitas dan kekuatan sambungan las FCAW pada material ASTM A36.

Kata kunci: FCAW, ASTM A36, *backing ceramic*, sudut bevel, kekuatan tarik.

ABSTRACT

Welding is one of the most widely used metal joining processes in the manufacturing, construction, and shipbuilding industries. The quality of welded joints is influenced by several factors, including the use of ceramic backing and bevel angle variations. The ceramic backing functions to support the molten metal at the weld root, resulting in better penetration, while the bevel angle affects groove volume, heat distribution, and fusion quality.

This study aimed to determine the effect of ceramic backing and bevel angle variations on the *tensile strength* of FCAW welded joints on ASTM A36 steel and to compare the *tensile strength* values between welds with and without ceramic backing. The research was conducted experimentally using 12 mm thick ASTM A36 steel plates with a single V-groove joint configuration. The variables consisted of 30° and 40° bevel angles under two conditions: with and without ceramic backing. The welding process was performed using the Flux Cored Arc Welding (FCAW) method in the 1G position with E71T filler wire of 1.2 mm diameter. Tensile testing was carried out in accordance with the ASTM E8 standard.

The results showed that the specimen with a 30° bevel angle using ceramic backing produced the highest average *tensile strength* of 493,853 MPa, while the specimen with a 40° bevel angle without ceramic backing produced the lowest average value of 445.811 MPa. The use of ceramic backing increased the *tensile strength* by 13,5 MPa at the 30° bevel angle and by 32.794 MPa at the 40° bevel angle. In addition, the 30° bevel angle provided better performance than the 40° bevel angle due to improved penetration and a lower potential for welding defects. Based on these findings, it can be concluded that the use of ceramic backing and the proper selection of bevel angle have a positive effect on improving the quality and *tensile strength* of FCAW welded joints on ASTM A36 steel.

Keywords: FCAW, ASTM A36 steel, ceramic backing, bevel angle, *tensile strength*.

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Pengelasan FCAW pada Material ASTM A36.....	4
2.2 Penggunaan <i>Backing ceramic</i> pada Sambungan Las	5
2.3 Pengaruh Sudut Bevel Terhadap Sambungan Las.....	6
2.4 Uji Tarik	7
BAB III METODOLOGI.....	10
3.1 Identifikasi Masalah.....	11
3.2 Persiapan Pengelasan FCAW ASTM A36.....	12
3.3 Proses Pengelasan.....	13
3.4 Uji Kekuatan Tarik	14
3.5 Teknik Pengumpulan Data	16
3.6 Teknik Analisis Data	16
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Hasil Pengelasan.....	17
4.2 Hasil Uji Tarik.....	20
4.3 Pengaruh Penggunaan Backing Ceramic Terhadap Kekuatan Tarik.....	24
4.4 Pengaruh Sudut Bevel Terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Las FCAW	25
4.5 Pengaruh Kombinasi Backing Ceramic dan Sudut Bevel Terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Las FCAW	26
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	28
5.1 Kesimpulan.....	28
5.2 Saran.....	29

DAFTAR PUSTAKA	30
LAMPIRAN	32

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komposisi Kimia Baja ASTM A36.....	4
Tabel 2. 2 Mechanical Properties Baja ASTM A36	5
Tabel 2. 3 Hasil Uji Tarik.....	6
Tabel 3. 1 Alat dan Bahan	12
Tabel 3. 2 Arus dan Tegangan.....	14
Tabel 4. 1 Defect yang didapatkan dari Pengelasan FCAW Menggunakan dan Tanpa Menggunakan Backing ceramic.	19
Tabel 4. 2 Hasil Uji tensile bevel 30° Backing ceramic.....	21
Tabel 4. 3 Hasil Uji tensile bevel 30° Tanpa Backing ceramic	21
Tabel 4. 4 Hasil Uji tensile bevel 40° Backing ceramic.....	22
Tabel 4. 5 Hasil Uji tensile bevel 40° tanpa Backing ceramic.....	23
Tabel 4. 6 Nilai rata - rata uji tensile pada setiap variabel	24

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	10
Gambar 3. 2 Spesimen Uji Tarik Standart ASTM E8(Muhammad Alfi Rachmawan & Erifive Pranatal, 2023).	15
Gambar 3. 3 Alat Uji Tarik.....	15
Gambar 4. 1 Hasil Las FCAW	17
Gambar 4. 2 Hasil Uji tarik.....	20
Gambar 4. 3 Perbandingan tensile strength BC dan Non BC Sudut 30°	22
Gambar 4. 4 Perbandingan tensile strength BC dan Non BC Sudut 30°	22
Gambar 4. 5 Perbandingan tensile strength BC dan Non BC Sudut 40°	23
Gambar 4. 6 Perbandingan tensile strength BC dan Non BC Sudut 40 °	24

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengelasan merupakan bagian terpenting dalam industri manufaktur dan industri maritim dalam proses pembuatan kapal. Dalam industri pengelasan baik manufaktur maupun perkapalan, las digunakan untuk menyambung dua logam dengan melelehkan logam induk atau material pengisi menggunakan panas, hingga menyatu menjadi sambungan pengelasan yang kuat dan kontinu setelah dingin. Teknologi pengelasan sangat diperlukan guna mendapatkan hasil konstruksi yang berkualitas. Untuk mendapatkan hasil pengelasan yang baik dan berkualitas, perlu adanya variasi pengelasan yang mengacu pada WPS (*Welding Procedure Specification*)(Muhammad Alfi Rachmawan & Erifive Pranatal, 2023)

Teknik pengelasan memiliki berbagai keuntungan untuk produk seperti hemat biaya, akurasi ukuran, dan variasi bentuk las. Di samping keuntungan tersebut, teknik pengelasan menimbulkan efek yang merugikan, diantaranya: perubahan struktur micro, kekuatan menurun, distorsi, dan tegangan sisa(Wibowo et al., 2016)

Salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas pengelasan adalah sudut bevel. Sudut bevel adalah sudut yang dibuat pada tepi permukaan material sebelum dilakukan pengelasan. Tujuan utama dari bevel ini adalah agar memberikan akses yang cukup bagi busur las dan logam. Pemilihan sudut bevel yang tepat merupakan faktor penting. Sudut bevel yang keliru bisa mengakibatkan distribusi panas yang kurang merata, penyerapan logam yang tidak efisien, dan peningkatan stress pada logam(Novansyah et al., 2023)

Dalam industri perkapalan, sering sekali dilakukan pengelasan bolak - balik pada kedua sisi plat kapal. Kondisi ini dapat menyebabkan pemborosan dari segi waktu dan biaya produksi. Oleh karena itu media *Backing Ceramic* digunakan untuk mempercepat waktu dan proses pengelasan. *Backing Ceramic* merupakan metode praktis yang diterapkan

dalam proses pengelasan. *Backing Ceramic* digunakan sebagai penyangga atau media pencetak untuk menopang proses pengelasan dari sisi belakang sambungan las. *Backing Ceramic* umum digunakan dalam berbagai aplikasi pengelasan, termasuk pengelasan baja tahan karat, baja karbon rendah, dan material lain yang memerlukan penetrasi las penuh. Fungsi utama dari *Backing Ceramic* ini adalah untuk menahan logam las cair agar tidak jatuh atau mengalir dari bagian belakang sambungan, sekaligus memastikan penetrasi las yang lebih baik dan kualitas sambungan yang lebih optimal (Ramadhani & Ridwan, 2025)

Dalam desain manufaktur dan konstruksi. Setiap material memiliki sifat mekanik yang berbeda-beda, seperti kekuatan, kekerasan, dan keuletan. Suatu pengujian diperlukan untuk mengetahui sifat mekanik pada material. Salah satu pengujian yang paling sering dilakukan adalah uji tarik. Pengujian ini berfungsi untuk menentukan nilai kekuatan material dan mengidentifikasi karakteristik material tersebut. Oleh karena itu, penelitian ini dibuat untuk menentukan nilai efek dari penggunaan *Backing Ceramic*, tanpa menggunakan *Backing Ceramic*, dan menentukan sudut bevel yang sesuai pada baja ASTM A36 dengan proses FCAW (Sade, n.d, 2023.)

1.2 Rumusan Masalah

1. Berapa nilai kekuatan tarik (*tensile strength*) sambungan las FCAW pada baja ASTM A36 dengan penggunaan *backing ceramic* dan variasi sudut bevel 30° dan 40° ?
2. Bagaimana perbandingan nilai *tensile strength* sambungan las FCAW antara spesimen yang menggunakan *backing ceramic* dan tanpa menggunakan *backing ceramic* ?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui nilai kekuatan tarik pada sambungan las FCAW pada material ASTM A36 dengan penggunaan *backing ceramic* dan variasi sudut bevel.

2. Membandingkan nilai *tensile strength* sambungan las FCAW dengan dan tanpa *backing ceramic*.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi ilmiah terkait pengaruh *Backing ceramic* dan variasi sudut bevel terhadap kekuatan sambungan las FCAW pada baja ASTM A36.
2. Menjadi acuan bagi industri manufaktur dan konstruksi dalam menentukan parameter pengelasan yang optimal guna meningkatkan kekuatan sambungan las.
3. Mendukung pengembangan teknologi pengelasan yang lebih efisien dan ekonomis serta meningkatkan kualitas produk hasil pengelasan di industri nasional.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengelasan FCAW pada Material ASTM A36

Flux Cored Arc Welding (FCAW) merupakan jenis pengelasan yang menggunakan proses semi-otomatis yang memanfaatkan elektroda gulung (*wire roll*) untuk mencairkan logam. Kawat las atau elektroda yang digunakan untuk pengelasan FCAW memiliki bentuk tubular yang dipasok kedalam daerah pengelasan secara kontinu dan terdapat material flux didalam elektroda yang berbentuk tubular. Material yang digunakan dalam proses pengelasan FCAW ini adalah plat baja ASTM A36. ASTM A36 adalah paduan baja struktural umum yang digunakan di Amerika Serikat dengan standar A36 yang ditetapkan oleh ASTM Internasional (Shobirin & Mulyadi, 2024). ASTM A36 memiliki sifat tahan terhadap korosi sehingga banyak digunakan dalam industri maritim, khususnya di bidang perkapalan. Secara umum, pelat ASTM A36 banyak ditemukan dalam konstruksi kapal, terutama pada bagian konstruksi lambung kapal. ASTM A36 merupakan baja dengan komponen karbon rendah (*Low Carbon Steel*) yang memiliki komposisi material serta sifat mekanik tertentu (Ramadhani & Ridwan, 2025). Komposisi kimia dari ASTM A36 ini terdapat Carbon (C), Mangan (Mn), Fosfor(P), Sulfur (S), Silikon (Si), dan Tembaga (Cu).

Adapun komposisi kimia dari baja ASTM A36 bisa dilihat pada Tabel 2.1. Baja ASTM A36 memiliki sifat mekanis (*Mechanical Properties*) diantara nya adalah *tensile strength*, *tensile strength*, *Elongation*, *Modulus of Elasticity*, *Bulk Modulus*, dan juga *Shear Modulus*, *Mechanical Properties* dari ASTM A36 serta *Strength Value* dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 1 Komposisi Kimia Baja ASTM A36

C	<i>Element</i>	%
1	<i>Carbon (C)</i>	0,16 %
2	<i>Aluminium (Al)</i>	0.00%

3	<i>Iron (Fe)</i>	98%
4	<i>Manganese (Mn)</i>	0,41%
5	<i>Phosphorus (P)</i>	0.02%
6	<i>Silicon (Si)</i>	0.14%
7	<i>Sulfur (S)</i>	0.05%

Tabel 2. 2 Mechanical Properties Baja ASTM A36

No	<i>Mechanical Properties</i>	<i>Metric</i>	<i>Imperial</i>
1	<i>tensile strength, Ultimate</i>	400 - 550 MPa	58000 - 79800 psi
2	<i>tensile strength, Yield</i>	210 MPa	36300 psi
3	<i>Elongation at Break (in 200 mm)</i>	20.0 %	20.0 %
4	<i>Elongation at Break (in 100 mm)</i>	23.0 %	23.0 %
5	<i>Modulus of Elasticity</i>	200 GPa	29000 ksi
6	<i>Bulk Modulus (typical for steel)</i>	140 GPa	20300 ksi
7	<i>Poissons Ratio</i>	0.260	0.260
8	<i>Shear Modulus</i>	79.3 GPa	11500 ksi

2.2 Penggunaan *Backing ceramic* pada Sambungan Las

Backing merupakan salah satu bahan bantu dalam pengelasan, *Backing* merupakan benda padat yang dapat menahan panas, bersifat semi permanen. Penempatan dari *Backing plate* ditempatkan disisi belakang pada sambungan plat yang akan dilakukan pengelasan. Selama pengelasan, *Backing* bertujuan untuk mendukung logam cair khusus nya pada *root*

welding sehingga tidak memerlukan pengelasan balik kebocoran atau kehilangan lelehan logam las dan juga penetrasi penuh dapat dicegah menggunakan *Backing*. Sejauh ini bahan yang digunakan untuk *Backing plate* adalah *Backing Ceramic*, komposisi *Backing Ceramic* adalah dari tanah liat, feldspar, pasir, clay, kuarsa, dan kaolin. (Syaifudin, 2024).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Muflih et al., 2025), penggunaan *Backing Ceramic* memiliki pengaruh terhadap nilai kekuatan tarik. Bisa dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. 3 Hasil Uji Tarik

Sudut Bevel	<i>Backing ceramic</i>	<i>tensile strength</i>	<i>tensile strength</i>	<i>Elongation</i>	Keterangan
30°	Ya	576.1 MPa	426.7-1003 MPa	> 22 %	Meningkatkan kekuatan mekanik pada sambungan pengelasan.
40°-100°	Ya	-	-	> 22 %	Menunjukkan kualitas las yang lebih optimal.
30°-100°	Tidak	458.4 MPa	-	< 22 %	Terdapat cacat Incomplete Penetration, Spatter, dan Porosity.

2.3 Pengaruh Sudut Bevel Terhadap Sambungan Las

Sudut bevel adalah sudut yang dibuat pada tepi permukaan material sebelum dilakukan pengelasan. Tujuan utama dari bevel ini adalah memberikan akses yang cukup bagi busur las dan logam pengisi untuk memungkinkan penetrasi penuh dan kualitas sambungan yang baik. Salah satu penyebab yang mempengaruhi kualitas hasil las adalah sudut bevel yang digunakan. Pemilihan sudut bevel yang tepat juga merupakan faktor penting, sudut bevel yang keliru bisa mengakibatkan distribusi panas yang

kurang merata, penyerapan logam yang tidak efisien, dan peningkatan stress pada logam. Jika sudut bevel tidak sesuai, berbagai cacat las seperti porositas, retakan (*crack*), atau distorsi las dapat terjadi (Novansyah et al., 2023).

Dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, variasi bevel juga mempengaruhi nilai kekuatan tarik pada sambungan pengelasan. Pengelasan yang dilakukan adalah dengan proses GTAW. Pada hasil pengelasan sudut bevel 40° material stainless steel 304, menunjukkan nilai kekuatan dari hasil uji Tarik adalah sebesar 542 MPa. Diikuti dengan sudut bevel 30° derajat mendapat nilai kekuatan sebesar 536 MPa, Hal ini menunjukkan penurunan kekuatan Tarik sebesar 6 MPa. Dilanjut dengan sudut bevel 35° mendapatkan nilai kekuatan Tarik sebesar 487 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa sudut bevel 40° memiliki kekuatan tertinggi secara signifikan (Fata et al., 2020).

2.4 Uji Tarik

Uji tarik merupakan salah satu metode pengujian mekanik yang digunakan untuk mengetahui kemampuan material atau sambungan las dalam menahan beban tarik hingga mengalami deformasi atau patah. Pengujian ini dilakukan dengan cara memberikan beban tarik secara bertahap pada spesimen menggunakan Universal Testing Machine hingga mencapai titik kegagalan pada material. Pada uji tarik ini terdapat beberapa parameter diantaranya adalah *tensile strength*, *tensile strength*, dan *elongation* yang digunakan untuk mengevaluasi kualitas sambungan las.

Pada penelitian pengelasan, uji tarik banyak digunakan untuk mengetahui parameter pengelasan pada kekuatan sambungan. Nilai kekuatan tarik yang tinggi menunjukkan bahwa sambungan las memiliki kemampuan yang baik dalam menahan beban kerja, sedangkan *elongation* dapat digunakan untuk mengetahui keuletan sambungan las yang dihasilkan.

2.4.1 *tensile strength*

tensile strength atau kekuatan tarik maksimum merupakan nilai tegangan tertinggi yang mampu ditahan material sebelum terjadi kegagalan. Nilai ini diperoleh dari perbandingan antara beban maksimum yang diterima spesimen dengan luas penampang awal (Muhammad Alfi Rachmawan & Erifive Pranatal, 2023)

$$UTS = \frac{P_{max}}{A_0}$$

Keterangan : UTS = Ultimate *tensile strength*

P_{max} = Beban maksimum (N)

A_0 = Luas penampang awal

2.4.2 *tensile strength*

tensile strength merupakan tegangan ketika material mulai mengalami deformasi plastis permanen. Pada kondisi ini material tidak dapat kembali ke bentuk semula saat beban dilepaskan. Nilai *tensile strength* menunjukkan batas kemampuan material dalam menerima beban sebelum terjadi perubahan bentuk permanen.

$$\sigma_y = \frac{P_y}{A_0}$$

Keterangan : σ_y = *tensile strength*

P_y = Beban luluh

A_0 = Luas penampang awal (mm²)

Pada sambungan las, nilai *tensile strength* dipengaruhi oleh struktur mikro yang terbentuk pada daerah logam las dan daerah HAZ (*Heat Affected Zone*). Variasi parameter pengelasan dapat menyebabkan perubahan nilai *tensile strength* akibat perbedaan panas yang diterima material (Hamzah, 2023.).

2.4.3 *Elongation*

Elongation merupakan kondisi dimana material mengalami perubahan panjang setelah dilakukan uji tarik hingga patah. Nilai ini

digunakan sebagai indikator keuletan material

$$Elongation = \frac{L_f - L_0}{L_0} \times 100\%$$

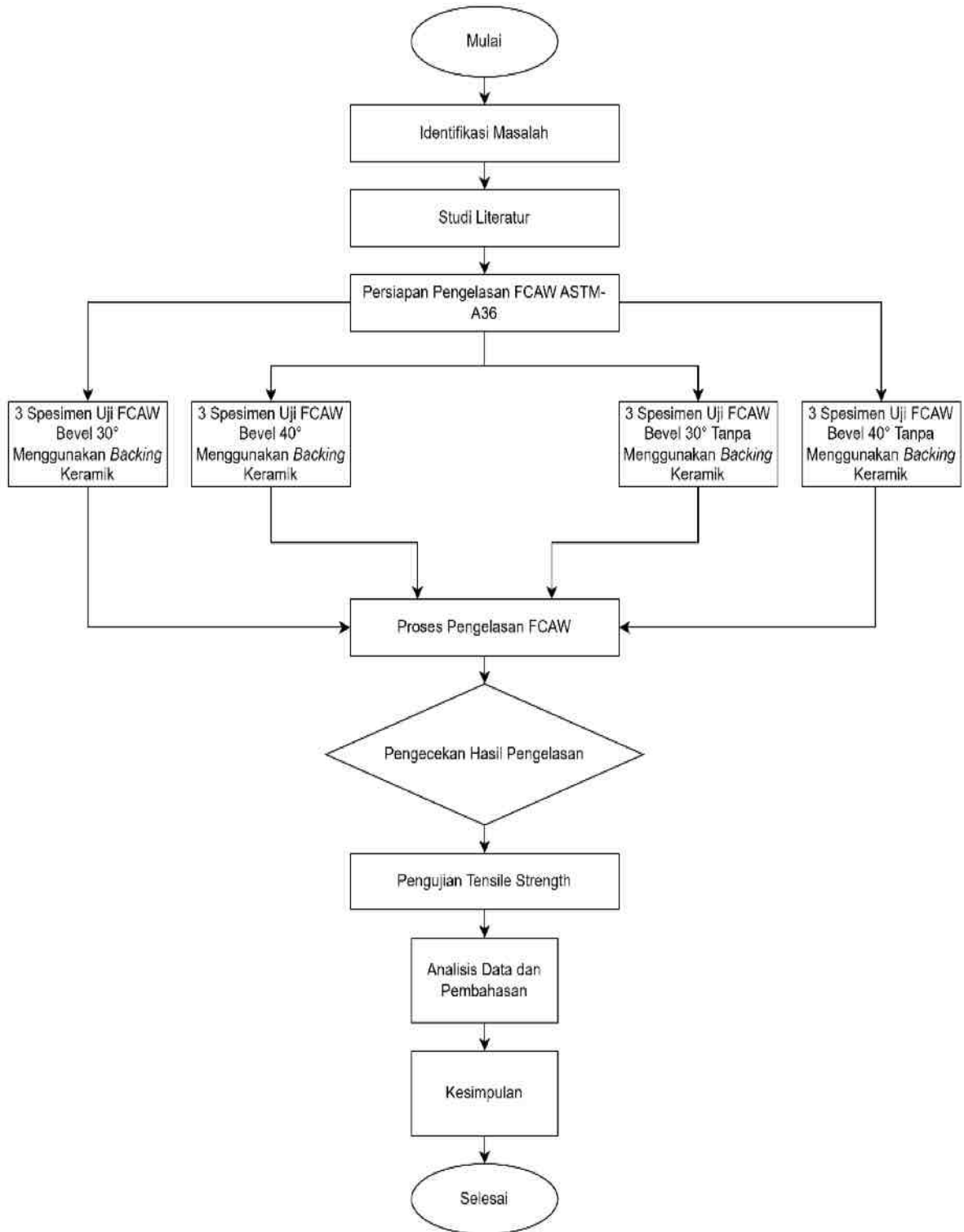
Keterangan : L_f = Panjang akhir (mm)

L_0 = Panjang awal spesimen (mm)

Semakin tinggi nilai *elongation* maka material atau sambungan las memiliki sifat yang semakin ulet dan jika nilai *elongation* rendah menunjukkan kecenderungan material bersifat lebih getas (Sade, 2023).

BAB III

METODOLOGI



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini adalah jenis penelitian eksperimen pengelasan pendekatan kuantitatif yang bersifat empiris dan sistematis. Pengujian ini berfokus pada pengelasan baja ASTM menggunakan *Flux Cored Arc Welding* (FCAW) dengan variasi sudut bevel 30° dan 40° dengan *backing ceramic* maupun tanpa penggunaan *backing*. Penelitian ini dilaksanakan di *Politeknik Negeri Batam*, selama 28 hari, dimulai dari observasi, studi literatur, hingga proses pengelasan dan pengujian. Pengumpulan data dilakukan dengan studi pustaka, observasi lapangan, survei, dan dokumentasi. Proses pengujian meliputi uji destructive (uji tarik) untuk mengukur kekuatan mekanik. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penggunaan *Backing ceramic* serta variasi sudut bevel terhadap kekuatan sambungan las FCAW pada material ASTM A36.

Metode penelitian ini dilakukan secara eksperimental di *Politeknik Negeri Batam*, Material yang digunakan adalah baja karbon rendah ASTM A36 dengan menggunakan dan tanpa menggunakan *backing ceramic* serta variasi sudut bevel 30° dan 40°. Proses pengelasan dilakukan oleh peneliti dengan proses FCAW (*Flux Cored Arc Welding*), menggunakan kawat las E71T berdiameter 1,2 mm, dan posisi 1G flat, serta menggunakan teknik multi pass (*root, fill, dan cap pass*). Pengujian dilakukan dengan *destructive test*, yaitu menggunakan *Universal Testing Machine* sesuai standar ASTM E8 untuk mengetahui kekuatan tarik, *elongation*, dan *tensile strength*. Seluruh data penelitian diperoleh melalui observasi langsung, studi literatur, dan dokumentasi, kemudian dianalisis untuk mengetahui pengaruh penggunaan *backing ceramic* dan variasi sudut bevel terhadap kekuatan dan cacat sambungan las.

3.1 Identifikasi Masalah

Pada pengelasan *Flux Cored Arc Welding* (FCAW) terutama pada material ASTM A36 penggunaan *Backing* berpotensi memberikan pengaruh pada kualitas dan kekuatan sambungan las yang dihasilkan. *Backing ceramic* dapat membantu penetrasi las, stabilitas kolam las, serta

kemampuan logam las mengisi kampuh secara sempurna. Selain itu, sudut bevel yang digunakan juga berpengaruh terhadap luas daerah fusi pada pengelasan. Sudut bevel yang tidak sesuai dapat menyebabkan cacat pada pengelasan, seperti penetrasi yang tidak sempurna atau kurangnya peleburan pada akar las, yang pada akhirnya menyebabkan menurunnya kekuatan sambungan pengelasan.

Pada penelitian ini, permasalahan difokuskan pada bagaimana penggunaan *Backing* dan pemilihan sudut bevel yang sesuai pada proses pengelasan *Flux Cored Arc Welding* (FCAW) dapat mempengaruhi kekuatan pada sambungan las pada material ASTM A36, Sehingga diperlukan suatu metode pengujian yang sistematis melalui proses pengelasan, membuat spesimen uji, dan pengujian kekuatan sambungan las untuk memperoleh data yang dapat dianalisis secara objektif.

3.2 Persiapan Pengelasan FCAW ASTM A36

3.2.1 Alat dan Bahan

Ada beberapa alat dan bahan yang perlu disiapkan dalam pengujian ini, Bisa dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 3. 1 Alat dan Bahan

Alat	Bahan
<i>Mesin Las FCAW Lincoln Electric Power MIG 210 MP</i>	<i>Kawat Las FCAW (Filler Metal) E71T 1,2 mm</i>
Mesin Plasma Cutting	CO2
Gerinda	Mata Gerinda
Alat Uji Tarik	Baja ASTM A36

3.2.2 Pemilihan Material

Material yang digunakan adalah Baja ASTM A36. Pemilihan material ini dikarenakan material masuk dikategori baja dengan karbon rendah yang memiliki keuletan tinggi, mudah di *machining*, dan paling sering digunakan pada industri maritim seperti pembuatan kapal. Dikatakan baja ASTM A36 dikarenakan hanya mengandung karbon antara 0.16% sampai 0.29%. bisa dilihat pada Tabel 2.1. Ketebalan yang digunakan pada penelitian ini adalah 12 mm, pemilihan ketebalan ini dikarenakan ketebalan ini mempresentasikan material plat menengah yang banyak digunakan pada konstruksi dan fabrikasi umum. Pada ketebalan ini proses FCAW memerlukan kontrol penetrasi dan pembentukan *root pass* yang baik. Penggunaan *backing ceramic* dan variasi bevel sangat berpengaruh terhadap kualitas sambungan las. Ketebalan 12 mm ini cukup sensitif untuk mengamati pengaruh variasi parameter pengelasan terhadap sambungan las tanpa risiko *burn - Through* yang berlebihan seperti pada plat tipis, maupun kesulitan penetrasi pada plat yang tebal. Plat dipotong dengan ukuran 200 mm x 100 mm x 12 mm agar spesimen yang telah di las masih dapat *dimachining* menjadi bentuk specimen uji tarik sesuai standar ASTM tanpa menghilangkan daerah sambungan pengelasan.

Material dibuat sebanyak 12 spesimen, masing masing variabel dilakukan sebanyak 3 kali pengelasan dan pengujian guna untuk melihat apakah hasil uji kekuatan menghasilkan nilai yang sama.

3.3 Proses Pengelasan

Proses Pengelasan yang dilakukan ada *Flux Cored Arc Welding* (FCAW). Pengelasan dilakukan berdasarkan *Welding Prosedure Specification* (WPS) yang umum digunakan, WPS merujuk pada code standard yaitu AWS.D1.1. Pengelasan dilakukan dengan posisi *flat* (1G) dan bevel yang digunakan adalah *single V butt joint Groove*. Besar arus dan tegangan bisa dilihat pada Tabel dibawah ini.

Tabel 3. 2 Arus dan Tegangan

Pass	Arus (A)	Tegangan (V)
<i>Root</i>	90 - 120	22 - 24
<i>Hot</i>	120 - 140	23 - 25
<i>Filler</i>	140 - 170	24 -27
<i>Capping</i>	150 - 180	25 - 28

Pada penelitian ini, beberapa spesimen menggunakan *ceramic backing* pada sisi akar (*root side*) sambungan las. *Ceramic backing* berfungsi sebagai penahan logam cair selama proses pengelasan sehingga penetrasi akar dapat terbentuk secara lebih stabil dan seragam. Selain itu, penggunaan *backing ceramic* dapat mengurangi risiko *burn through* serta meningkatkan kualitas pembentukan akar las. Spesimen lainnya dilas tanpa menggunakan *backing ceramic*. Pengelasan tanpa *backing* dilakukan untuk membandingkan pengaruh penggunaan *backing* terhadap kualitas hasil las, khususnya pada bentuk penetrasi, cacat las, dan sifat mekanik sambungan.

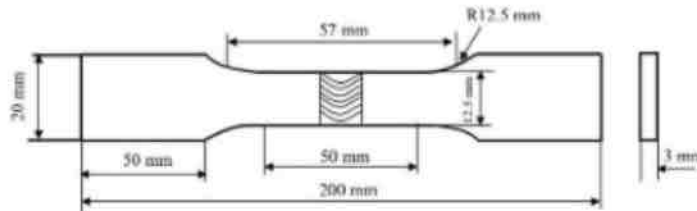
3.3.1 Uji Visual Hasil Las

Pengujian visual dilakukan pada seluruh spesimen pengelasan FCAW sebelum dilakukan pengujian lanjutan. Pengujian ini dilakukan untuk mengidentifikasi apakah terdapat cacat pada hasil las. *Acceptance criteria* pada pengujian visual tidak ditemukannya cacat permukaan yang melebihi batas yang diizinkan, seperti retak, *undercut* yang berlebih, *overlap*, dan porositas. Setelah dilakukan pengujian visual, spesimen yang memenuhi kriteria dilanjutkan dengan pengujian selanjutnya tanpa melakukan *repair* maupun pengelasan ulang.

3.4 Uji Kekuatan Tarik

3.4.1 Pembuatan Sampel

Material yang sudah dilas tidak bisa langsung dilakukan pengujian, hal selanjutnya yang perlu dilakukan adalah melakukan pemotongan menggunakan laser *cutting* pada material yang sudah dilas.



Gambar 3. 2 Spesimen Uji Tarik Standart ASTM E8(Muhammad Alfi Rachmawan & Erifive Pranatal, 2023).

3.4.2 Uji Tarik

Kekuatan tarik (*tensile strength*) adalah salah satu uji mekanik yang paling penting dan paling sering digunakan dalam proses perancangan dan manufaktur. Untuk mengetahui sifat mekanik suatu material, diperlukan pengujian. Salah satu pengujian yang paling penting dan sering dilakukan adalah uji tarik. Uji tarik ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik yang dihasilkan pada suatu sampe material. Uji tarik ini mengacu pada standar ASTM E8/E8M-09+ dengan menggunakan *Electromechanical Universal Testing Machine*, sehingga dapat menghasilkan grafik tegangan dengan satuan (MPa), grafik regangan dengan satuan (%), dan menentukan nilai modulus elastisitas (Ramadhani & Ridwan, 2025).



Gambar 3. 3 Alat Uji Tarik

3.5 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan observasi experimental proses pengelasan FCAW pada material ASTM A36 dengan *backing ceramic* dan variasi sudut bevel. Data yang diperoleh dari uji tarik mengacu pada standar ASTM E8. Dokumentasi digunakan untuk mengumpulkan data pendukung berupa foto spesimen, grafik hasil uji, dan catatan laboratorium. Studi literatur juga dilakukan sebagai landasan teori dan pembandingan hasil pengujian.

3.6 Teknik Analisis Data

Teknik Analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah analisis deskriptif. Teknik analisis ini dilakukan dengan cara mengelolah dan menyajikan data hasil pengujian untuk memberikan gambaran secara sistematis, faktual, dan akurat mengenai karakteristik objek penelitian.

Data yang diperoleh dari uji kekuatan sambungan las, khusus nya uji tarik, meliputi *tensile strength*, *tensile strength*, dan *elongation*. Data yang diperoleh disusun dalam bentuk tabel dan grafik untuk memudahkan proses interpretasi dan membandingkan antar variasi perlakuan, yaitu dengan dan tanpa *backing ceramic* dan variasi sudut bevel. Analisis dilakukan dengan cara membandingkan nilai rata-rata dari setiap variasi spesimen untuk melihat kecenderungan perubahan sifat mekanik pada sambungan las. Analisis deskriptif digunakan untuk mengidentifikasi pengaruh penggunaan *backing ceramic* dan variasi sudut bevel terhadap kekuatan sambungan las FCAW pada material ASTM A36.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengelasan

Pada penelitian ini, proses yang digunakan ialah FCAW (*Flux Cored Arc Welding*) Menggunakan Baja ASTM A36 dengan ketebalan 12 mm. Pengelasan dilakukan pada sambungan butt joint dengan variasi sudut bevel 30° dan 40° dengan dan tanpa *backing ceramic*. Spesimen yang di las adalah 12 spesimen, masing – masing variabel berjumlah 3 spesimen guna untuk mendapatkan nilai rata – rata dari hasil pengujian *tensile*. Proses pengelasan dimulai dari *root*, *filler*, dan *capping* dengan arus root 90A dan tegangan 24V, sedangkan *filler* dan *capping* dengan besar arus 135 – 140A dengan tegangan 24V.



Gambar 4. 1 Hasil Las FCAW

4.1.1 Hasil Pengamatan Visual

Visual Testing dilakukan pada spesimen setelah proses pengelasan selesai, sebelum dilanjutkan ke tahap uji tarik. Pemeriksaan mengacu pada standar *AWS D1.1/D1.1M (Structural Welding Code — Steel)*, *Clause 6 Part C, Table 6.1*, yaitu kriteria penerimaan hasil pemeriksaan visual untuk sambungan *Non-tubular* berbeban statis (*statically loaded, Non-tubular connections*), sesuai dengan kondisi pengujian pada penelitian ini yaitu uji tarik statis pada baja ASTM A36. Berdasarkan Table .1, kategori *discontinuity* retak, *incomplete penetration*, *lack of fusion*, *overlap*, dan *burn-through* dinyatakan *reject*

tanpa batas ukuran, sedangkan *undercut* dievaluasi berdasarkan kedalaman (maksimum 1 mm, atau 2 mm apabila panjang akumulasi ≤ 50 mm dalam setiap 300 mm panjang lasan). Pengukuran kedalaman cacat tidak terdokumentasi pada penelitian ini karena keterbatasan dokumentasi foto, sehingga posisi cacat (Tabel 4.1) dicatat sebagai referensi kualitatif lokasi, dan evaluasi *undercut* dinyatakan sebagai keterbatasan penelitian. Secara umum, spesimen dengan *backing ceramic* menunjukkan *defect* yang lebih minor (*undercut* pada *capping*) dibandingkan spesimen tanpa *backing ceramic* yang menunjukkan *defect* kategori reject (*burn-through*, *incomplete penetration*, *lack of fusion*) terutama pada bagian *root*.

4.1.1.1 Hasil Pengamatan Visual Las FCAW *Backing ceramic* dan Tanpa *Backing ceramic*

Sebelum dilakukan uji tarik, seluruh spesimen diperiksa terlebih dahulu secara visual untuk mengetahui kondisi hasil pengelasan (Tabel 4.1). Ketiga spesimen pada setiap variasi seluruhnya dilanjutkan ke pengujian tarik mengingat keterbatasan jumlah spesimen yang tersedia untuk masing-masing variabel, sehingga tidak seluruh spesimen yang diuji tarik berada dalam kondisi bebas cacat. Hasil pemeriksaan visual menunjukkan spesimen *backing ceramic* sudut bevel 30° (87T dan 88T) relatif bebas cacat, sedangkan sebagian besar spesimen tanpa *backing ceramic* serta sebagian spesimen *backing ceramic* sudut bevel 40° (89T dan 91T) memiliki cacat kategori *reject* seperti *burn-through*, *lack of fusion*, dan *incomplete penetration* pada bagian *root* (Tabel 4.1). Kondisi ini menjadi salah satu keterbatasan penelitian, karena nilai kekuatan tarik pada kelompok tersebut kemungkinan turut dipengaruhi oleh cacat pengelasan, tidak semata-mata oleh variasi sudut bevel dan penggunaan *backing ceramic*.

Pada spesimen menggunakan *backing ceramic*, hasil

menunjukkan tampilan bead yang relatif seragam dan penetrasi yang cukup baik. Penggunaan *backing ceramic* membantu menahan logam cair selama proses pengelasan sehingga pembentukan *root* yang lebih penuh dan stabil.

Pada spesimen tanpa menggunakan *backing ceramic* terdapat indikasi penetrasi yang kurang sempurna terutama pada bagian *root*. Pada bagian *root* terdapat *burn through* atau cairan logam las yang berlebih yang membuat hasil pengelasan kurang sempurna. Hal ini akan memakan waktu berlebih dikarenakan harus membuang cairan logam yang mengeras untuk dilakukan proses *back weld*.

Tabel 4. 1 Defect yang didapatkan dari Pengelasan FCAW Menggunakan dan Tanpa Menggunakan *Backing ceramic*.

No	Spesimen	Keterangan	Defect	mm
1	FCAW BC 30° (86T)	<i>Capping</i>	<i>Undercut</i>	0 - 43
2	FCAW BC 30° (87T)	-	-	-
3	FCAW BC 30° (88T)	-	-	-
4	FCAW Non BC 30° (92T)	<i>Root</i>	<i>Burn Trough</i>	0 - 115, 122-165
		<i>Capping</i>	<i>Poor Stop</i>	198 - 200
5	FCAW Non BC 30° (93T)	<i>Root</i>	<i>Burn Trough,</i>	0 - 47, 56 - 125
		<i>Capping</i>	<i>Irregular weld bead</i>	136 - 172
6	FCAW Non BC 30° (94T)	<i>Capping</i>	<i>Undercut</i>	0-59
7	FCAW BC 40° (89T)	<i>Root</i>	<i>Incomplete Penetra- tion</i>	67

		<i>Capping</i>	-	-
8	FCAW BC 40° (90T)	<i>capping</i>	<i>Undercut</i>	146 - 151
9	FCAW BC 40° (91T)	<i>Root</i>	<i>Lack of Fusion</i>	30-50
		<i>Capping</i>	-	-
10	FCAW Non BC 40 (95T)	<i>Root</i>	<i>Burn Trough</i>	36 - 112, 147 - 175
		<i>Capping</i>	<i>Undercut, Overlap, incomplete fusion</i>	0 - 200
11	FCAW Non BC 40 (96T)	<i>Root</i>	<i>Burn Trough</i>	51 - 144
		<i>Capping</i>	<i>Undercut</i>	136 - 142
12	FCAW Non BC 40 (97T)	<i>Root</i>	<i>Burn Trough</i>	97 - 175
		<i>Capping</i>	<i>Poor bead</i>	157- 200

4.2 Hasil Uji Tarik

Dalam penelitian ini uji *tensile test* menggunakan standar ASTM E8 dengan variasi sudut bevel 30° dan 40°. Penelitian ini menggunakan root gap 3 mm dan ketebalan plat 12 mm dengan menggunakan material baja karbon ASTM A36. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai dari kekuatan Tarik (*tensile strength*) dari material yang sudah dilakukan proses pengelasan FCAW (*Flux Cored Arc Welding*) dengan dan tanpa *backing ceramic*. Penelitian ini menggunakan mesin uji tarik di laboratorium W1 Politeknik Negeri Batam.



Gambar 4. 2 Hasil Uji tarik

Setelah dilakukan proses pengujian *tensile test*, didapatkan hasil data pengujian *tensile test* dengan ketebalan material 12 mm dengan hasil dibawah ini :

Tabel 4. 2 Hasil Uji *tensile* bevel 30° *Backing ceramic*

Data Uji	Tebal Spesimen (mm)	Lebar Spesimen (mm)	Luas Penampang (mm)	YS	TS	Elongation (%)	Jenis Patahan	Lokasi Patahan
				(MPa)	(MPa)			
1	12	12,5	150	318,115	458,793	23	<i>Ductile</i>	HAZ
2	12	12,5	150	334,913	500,954	33	<i>Ductile</i>	HAZ
3	12	12,5	150	404,342	521,813	25	<i>Ductile</i>	HAZ

Keterangan : Ao = Luas Penampang

YS = Kuat Luluh

TS = Beban Tarik

Pada Tabel 4.2 diatas menunjukkan hasil yang didapat dari uji *tensile strength* dengan proses FCAW posisi pengelasan 1G pada spesimen 12 mm dengan sudut bevel 30° menggunakan *backing ceramic*.

Tabel 4. 3 Hasil Uji *tensile* bevel 30° Tanpa *Backing ceramic*

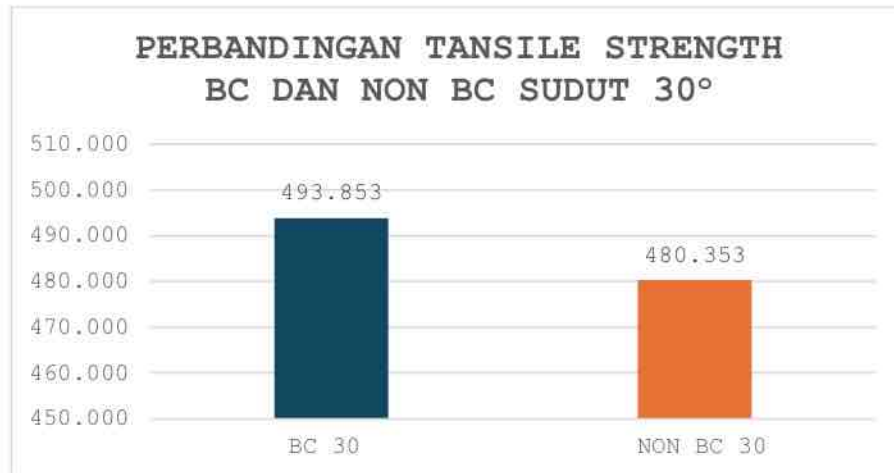
Data Uji	Tebal Spesimen (mm)	Lebar Spesimen (mm)	Luas Penampang (mm)	YS	TS	Elongation (%)	Jenis Patahan	Lokasi Patahan
				(MPa)	(MPa)			
1	12	12,5	150	312,933	490,218	32	<i>Ductile</i>	Base Metal
2	12	12,5	150	335,699	497,893	35	<i>Ductile</i>	Base Metal
3	12	12,5	150	288,577	452,949	34	<i>Ductile</i>	Base Metal

Keterangan : Ao = Luas Penampang

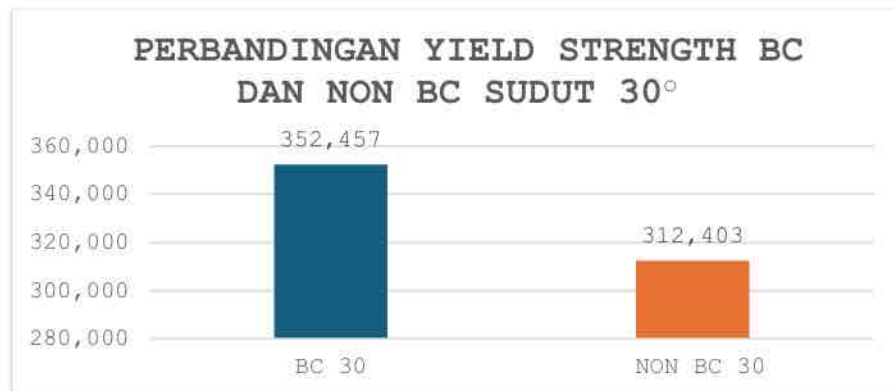
YS = Kuat Luluh

TS = Beban Tarik

Pada Tabel 4.3 diatas menunjukkan hasil yang didapat dari uji *tensile strength* dengan proses FCAW posisi pengelasan 1G pada spesimen 12 mm dengan sudut bevel 30° tanpa *backing ceramic*.



Gambar 4. 3 Perbandingan *tensile strength* BC dan Non BC Sudut 30°



Gambar 4. 4 Perbandingan *tensile strength* BC dan Non BC Sudut 30°

Tabel 4. 4 Hasil Uji *tensile bevel 40° Backing ceramic*

Data Uji	Tebal Spesimen (mm)	Lebar Spesimen (mm)	Luas Penampang (mm)	YS	TS	Elongation (%)	Jenis Patahan	Lokasi Patahan
				(MPa)	(MPa)			
1	12	12,5	150	342,266	488,421	30	<i>Ductile</i>	Base Metal
2	12	12,5	150	338,381	478,365	35	<i>Ductile</i>	Haz
3	12	12,5	150	335,641	469,028	32	<i>Ductile</i>	Haz

Keterangan : Ao = Luas Penampang

YS = Kuat Luluh

TS = Beban Tarik

Pada Tabel 4.4 diatas menunjukkan hasil yang didapat dari uji *tensile strength* dengan proses FCAW posisi pengelasan 1G pada spesimen 12 mm dengan sudut bevel 40° menggunakan *backing ceramic*.

Tabel 4. 5 Hasil Uji *tensile* bevel 40° tanpa *Backing ceramic*

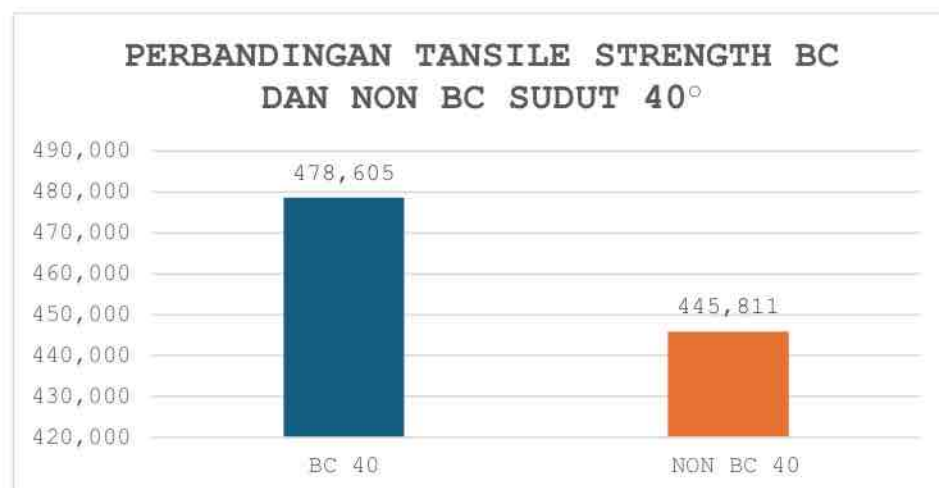
Data Uji	Tebal Spesimen (mm)	Lebar Spesimen (mm)	Luas Penampang (mm)	YS	TS	Elongation (%)	Jenis Patahan	Lokasi Patahan
				(MPa)	(MPa)			
1	12	12,5	150	266,059	384,983	26	<i>Ductile</i>	Haz
2	12	12,5	150	325,387	482,497	41	<i>Ductile</i>	Base Metal
3	12	12,5	150	330,201	469,952	32	<i>Ductile</i>	Base Metal

Keterangan : Ao = Luas Penampang

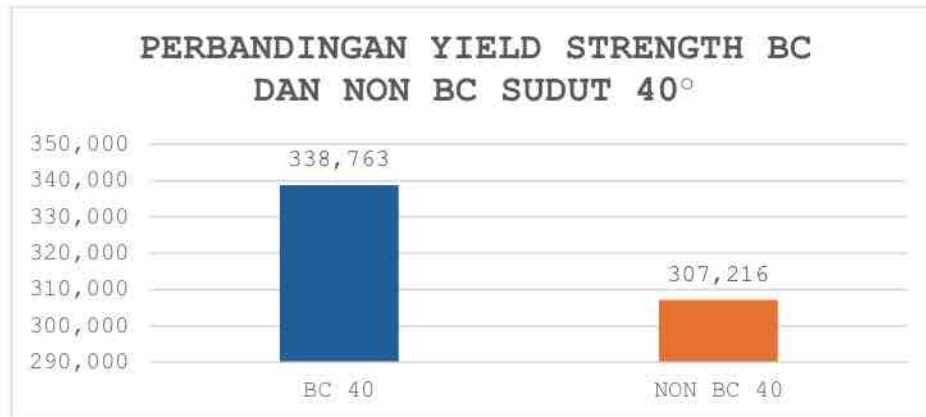
YS = Kuat Luluh

TS = Beban Tarik

Pada Tabel 4.5 diatas menunjukkan hasil yang didapat dari uji *tensile strength* dengan proses FCAW posisi pengelasan 1G pada spesimen 12 mm dengan sudut bevel 40° tanpa menggunakan *backing ceramic*.



Gambar 4. 5 Perbandingan *tensile strength* BC dan Non BC Sudut 40°



Gambar 4. 6 Perbandingan *tensile strength* BC dan Non BC Sudut 40°

4.3 Pengaruh Penggunaan Backing Ceramic Terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Las FCAW

Penggunaan *backing ceramic* memberikan pengaruh kekuatan tarik terhadap sambungan las FCAW pada material ASTM A36. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, spesimen yang menggunakan *backing ceramic* menunjukkan nilai *tensile strength* yang lebih tinggi dibandingkan spesimen tanpa menggunakan *backing*.

Tabel 4. 6 Nilai rata - rata uji *tensile* pada setiap variabel

No	Kode Spesimen	Nilai Spesimen 1 (MPa)	Nilai Spesimen 2 (MPa)	Nilai Spesimen 3 (MPa)	Rata-Rata (MPa)
1	86T, 87T, 88T (BC 30°)	458,793	500,954	521,813	493,853
2	92T, 93T, 94T (Non BC 30°)	490,218	497,893	452,949	480,353
3	89T, 90T, 91 T(BC 40°)	488,421	478,365	469,028	478,605
4	95T, 96T, 97T (Non BC 40°)	384,983	482,497	469,952	445.811

Pada tabel diatas menunjukkan bahwa sudut bevel 30° menggunakan *backing ceramic* mendapatkan nilai rata – rata 493,853 MPa, sedangkan bevel 30° tanpa menggunakan *backing ceramic* mendapatkan rata – rata nilai *tensile strength* 480,353 MPa. Selisih rata-rata ini sebesar 13,5 MPa. Namun, selisih tersebut masih lebih kecil dibandingkan simpangan baku pada masing-masing kelompok (32,11 MPa spesimen BC dan 24,04 MPa *Non BC*), sehingga hal ini belum dapat disimpulkan bahwa penggunaan *backing ceramic* secara nyata meningkatkan kekuatan tarik pada sudut bevel ini. Selisih tersebut kemungkinan masih berada dalam rentang variasi data yang wajar, dan diperlukan pengujian statistik lebih lanjut serta jumlah sampel yang lebih besar untuk memastikan pengaruh *backing ceramic* pada sudut bevel 30° .

Hasil yang serupa juga bisa dilihat pada variasi bevel 40° . Spesimen yang menggunakan *backing ceramic* mendapatkan nilai tensile 478,605 MPa, sedangkan tanpa menggunakan *backing ceramic* mendapatkan nilai rata – rata 445,811 MPa. Namun, selisih tersebut juga masih dalam rentang simpangan baku *non backing ceramic* 40° , sehingga kecenderungan ini masih memerlukan konfirmasi melalui pengujian statistik dan jumlah sampel yang lebih besar.

4.4 Pengaruh Sudut Bevel Terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Las FCAW

Sudut bevel merupakan salah satu faktor terpenting yang mempengaruhi kualitas las karena berhubungan langsung dengan bentuk kampuh, volume logam pengisi, dan juga Tingkat penetrasi las yang dihasilkan. Berdasarkan hasil uji tarik yang telah dilakukan, sudut bevel 30° menghasilkan nilai *tensile strength* yang lebih tinggi dibanding sudut bevel 40° . Hasil tersebut menunjukkan bahwa sudut bevel yang lebih kecil menghasilkan volume kampuh yang lebih sempit sehingga kebutuhan logam pengisi menjadi lebih sedikit.

Sudut bevel 30° memungkinkan terbentuknya penetrasi yang baik dengan jumlah lapisan las yang relatif lebih sedikit dibandingkan sudut

bevel 40°. Pada sudut bevel yang lebih besar, volume kampuh yang harus diisi menjadi lebih banyak sehingga peluang terjadinya ketidaksempurnaan fusi antar lapisan maupun cacat pengelasan lainnya dapat meningkat. Kondisi tersebut dapat menyebabkan penurunan kualitas sambungan dan berdampak pada menurunnya nilai kekuatan tarik.

4.5 Pengaruh Kombinasi Backing Ceramic dan Sudut Bevel Terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Las FCAW

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, hasil menunjukkan bahwa penggunaan *backing ceramic* memberikan pengaruh positif terhadap kekuatan tarik sambungan las FCAW, spesimen dengan sudut bevel 30° menghasilkan nilai kekuatan tarik dengan rata – rata sebesar 493,853 MPa. Sedangkan nilai kekuatan tarik terendah diperoleh pada spesimen 40° tanpa *backing ceramic* dengan nilai rata - rata 445.811 MPa. Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa penggunaan *backing ceramic* memberikan pengaruh yang cukup baik terhadap kekuatan tarik sambungan las. Pada sudut bevel 30°, nilai kekuatan tarik meningkat dari 480,353 MPa menjadi 493,853 MPa setelah menggunakan *backing ceramic*, pada sudut bevel 40° penggunaan *backing ceramic* meningkatkan nilai kekuatan tarik dari 445.811 MPa menjadi 478,605 MPa. Peningkatan kekuatan tarik ini karena *backing ceramic* mampu membantu pembentukan *root weld* yang lebih baik. Saat proses pengelasan berlangsung, logam cair pada bagian akar las dapat tertahan dengan baik sehingga penetrasi menjadi lebih sempurna.

Selain penggunaan *backing ceramic*, sudut bevel juga mempengaruhi hasil kekuatan tarik sambungan las. Sudut bevel 30° menghasilkan nilai kekuatan tarik yang lebih tinggi dibandingkan sudut bevel 40°. Hal ini menunjukkan bahwa sudut bevel 30° memberikan kondisi kampuh yang lebih sesuai untuk proses pengelasan FCAW yang digunakan. Hasil penelitian ini memberikan kesesuaian dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Muflih et al., 2025), penggunaan *backing ceramic* terbukti mampu meningkatkan kualitas sambungan las dan mengurangi kemungkinan terjadinya cacat pengelasan. Penelitian tersebut juga

menunjukkan bahwa spesimen yang menggunakan *backing ceramic* memiliki kekuatan tarik yang lebih tinggi dibandingkan spesimen tanpa *backing ceramic*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian pengaruh *backing ceramic* dengan variasi sudut bevel pada sambungan las FCAW baja ASTM A36, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Variasi sudut bevel dan penggunaan *backing ceramic* berpengaruh terhadap nilai kekuatan tarik sambungan las FCAW pada material ASTM A36. Nilai rata-rata *tensile strength* tertinggi diperoleh pada spesimen dengan sudut bevel 30° menggunakan *backing ceramic* sebesar 493,853 MPa, sedangkan nilai rata-rata *tensile strength* terendah diperoleh pada spesimen dengan sudut bevel 40° tanpa *backing ceramic* sebesar 445.811 MPa. Hasil ini menunjukkan bahwa kombinasi sudut bevel 30° dan *backing ceramic* menghasilkan kualitas sambungan las yang lebih baik dibandingkan variasi lainnya.
2. Penggunaan *backing ceramic* terbukti mengurangi risiko cacat pada akar las (seperti *burn-through*) dibandingkan pengelasan tanpa *backing ceramic*, sehingga secara umum meningkatkan nilai rata-rata *tensile strength* pada kedua sudut bevel. Pada sudut bevel 30°, penggunaan *backing ceramic* meningkatkan nilai rata-rata *tensile strength* dari 480,353 MPa menjadi 493,853 MPa meningkat sebesar 13,5 MPa. Spesimen *backing ceramic* 30° juga memiliki simpangan baku paling lebar yaitu sebesar 32,11 MPa, sehingga peningkatan ini masih perlu dikonfirmasi dengan pengujian statistik dan jumlah sampel yang lebih besar. Sedangkan pada sudut bevel 40°, nilai rata-rata *tensile strength* meningkat dari 445.811 MPa menjadi 478,605 MPa atau meningkat sebesar 32,794 MPa. Peningkatan tersebut terjadi karena *backing ceramic* mampu membantu pembentukan *root weld* yang lebih stabil, meningkatkan penetrasi las, serta mengurangi potensi cacat pengelasan pada bagian akar las.

5.2 Saran

1. Pada proses pengelasan, perlu dilakukan pengendalian parameter las yang lebih konsisten, seperti arus, tegangan, kecepatan pengelasan, dan teknik ayunan elektroda, agar hasil pengelasan yang diperoleh lebih seragam dan meminimalkan terjadinya cacat las.
2. Penelitian selanjutnya dapat menambahkan jenis pengujian lain, seperti uji kekerasan, uji *impak*, atau pengamatan struktur mikro untuk memperoleh informasi yang lebih lengkap mengenai pengaruh penggunaan *backing ceramic* terhadap sifat mekanik sambungan las.
3. Penggunaan *backing ceramic* direkomendasikan pada proses pengelasan FCAW baja ASTM A36 karena berdasarkan hasil penelitian mampu menghasilkan penetrasi akar yang lebih baik serta meningkatkan nilai kekuatan tarik sambungan las dibandingkan pengelasan tanpa *backing ceramic*.

DAFTAR PUSTAKA

- Fata, H., Razi, M., & Politeknik Negeri Lhokseumawe JIBanda Aceh-Medan Km, S. (2020). Pengaruh variasi sudut kampuh bevel groove terhadap kekuatan tarik material Stainless Steel 304. In *Journal of Welding Technology* (Vol. 2, Number 1).
- Hamzah. (2023). *Improve Competence to Complete the Requirements for International Welder Part of the Book Series "Material and Structure Engineering" Influence of Use Backing ceramic to Value tensile strength on ASTM A36 Steel Using SMAW Welding*.
- Muflih, A., Sangadji, R., Hamid, A., Sutrisno, S., & Wa'addulloh, M. (2025). Analisa Pengaruh Variasi Bevel Dan Penggunaan Backing Ceramic Terhadap Kekuatan dan Defect Material Baja Grade A Pengelasan Shield Metal Arc Welding (SMAW). *Jurnal Universal Technic*, 4(1), 40–50. <https://doi.org/10.58192/unitech.v4i1.3701>
- Muhammad Alfi Rachmawan, & Erifive Pranatal. (2023). Analisis Kekuatan Hasil Las Backing Ceramic Pada Proses Pengelasan Fcaw Material Baja Karbon A36. *Ocean Engineering : Jurnal Ilmu Teknik Dan Teknologi Maritim*, 2(2), 97–110. <https://doi.org/10.58192/ocean.v2i2.1150>
- Novansyah, F., Ihsan Rijal, M., Yhuto Wibisono Putra, A., Aryanguna, R., & Yuga Pranata, R. (2023). ANALISIS PENGARUH SUDUT BEVEL DAN POLARITAS TERHADAP DEFECT PADA TEMBUSAN HASIL PENGELASAN SMAW. *KURVATEK*, 8(2), 143–148. <https://doi.org/10.33579/krvtk.v8i2.4077>
- Ramadhani, M. F., & Ridwan, M. (2025). Comparative Analysis Of FCAW And SMAW Welding Currents On ASTM A36 Steel Plate With Ceramic Backing Method At X Shipment On Tensile And Bending Strength. In *GADING: Journal of Marine Technology and Ship Construction* (Vol. 01, Number 01).
- Sade, J. (2023). *Improve Competence to Complete the Requirements for International Welder Part of the Book Series "Material and Structure Engineering" Effect of Using Ceramic Backing Media on SMAW Welding on Value Reduction of Area on ASTM A36 Steel*.

- Shobirin, M., & Mulyadi, M. (2024). Analisa Pengaruh Variasi Arus pada Pengelasan GTAW ditinjau dari Pengujian Tarik pada Material Plat ASTM A36. *Innovative Technologica: Methodical Research Journal*, 3(1).
<https://doi.org/10.47134/innovative.v3i1>
- Wibowo, H., Noer Ilman, M., & Iswanto, P. (2016). Analisa Heat Input Pengelasan terhadap Distorsi, Struktur Mikro dan Kekuatan Mekanis Baja A36. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 7(1), 5–12.

LAMPIRAN

No	Gambar	Keterangan
1		Bevel 30° <i>Backing Ceramic</i>

2



Bevel 30° Non Backing Ce-
ramic

3



Bevel 40° *Backing Ceramic*

4		Bevel 40° Non Backing Ceramic
5		Mesin Uji Tarik

6



Laser Cutting

7

V

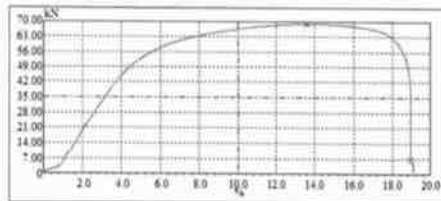
 $\sigma_6 T$
 $\sigma_c - 30^\circ (1)$

Kurva Spesimen 1 Bevel 30°
Backing Ceramic

Politeknik Negeri Batam


Test No.	Test date	Max. Load	tenile strength	elongation
1	2026-05-26	68.819	438.793	23.662

Test No.	Yield point	Yield strength	Energy
1	49.036	318.115	515.074



8

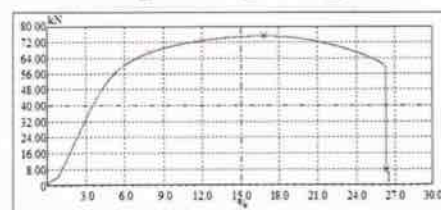
 $\sigma_7 T$
 $\sigma_c - 30^\circ (2)$

Kurva Spesimen 2 Bevel 30°
Backing Ceramic

Politeknik Negeri Batam


Test No.	Test date	Max. Load	tenile strength	elongation
1	2026-05-26	75.143	590.954	32.895

Test No.	Yield point	Yield strength	Energy
1	66.794	334.913	812.466



9

88 T
BC - 30° (3)

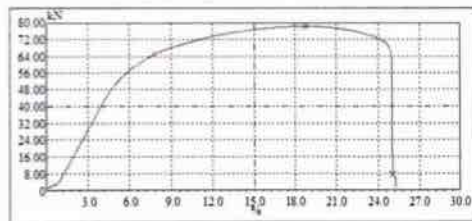
Kurva Spesimen 3 Bevel 30°
Backing Ceramic

Politeknik Negeri Batam

Test No.	Test date	Max. Load	tensile strength	elongation
		kN	MPa	%
1	2026-06-08	78.272	626.176	25.019



Test No.	Yield point	Yield strength	Energy
	kN	MPa	J
1	65.075	404.342	782.197



10

89 T
BC - 40° (1)

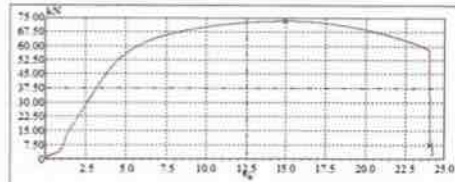
Kurva Spesimen 1 Bevel 40°
Backing Ceramic

Politeknik Negeri Batam

Test No.	Test date	Max. Load	tensile strength	elongation
		kN	MPa	%
1	2026-05-26	73.263	488.421	30.022



Test No.	Yield point	Yield strength	Energy
	kN	MPa	J
1	51.491	342.268	720.324



11

90T
BC - 40°

Kurva Spesimen 2 Bevel 40°
Backing Ceramic

Politeknik Negeri Batam

Test No.	Test date	Max. Load kN	tensile strength MPa	elongation %
1	2026-05-26	71.755	478.365	35.573

Test No.	Yield point kN	Yield strength MPa	Energy J
1	51.780	338.381	851.528

12

91T
BC - 40°(S)

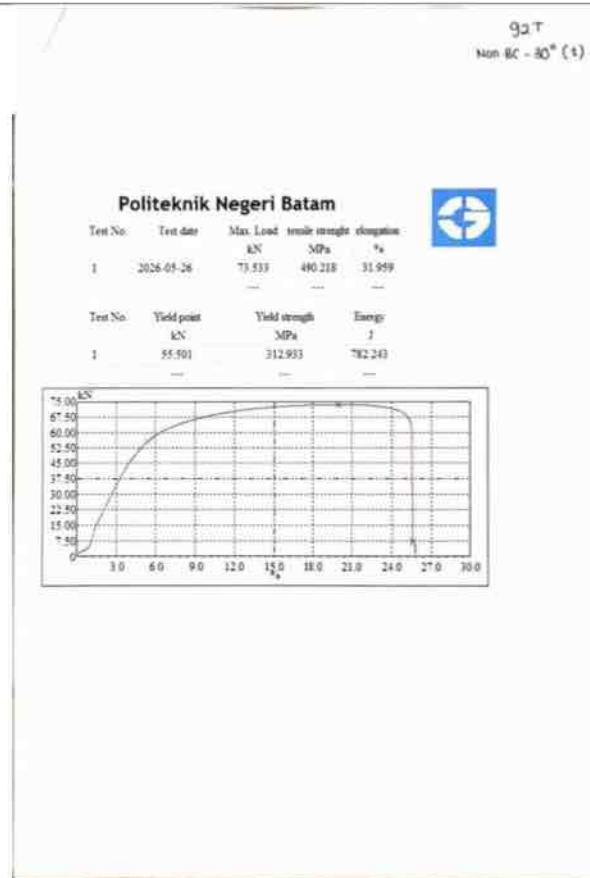
Kurva Spesimen 3 Bevel 40°
Backing Ceramic

Politeknik Negeri Batam

Test No.	Test date	Max. Load kN	tensile strength MPa	elongation %
1	2026-05-26	70.154	469.028	31.768

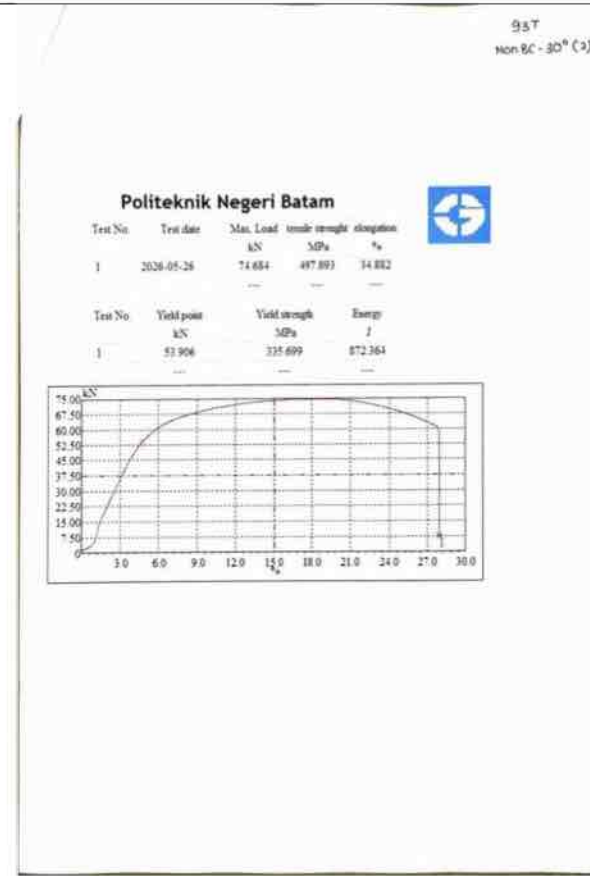
Test No.	Yield point kN	Yield strength MPa	Energy J
1	54.333	335.641	741.196

13



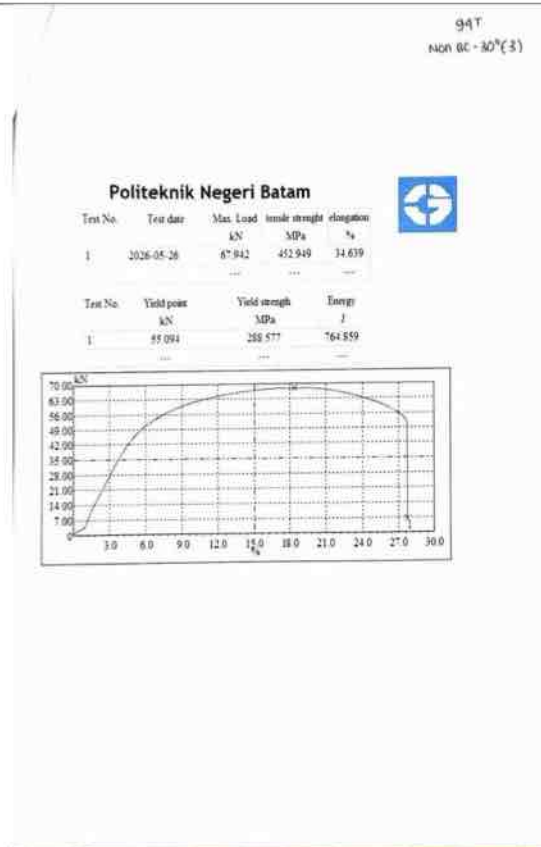
Kurva Spesimen 1 Bevel 30°
Non Backing Ceramic

14



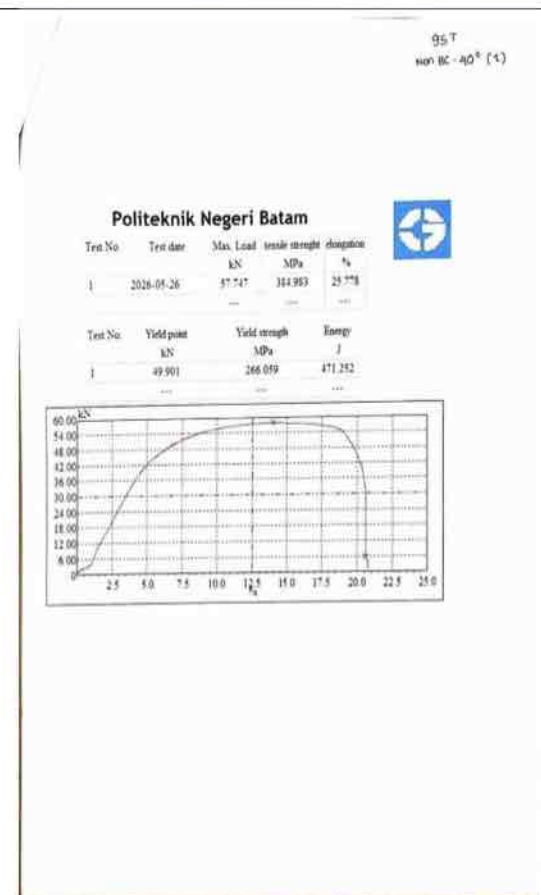
Kurva Spesimen 2 Bevel 30°
Non Backing Ceramic

15



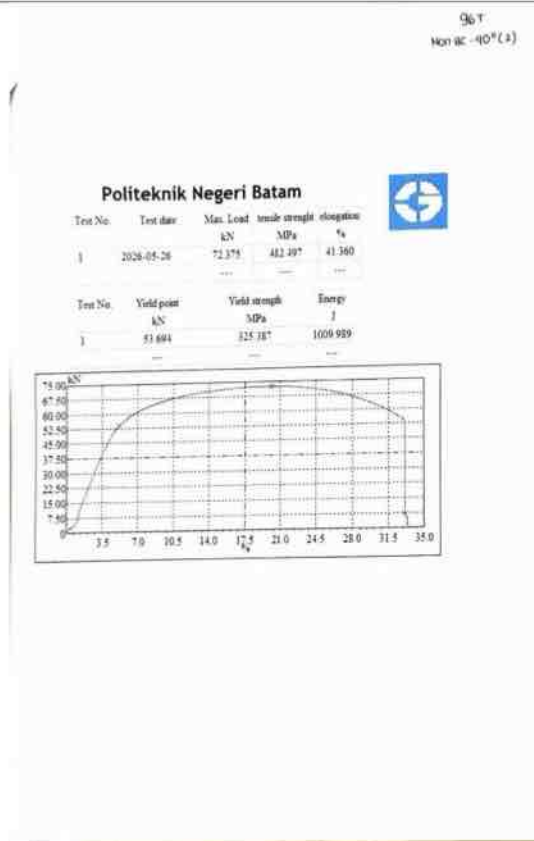
Kurva Spesimen 3 Bevel 30°
Non Backing Ceramic

16



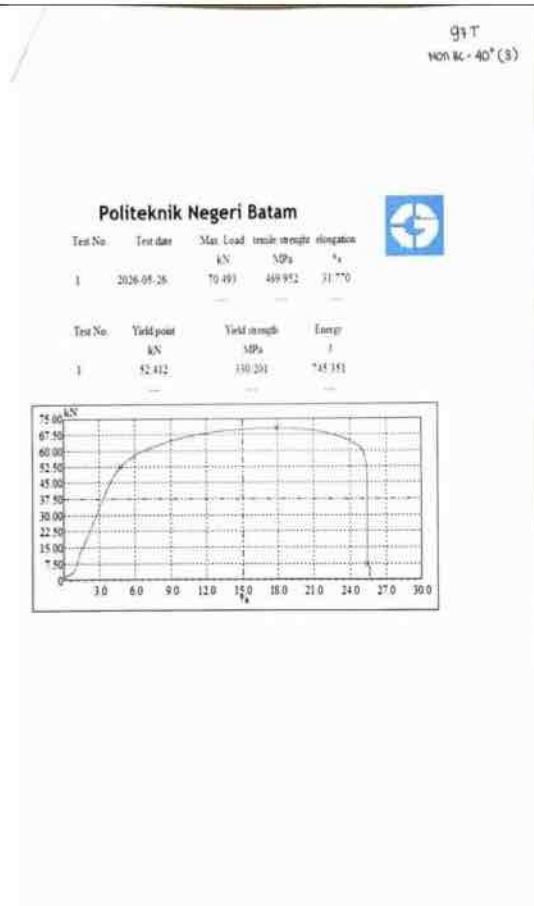
Kurva Spesimen 1 Bevel 40°
Non Backing Ceramic

17



Kurva Spesimen 2 Bevel 40°
Non Backing Ceramic

18



Kurva Spesimen 3 Bevel 40°
Non Backing Ceramic

