



Analisis Pengaruh Pengelasan SMAW Baja ST 42 dan ST 40 Dengan Perlakuan *Heat Treatment Quenching* Terhadap Metode Uji Tarik dan Uji Kekerasan Pada Konstruksi Hanggar Pesawat Terbang

Analysis Of The Effect Of SMAW Welding On ST 42 and ST 40 Steel With Quenching Heat Treatment On Tensile and Hardness Test Methods In Aircraft Hanggar Construction

I Gusti Putu Davin Maheswara Putra^{1*}, R. Agus Subijanto²

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

E-mail: putudavin03@gmail.com

Abstract—*This research aims to analyze the effect of Shielded Metal Arc Welding (SMAW) using E6013 and E7018 electrodes on ST 42 and ST 40 steel that has undergone quenching heat treatment at 850°C with water as the cooling medium. Tensile test specimens were prepared according to ASTM E8 standards, while hardness testing was carried out using the Rockwell ISO 6508 method. The results show that quenching significantly improves the mechanical properties of both steels. The highest hardness value was obtained in ST 42 steel welded with E7018 electrodes after quenching, reaching 47.67 HRA, while the highest tensile strength was achieved in ST 40 steel welded with E7018 electrodes after quenching, reaching 490.107 N/mm². The comparison results indicate that the use of E7018 electrodes on ST 42 and ST 40 steel provides better performance compared to E6013, particularly after heat treatment. In conclusion, the combination of SMAW welding and quenching heat treatment effectively enhances the tensile strength and hardness of the materials, making it a valuable reference for selecting welding techniques and construction materials in aircraft hangar structures to ensure safety and structural reliability.*

Keywords—*SMAW Welding, Quenching, Tensile Test, Hardness Test, ST 42 Steel, ST 40 Steel.*

Abstrak—*Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pengelasan Shielded Metal Arc Welding (SMAW) dengan elektroda E6013 dan E7018 terhadap baja ST 42 dan ST 40 yang telah mengalami perlakuan quenching pada suhu 850°C dengan media pendingin air. Spesimen uji tarik dibuat sesuai standar ASTM E8, sedangkan pengujian kekerasan menggunakan metode Rockwell ISO 6508. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan quenching meningkatkan sifat mekanik pada kedua jenis baja. Nilai kekerasan tertinggi diperoleh pada baja ST 42 dengan elektroda E7018 setelah perlakuan quenching sebesar 47,67 HRA, sedangkan nilai kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada baja ST 40 dengan elektroda E7018 setelah perlakuan quenching sebesar 490,107 N/mm². Perbandingan hasil menunjukkan bahwa penggunaan elektroda E7018 pada baja ST 42 dan ST 40 memberikan performa lebih baik dibandingkan E6013, terutama setelah perlakuan panas. Dengan demikian, kombinasi proses pengelasan SMAW dan perlakuan quenching terbukti mampu meningkatkan kekuatan tarik dan kekerasan material, sehingga dapat dijadikan referensi dalam pemilihan teknik pengelasan dan material konstruksi hanggar pesawat terbang untuk menunjang keamanan serta ketahanan struktur.*

Kata Kunci—*Pengelasan SMAW, Quenching, Uji Tarik, Uji Kekerasan, Baja ST 42, Baja ST 40*

^{*}I Gusti Putu Davin Maheswara Putra

E-mail: putudavin03@gmail.com

I. PENDAHULUAN

Tentara Nasional Indonesia Angkatan Udara (TNI AU) merupakan suatu wadah militer yang memiliki peran khusus dan tanggung jawab di wilayah udara. Dalam hal ini TNI AU memiliki alutsista yang dapat digunakan untuk melaksanakan operasi udara yaitu wahana terbang atau yang sering kita sebut dengan istilah pesawat terbang. Tentunya untuk dapat mengoperasikan suatu pesawat terbang harus memiliki konstruksi bangunan yang memenuhi standar. Konstruksi bangunan tersebut meliputi Hanggar pesawat, Fasilitas pemeliharaan dan perbaikan pesawat, Fasilitas pengisian bahan bakar pesawat, *Taxiway*, *Apron* yang dapat mendukung perawatan pesawat terbang dan memiliki pengaruh besar terhadap kelancaran dan keamanan operasional penerbangan. Dengan fasilitas yang memadai, pemeliharaan pesawat dapat dilakukan dengan efisien, mengurangi waktu perawatan dan yang terpenting adalah memastikan pesawat dalam kondisi aman untuk terbang. Untuk memiliki konstruksi bangunan yang memadai kita harus mengenal komponen-komponen bangunan serta fungsi dan kekuatan dari berbagai material yang digunakan. Beberapa material seperti baja tahan karat (*stainless steel*), titanium, aluminium, komposit, dan magnesium. Dari beberapa komponen material yang digunakan kemudian digabungkan sesuai komposisi yang diperlukan agar terbentuknya sebuah bangunan yang kuat dan kokoh. Dalam menggabungkan komponen material tersebut diperlukan metode pengelasan yang bertujuan untuk menunjang kekuatan, keamanan, ketahanan. Bagi TNI AU pengelasan sangat bermanfaat terhadap pemeliharaan berbagai peralatan, komponen, dan struktur khususnya pada pesawat terbang dan bangunan.

Pada konstruksi bangunan. Baja tahan karat (*stainless steel*) memiliki peranan yang cukup penting dalam pembangunan hanggar pesawat. Hanggar merupakan salah satu fasilitas yang digunakan untuk parkir, pemeliharaan, dan perawatan pesawat. Sehingga struktur bangunannya harus mampu menampung ukuran pesawat yang besar dan tahan terhadap berbagai kondisi cuaca serta beban struktural yang berat. Baja merupakan salah satu bahan konstruksi utama yang digunakan dalam membangun hanggar pesawat terbang, karena sifat baja yang memiliki daya tahan yang kuat, fleksibilitas desain, serta tahan lama dan rendah perawatan. Pada atap dan penutup hanggar pesawat terbang, Baja menjadi komponen utama yang digunakan, hal ini karena sifat baja yang dapat memberikan ketahanan terhadap angin kencang, hujan, dan salju, serta dapat memastikan ruang di dalam hanggar tetap terlindung dengan baik. Baja ST 42 memiliki peran yang penting dalam konstruksi atap hanggar pesawat terbang, karena keduanya merupakan jenis baja struktural yang sering digunakan dalam berbagai jenis konstruksi, terutama yang membutuhkan kekuatan dan ketahanan terhadap beban berat. Baja ST 42 memberikan kekuatan struktural yang lebih tinggi pada area yang membutuhkan daya tahan ekstra.

Pada penelitian ini, metode pengelasan dapat berguna dalam konstruksi atap hanggar pesawat terbang, karena proses ini digunakan untuk menyatukan berbagai elemen baja dan memastikan kekuatan serta kestabilan struktur atap secara keseluruhan. Sehingga terdapat tuntutan mutlak untuk harus memiliki ketahanan dan keamanan yang tinggi. Misalnya, pada atap hanggar pesawat terbang harus menghasilkan sabungan las yang baik untuk memastikan bahwa struktur tetap kokoh dan tidak mudah terlepas atau rapuh akibat beban atau tekanan eksternal. Metode pengelasan harus berjalan dengan standar yang ketat. Keamanan struktur atap

hanggar pesawat terbang salah satunya sangat tergantung pada kualitas sambungan pengelasan. Oleh karena itu, peneliti akan menganalisis pengaruh pengelasan *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) baja st 42 dengan perlakuan *heat treatment* terhadap pengujian metode uji tarik.

II. LANDASAN TEORI

A. Baja ST.

Baja ST 40. Baja ini merupakan jenis baja karbon yang memiliki kadar karbon rendah (*Low Carbon Steel*) yaitu dibawah 0,30%. Baja ST 40 memiliki kekuatan Tarik sampai dengan 40kg / mm², memiliki nilai regang senilai 34 %, dan massa jenis di angka 7,86 g / mm³. Baja ST 40 mengandung Besi (Fe) =99,092%, Karbon (C) = 0,16 %, Mangan (Mn) = 0,385 %, Silikon (Si) = 0,221 %, Kobal (Co) = 0,077%, Cuprum (Cu) = 0,036%, Wolfram (W) = 0,001%, dan Fosfor (P) = 0,026 %.[3].

Baja ST 42. Jenis baja yang memiliki kadar kandungan karbon yang rendah dibawah 0,30% dengan kandungan 0,07–0,10% C, 0,15 0,25% Si, 0,03% P, 0,035% S, dan 0,3–0,6% Mn (Comenichny, 1965). Baja ini memiliki konstruksi yang mempunyai kekuatan tarik minimal 42 Kg/ mm² sampai 50 Kg/ mm² (Asiva Noor Rachmayani, 2015). Penerapan baja karbon rendah ST42 biasanya pada pipa, tulangan beton, rangka kendaraan dan pisau potong. Pada baja karbon rendah ST42 memiliki kelebihan yaitu berupa ketangguhan dan keuletan tinggi akan tetapi juga memiliki kekurangan berupa sifat kekerasan dan ketahanan aus yang rendah. Maka perlu adanya penambahan karbon eksternal khususnya pada permukaan material yang dibantu dengan proses *pack carburizing* dan *heat treatment* atau perlakuan panas agar didapatkan kekerasan yang diinginkan [6].

B. Karakteristik

Baja Karbon Sedang (*Medium Carbon Steel*) Baja karbon sedang merupakan baja karbon dengan persentase kandungan karbon pada besi sebesar 0,3% C – 0,59% C. Baja karbon ini memiliki kelebihan bila dibandingkan dengan baja karbon rendah, baja karbon sedang memiliki sifat mekanis yang lebih kuat dengan tingkat kekerasan yang lebih tinggi dari pada baja karbon rendah. Besarnya kandungan karbon yang terdapat dalam besi memungkinkan baja untuk dapat dikeraskan dengan memberikan perlakuan panas (*heat treatment*) yang sesuai. Baja karbon sedang biasanya digunakan untuk pembuatan poros, rel kereta api, roda gigi, baut, pegas, dan komponen mesin lainnya.

C. Pengelasan

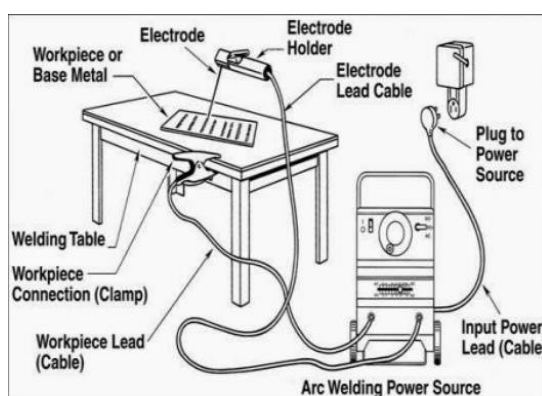
Pengelasan adalah proses penyambungan antara dua bagian logam atau lebih dengan menggunakan energi panas dan menggunakan bahan tambah atau elektroda yang dipanaskan sehingga mempunyai kekuatan [10].

Pengelasan terbagi menjadi beberapa jenis yaitu :

1. *Gas Metal Arc Welding (GMAW)*. Merupakan las busur gas yang menggunakan kawat las sekaligus sebagai elektroda. Elektroda tersebut berupa gulungan kawat (rol) yang gerakannya diatur oleh motor listrik. Las ini menggunakan gas mulia dan gas CO₂ sebagai pelindung busur dan logam yang mencair dari pengaruh atmosfer [4].
2. *Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)*. Sering juga disebut *Tungsten Inert Gas (TIG)* merupakan salah satu dari bentuk las busur listrik *Arc Welding* yang menggunakan inert gas sebagai pelindung dengan tungsten atau wolfram sebagai penghantar arus listrik untuk menghasilkan las. Daerah las dilindungi Gas pelindung yang biasa digunakan pada GTAW adalah gas mulia Argon (Ar) dan Helium (He), atau campuran keduanya. fungsi utama dari

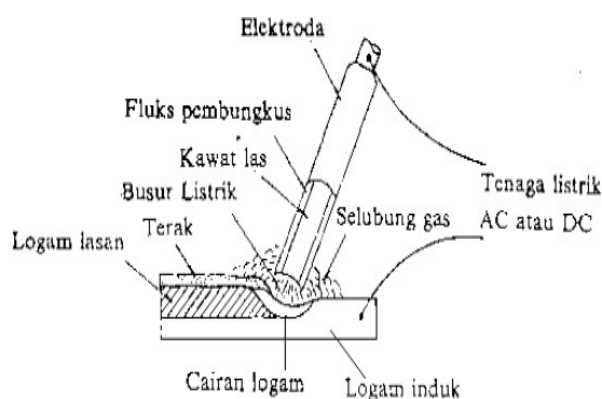
gas pelindung adalah melindungi logam las dari kontaminasi udara luar, disamping itu juga sebagai fluida pendingin elektrode tungsten [10].

3. *Shield Metal Arc Welding (SMAW)*. Las *SMAW* yang berasal dari kata *Shield Metal Arc Welding* adalah proses pengelasan yang menggunakan panas untuk mencairkan material dasar atau logam induk dan elektroda (kawat las). Panas tersebut ditimbulkan oleh lonjakan ion listrik yang terjadi antara katoda dan anoda (ujung elektroda dan permukaan plat yang akan dilas). Panas yang timbul dari lonjakan ion listrik ini besarnya dapat mencapai 4000°C sampai 4500 °C. Las *SMAW* ini menggunakan elektroda berselaput sebagai bahan tambah. Busur listrik yang terjadi diantara ujung elektroda dan bahan dasar akan mencairkan ujung elektroda dan sebagian bahan dasar. Selaput elektroda yang turut terbakar akan mencair dan menghasilkan gas yang melindungi ujung elektroda, kawah las, busur listrik dan daerah las



di sekitar busur listrik terhadap pengaruh udara luar. Skema pengelasan dan prinsip dasar pengelasan *SMAW* dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.

Gambar 1. Skema Las *SMAW*



Gambar 2. Prinsip Dasar Las *SMAW*

4. *Submerged Arc Welding (SAW)*. Pengelasan dengan menggunakan metode *SAW* atau las busur terendam adalah pengelasan dengan prinsip logam cair ditutup dengan fluks yang diatur melalui suatu penampang, fluks dan logam pengisi yang berupa kawat pejal diumpankan secara terus menerus sehingga pengelasan tersebut dapat dilakukan secara otomatis dan mudah dalam pengoperasiannya serta memiliki keandalan yang tinggi [2].
5. *Flux-Cored Arc Welding (FCAW)*. Las busur gas yang menggunakan kawat las sekaligus sebagai elektroda. Elektroda tersebut berupa gulungan kawat (rol) yang gerakannya diatur oleh motor listrik. Las ini menggunakan gas argon sebagai pelindung busur. Las *FCAW* adalah proses otomatis yang memanfaatkan elektroda wire roll untuk mencairkan logam. Selain itu, *FCAW* memiliki sejumlah keunggulan dibandingkan Teknik pengelasan umum karena Teknik ini memiliki control yang lebih baik serta sifat tarik las baja rendah [8].

D. Heat Treatment Quenching.

Quenching. Suatu metode umum untuk meningkatkan kekerasan baja, namun prosesnya memiliki kelemahan yaitu: media pendingin dipakai berulang ulang, temperature mudah meningkat, bagian spesimen yang tercelup akhir dan sulit diterapkan pendingin yng merata komponen-komponen panjang dan besar. Pendinginan celup cepat yang konvensional sulit diaplikasikan terhadap baja yang memiliki dimensi besar dan berat. Kelemahan sisilainnya adalah temperatur air cenderung meningkat.

E. Uji Tarik.

Tujuan utama dilakukan pengujian tarik adalah untuk mengetahui berapa nilai kekuatan sambungan logam hasil pengelasan yang sudah dilakukan. Pengujian tarik untuk kekuatan tarik daerah las dimaksudkan untuk mengetahui apakah kekuatan las mempunyai nilai yang sama, lebih rendah atau lebih tinggi dari kelompok *raw materials*. Pengujian tarik untuk kualitas kekuatan tarik dimaksudkan untuk mengetahui berapa nilai kekuatannya dan dimanakah letak putusnya suatu sambungan las. Pembebanan tarik adalah pembebanan yang diberikan pada benda dengan memberikan gaya tarik berlawanan arah pada salah satu ujung benda.

F. Uji Kekerasan.

Pengujian bahan/baja yang umum dan demonstratif adalah pengujian kekerasan yang dapat memberikan informasi mengenai sifat mekanis baja tentang ketahanan gesek yang dapat diterimanya. Pengujian kekerasan memberikan informasi tetang kekerasan permukaan baja maksimum (*the ultimate shearing stress*). Penelitian ini bertujuan menganalisis kekerasan Baja ST 42 dan ST 40 standar dibandingkan baja yang di-*heat treatment*. atau yang mendapat perlakuan panas. Kekerasan adalah kemampuan suatu bahan untuk tahan terhadap suatu penetrasi atau daya tembus dari benda lain yang lebih keras. Kekerasan dari suatu bahan sebagian besar dipengaruhi oleh unsur-unsur paduannya. Karbon dalam besi secara pasti mempengaruhi kualitas baja dan kekerasan baja yang dibutuhkan dapat dicapai dengan perlakuan panas. Proses pengujian kekerasan dilakukan pada mesin yang dirancang khusus yang dapat melakukan pengujian kekerasan dengan metode *Rockwell* [7].

III. METODE/MODEL YANG DIUSULKAN

Pada bab III akan dibahas mengenai metodologi penelitian. Metodologi penelitian meliputi variabel penelitian, diagram alir, bahan, peralatan, dan prosedur penelitian. Percobaan ini dilakukan untuk dapat mengetahui pengaruh *Heat Treatment Quenching* pada baja ST 40 dan ST 42 dengan *SMAW* dengan perbandingan elektroda E7018 dan E6013. Proses pengerjaan baja tersebut meliputi pengelasan dengan *Shielded Metal Arc Welding (SMAW)* yang kemudian akan dilakukan pengujian tarik dan pengujian kekerasan. Pengujian akan dilakukan dengan menggunakan mesin uji tarik, kekerasan *rockwell*, dan *furnace* untuk melakukan proses *heat treatment* yang berada di Laboratorium Material Teknik Departemen Aeronautika Akademi Angkatan Udara.

1. Pada tahap awal adalah mencari materi yang berhubungan dengan tugas akhir dengan judul dan materi yang telah ditentukan yaitu mencari informasi mengenai *SMAW*, *Quenching*, Uji tarik, Uji kekerasan baja ST 40 dan ST 42.
2. Penyiapan bahan. Pada tahap ini adalah menyiapkan bahan yang akan digunakan dalam penelitian yaitu Baja ST 40 dan ST 42 berbentuk plat yang akan di potong sesuai dengan ukuran standar spesimen uji tarik ASTM E8 dan uji kekerasan *Rockwell*. berikut penampakan baja dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini.



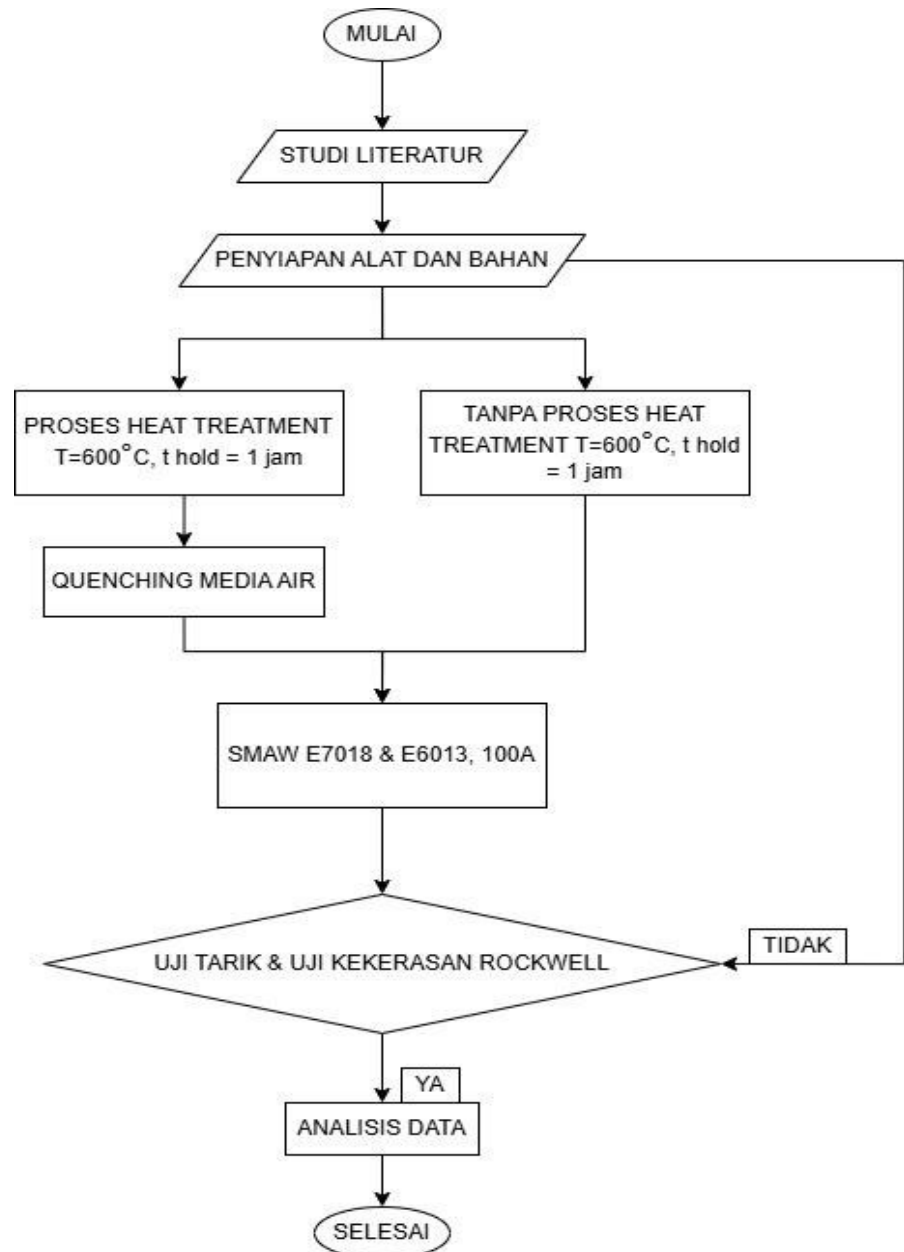
Gambar 3. Baja ST 40 dan ST 42

3. Membagi spesimen sebanyak 32 buah untuk penelitian :
 - a. Menguji Tarik dan Kekerasan Baja ST 42 dan 40 yang akan di las menggunakan elektroda E6013 tanpa di *heat treatment* dengan variasi arus 100 ampere (8

spesimen).

- b. Menguji Tarik dan Kekerasan baja yang sudah di *heat treatment* lalu di las menggunakan elektroda E6013 dengan variasi arus 100 ampere (8 spesimen).
 - c. Menguji Tarik dan Kekerasan Baja ST 42 dan 40 yang akan di las menggunakan elektroda E7018 tanpa di *heat treatment* dengan variasi arus 100 ampere (8 spesimen).
 - d. Menguji Tarik dan Kekerasan baja yang sudah di *heat treatment* lalu di las menggunakan elektroda E7018 dengan variasi arus 100 ampere (8 spesimen).
4. Lakukan pengelasan menggunakan teknik *SMAW* dengan elektroda E7018 dan E6013
 5. Pengujian *Heat Treatment Quenching* dilakukan dengan pemanasan suhu 800°C selama 15 menit dengan pendinginan media air.
 6. Selanjutnya bahan uji yang telah didinginkan dilaksanakan pengujian tarik dan kekerasan dengan metode *rockwell*.
 7. Data yang diperoleh kemudian dianalisa dan dibandingkan kualitas antara Baja ST 42 dan ST 40 yang terbaik berdasarkan hasil penelitian yang berbeda-beda.

Diagram alir penyusun penelitian ini digambarkan pada gambar dibawah ini :



Gambar 1. Diagram Alir

IV. HASIL/IMPLEMENTASI MODEL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian

Berikut ini merupakan proses dari pengujian spesimen dengan uji tarik dan uji kekerasan. Setelah diasumsikan dengan berbagai parameter dan perumusan masalah yang sudah ditentukan maka diperoleh data-data pengujian. Analisis ini berfokus hasil nilai uji tarik dan uji kekerasan spesimen. Data hasil pengujian disajikan dalam Tabel I dan Tabel II di bawah ini:

TABEL I
DATA HASIL PERHITUNGAN UJI TARIK

Spesimen	Tegangan (N/mm ²)	Regangan	Modulus Elastisitas (N/mm ²)
42 7018	397.074	0.0804	7909.8
42 HT 7018	488.908	0,0502	9739.2
42 6013	321.026	0,0150	21401.7
42 HT 6013	404.255	0,0150	26950,3
40 7018	394.173	0,0854	4615,6
40 HT 7018	490.107	0,0603	8127,8
40 6013	358.298	0,0251	14274,8
40 HT 6013	333.883	0,0100	33388.3
Raw	393.536	0,1105	3561.4

TABEL II
DATA HASIL PERHITUNGAN UJI KEKERASAN

Titik Uji 1 (HRA)	Titik Uji 2 (HRA)	Titik Uji 3 (HRA)	Nilai Rata-rata (HRA)
38,7	39,1	39,1	38,96
40,3	36,1	37,2	37,86
44,8	44,0	38,4	42,4
48,3	49,3	45,4	47,67
42,2	42,2	42,3	42,23
37,1	41,1	39,5	39,23
45,1	45,8	41,4	44,1
40,3	42,8	42,7	41,93

B. Pembahasan

Pada Tabel I berdasarkan data hasil uji tarik pada berbagai spesimen, diperoleh nilai tegangan, regangan, serta modulus elastisitas yang bervariasi sesuai jenis material, elektroda, dan perlakuan panas. Nilai tegangan tertinggi terdapat pada spesimen 40 HT 7018 sebesar 490,107 N/mm², diikuti oleh 42 HT 7018 dengan nilai 488,908 N/mm², yang menunjukkan bahwa perlakuan panas (heat treatment) mampu meningkatkan kekuatan tarik material secara signifikan. Sebaliknya, nilai tegangan terendah terdapat pada spesimen 42 6013 dengan 321,026 N/mm², yang menandakan bahwa penggunaan elektroda 6013 menghasilkan kekuatan tarik yang relatif rendah dibandingkan elektroda 7018. Dari sisi regangan, nilai tertinggi terdapat pada spesimen Raw dengan 0,1105, yang mengindikasikan sifat lebih ulet namun dengan kekuatan tarik yang lebih rendah. Sebaliknya, nilai regangan terendah ditunjukkan oleh spesimen 40 HT 6013 sebesar 0,0100, yang menandakan material tersebut menjadi lebih getas akibat perlakuan panas.

*Analisis Pengaruh Pengelasan SMAW Baja ST 42 dan ST 40 Dengan Perlakuan Heat Treatment Quenching Terhadap Metode Uji Tarik dan Uji Kekerasan Pada Konstruksi Hanggar Pesawat Terbang.
(I Gusti Putu Davin Maheswara Putra)*

Untuk modulus elastisitas, nilai tertinggi diperoleh pada spesimen 40 HT 6013 sebesar 33388,3 N/mm², menunjukkan bahwa material tersebut memiliki kekakuan yang tinggi. Sedangkan nilai modulus elastisitas terendah terdapat pada spesimen Raw dengan 3561,4 N/mm², yang berarti material cenderung lebih elastis namun kurang kaku.

Pada Tabel II Berdasarkan hasil uji kekerasan Rockwell, setiap spesimen menunjukkan variasi nilai kekerasan sesuai dengan jenis material, elektroda las yang digunakan, serta perlakuan heat treatment. Pada baja ST 42 yang dilas dengan elektroda E6013 diperoleh nilai kekerasan rata-rata sebesar 38,96 HRA, sedangkan penggunaan elektroda E7018 pada material yang sama menghasilkan nilai rata-rata 37,86 HRA, sehingga terlihat bahwa penggunaan elektroda E6013 memberikan kekerasan yang sedikit lebih tinggi. Setelah diberikan perlakuan heat treatment, terjadi peningkatan nilai kekerasan pada kedua jenis elektroda, di mana ST 42 dengan las E6013 mencapai 42,4 HRA dan ST 42 dengan las E7018 menunjukkan nilai tertinggi yaitu 47,67 HRA. Pada material ST 40, hasil uji menunjukkan bahwa spesimen yang dilas dengan elektroda E6013 memiliki nilai rata-rata 42,23 HRA, sedangkan dengan elektroda E7018 menghasilkan 39,23 HRA. Perlakuan heat treatment pada ST 40 juga memberikan peningkatan, dengan nilai rata-rata 44,1 HRA pada elektroda E6013 dan 41,93 HRA pada elektroda E7018. Sebagai perbandingan, material RAW tanpa perlakuan memiliki nilai rata-rata 41,93 HRA, yang dapat dijadikan acuan awal sebelum dilakukan proses pengelasan maupun perlakuan panas.

Berdasarkan data hasil pengujian kekerasan Rockwell pada berbagai material dan kondisi spesimen tersebut, diperoleh nilai kekerasan rata-rata yang bervariasi sesuai jenis material serta perlakuan yang diberikan. Nilai kekerasan tertinggi terdapat pada spesimen ST 42 dengan elektroda E7018 setelah perlakuan heat treatment dengan rata-rata 47,67 HRA, yang menunjukkan bahwa kombinasi

material ST 42 dan elektroda E7018 setelah proses quenching mampu meningkatkan sifat kekerasan material secara signifikan. Sebaliknya, nilai kekerasan terendah diperoleh pada spesimen ST 42 dengan elektroda E7018 tanpa perlakuan heat treatment dengan rata-rata 37,86 HRA, menandakan bahwa tanpa adanya perlakuan panas tambahan, material memiliki sifat kekerasan yang relatif lebih rendah dibandingkan kondisi lainnya.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data hasil pengujian spesimen pada bab , maka analisis pengujian tarik dan pengujian kekerasan hasil pengujian specimen dengan memberikan perlakuan panas *quenching* serta variasi elektroda las dapat diambil kesimpulan dan saran sebagai nilai akhir dari seluruh rangkaian penelitian ini. Berikut hasil data yang dapat di sajikan:

- a. Pengaruh proses pengelasan SMAW terhadap kekuatan Tarik. Proses pengelasan *SMAW* berpengaruh signifikan terhadap kekuatan tarik baja ST 42 dan ST 40. Hasil pengujian menunjukkan bahwa elektroda E7018 memberikan kekuatan tarik lebih tinggi dibandingkan E6013. Nilai tertinggi dicapai pada baja ST 40 dengan elektroda E7018 setelah *quenching* sebesar 490,107 N/mm², sedangkan nilai terendah terdapat pada baja ST 42 dengan elektroda E6013 sebesar 321,026 N/mm².

- b. Pengaruh proses pengelasan SMAW terhadap kekerasan. Untuk sifat kekerasan, elektroda E6013 menghasilkan nilai kekerasan lebih tinggi dibandingkan E7018 pada kondisi tanpa *quenching*. Namun, setelah perlakuan *quenching*, peningkatan paling signifikan diperoleh pada ST 42 dengan elektroda E7018 yang mencapai 47,67 HRA, sehingga kombinasi ini menjadi yang paling optimal dari segi kekerasan.
- c. Pengaruh perlakuan *heat treatment (quenching)*. Perlakuan *quenching* terbukti meningkatkan kekuatan tarik dan kekerasan material hasil pengelasan. Peningkatan tegangan tarik terjadi baik pada ST 42 maupun ST 40, terutama dengan elektroda E7018. Akan tetapi, *quenching* juga menyebabkan penurunan regangan (keuletan), sehingga material menjadi lebih keras dan kuat, tetapi lebih getas.
- d. Pengaruh elektroda. Elektroda E7018 memberikan kekuatan tarik lebih tinggi dibandingkan E6013 pada semua spesimen. Elektroda E6013 cenderung menghasilkan kekerasan lebih tinggi sebelum *quenching*, sedangkan setelah *quenching* peningkatan tertinggi justru diperoleh pada E7018.
- e. Pengaruh *quenching*. Perlakuan *quenching* meningkatkan kekuatan tarik dan kekerasan pada ST 42 maupun ST 40. Namun, *quenching* menurunkan regangan (keuletan), sehingga material menjadi lebih kuat tetapi lebih getas. Sehingga tidak disarankan untuk penggunaan konstruksi hangar pesawat terbang yang melengkung, melainkan untuk struktur kuat dan kokoh pada konstruksi yang lurus.

REFERENSI

- [1] Afandi, E., Sari, D. Y., Nurdin, H., & Rahim, B. (2022). Analisa Pengaruh Kuat Arus Pengelasan Smaw Terhadap Kekuatan Uji Impak Pada Sambungan Baja Karbon St 42. *Jurnal Vokasi Mekanika (VoMek)*, 4(1), 58–64.
- [2] Anang Setiawan, & Yusa Asra Yuli Wardana. (2006). Analisa Ketangguhan dan Struktur Mikro pada Daerah Las dan HAZ Hasil Pengelasan Sumerged Arc Welding pada Baja SM 490. *Jurnal Teknik Mesin*, 8(2), 57–63.
- [3] Antika, A. P., Muliayatno, I. P., & Santosa, A. W. B. (2019). Jurnal teknik perkapalan. *Teknik Perkapalan*, 7(2), 152–160.
- [4] Fakri, Z., & Juhan, N. B. B. (2019). Analisa pengaruh kuat arus pengelasan GMAW terhadap ketangguhan sambungan baja AISI 1050 (Analysis of the effect of the GMAW welding current on the toughness of the AISI 1050 material welding joints). *journal of Arc Welding*, 1(1), 5–10.
- [5] Gunawan, S., Lubis, H. H., & Wanty, R. D. (2019). Pengaruh Annealing Baja ST 37 terhadap Kekerasan dan Kekuatan Tarik. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*
- [6] Hoga Khadaffi, A., Ivanto, M., Suryani Lubis, G., Studi Teknik Mesin, P., Tanjungpura, & Hadari Nawawi, J. H. (2023). Analisa Perubahan Nilai Kekerasan Baja ST42 Pada Proses Pack Carburizing Melalui Penambahan Arang Cangkang Sawit dan Katalisator Kerang Kepah (Polymesoda Erosa) (1)*. 4(2), 70–75.
- [7] I Ketut Rimpung. (2017). Analisis Perubahan Kekerasan Permukaan Baja (St. 42) Dengan Perlakuan Panas 800 C Menggunakan Metode Vickers di Laboratorium Uji Bahan Politeknik Negeri Bali. *jurnal LOGIC*, 17(1), 13.
- [8] Pratama, M. Y., Budiarto, U., & Jokosisworo, S. (2019). Analisa Perbandingan Kekuatan Tarik, Tekuk, dan Mikrografi Pada Sambungan Las Baja SS 400 Akibat Pengelasan FCAW (Flux- Cored Arc Welding) dengan Variasi Jenis Kampuh dan Posisi Pengelasan. *Teknik Perkapalan*, 7(2), 152–160.

- [9] Rinaldi, R., Usman, R., & Fathier, A. (2019). Studi Eksperimental Kekuatan Tarik dan Kekerasan Pada Sambungan Pipa ASTM A 106 Grade B dengan Pengelasan SMAW. *Journal of Welding Technology*, 1(2), 36–42.
- [10] Sanjaya, A., & Sutowo, C. (2007). Pengaruh Hasil Pengelasan Gtaw Dan Smaw Pada Pelat Baja Sa 516 Dengan Kampuh V Tunggal. *Jurnal Teknik*, 1, 10–16.