



Analisis Uji Impak *Aluminium* 6061 Setelah Proses Perlakuan Panas (*Heat Treatment*) dan Pendinginan Cepat (*Quenching*) Sebagai Tameng Huru-Hara

Analysis Of Aluminium 6061 Impact Test After Heat Treatment And Quenching Process As a Riot Shield

Maulana Mahardika Triono^{1*}, Denden Mohamad Ariffin²

^{1,2} Program Studi Teknik Aeronautika Pertahanan, Akademi Angkatan Udara

E-mail: arditriono4@gmail.com

Abstract— *This research aims to analyze the impact strength of Aluminium 6061 as an alternative material for Riot Shields compared to polycarbonate, which is commonly used today. The main focus of this study is to determine the effect of heat treatment and rapid cooling (quenching) on the improvement of Aluminium 6061's impact resistance. The testing method used was the Charpy impact test according to ASTM E23 standards, designed to measure the absorbed energy and impact value of each test specimen. The results showed that Aluminium 6061 with heat treatment and quenching achieved an impact energy of 25.46 Joules and an average impact value of 0.3075 J/mm², while polycarbonate exhibited only 5.09 Joules of impact energy and 0.1184 J/mm² of impact value. This indicates that Aluminium 6061 has a significantly higher impact resistance compared to polycarbonate. Therefore, Aluminium 6061 has strong potential to be used as an alternative riot shield material that provides greater strength and durability, although it weighs almost twice as much as polycarbonate shields. This study is expected to provide new insights into the use of lightweight high-performance metals in the development of personal protection equipment for the Indonesian Air Force (TNI AU), particularly for riot shield applications.*

Keywords— *Aluminium 6061, Polycarbonate, Charpy Impact Test, Heat Treatment, Quenching, Riot Shield.*

Abstrak— *Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kekuatan impak dari material aluminium 6061 sebagai alternatif bahan Riot Shield (Tameng Huru Hara) dibandingkan dengan polikarbonat yang saat ini umum digunakan. Fokus penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh perlakuan panas (heat treatment) dan pendinginan cepat (quenching) terhadap peningkatan ketahanan impak aluminium 6061. Metode pengujian yang digunakan yaitu uji impak metode Charpy sesuai standar ASTM E23, yang bertujuan untuk mengukur energi dan harga impak pada masing-masing spesimen uji. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aluminium 6061 yang telah melalui proses heat treatment dan quenching memiliki energi impak sebesar 25,46 Joule dan harga impak rata-rata 0,3075 J/mm², sedangkan polikarbonat hanya memiliki energi impak 5,09 Joule dan harga impak 0,1184 J/mm². Hal ini menunjukkan bahwa aluminium 6061 memiliki ketahanan impak yang jauh lebih tinggi dibandingkan polikarbonat. Dengan demikian, aluminium 6061 berpotensi menjadi bahan alternatif tameng huru hara yang lebih kuat dan tahan terhadap benturan, meskipun memiliki berat hampir dua kali lipat dibandingkan tameng polikarbonat. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan*

*Maulana Mahardika Triono
E-mail: arditriono4@gmail.com

baru tentang penggunaan material logam ringan berperforma tinggi dalam pengembangan alat perlindungan personel TNI AU, khususnya dalam aplikasi tameng huru hara.

Kata Kunci— *Aluminium 6061, Polikarbonat, Uji Impak Charpy, Heat Treatment, Quenching, Riot Shield.*

I. PENDAHULUAN

Pengembangan teknologi material berperan penting dalam memodernisasi dan meningkatkan efektivitas sistem senjata utama Angkatan Udara Indonesia (TNI AU). Dari sudut pandang penegakan hukum dan keamanan, terutama saat menangani potensi kerusakan atau keresahan, memiliki peralatan yang andal untuk melindungi personel adalah yang terpenting. Peralatan penting dalam situasi ini termasuk Tameng Huru Hara (*Riot Shield*). Tameng dirancang untuk melindungi penjaga, lemparan benda keras, dan serangan fisik lainnya. Kualitas dan efektivitas perisai sangat bergantung pada sifat mekanik bahan yang digunakan, terutama ketahanannya terhadap benturan.

Alumunium 6061 adalah salah satu jenis paduan aluminium yang sangat populer dalam berbagai aplikasi industri, terutama di sektor otomotif, dirgantara, konstruksi, dan manufaktur. Paduan ini termasuk dalam kategori aluminium-magnesium-silikon (Al-Mg-Si) yang dikenal memiliki kombinasi kekuatan tinggi, ketahanan terhadap korosi, serta kemampuan untuk diproses dengan mudah. Alumunium 6061 sering digunakan dalam bentuk lembaran, pipa, dan profil, yang dapat diproses melalui pengelasan, pemotongan, serta pembentukan dengan berbagai metode. Keunggulan utama dari alumunium 6061 adalah bobotnya yang ringan namun cukup kuat, menjadikannya pilihan ideal untuk komponen yang memerlukan kekuatan struktural tanpa menambah beban secara signifikan. Selain itu, alumunium 6061 juga memiliki sifat tahan terhadap pengaruh lingkungan, menjadikannya sangat cocok untuk aplikasi luar ruangan atau di lingkungan yang terpapar kelembapan tinggi.

Proses pendinginan cepat (*Quenching*) merupakan salah satu langkah penting dalam perlakuan panas baja. Tujuan pendinginan adalah untuk menghasilkan struktur martensit yang keras dan kuat. Namun, jika mendingin terlalu cepat, tekanan internal dapat menjadi terlalu tinggi, mengurangi ketagguhan material dan berpotensi menyebabkan retakan. Oleh karena itu, pengendalian parameter pendinginan seperti cairan pendingin dan laju pendinginan penting untuk memperoleh sifat mekanik yang optimal. Hal ini dapat sangat berguna bagi kemajuan alat perlindungan diri contohnya *Riot Shield* atau sering dikenal Tameng Huru Hara.

II. LANDASAN TEORI

Pada tugas akhir ini, penulis akan melakukan analisis perbandingan sifat mekanik polikarbonat dan AL 6061 dengan cara membandingkan kekuatan uji impak antara produk asli Tameng Huru-Hara dengan hasil penelitian yang penulis buat. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu polikarbonat dan alumunium 6061. Berikut ini adalah beberapa penelitian terkait mengenai analisis yang sudah dilakukan oleh peneliti sebelumnya, antara lain :

a. (Ishak Herwandi Cahyono, 2018) " *Analisa Pengaruh Variasi Temperatur Pada Alluminium Alloy 6061 Dengan Variasi Media Pendingin Terhadap Uji Kekerasan* " Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh media pendingin terhadap tingkat kekerasan *aluminium alloy 6061*. Metode yang dapat diterapkan untuk mendapatkan aluminium dengan kekerasan dan kekuatan yang optimal antara lain dengan Benda uji diberi perlakuan panas dengan suhu 120°C, 160°C & 200°C dan waktu tahan 30 menit, 60 menit, 90 menit. Kemudian dilakukan proses pendinginan menggunakan air tawar. Benda kerja hasil proses *aging* di uji dengan uji impak, uji kekerasan. Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *heat treatment* dan *quenching* pada *aluminium alloy 6061* diperoleh hasil uji impak tertinggi pada suhu 200 °C dan waktu tahan 90 menit dengan nilai energi yang diserap sebesar 3351 E (kgm).

b. Michael R Edwards, pada tahun 2008 " *Plastics Rubber and Composites* " Polikarbonat umumnya digunakan sebagai bahan perisai anti huru-hara. Tembakan dari baja serat 8,3 g bantalan bola dengan kecepatan 23-98 m/s menghasilkan kerusakan berupa penyok. Pengujian tarik selanjutnya menunjukkan penurunan kecil dalam kekuatan luluh dan keuletan untuk kecepatan tumbukan lebih besar dari 58 m/s. Penurunan kekuatan luluh dan keuletan ini lebih ditandai untuk spesimen yang telah direndam dalam aseton selama 10 menit setelah dampak balistik. Dengan demikian kerentanan terhadap kegagalan getas kemungkinan besar terkait dengan perisai yang telah dipukul oleh benda tajam dan terpapar pelarut setelah benturan. Tekanan mekanis dari polikarbonat pada titik tumbukan oleh bantalan bola tidak berpengaruh pada sifat mekanik selanjutnya.

c. (Tsamroh & Riza Fauzy, 2022) " *Peningkatan Sifat Mekanik Al6061 Melalui Heat Treatment Natural-Artificial Aging* " Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanik 6061 serta mendapatkan sifat mekanik antara aluminium 6061 yang dikeraskan dengan menggunakan metode *natural aging* yang dilanjutkan dengan *artificial aging*. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen laboratorium. Proses *natural aging* dan *artificial aging* dilakukan dengan proses *solution heat treatment* pada suhu 520°C ditahan selama 30 menit, dan *quenching* dilakukan dengan media campuran air dan *dromus oil*. Selanjutnya proses *natural aging* dilakukan dengan penahanan di temperatur kamar selama 7 hari, dilanjutkan proses *artificial aging*, pemanasan dilakukan pada temperatur 200°C dengan variasi *holding time* selama 2, 4, dan 6. Hasil perlakuan panas pada aluminium 6061 akan diuji kekerasan dan struktur mikronya dimana hasil terbaik ditunjukkan pada spesimen dengan waktu penahanan *artificial aging* selama 4 jam.

1. Uraian Teori. Beberapa istilah-istilah dalam penelitian yang akan membantu pembaca dalam memahami penelitian yang akan dilakukan oleh penulis.

a. Alumunium 6061. Alumunium 6061 merupakan paduan alumunium (Al) dengan magnesium (Mg), dan ada unsur paduan Silika (Si). Alumunium-6061 memiliki sifat tidak dapat diperlakukan-panas, dan Aluminium-6061 banyak dipakai untuk konstruksi umum, termasuk pada bidang otomotif. (Vigo Kusumawardana & Soeparno Djiwo, n.d.) Aluminium 6061 adalah salah satu paduan aluminium yang mana penggunaannya banyak diaplikasikan dalam bidang industri otomotif, industri militer, serta industri dirgantara, hal ini disebabkan aluminium 6061 memiliki kekuatan yang cukup tinggi, ketahanan korosi yang relatif tinggi, serta ringan jika dibandingkan dengan paduan logam yang lain. (Wardani et al., 2022). Aluminium yang dimaksud seperti pada Gambar 2.1 berikut ini.



Gambar 2.1. Alumunium 6061.

b. Uji impak. Uji impak bisa diartikan sebagai suatu tes yang mengukur kemampuan suatu bahan dalam menerima beban tumbuk yang diukur dengan besarnya energi yang diperlukan untuk mematahkan spesimen dengan ayunan. (Vigo Kusumawardana & Soeparno Djiwo, n.d.). Uji Impak merupakan salah satu metode pengujian yang mengukur ketahanan bahan terhadap beban kejut. Fungsi dari uji impak itu sendiri adalah mengukur ketangguhan dari suatu bahan. Ketangguhan (*Toughness*) adalah kemampuan suatu material untuk menyerap energi dan mengalami deformasi plastis sebelum akhirnya patah. Inilah yang membedakan pengujian impak dengan pengujian tarik dan kekerasan yang dimana pembebanan dilakukan secara perlahan. Pengujian impak adalah suatu upaya untuk mensimulasikan kondisi operasi material yang sering ditemui dalam perlengkapan transportasi atau konstruksi dimana beban tidak selamanya terjadi secara perlahan-lahan, tetapi datang secara tiba-tiba.

Secara umum metode pengujian impak terdiri dari dua jenis, yaitu :

- 1) Metode *Charpy* adalah pengujian impak dengan meletakkan posisi spesimen uji pada tumpuan dengan posisi horizontal / mendatar dan arah pembebanan berlawanan dengan arah takikan.

Beberapa kelebihan dari metode *Charpy*, antara lain :

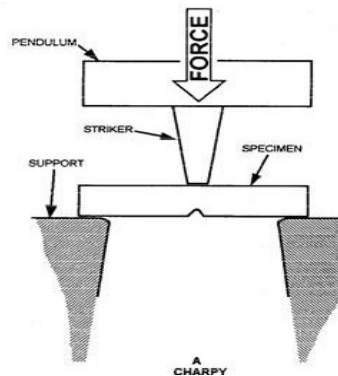
- a) Hasil pengujian lebih akurat, pengerjaanya lebih mudah dipahami dan dilakukan.

- b) Menghasilkan tegangan yang merata di sepanjang penampang.
- c) Waktu pengujian lebih singkat.

Sementara kekurangan dari metode *Charpy*, antara lain :

- a) Hanya dapat dipasang pada posisi horizontal.
- b) Spesimen dapat bergeser dari tumpuan karena tidak dicekam.
- c) Pengujian hanya dapat dilakukan pada spesimen yang kecil.

Berikut hasil pengujiannya pada Gambar 2.2 di bawah ini.



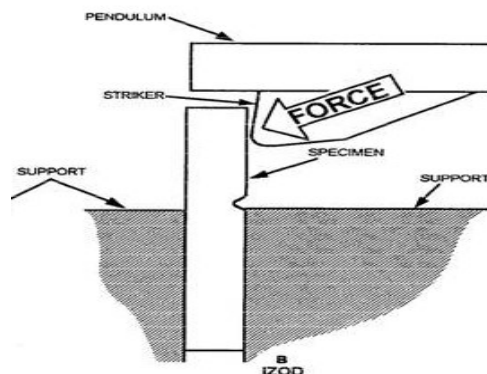
Gambar 2.2. Uji Impak Metode Charpy.

2) Metode *Izod* adalah metode pengujian impak dengan meletakkan posisi spesimen uji pada tumpuan dengan posisi dan arah pembebanan searah dengan arah takikan. Biasanya, metode *Charpy* banyak digunakan di Amerika sedangkan metode *Izod* digunakan di Eropa.

Kelebihan metode *Izod* adalah:

- a) Tumbukan tepat pada takikan dan spesimen tidak mudah digeser karena salah satu ujungnya dicekam.
- b) Dapat menggunakan spesimen dengan ukuran yang lebih besar.
- c) Biaya pengujian lebih mahal.
- d) Pembebanan yang dilakukan hanya pada satu ujungnya, sehingga hasil yang diperoleh kurang baik.
- e) Hasil perpatahan kurang baik.
- f) Waktu yang digunakan untuk pengujian.

Sedangkan bentuk uji impak metode *izod* tersaji pada Gambar 2.3 di bawah ini.



Gambar 2.3. Uji impak Metode Izod.

Secara umum, metode pengujian impak dengan menggunakan metode *Charpy* banyak diterapkan di Amerika Serikat, sedangkan metode *Izod* lebih umum digunakan di Eropa, khususnya Inggris. Dalam pengujian *Charpy*, benda uji diletakkan dalam posisi mendatar pada tumpuan, lalu diberikan beban impak melalui ayunan bandul dengan kecepatan sekitar 16 ft/detik. Pada saat pengujian, benda uji akan mengalami kelenturan dan akhirnya patah pada laju regangan yang tinggi, kira-kira mencapai 10^3 detik⁻¹.

Di sisi lain, metode *Izod*, yang sekarang cukup jarang digunakan, melibatkan benda uji dengan penampang lintang berbentuk bujur sangkar atau lingkaran, dilengkapi dengan takikan berbentuk V di dekat ujung yang terjepit. Terdapat perbedaan yang jelas dalam cara pembebanan antara uji *Izod* dan *Charpy*.

Dalam penelitian ini, metode yang dipilih adalah metode *Charpy*. Pada metode ini, spesimen uji diletakkan secara mendatar dan ditahan di kedua ujungnya oleh penahan. Pendulum kemudian ditarik ke atas sesuai dengan ketinggian yang diinginkan. Setelah itu, pendulum dilepaskan, dan tepat mengenai bagian belakang takikan atau sejajar dengan takikan tersebut. Saat pendulum diangkat ke ketinggian h_1 , ia akan dilepaskan dan berayun bebas memukul spesimen hingga patah, sementara pendulum masih terus berayun. Pada ketinggian h_2 , maka energi yang dibutuhkan untuk mematahkan spesimen dapat dihitung menggunakan ASTM E23 dengan rumus sebagai berikut:

$$W1 = G \times h1 \text{ (kg m)} \dots\dots\dots(1)$$

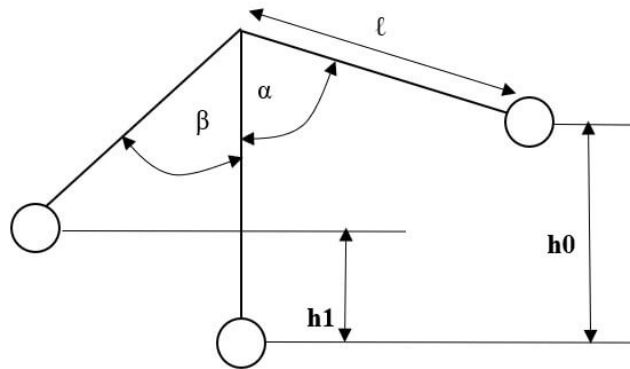
Dimana:

$W1$ = Usaha yang dilakukan (kg m)

G = Berat pendulum (kg)

$h1$ = Percepatan gravitasi (sekitar 9.81 m/s^2)

Tinggi pendulum sebelum dan sesudah dijatuhkan ($h_1 - h_2$) dapat dinyatakan dengan sudut, maka energi yang dibutuhkan untuk mematahkan spesimen dapat dihitung.



Gambar 2.4. Skema perhitungan Uji Impak Metode Charpy.

Adapun Skema Perhitungan Energi Impak adalah:

$$W1 = G \times \lambda (l - \cos \alpha) \text{ (kg m)} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

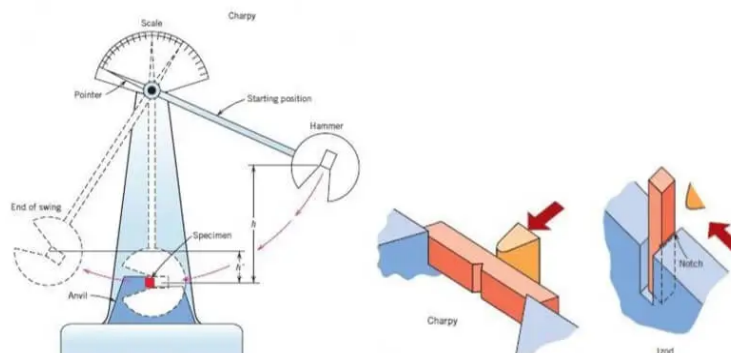
- $W1$ = Usaha yang dilakukan (kg m)
- G = Berat pendulum (kg)
- $h1$ = Jarak awal antara pendulum dengan benda uji (m)
- λ = Jarak lengan pengayun (m)
- $\cos \lambda$ = Sudut posisi awal pendulum

Sedangkan sisa usaha setelah mematahkan benda uji dapat diketahui melalui rumus sebagai berikut.

$$W2 = G \times h2 \text{ (kg m)} \dots \dots \dots (3)$$

Sehingga dapat diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$W2 = G \times \lambda (l - \cos \beta) \text{ (kg m)} \dots \dots \dots (4)$$



Gambar 2.5. Skematik Penggunaan Alat uji Impak Charpy.

Besarnya usaha yang diperlukan untuk memukul patah benda uji dapat diketahui melalui rumus sebagai berikut :

$$W = W1 - W2 \text{ (kg m)} \dots\dots\dots(5)$$

Sehingga persamaan yang diperoleh dari rumus diatas adalah sebagai berikut :

$$W = G \times \lambda (\cos \beta - \cos \lambda) \text{ (kg m)} \dots\dots\dots(6)$$

Dan besarnya harga impak dapat diketahui dari rumus berikut ini :

$$K = W/A0 \dots\dots\dots(7)$$

Di mana :

K = nilai impak (kg m/mm²)

$A0$ = luas penampang dibawah takikan (mm²)

W = usaha yang diperlukan untuk mematahkan benda uji (kg m)

$W1$ = usaha yang dilakukan (kg m)

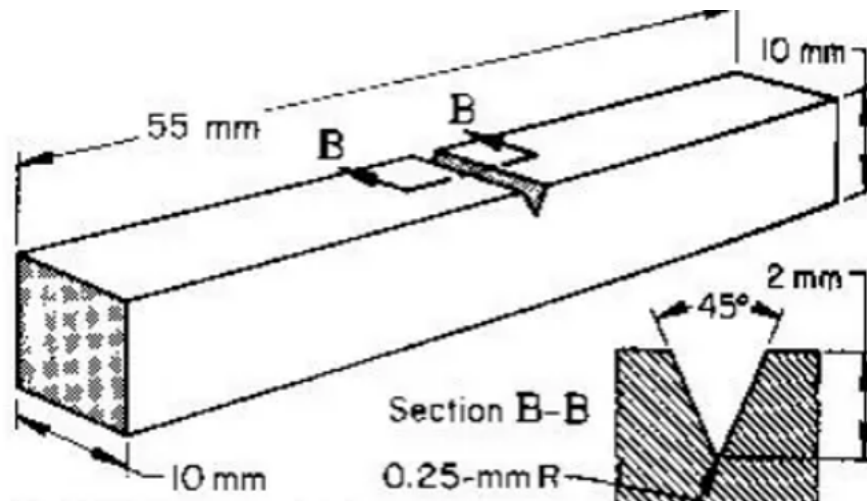
$W2$ = sisa usaha setelah mematahkan benda uji (kg m)

G = berat pendulum (kg)

λ = jarak lengan pengayun (m)

$\cos \lambda$ = sudut posisi awal pendulum

$\cos \beta$ = sudut posisi akhir pendulum



Gambar 2.6. Diameter pengujian impak charpy.

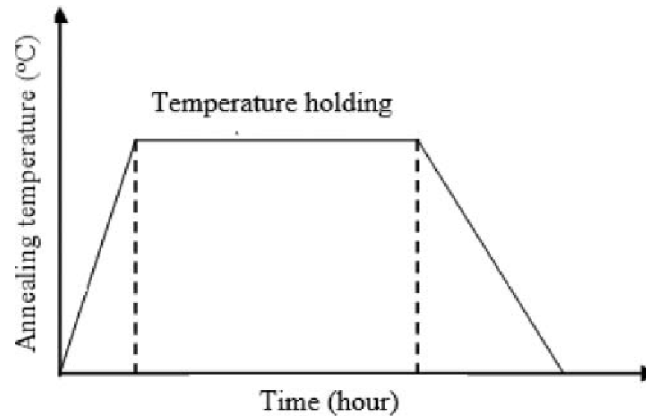
a. Heat Treatment. *Heat treatment* adalah proses pemanasan dan pendinginan material, terutama logam, untuk mengubah sifat fisik dan mekaniknya sesuai kebutuhan tertentu. Tujuannya bisa mencakup peningkatan kekuatan, ketahanan aus, kelenturan, atau daya tahan terhadap korosi. Proses ini melibatkan pemanasan material hingga suhu tertentu, mempertahankannya pada suhu tersebut untuk waktu yang diperlukan, dan kemudian mendinginkannya dengan cara yang terkontrol. Beberapa jenis heat treatment yang umum dilakukan adalah *annealing* (untuk melunakkan material), *tempering* (untuk mengurangi kekerasan berlebih), *normalizing* (untuk memperbaiki struktur mikro) dan *hardening* (untuk mengeraskan permukaan material).

- 1) *Annealing* adalah proses pemanasan material hingga suhu tertentu, biasanya lebih tinggi dari suhu rekristalisasi, dan kemudian didinginkan secara perlahan. Proses ini juga digunakan untuk mengembalikan material ke keadaan yang lebih ulet setelah proses pengerjaan dingin atau deformasi, dengan tujuan mengurangi kekerasan, meningkatkan kelenturan, mengurangi tegangan internal, dan memperbaiki struktur mikro.

Annealing terdiri dari 3 proses yaitu :

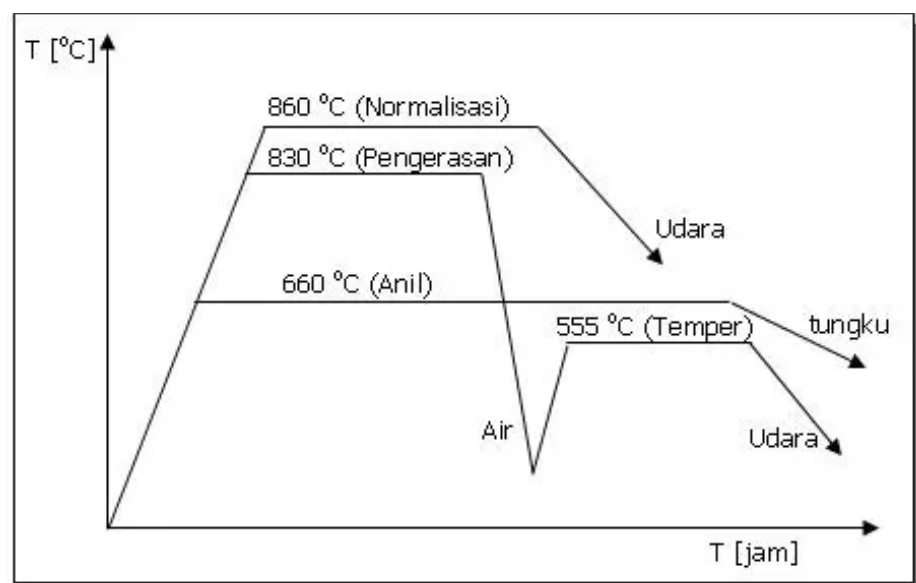
- a) *Fase recovery.* *Fase recovery* adalah hasil dari pelunakan logam melalui pelepasan cacat kristal (tipe utama dimana cacat linear disebut dislokasi) dan tegangan dalam.
- b) *Fase rekristalisasi.* *Fase rekristalisasi* adalah fase dimana butir nucleate baru dan tumbuh untuk menggantikan cacat- cacat oleh tegangan dalam.

- c) Fase *grain growth* (tumbuhnya butir). Fase *grain growth* (tumbuhnya butir) adalah fase dimana mikrostruktur mulai menjadi kasar dan menyebabkan logam tidak terlalu memuaskan untuk proses pemesinan.



Gambar 2.7. Grafik proses *Annealing*.

- 2) *Tempering* adalah proses yang dilakukan untuk mengurangi kekerasan yang berlebihan dan meningkatkan ketangguhan material. Logam cenderung menjadi sangat keras tetapi juga rapuh setelah dipanaskan hingga suhu tinggi dan didinginkan cepat (*quenching*). Proses tempering melibatkan pemanasan kembali material ke suhu yang lebih rendah (biasanya antara 150 dan 700°C) dan kemudian mendinginkannya di udara. Dengan mengurangi stres internal dan membuat material lebih ulet, tujuan adalah untuk menyeimbangkan kekerasan dan ketangguhan material.



Gambar 2.8. Grafik proses *Tempering*

3) *Normalizing* adalah proses perlakuan panas dimana proses pemanasan mencapai temperatur, kemudian didinginkan perlahan dengan menggunakan media pendingin udara. Pada proses pendinginan ini temperatur logam terjaga untuk sementara waktu sekitar 2 menit per mm dari ketebalan-nya hingga temperatur spesimen sama dengan temperatur ruangan, dan struktur yang diperoleh dalam proses ini diantaranya perlit (*eutectoid*), perlit *brown ferrite (hypoeutectoid)* atau perlit *brown cementite (hypereutectoid)*. *Normalizing* digunakan untuk menyuling struktur butir dan menciptakan suatu *austenite* yang lebih homogen ketika baja dipanaskan kembali.

4) *Hardening* adalah perlakuan panas terhadap logam dengan sasaran meningkatkan kekerasan alami logam. Perlakuan panas menuntut pemanasan benda kerja menuju suhu pengerasan, jangka waktu penghentian yang memadai pada suhu pengerasan dan pendinginan berikutnya secara cepat dengan kecepatan pendinginan kritis. Akibat pengejukan dingin dari daerah suhu pengerasan ini, dicapai suatu keadaan paksaan bagi struktur baja yang merangsang kekerasan, oleh karena itu maka proses pengerasan ini disebut pengerasan kejut. Karena logam menjadi keras melalui peralihan wujud struktur, maka perlakuan panas ini disebut juga pengerasan alih wujud.

b. Quenching. *Quenching* adalah proses pendinginan cepat di mana logam didinginkan dengan cepat menggunakan media seperti air, minyak, atau udara. Yang sebelumnya telah dilakukan proses *heat treatment*. Tujuan utama dari *quenching* adalah untuk meningkatkan kekerasan material dengan mengubah struktur mikro logam menjadi martensit, yang sangat keras tetapi rapuh. Proses ini sering diikuti dengan *tempering* untuk mengurangi ketangguhan yang berlebihan dan meningkatkan ketangguhan material.

Adapun jenis-jenis *quenching* sebagai berikut:

1) *Water Quenching.* Menggunakan air sebagai media pendingin. Proses ini memberikan pendinginan yang sangat cepat, meningkatkan kekerasan material, namun juga meningkatkan risiko retakan dan distorsi karena stres termal yang tinggi.

2) *Oil Quenching.* Menggunakan minyak sebagai media pendingin, memberikan pendinginan lebih lambat dibandingkan air. Ini mengurangi risiko keretakan dan distorsi, terutama pada material yang lebih tebal.

3) *Air Quenching.* Menggunakan udara atau gas untuk mendinginkan material secara lebih lambat. Proses ini cocok untuk logam yang tidak memerlukan pengerasan ekstrem, menghasilkan pendinginan yang lebih merata dan mengurangi risiko kerusakan.

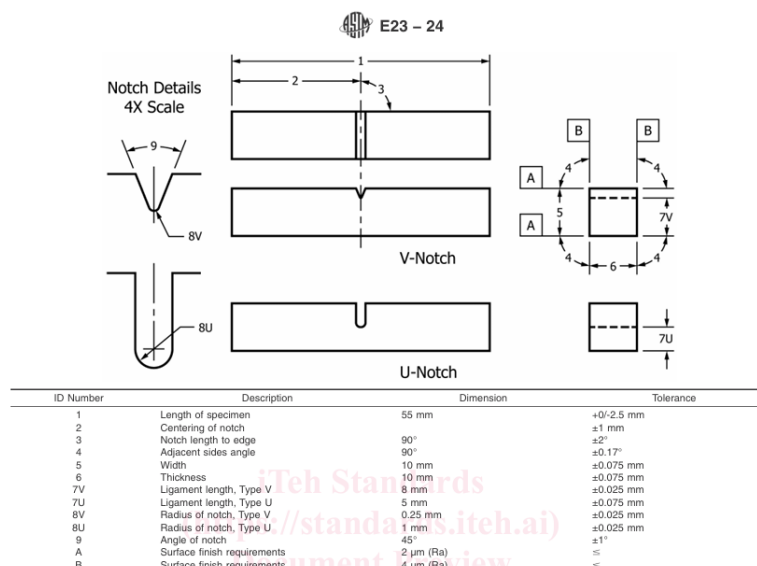
e. Tameng Huru-Hara. Tameng huru-hara adalah alat perlindungan ringan yang digunakan oleh polisi untuk menghadapi huru-hara atau kerusakan. Alat ini berupa tameng yang biasanya menutupi mulai dari kepala hingga lutut dari senjata tumpul, tajam, hingga proyektil. Dalam penggunaan di lapangan, tameng ini juga bisa untuk mendorong perusuh. Biasanya tameng huru-hara tidak bisa melindungi dari tembakan peluru. Biasanya, tameng huru-hara dikombinasikan dengan pentungan. Mayoritas tameng ini tembus pandang, dari bahan polikarbonat, agar mudah

melihat situasi di depan (*"RIOT SHIELD definition and meaning | Collins English Dictionary," n.d.*) Riot Shield atau Tameng huru hara adalah salah satu peralatan yang digunakan oleh aparat keamanan, yang fungsi utama nya adalah sebagai Alat Pelindung Diri. Berikut tameng huru-hara yang diamksud tampak pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9. Tameng Huru-Hara berbahan Polikarbonat.

f. ASTM E23. Standar ASTM E23 menjelaskan pengujian impak batang berlekuk pada logam menurut *Charpy* dan *Izod*. Untuk pengujian, spesimen logam berlekuk dipatahkan menjadi dua menggunakan palu pendulum. Standar ASTM E23 menjelaskan persyaratan untuk spesimen, untuk kinerja pengujian, untuk laporan hasil dan untuk mesin pengujian, yaitu pendulum impact tester pada suhu sekitar serta kondisi suhu tinggi dan rendah.



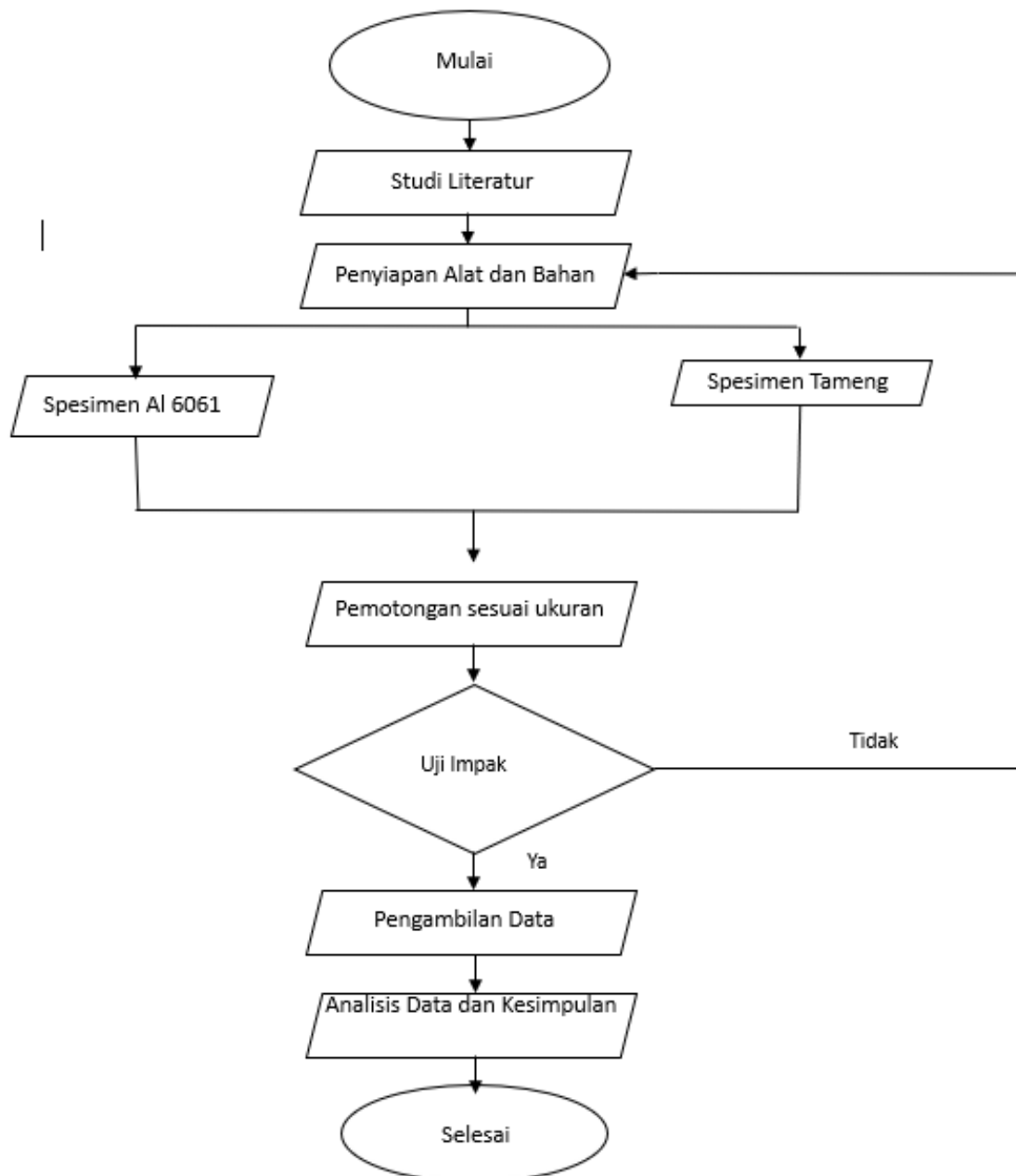
Gambar 2.10. Charpy (Simple-Beam) Impact Test Specimens, V-Notch and U-Notch.

III. METODE/MODEL YANG DIUSULKAN

Metodologi penelitian dimulai dengan perlakuan heat treatment pada plat aluminium 6061, di mana sampel dipanaskan pada suhu 260°C selama 2 jam. Setelah itu, plat mengalami proses

quenching dengan pendinginan cepat menggunakan media air. Proses ini bertujuan untuk meningkatkan kekerasan dan ketahanan material. Setelah perlakuan, sampel diuji menggunakan uji impact Charpy untuk mengukur ketahanan terhadap benturan, dengan menghitung energi yang diserap selama kerusakan. Hasil uji ini dianalisis untuk melihat perubahan ketahanan impact setelah perlakuan dan hubungannya dengan kekerasan material.

Diagram alir penyusun penelitian ini digambarkan pada gambar dibawah ini :



Gambar 11. Diagram Alir

Analisis Uji Impak Aluminium 6061 setelah proses Perlakuan Panas (Heat Treatment) dan Pendinginan Cepat (Quenching) Sebagai Tameng Huru-Hara (Maulana Mahardika Triono)

IV. HASIL/IMPLEMENTASI MODEL DAN PEMBAHASAN

V. . PENGUJIAN DILAKUKAN DI LABORATORIUM MATERIAL TEKNIK DEPARTEMEN AERONAUTIKA AKADEMI ANGKATAN UDARA DENGAN MENGGUNAKAN *PENDULUM IMPACT TESTER* METODE *CHARPY* SESUAI STANDAR ASTM E23.

Tabel 4.1. Data hasil pengujian impak.

Benda Uji	spesimen		Tebal (mm)	Lebar (mm)	Luas (mm ²)	α	β	Panjang pendulum (m)	Berat pendulum (kg)
AL 6061 (<i>Heat treatment & Quenching</i>)		A1	10,00	8,90	89	150	124	0,65	14
AL 6061 (<i>Heat treatment & Quenching</i>)		A2	10,00	7,20	72	150	127	0,65	14
AL 6061 (tanpa perlakuan)		B1	10,00	8,85	88,5	150	127	0,65	14
AL 6061 (tanpa perlakuan)		B2	10,00	8,65	86,5	150	124	0,65	14
Tameng polkarbonat		C3	10,00	4,65	46,5	150	144	0,65	14
Tameng polkarbonat		C4	10,00	4,30	43	150	144	0,65	14

Dari data diatas dapat kita lihat hasil pengujian impak metode *charpy* dengan ukuran spesimen yang digunakan adalah 75 mm x 10 mm x 10 mm. Sudut hantam yang digunakan adalah 150° dengan panjang pendulum 0,65 m dan berat pendulum sebesar 14 kg.

Dari data yang didapatkan pada penelitian diatas, energi patahan menunjukkan besarnya energi yang diserap oleh benda uji sehingga benda uji tersebut mengalami patah sesuai dengan metode impak *charpy*. Maka besarnya energi impak dapat dituliskan dengan rumus sebagai berikut :

$$E = m.g.l (\cos\beta - \cos\alpha).$$

E = energi impak (Joule).

m = massa pendulum (Kg).

g = percepatan gravitasi (m/s²) = 9.8 m/s²

l = panjang lengan pendulum (m).

cos α = sudut awal sebelum pendulum diayun.

$\cos \beta$ = sudut simpangan setelah pendulum menumbuk spesimen. Berikut adalah hasil perhitungan dari rumus diatas:

Tabel 4.2. Hasil perhitungan Energi Impak.

Benda Uji	Energi Impak/E (Joule)	HI (J/mm ²)
AL 6061 (<i>Heat treatment & Quenching</i>)	27,368	0,3075
	23,547	0,3276
AL 6061 (tanpa perlakuan)	23,547	0,2662
	27,368	0,3164
Tameng polikarbonat	5,093	0,1095
	5,0930	0,1184

Dari rumus tersebut maka dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai energi impak. Dengan cara yang sama pada setiap spesimen maka diperoleh nilai dari seluruh spesimen yang diuji. Sebagai contoh akan dilakukan perhitungan pada spesimen. Sebagai contoh akan dilakukan perhitungan pada spesimen AL 6061 (*AI*) dan spesimen AL 6061 (*BI*) serta spesimen polikarbonat (*CI*) sebagai berikut :

$$m = 14 \text{ kg}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$r = 0,65 \text{ m}$$

$$\cos \alpha = \cos 150^\circ$$

$$\cos \beta = \cos 124^\circ$$

Spesimen AL 6061(*AI*)

$$E = m.g.l (\cos \beta - \cos \alpha)$$

$$= 14 \times 9,8 \times 0,65 (\cos 124^\circ - \cos 150^\circ)$$

$$= 89,27 \times (-0,559 - (-0,866)) = 27,3 \text{ Joule}$$

$$\cos \alpha = \cos 150^\circ$$

$$\cos \beta = \cos 127^\circ$$

Spesimen spesimen AL 6061(*BI*)

$$E = m.g.l (\cos \beta - \cos \alpha)$$

$$= 14 \times 9,8 \times 0,65 (\cos 127^\circ - \cos 150^\circ)$$

$$= 89,27 \times (-0,264 - (-0,866))$$

$$= 23,5 \text{ Joule}$$

$$\cos \alpha = \cos 150^\circ$$

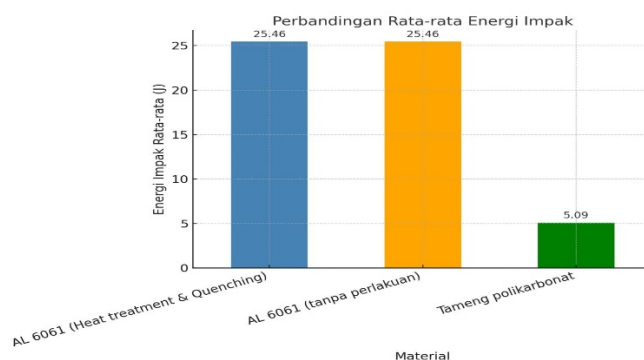
$$\cos \beta = \cos 144^\circ$$

Spesimen polikarbonat(*CI*)

$$E = m.g.l (\cos \beta - \cos \alpha)$$

$$\begin{aligned}
 &= 14 \times 9,8 \times 0,65 (\cos 144^\circ - \cos 150^\circ) \\
 &= 89,27 \times (-0,809 - (-0,866)) \\
 &= 5 \text{ Joule}
 \end{aligned}$$

Perhitungan tersebut dilakukan pada seluruh spesimen yang telah dibuat dengan variasi serat yang berbeda-beda, kemudian hasil tiap variasi spesimen yang diuji kami jumlahkan dan kami bagi, sehingga mendapatkan hasil rata-rata keempat spesimen. Kemudian disajikan dalam bentuk grafik seperti yang tersaji dibawah pada grafik.



Gambar 4.13. Data perbandingan hasil rata-rata energi impact.

Berdasarkan data tabel hasil pengujian impact, dapat ditarik beberapa kesimpulan utama mengenai ketahanan impact dari material Al 6061 dan Polikarbonat.

Secara keseluruhan, Al 6061 memiliki ketahanan impact (baik energi impact maupun harga impact) yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan Tameng Polikarbonat. Hal ini ditunjukkan oleh nilai energi impact (E) Al 6061 yang berkisar antara 23,547 J hingga 27,368 J, sementara Tameng Polikarbonat hanya memiliki nilai energi impact sekitar 5,093 J.

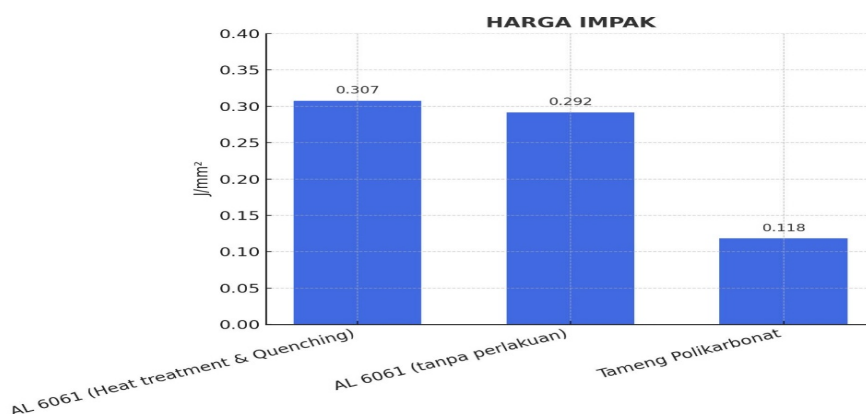
Dari data yang didapatkan dari perhitungan diatas, dapat dilihat besarnya harga impact pada tiap-tiap spesimen. Hasil harga impact pada setiap spesimen kami jumlahkan sehingga mendapatkan harga impact rata-rata tiap spesimen seperti yang tertera pada tabel 4.2 Data hasil harga impact dibawah ini :

Spesimen	Tenaga Patahan / E (Joule)	Luas Penampang / A (mm ²)	Harga Impact (J/mm ²)
----------	-------------------------------	--	--------------------------------------

AL 6061 (Heat treatment & Quenching)	25,46	80,5	0,3075
AL 6061 (tanpa perlakuan)	25,46	87	0,2916
Tameng Polikarbonat	5,09	44	0,1184

Tabel 4.3. Data hasil Harga Impak.

Berikut adalah grafik rata-rata hasil perhitungan harga impact tersebut :



Gambar 4.14. Perbandingan Nilai Harga Impak.

Proses perlakuan panas (*heat treatment & quenching*) pada Al 6061 secara umum meningkatkan harga impact (HI) material. Meskipun rata-rata energi impactnya hampir sama dengan Al 6061 tanpa perlakuan, nilai rata-rata harga impact per satuan luas untuk spesimen A1 dan A2 (0,31755 J/mm²) sedikit lebih tinggi dibandingkan spesimen B1 dan B2 (0,2913 J/mm²). Ini menunjukkan bahwa perlakuan panas membuat material lebih ulet dan tahan terhadap retak saat menerima beban impact, meskipun energi total yang diserap tidak jauh berbeda.

VI. KESIMPULAN

Material Al6061 dengan perlakuan panas memiliki ketahanan impact tertinggi, diikuti Al6061 tanpa perlakuan panas dan yang terendah adalah polikarbonat. Berdasarkan hasil pengujian impact metode Charpy yang telah dilakukan, beberapa kesimpulan penting dapat ditarik :

- a. Aluminium 6061 yang mendapat perlakuan heat treatment dan quenching memiliki nilai impact lebih tinggi dibanding tanpa perlakuan, dan jauh lebih kuat dibanding polikarbonat. Hal ini menunjukkan potensinya sebagai material alternatif tameng huru-hara. Meskipun lebih

tangguh, berat Aluminium 6061 hampir dua kali lipat dari polikarbonat, sehingga penggunaannya perlu mempertimbangkan aspek ergonomi dan operasional di lapangan.

b. Pemilihan material sangat memengaruhi ketahanan impak. Al 6061 dengan perlakuan panas direkomendasikan untuk aplikasi yang membutuhkan kekuatan dan ketangguhan tinggi, sedangkan Polikarbonat cocok untuk aplikasi yang memprioritaskan ringan dan fleksibel, namun kurang tahan benturan. Jadi kesimpulannya Al 6061 bisa dijadikan alternatif bahan pengganti Tameng Huru-Hara.

REFERENSI

- [1] Ishak Herwandi Cahyono, B. D. C. M. M. S. (2018). Seminar nasional inovasi teknologi penerbangan (snitp) tahun 2018. *Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan (Snitp)*, 1–7.
- [2] Lelawati, L. (2022). Pengaruh Pemanasan Dan Quenching Dengan Air Laut Terhadap Struktur Mikro Baja Karbon Sedang. *Jurnal Redoks*, 7(1), 62–72. <https://doi.org/10.31851/redoks.v7i1.8148>
- [3] S. Pilisi, M. I., Suroso, I., & Utami, N. (2022). Pengaruh quenching terhadap uji kekerasan dan uji impact disc brake cessna grand caravan 208b. *SINTEK JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 16(1), 61. <https://doi.org/10.24853/sintek.16.1.61-67>
- [4] Tsamroh, D. I., & Riza Fauzy, M. (2022). Peningkatan Sifat Mekanik Al6061 Melalui Heat Treatment Natural-Artificial Aging. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 6(1), 8–13. <https://doi.org/10.33379/gtech.v6i1.1217>
- [5] Vigo Kusumawardana, F., & Soeparno Djiwo, I. (n.d.). *ANALISA PADUAN ALUMINIUM-6061 DENGAN VARIASI LAPISAN SERAT KARBON TERHADAP KEKUATAN MEKANIS, STRUKTURMIKRO DAN SCANNING ELECTRON MICROGRAPY* (Vol. 12).