



Analisis Uji Tarik Sambungan *Rivet* Pada *Copper*, *Brass*, *Stainless Steel* Sebagai Alternatif 7075-T6 Material

Tensile Analysis of Riveted Joints on Copper, Brass, Stainless Steel as Alternatives to 7075-T6

Filbert Maximillian¹, Bondhan Firmanto²

^{1,2} Teknik Aeronautika Pertahanan Akademi Angkatan Udara
E-mail: filbertmax1@gmail.com

Abstract — This study, titled “Tensile Test Analysis on Riveted and Sheet Joints of Copper, Brass, and Stainless Steel Materials with Quenching Treatment as an Alternative to Aluminum Alloy 7075-T6 for C-130 Hercules Aircraft Skin,” aims to analyze the mechanical properties namely tensile strength, elongation, and elastic modulus of alternative materials (copper, brass, and stainless steel) after quenching, in order to evaluate their feasibility as substitutes for the commonly used aluminum alloy 7075-T6. The research employs a quantitative experimental method, utilizing a Universal Testing Machine (UTM) in accordance with ASTM A370 standards, with specimens configured in two rivet joint patterns (zig-zag and inline) and subjected to water-quenching heat treatment. The findings reveal that each material exhibits distinct mechanical characteristics after quenching, with stainless steel achieving the highest tensile strength, followed by brass and copper, while aluminum alloy 7075-T6 remains superior in strength-to-weight ratio. Quenching treatment significantly enhances the mechanical properties of brass and stainless steel in particular. Overall, the study concludes that implementing alternative materials with quenching treatment shows potential as an initial step toward diversifying aircraft structural materials, especially in relation to maintenance needs and material availability within the Indonesian Air Force (TNI AU) maintenance environment.

Keywords — *Tensile Test, Rivet, Quenching, Copper, Brass, Stainless Steel, Aluminium Alloy 7075-T6, C-130 Hercules.*

Abstrak — Penelitian berjudul “Analisis Uji Tarik pada Sambungan Rivets dan Sheet terhadap Bahan Copper, Brass, dan Stainless Steel dengan Proses Quenching sebagai Bahan Alternatif Aluminium Alloys Sheet 7075-T6 Skin Pesawat C-130 Hercules” ini bertujuan untuk menganalisis sifat mekanik berupa kekuatan tarik, regangan, dan modulus elastisitas dari bahan alternatif (copper, brass, dan stainless steel) setelah diberi perlakuan panas quenching dengan media pendingin air sebagai upaya menilai kelayakannya menggantikan aluminium alloy 7075-T6. Metode yang digunakan adalah eksperimen kuantitatif dengan pengujian tarik menggunakan Universal Testing Machine (UTM) sesuai standar ASTM A370, pada spesimen yang dibuat dalam dua konfigurasi sambungan rivet, yaitu zig-zag dan inline. Hasil pengujian menunjukkan adanya perbedaan karakteristik mekanik antar material setelah quenching, di mana stainless steel memiliki kekuatan tarik tertinggi, disusul brass dan copper, sementara aluminium alloy 7075-T6 tetap unggul dalam rasio kekuatan terhadap berat. Proses quenching terbukti memberikan peningkatan sifat mekanik terutama pada brass dan stainless steel. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan bahan alternatif dengan perlakuan panas quenching berpotensi menjadi langkah awal dalam diversifikasi material struktur pesawat, khususnya terkait kebutuhan perawatan serta ketersediaan material di lingkungan pemeliharaan TNI AU.

*Filbert Maximillian
E-mail: filbertmax1@gmail.com

Kata Kunci — Uji Tarik, Rivet, Quenching, Copper, Brass, Stainless Steel, Aluminium Alloy 7075-T6, C-130 Hercules.

I. PENDAHULUAN

Transportasi udara merupakan moda transportasi tercepat dan paling efisien untuk mobilitas penumpang maupun kargo jarak jauh. Dalam lingkungan militer, pesawat C-130 Hercules menjadi salah satu pesawat angkut taktis yang memiliki peran strategis karena kemampuannya membawa personel, logistik, kendaraan, serta menjalankan misi khusus seperti evakuasi medis, bantuan kemanusiaan, dan operasi SAR. Keandalan pesawat ini tidak terlepas dari kualitas material struktural, termasuk *skin* pesawat yang berfungsi melindungi struktur internal dan menahan beban aerodinamis selama penerbangan.

Pada umumnya, *skin* pesawat menggunakan material Aluminium Alloys Sheet 7075-T6 karena sifatnya yang ringan, kuat, dan memiliki rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi. Namun, dalam praktik pemeliharaan, ketersediaan material ini tidak selalu terjamin, sehingga diperlukan kajian terhadap material alternatif yang berpotensi digunakan sebagai pengganti.

Salah satu bagian struktur yang sering menggunakan sambungan mekanis adalah sambungan rivet. Sambungan ini harus mampu menahan gaya geser dan tarik, serta mempertahankan integritas struktur. Oleh karena itu, pemilihan material alternatif untuk *skin* pesawat harus mempertimbangkan performa sambungan rivet terhadap variasi material. Penelitian ini menganalisis kekuatan tarik sambungan rivet pada material copper, brass, dan stainless steel yang diberi perlakuan panas *quenching* untuk menilai kelayakannya sebagai alternatif Aluminium Alloys 7075-T6.

II. LANDASAN TEORI

Landasan teori dalam penelitian ini mencakup konsep sambungan rivet sebagai metode penyambungan permanen yang banyak digunakan pada struktur pesawat karena mampu menahan beban geser dan tarik secara efektif, dengan pola umum seperti *chain riveting* dan *zig-zag riveting* yang memengaruhi distribusi beban dan potensi kegagalannya. Selain itu, teori mengenai sifat mekanik material seperti tegangan, regangan, dan modulus elastisitas digunakan untuk menganalisis performa sambungan terhadap gaya tarik. Material alternatif yang dikaji—copper, brass, dan stainless steel—memiliki karakteristik mekanik berbeda yang dapat berubah melalui proses *heat treatment*, khususnya *quenching*, yaitu pendinginan cepat setelah pemanasan untuk memodifikasi struktur mikro material sehingga memengaruhi kekuatan, kekerasan, dan keuletannya. Aluminium Alloys Sheet 7075-T6 sebagai material pembanding memiliki rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi akibat proses *solution heat treatment* dan *artificial aging*, sehingga digunakan secara luas pada *skin* pesawat C-130 Hercules. Dengan memahami teori mengenai sambungan rivet, sifat mekanik material, pengaruh *quenching*, dan karakteristik aluminium 7075-T6, penelitian ini dapat mengevaluasi kelayakan bahan alternatif dalam aplikasi struktural pesawat.

A. Definisi Operasional

Penelitian ini menggunakan beberapa konsep utama yang berkaitan dengan karakteristik mekanik material dan sambungan struktural. Uji tarik digunakan untuk menentukan kekuatan tarik, regangan, dan modulus elastisitas suatu material hingga mencapai titik putus, sehingga dapat diketahui kemampuan material menahan beban tarik. Sambungan rivet dan sheet

merupakan teknik penyambungan permanen menggunakan paku keling yang banyak digunakan pada struktur pesawat karena mampu menahan beban geser dan tarik secara efektif. Dalam konteks penelitian ini, bahan alternatif yang dianalisis meliputi copper, brass, dan stainless steel yang telah melalui proses quenching untuk melihat perubahan sifat mekaniknya setelah perlakuan panas tersebut.

Aluminium Alloys Sheet 7075-T6 digunakan sebagai material pembanding karena merupakan paduan aluminium berkekuatan tinggi yang telah melalui proses solution heat treatment dan artificial aging, sehingga memiliki rasio kekuatan terhadap berat yang sangat baik dan umum digunakan pada skin pesawat C-130 Hercules. Quenching sendiri adalah proses perlakuan panas dengan pendinginan cepat untuk mengubah struktur mikro dan sifat mekanik material. Parameter mekanik seperti tegangan, regangan, dan modulus elastisitas digunakan sebagai indikator kuantitatif dalam menilai performa masing-masing material terhadap pembebanan tarik, sehingga dapat diketahui kelayakannya sebagai komponen struktural pesawat.

B. Uraian Data

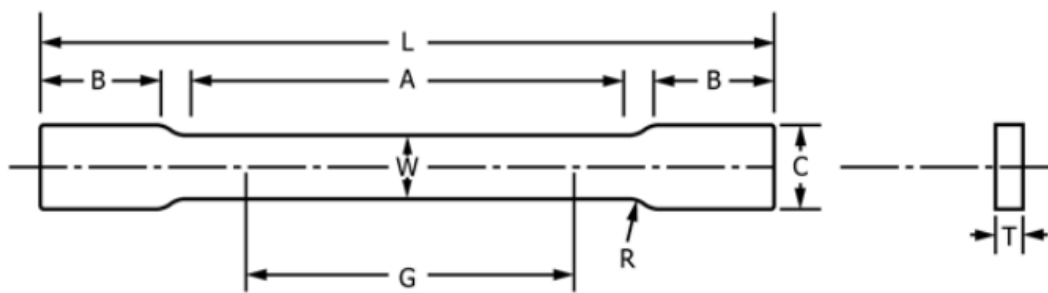
Data penelitian diperoleh melalui pengujian tarik pada spesimen sambungan rivet dengan dua konfigurasi—zig-zag (A) dan inline (B)—yang diaplikasikan pada empat jenis material, yaitu stainless steel, brass, copper, dan aluminium alloy 7075-T6 sebagai material pembanding. Setiap spesimen diuji menggunakan Universal Testing Machine (UTM) hingga mengalami patah, sambil direkam gaya maksimum, tegangan (σ), regangan (ϵ), dan modulus elastisitas (E). Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali per spesimen untuk memperoleh nilai rata-rata yang representatif.

Hasil perhitungan tegangan menunjukkan bahwa stainless steel memberikan nilai tertinggi dengan rata-rata 264,04 N/mm² (zig-zag) dan 290,97 N/mm² (inline), diikuti aluminium 7075-T6 dengan 253,37 N/mm² (zig-zag) dan 293,58 N/mm² (inline). Material brass menghasilkan tegangan menengah sebesar 152,25 N/mm² (zig-zag) dan 158,07 N/mm² (inline), sedangkan copper menjadi yang terendah yaitu 105,68 N/mm² (zig-zag) dan 126,60 N/mm² (inline). Perbedaan nilai antar konfigurasi menunjukkan bahwa pola inline cenderung menghasilkan tegangan lebih tinggi dibandingkan pola zig-zag untuk semua jenis material.

Data ini mengindikasikan bahwa stainless steel memiliki performa mekanik paling unggul, bahkan melampaui aluminium 7075-T6 pada beberapa kondisi, sedangkan brass dan copper menunjukkan sifat mekanik yang lebih rendah. Variasi pola sambungan menghasilkan perbedaan distribusi beban yang berpengaruh langsung terhadap nilai tegangan tarik, yang penting dalam penilaian kelayakan material sebagai alternatif *skin* pesawat.

C. ASTM

American Society for Testing and Materials (ASTM) merupakan organisasi standar internasional yang menyediakan berbagai metode pengujian untuk menentukan sifat mekanik material logam, seperti kekuatan tarik, batas luluh, kekerasan, dan ketangguhan. Berdasarkan informasi dari www.laboratur.com, ASTM A370 adalah standar yang mengatur definisi serta prosedur mechanical testing pada produk baja, termasuk baja tempa, baja cor, baja tahan karat, dan berbagai alloys terkait. Standar ini mencakup beberapa jenis pengujian seperti *tensile test*, *bend test*, *hardness test*, dan *impact test*, yang digunakan untuk memperoleh karakteristik mekanik material sesuai dengan kebutuhan spesifikasi produk.

Gambar 1. Dimensi spesimen *ASTM A370*.

Berikut merupakan keterangan ukuran dari gambar 1 spesimen *ASTM A370* di atas :

TABEL I

Keterangan Dimensi Spesimen	mm
G—Gauge length	50
W—Width	12,5
T—Thickness	3
R—Radius of fillet	13
L—Overall length	200
A—Length of reduced section	60
B—Length of grip section	50
C—Width of grip section	20

D. Jenis dan Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan pendekatan kuantitatif yang bertujuan untuk menganalisis sifat mekanik material copper, brass, dan stainless steel setelah melalui proses *quenching*, serta membandingkannya dengan aluminium alloy 7075-T6 yang digunakan sebagai *skin* pesawat C-130 Hercules. Pengujian dilakukan di laboratorium menggunakan Universal Testing Machine (UTM) untuk memperoleh parameter mekanik berupa tegangan (σ), regangan (ϵ), dan modulus elastisitas (E) dari setiap spesimen.

Desain penelitian meliputi beberapa tahapan utama, yaitu: (1) tahap persiapan, yang mencakup identifikasi masalah, pemilihan material, dan penerapan proses *quenching* untuk memodifikasi sifat mikro dan mekanik material; (2) pembuatan spesimen, yaitu pembuatan sambungan rivet dengan dua pola konfigurasi, *zig-zag* dan *inline*, sesuai standar pengujian; (3) pelaksanaan uji tarik, di mana spesimen diberi beban aksial hingga patah sambil mencatat gaya maksimum dan perubahan deformasi; serta (4) analisis data, yang meliputi perhitungan tegangan maksimum, regangan total, dan modulus elastisitas, kemudian membandingkannya dengan nilai referensi aluminium 7075-T6 untuk menilai kelayakan material alternatif sebagai pengganti komponen struktural pesawat. Tahap akhir penelitian berupa penyusunan kesimpulan dan rekomendasi terkait potensi penerapan material alternatif dalam lingkungan pemeliharaan pesawat militer.

III. METODE/MODEL YANG DIUSULKAN

A. Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan dalam penelitian ini disusun untuk menganalisis pengaruh jenis material, proses *quenching*, dan konfigurasi sambungan rivet terhadap sifat mekanik sambungan rivet dan sheet yang digunakan sebagai alternatif material *skin* pesawat C-130 Hercules. Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen dengan rancangan faktorial sederhana, di mana dua faktor utama—jenis material dan pola sambungan—dikombinasikan untuk melihat pengaruh masing-masing variabel terhadap kekuatan tarik sambungan. Material yang diuji meliputi aluminium alloy 7075-T6 sebagai material pembanding, serta tiga material alternatif yaitu stainless steel, brass, dan copper yang telah melalui proses *quenching*. Setiap material kemudian dibuat dalam dua konfigurasi sambungan rivet, yakni pola *inline* dan zig-zag.

Setelah penentuan faktor dan level percobaan, langkah berikutnya adalah penerapan proses *quenching* pada material alternatif. Proses ini meliputi pemanasan material hingga suhu tertentu, penahanan suhu dalam waktu tertentu (*holding time*), dan pendinginan cepat menggunakan media air. Perlakuan ini dilakukan untuk memodifikasi struktur mikro material sehingga dapat diamati bagaimana perubahan tersebut memengaruhi kekuatan dan keuletan sambungan rivet. Aluminium 7075-T6 dibiarkan dalam kondisi *as received* (T6) karena material ini sudah melalui proses *solution heat treatment* dan *artificial aging* dari pabrik.

Pada tahap berikutnya, spesimen sambungan dibuat dengan ketebalan sheet seragam serta diameter rivet yang sama untuk seluruh jenis material. Sambungan dibuat dalam dua pola, yaitu *inline* dan zig-zag, sesuai standar pengujian. Pembuatan spesimen dilakukan secara konsisten agar variabel terkait bentuk dan dimensi tidak memengaruhi hasil pengujian. Setelah spesimen siap, tahap pengujian tarik dilakukan menggunakan Universal Testing Machine (UTM). Spesimen ditarik secara aksial hingga patah, dan selama proses ini dicatat gaya maksimum, tegangan, regangan, dan modulus elastisitas. Untuk meningkatkan reliabilitas data, setiap kombinasi material dan pola sambungan diuji sebanyak tiga kali sebagai ulangan.

Tahap akhir dari rancangan percobaan adalah analisis data, di mana nilai tegangan tarik maksimum, regangan total, dan modulus elastisitas dihitung dari hasil pengujian. Hasil dari setiap material kemudian dibandingkan dengan nilai aluminium 7075-T6 sebagai standar referensi. Dari perbandingan ini dapat dinilai apakah material alternatif yang telah diberi perlakuan *quenching* memiliki performa mekanik yang memadai untuk digunakan sebagai bahan pengganti *skin* pesawat. Analisis ini menjadi dasar dalam penarikan kesimpulan terkait kelayakan stainless steel, brass, dan copper sebagai kandidat material struktural dalam lingkungan pemeliharaan pesawat militer.

B. Alat dan Bahan

1. Alat

Penelitian ini menggunakan berbagai alat dan bahan untuk mendukung proses pengujian tarik pada sambungan rivet. Alat utama yang digunakan adalah Mesin Uji Tarik (Universal Testing Machine/UTM) yang berfungsi memberikan beban aksial hingga spesimen mengalami patah, serta jangka sorong digital untuk mengukur dimensi awal spesimen dengan akurat. Selain itu, digunakan pula penggaris, pulpen, buku pencatat, lap pembersih, dan kikir halus untuk membantu proses persiapan spesimen dan pencatatan data. Dalam pembuatan spesimen sambungan, alat tambahan berupa pemotong lembaran sheet dan dudukan paku keling (rivet set) digunakan untuk

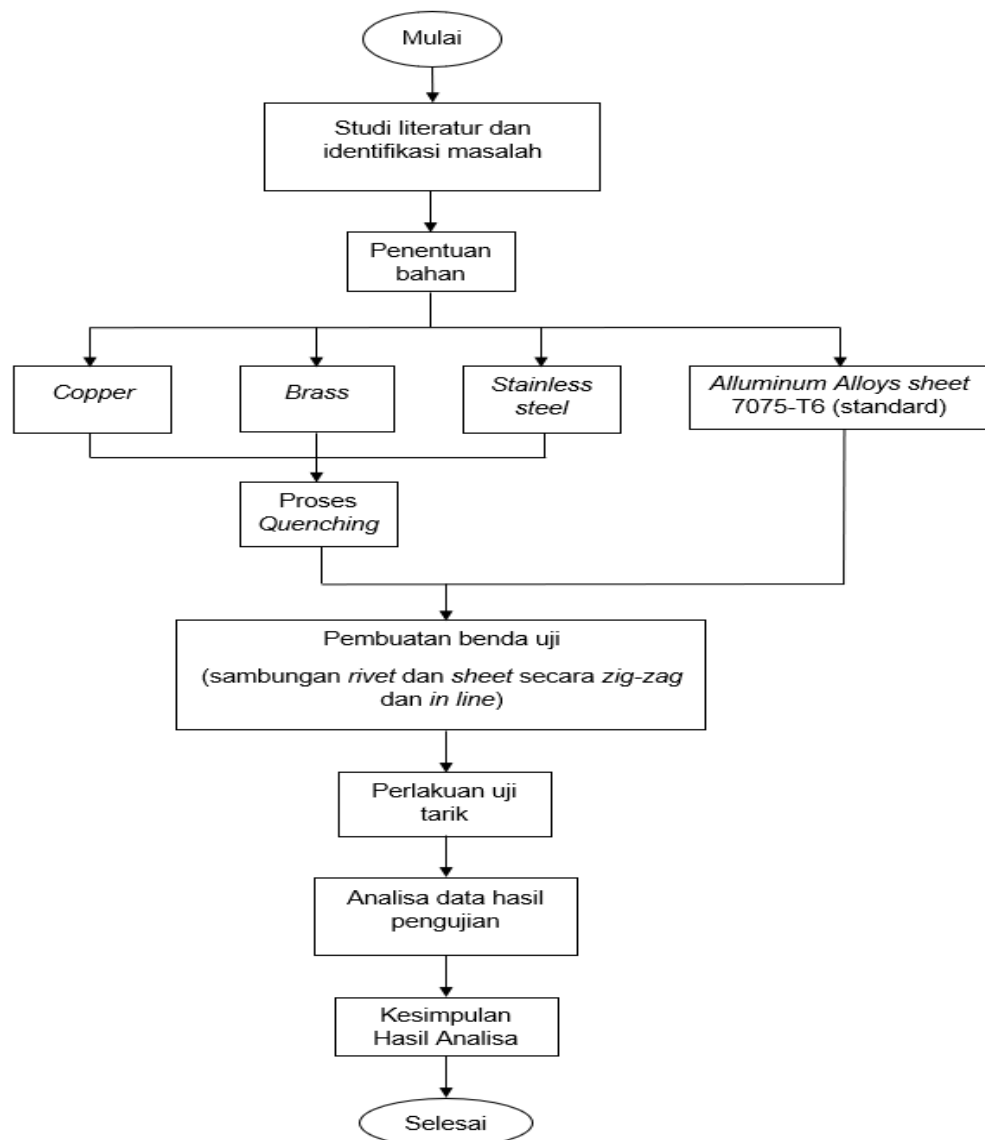
memastikan proses perakitan rivet pada konfigurasi *inline* maupun zig-zag dapat dilakukan secara presisi.

2. Bahan

Bahan yang digunakan meliputi empat jenis material, yaitu Aluminium Alloys Sheet 7075-T6 sebagai material pembanding, serta stainless steel, brass, dan copper yang menjadi material alternatif. Seluruh material alternatif diberi perlakuan panas berupa *quenching*, sebelum kemudian dipotong, dirapikan, dan dirakit menjadi spesimen pengujian tarik. Rivet dengan ukuran dan jenis seragam digunakan untuk seluruh spesimen agar hasil pengujian tetap konsisten dan dapat dibandingkan secara objektif.

3. Penulisan *flowchart*

Analisis uji tarik sambungan *rivet* pada *copper*, *brass*, *stainless steel* sebagai alternatif 7075-T6 material. dilaksanakan menurut diagram alir sebagai berikut:



Gambar 2. Diagram alir

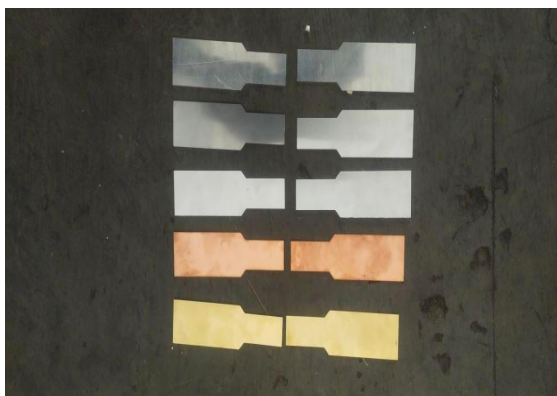
Diagram alir penelitian ini menggambarkan alur kerja mulai dari tahap awal hingga akhir. Proses dimulai dengan studi literatur dan identifikasi masalah untuk memahami kebutuhan penelitian serta menentukan tujuan dan ruang lingkupnya. Setelah itu, dilakukan penentuan bahan, yaitu memilih material aluminium 7075-T6 sebagai pembanding serta stainless steel, brass, dan copper sebagai bahan alternatif yang akan diuji.

Tahap berikutnya adalah proses quenching pada material alternatif, yaitu pemanasan hingga suhu tertentu dan pendinginan cepat menggunakan air untuk memodifikasi struktur mikro material. Setelah perlakuan panas selesai, dilakukan pembuatan benda uji berupa sambungan rivet dengan dua konfigurasi, yaitu *inline* dan *zig-zag*. Spesimen yang telah dirakit kemudian diuji menggunakan uji tarik pada Universal Testing Machine (UTM) hingga spesimen patah, sambil dicatat gaya maksimum, tegangan, regangan, dan modulus elastisitas.

Tahap terakhir adalah analisis data, yaitu menghitung nilai sifat mekanik tiap spesimen dan membandingkannya dengan aluminium 7075-T6 untuk menentukan kelayakan bahan alternatif sebagai material *skin* pesawat C-130 Hercules. Proses ditutup dengan penarikan kesimpulan dan rekomendasi berdasarkan hasil yang diperoleh.

IV. HASIL/IMPLEMENTASI MODEL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan data diperoleh dari konsultasi dengan dosen pembimbing, para instruktur serta dosen yang terkait dengan penelitian ini. Untuk memperkuat landasan teori, didapatkan pula melalui sumber-sumber yang ada di perpustakaan, maupun data pendukung lainnya di internet. Data awal yang dapat diperoleh berupa dokumentasi sebagai pendukung pada tugas akhir ini. Pada dokumentasi ini terdapat pengambilan gambar hasil dari pemotongan spesimen pada gambar 3 berikut.



Gambar 3. Pemotongan spesimen

Setelah melaksanakan pemotongan terhadap masing masing bahan. Selanjutnya spesimen tersebut melaksanakan proses pemanasan dengan suhu tertentu yng terlihat pada gambar 4.



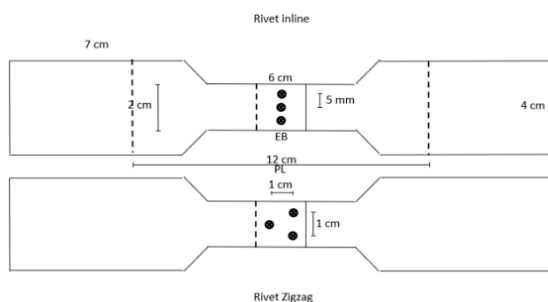
Gambar 4. Pemanasan spesimen

Selanjutnya spesimen yang telah melaksanakan proses pemanasan selama 30 menit melaksanakan pendinginan dengan cepat menggunakan media air seperti gambar 5.



Gambar 5. Proses Quenching

A. Implementasi Model



Gambar 6. Hasil spesimen

Gambar 6 menunjukkan hasil proses perakitan sambungan rivet dengan pola zig-zag dan *inline* pada seluruh jenis bahan yang digunakan. Total terdapat 24 spesimen yang dibuat, karena penelitian ini memiliki 8 variasi perlakuan dan setiap variasi disiapkan tiga spesimen uji. Penggandaan spesimen ini dilakukan untuk memastikan data yang diperoleh lebih akurat dan dapat mewakili kondisi sebenarnya.

B. Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilaksanakan di ITDA dengan menggunakan total 24 spesimen yang terdiri dari dua konfigurasi sambungan rivet, yaitu *inline* dan *zig-zag*, serta empat jenis material yang berbeda. Seluruh spesimen diuji untuk memperoleh nilai tegangan tarik, dan hasil perhitungannya disajikan pada tabel II berikut.

TABEL II

No	Spesimen	Tegangan rata rata (N/mm ²)
1.	S A	264,04
2.	S B	290,97
3.	C A	105,68
4.	C B	126,60
5.	B A	152,25
6.	B B	158,07
7.	T6 A	253,37
8.	T6 B	293,58

hasil perhitungan regangan seperti tabel III di bawah ini :

TABEL III

No	Spesimen	Regangan rata rata
1.	S A	0,0115
2.	S B	0,01305
3.	C A	0,0180
4.	C B	0,0322
5.	B A	0,0152
6.	B B	0,0150
7.	T6 A	0,014
8.	T6 B	0,012

hasil perhitungan modulus elastisitas seperti tabel di bawah ini :

TABEL IV

No	Spesimen	Modulus elastisitas (N/mm ²)
1.	S A	22960

2.	S B	22296,55
3.	C A	5871,11
4.	C B	3931,67
5.	B A	10016,45
6.	B B	10399,34
7.	T6 A	18097,85
8.	T6 B	24465

C. Pembahasan

Berdasarkan hasil perhitungan dan pengolahan data yang telah dilakukan, informasi tersebut dapat disajikan dalam tabel V berikut.

TABEL V

No	Spesimen	Tegangan rata rata (N/mm ²)	Regangan rata rata	Modulus elastisitas (N/mm ²)
1.	S A	264,04	0,0115	22960
2.	S B	290,97	0,01305	22296,55
3.	C A	105,68	0,0180	5871,11
4.	C B	126,60	0,0322	3931,67
5.	B A	152,25	0,0152	10016,45
6.	B B	158,07	0,0150	10399,34
7.	T6 A	253,37	0,014	18097,85
8.	T6 B	293,58	0,012	24465

Berdasarkan hasil analisis uji tarik terhadap delapan spesimen yang terdiri dari empat jenis bahan logam, yaitu Stainless Steel, Copper, Brass, dan Aluminium Alloy 7075-T6, diperoleh kesimpulan bahwa setiap bahan memiliki karakteristik mekanik yang berbeda-beda dilihat dari nilai tegangan rata-rata, regangan rata-rata, dan modulus elastisitasnya.

Stainless Steel menunjukkan nilai tegangan rata-rata tertinggi (264,04–290,97 N/mm²) dan modulus elastisitas besar (≈ 22.000 N/mm²), menandakan kekuatan dan kekakuan yang tinggi. Aluminium Alloy 7075-T6 memiliki tegangan rata-rata tinggi (253,37–293,58 N/mm²) dan modulus elastisitas sebesar 18.000–24.000 N/mm², yang berarti bahan ini mampu menahan beban besar dengan massa yang lebih ringan dibandingkan Stainless Steel.

Brass menunjukkan nilai kekuatan menengah dengan tegangan rata-rata 152,25–158,07 N/mm² dan modulus elastisitas sekitar 10.000 N/mm², memperlihatkan kombinasi antara kekuatan sedang dan keuletan yang baik. Sedangkan Copper memiliki tegangan rata-rata paling rendah (105,68–126,60 N/mm²) dengan modulus elastisitas 3.900–5.800 N/mm², tetapi memperlihatkan nilai regangan terbesar (hingga 0,0322), yang berarti sifat kelenturan bahan ini paling tinggi di antara semuanya.

Namun, bila mempertimbangkan rasio kekuatan terhadap berat (*strength-to-weight ratio*), Aluminium Alloy 7075-T6 menjadi bahan yang paling efisien dan paling ideal digunakan sebagai bahan alternatif *skin* pesawat C-130 Hercules karena memberikan kombinasi kekuatan tinggi, massa ringan, dan ketahanan yang baik terhadap deformasi.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan menganalisis performa tarik sambungan rivet dan sheet pada beberapa material alternatif pengganti Aluminium Alloys Sheet 7075-T6 untuk aplikasi *skin* pesawat C-130 Hercules, yaitu copper, brass, dan stainless steel. Berdasarkan hasil pengujian, Aluminium Alloy 7075-T6 tetap menunjukkan kombinasi terbaik antara kekuatan tarik tinggi, regangan yang memadai, serta modulus elastisitas yang besar, sehingga memberikan kekakuan dan performa struktural unggul dibandingkan material alternatif lainnya. Hal ini menegaskan bahwa sifat mekanik Aluminium 7075-T6 sangat sesuai untuk kebutuhan struktur pesawat. Secara keseluruhan, penelitian ini menghasilkan temuan penting yang dapat menjadi pertimbangan dalam memilih material maupun metode sambungan untuk meningkatkan keandalan struktur pada aplikasi kedirgantaraan.

a. Hasil pengujian menunjukkan bahwa setiap material memiliki karakteristik tegangan tarik yang berbeda. Stainless steel menghasilkan nilai tegangan tarik tertinggi di antara semua material alternatif, diikuti oleh brass dan copper. Namun demikian, Aluminium Alloy 7075-T6 tetap menunjukkan keseimbangan performa yang baik karena mampu mempertahankan tegangan tarik tinggi dengan berat yang jauh lebih ringan dibandingkan material lainnya. Hal ini menegaskan bahwa secara struktural, material 7075-T6 masih menjadi pilihan paling ideal untuk aplikasi *skin* pesawat C-130 Hercules.

b. Dari sisi regangan, copper memiliki nilai regangan terbesar sehingga menunjukkan sifat paling ulet, sedangkan stainless steel memiliki regangan yang lebih rendah dan bersifat lebih kaku. Brass berada pada kategori regangan menengah, sedangkan Aluminium 7075-T6 menunjukkan regangan yang cukup untuk menahan deformasi sebelum putus. Perbedaan ini menggambarkan bahwa tidak semua material alternatif mampu memberikan keseimbangan antara kekuatan dan kelenturan yang dibutuhkan dalam struktur pesawat, terutama pada bagian yang menerima beban aerodinamis berulang.

c. Pada aspek modulus elastisitas, stainless steel menunjukkan nilai tertinggi yang mencerminkan tingkat kekakuan yang sangat besar, disusul oleh aluminium 7075-T6. Brass dan copper memiliki modulus lebih rendah sehingga lebih mudah mengalami deformasi ketika diberi beban. Jika dilihat secara keseluruhan, meskipun perlakuan *quenching* memberikan peningkatan sifat mekanik pada beberapa bahan alternatif, tidak ada satu pun yang mampu melampaui kombinasi kekuatan, keuletan, dan kekakuan yang dimiliki Aluminium Alloy 7075-T6. Dengan demikian, material alternatif hanya berpotensi digunakan pada bagian pesawat yang tidak menuntut rasio kekuatan terhadap berat setinggi yang dibutuhkan pada struktur utama.

REFERENSI

- [1] Callister, W. D. 2007. *Materials Science and Engineering: An Introduction*. 7th ed. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons.
- [2] Totten, G. E. 2006. *Steel Heat Treatment: Metallurgy and Technologies*. Boca Raton, FL, USA: CRC Press.
- [3] ASM Handbook. 2016. *Volume 4: Heat Treating*. Materials Park, OH, USA: ASM International.
- [4] Davis, J. R. 1993. *Metals Handbook: Desk Edition*. Materials Park, OH, USA: ASM International.

-
- [5] Liscic, B., Tensi, H. M., Canale, L. C. F., & Totten, G. E. 2011. *Quenching Theory and Technology*. 2nd ed. Boca Raton, FL, USA: CRC Press.
 - [6] Irawan, Y. S. 2013. *Bahan Teknik*. Jakarta, Indonesia: Balai Pustaka.
 - [7] Thermal Processing, *A Technical Guide to Quenching*. Tulsa, OK, USA: Thermal Processing, 2020. [Online]. Available: <https://thermalprocessing.com/a-technical-guide-to-quenching/>
 - [8] Wikipedia Contributors, "Quenching," *Wikipedia*, 2025. [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/Quenching>
 - [9] Wikipedia Contributors, "Heat Treating," *Wikipedia*, 2025. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Heat_treating
-