

ANALYSIS OF MECHANICAL STRENGTH OF CONNECTION BETWEEN COMPOSITE AND ALUMINUM SHEET METAL USING HOLE CLINCHING PROCESS

Ravenskya Hana Hardiyantie¹, Lazuardy Rahendra P²,

Teknik Dirgantara - Institut Teknologi Dirgantara Adisutjipto Yogyakarta

hanaravenskya@gmail.com, lazuardy@itda.ac.id

Abstract

Aluminum and composite materials are the types of materials that are used to construct structures on aircraft airframes. It is not uncommon for both types of materials to be used together with the joining method. In the process of connecting between two types of material in the aircraft structure, it is mostly carried out by the riveting method. This process is carried out by making a hole in the two materials according to the rivet diameter and then the hole diameter is then filled with rivets and the riveting process is carried out. The process uses rivets so that it will relatively increase the weight of the structure because there is additional rivet material. In this study, the objectives are to determine the mechanical strength of the joint between the composite and aluminum sheet metal using the mechanical clinching and riveting processes. The method used is an experimental method, namely by making test specimens with composite and aluminum, solid rivet type fasteners and punches to determine the connection of the riveting, the drilling process is carried out with a hole diameter of 3.5 mm, for the clinching method with variations in the diameter of the punch 3.5 mm, 4.0 mm. , and 4.5 mm. Then the tensile test, macro photo test were carried out. The results obtained from this research are that the maximum load increase in the specimen tested by clinching is because the damage length (gap) value is obtained at the joint boundary between the rivet and the test material.

Keywords: Mechanical Clinching, Riveting, Composite, Aluminum

1. Pendahuluan

Material aluminium dan material komposit merupakan jenis material yang digunakan sebagai penyusun struktur pada *airframe* pesawat terbang tidak jarang kedua jenis material tersebut digunakan bersamaan dengan metode penyambungan (*joining*). Tidak jarang proses penyambungan antara jenis material aluminium dan jenis material menimbulkan permasalahan pada struktur pesawat terbang, dimana sambungan yang terdapat pada struktur komposit menjadi titik lemah pada bagian struktur. Pada proses penyambungan antara dua jenis material pada struktur pesawat terbang kebanyakan dilakukan dengan metode *riveting*^{[1][2][3]} Proses ini dilakukan dengan melubangi kedua material sesuai dengan diameter *rivet* dan selanjutnya pada diameter *hole* tersebut lalu diisi *universal rivet* dan selanjutnya dilakukan proses *riveting*.

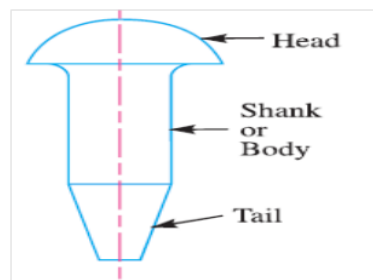
Proses tersebut menggunakan *rivet* sehingga relatif akan menambah berat struktur karena ada tambahan material *rivet*. Berdasarkan latar belakang tersebut maka perlu diupayakan metode penyambungan untuk mengurangi permasalahan yang timbul akibat proses penyambungan dengan metode *riveting*. Proses tersebut adalah *clinching*. *Clinching* merupakan metode penggabungan material yang berbeda jenisnya.

Jacek Mucha, Waldemar Witkowski dari Faculty of Mechanical Engineering and Aeronautics, Rzeszow University of Technology Polandia, Menganalisis kekuatan *structure rivet*. untuk keempat sistem penggabungan spesimen jenis *Single Lap Joint* dibuat dan diuji dengan uji geser, jenis rivet yang digunakan ada empat yaitu *Aluminium-steel blind rivet (BR)*, *Aluminium-steel blind hermetic rivet (BHR)*, *Aluminium alloy rivet for closing up (COUR)* and *solid self-piercing steel rivet (SSPR)*, sambungan kombinasi baja DC01 dan lembaran paduan

aluminium EN AW-5754 dengan ketebalan 2mm. Standar yang digunakan ISO / DIS 12996. [4][5][6] Kapasitas beban maksimum sambungan ditentukan oleh kekuatan sambungan. Untuk sambungan dengan rivet aluminium baja. Kekuatan sambungan SSPR memiliki kekuatan 5.26 kN paling baik dibandingkan dengan yang lain. Anna Galinska, Cezary Galinski dari Institute of Aeronautics and Applied Mechanics Faculty of Power and Aeronautical Engineering, Warsaw University of Technology Polandia, penggabungan dua jenis spesimen antara *composite carbon fiber* dengan aluminium *sheet metal* ini bisa digabungkan dengan beberapa metode yaitu *Self-Piercing Riveting*, *Friction Riveting*, *Cilincing*, *Non-adhesive form-locked joints*, and *Loop joints*.

Penggabungan dua spesimen aluminium AA6061 dengan *carbon fiber* dengan diameter 8.2 mm, eagle 0.5 mm, dengan diameter *punch* bervariasi yaitu 6.6 mm, 6.8 mm, 7.0 mm. kapasitas beban yang didapatkan tergantung dari berapa besar diameter pengeboran, dalam hal ini untuk diameter *punch* 7.0 mm memiliki beban maksimum 2.25 kN dengan intensitas kegagalan yang sangat kecil dan paling baik dibandingkan dengan yang lain. Dimas Surya Andhika, Teknik Penerbangan 2018, dengan judul “Pengaruh pengaruh diameter hole terhadap kekuatan *single lap joint* pada material Aluminium 2024-T3 dalam kegiatan *aircraft maintenance*”.

Penelitian ini difokuskan untuk menganalisis pengaruh diameter hole terhadap sambungan *single lap joint* dengan proses *riveting* yang divariasikan diameter hole nya. Perlakuan sambungan pada material adalah *riveted single lap joint*. Proses *riveting* dilakukan oleh personil yang memiliki sertifikat keahlian dalam bidang *riveting*. Selanjutnya hasil *riveting* dilakukan pengujian tarik dan foto makro. Hasil pengujian menunjukkan bahwa maksimum *oversize* saat proses *drilling* pada diameter 3.4mm. Untuk membentuk sebuah struktur pesawat, lembaran-lembaran *skin* pesawat harus dikencangkan antara yang satu dengan yang lain. Pengencangan tersebut biasanya dilakukan dengan menggunakan *solid rivet* yang terbuat dari paduan aluminium. *Rivet* adalah sebuah perangkat untuk mengencangkan dua buah lembaran logam maupun non logam. *Rivet* berbentuk silinder kecil dengan kepala yang dibentuk sesuai dengan kebutuhannya. Kepala bagian atas *rivet* disebut dengan *factory head* sedangkan bagian bawahnya disebut dengan *bucktail*. [7][8]



Gambar 1 Bagian-bagian rivet

Pada pengaplikasiannya, *rivet* dimasukkan ke dalam lubang yang telah dibuat dengan menggunakan bor dengan ukuran diameter yang sedikit lebih besar dari diameter *rivet* tersebut, kemudian kepala *rivet* dipukul berulang-ulang dengan menggunakan *rivet gun* yang biasanya bertenaga *pneumatic*, sedangkan bagian bawahnya ditahan dengan menggunakan *bucking bar*. Sambungan dengan menggunakan *rivet* dipasang secara permanen, maka untuk melepasnya kembali perlu dilakukan pengeboran. Ada dua tipe *rivet* yang umum digunakan, yaitu: *The Solid Shank Rivet* dan *The Special Blind Rivet*. *The Solid Shank Rivet* adalah pembentukan *shop head* yang dilakukan dengan menggunakan *bucking bar* yang posisi pengerjaannya dilakukan dalam dua sisi. Sedangkan *The Special Blind Rivet* merupakan pembentukan *shop head* yang dilakukan tanpa menggunakan *bucking bar*. Pada beberapa *riveted structure* yang tentu susah sekali untuk mendapatkan posisi pengerjaan pada dua sisi atau dimana ruangan yang ada sangat

terbatas dan tidak memungkinkan untuk menggunakan *bucking bar*. Untuk penggabungan pada *parts* tersebut dibuatlah *rivet spesial* yang pemasangannya hanya dilakukan satu sisi.^[9]

2. Metode Penelitian

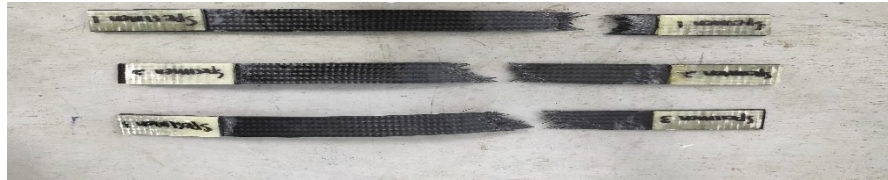
Metode ini dilakukan dengan menggunakan eksperimental, yaitu dengan membuat spesimen uji dengan komposit dan aluminium, *fastener* jenis *rivet solid* serta *punch* untuk mengetahui sambungan dari *riveting* maka dilakukan proses *drilling* dengan diameter *hole* 3.5 mm, untuk metode *clinching* dengan variasi diameter *punch* 3.5 mm, 4.0 mm, dan 4.5 mm. Kemudian dilakukan pengujian tarik, pengujian foto makro. Dalam penelitian ini penulis menggunakan beberapa metode yang digunakan, yaitu:

- Metode Wawancara, yaitu metode mengumpulkan data dan informasi terkait dengan penelitian yang akan dilakukan dengan cara bertanya langsung kepada narasumber yang berkompeten dalam bidang komposit dan aluminium maupun proses *riveting* dan *clinching* pada material komposit dan aluminium baik itu dosen, laboran tempat melakukan penelitian dan lain sebagainya.
- Metode Studi Pustaka, yaitu metode pengumpulan data dengan membaca buku, artikel atau jurnal penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.
- Persiapan alat, bahan dan spesimen uji yaitu mempersiapkan segala sesuatu untuk mendukung proses penelitian. Pada penelitian ini penulis menggunakan material Aluminium 2024-T3, *Composite carbon fibre*, *rivet*, *punch*.
- Proses *riveting* adalah proses penggabungan antara 2 pelat. Dalam penelitian ini penulis menggunakan spesimen *single lap joint*, serta proses *riveting* dilakukan di SKATEK 043 Adisutjipto dan dikerjakan oleh mekanik berlisensi.
- Hasil *rivet* sesuai standar yaitu bahwa hasil dari proses *riveting* memenuhi standar yang sudah ditetapkan, antara lain:
 - Edge Distance* (jarak titik pusat lubang *rivet* sampai pada sisi pelat) adalah 2.5D sampai 4D. Pada penelitian ini penulis menerapkan 4D untuk *edge distance*. Untuk *rivet* yang digunakan berdiameter 3.5 mm, maka *edge distance* adalah $4 \times 3.5 = 14$ mm.
 - Shop head* (kepala *rivet* baru yang terbentuk setelah proses *riveting*) adalah 1.5D, maka *shop head* adalah $1.5 \times 3.2 \text{ mm} = 5.25 \text{ mm}$.
- Pengujian yang dilakukan adalah uji tarik dan uji foto makro, tujuan dari dilakukannya pengujian tarik adalah untuk mengetahui hasil sambungan *riveting* dan variasi dengan menggunakan metode *clinching*. Pada penelitian ini menggunakan perlakuan *single lap joint*. Serta tujuan dilakukannya pengujian foto makro adalah untuk mengetahui hasil sambungan antara *riveting* dengan *clinching* dengan diameter *punch* 3.5 mm, 4.0 mm, 4.5 mm.

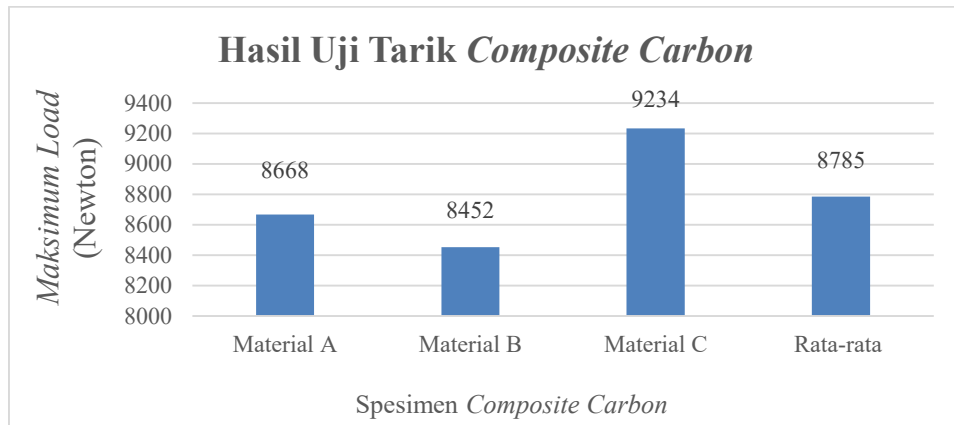
Analisis dan pembahasan berisi data *real* hasil pengujian baik pada spesimen *composite*, spesimen *riveting*, spesimen *clinching* dan spesimen foto makro. Data hasil pengujian dianalisis dari hasil pengujian yang kemudian dijadikan sebagai pembahasan dan kesimpulan.

3. Hasil dan Analisis

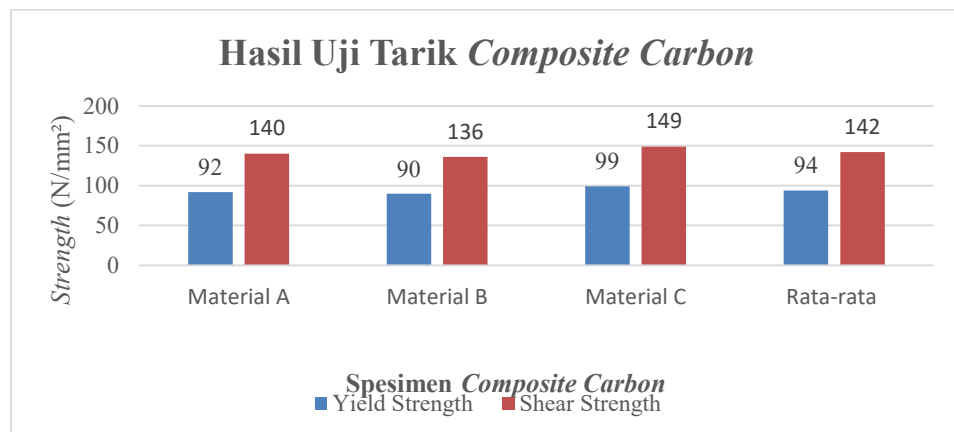
Pada penelitian ini dilakukan pengujian tarik pada *composite carbon fiber*, dalam pengujian tarik ini menggunakan 3 spesimen uji agar hasil yang didapat lebih *valid*. Dimana untuk pembuatan dan pengujian tarik *composite carbon fiber* menggunakan ASTM D3039M. Dari hasil pengujian 3 spesimen *composite carbon* didapatkan hasil rata-rata pada *maksimum load* yaitu sebesar 8785 Newton, rata-rata pada *yield strength* yaitu sebesar 94 N/mm^2 dan rata-rata *tensile strength* yaitu sebesar 142 N/mm^2 . Untuk lebih jelas tentang hasil pengujian tarik *composite fiber*.



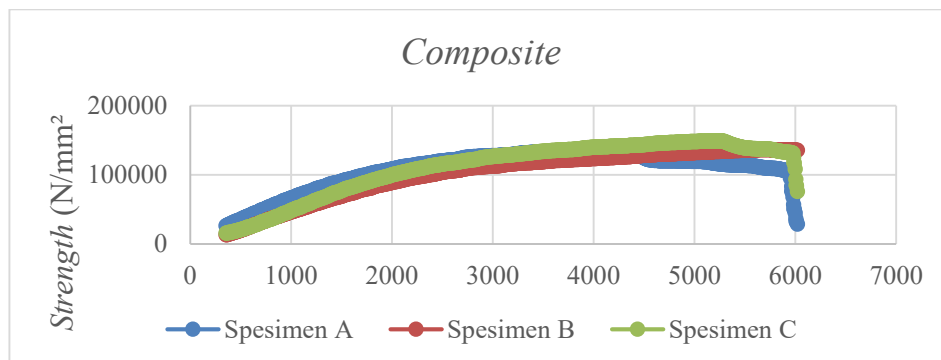
Gambar 2. Hasil uji tarik *Composit Carbon*



Gambar 2. Grafik *maksimum load* spesimen *composit carbon*



Gambar 3. Grafik *yield strength* dan *shear strength* spesimen *composite carbon*

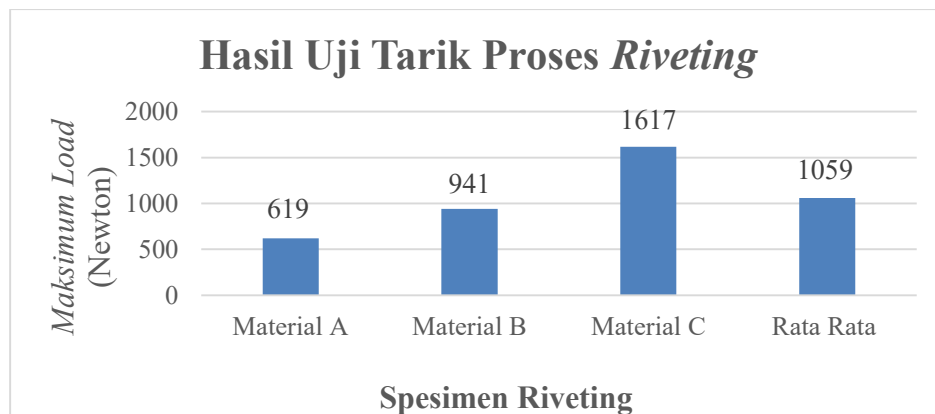


Gambar 4. *Curve yield strength* dan *shear strength* spesimen *composite carbon*

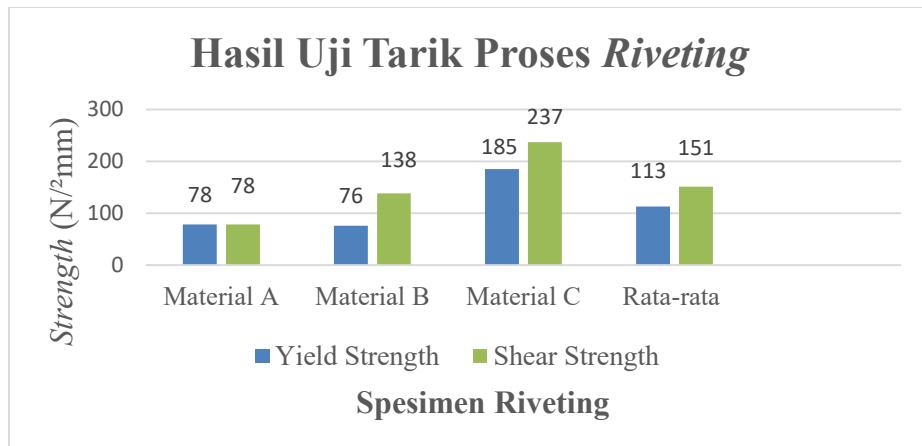
Dari hasil penelitian yang telah dilakukan setiap benda uji memiliki nilai *maksimum load* yang berbeda, didapatkan hasil kekuatan yang paling tinggi ada pada spesimen C *composit carbon fiber* yaitu sebesar 9234 Newton dan paling rendah pada spesimen B *composit carbon fiber* dengan nilai 8452 Newton. Hal ini disebabkan karena pembuatan spesimen *composit carbon fiber* dikerjakan manual dengan tangan manusia. Dalam pengujian tarik *single lap joint* menggunakan *sheet metal* Aluminium 2024-T3, *Composite fiber*, dan *rivet solid* dengan diameter 3.5 mm. Standar yang digunakan dalam pengujian menggunakan standar ISO/DIS 12996 (dimensi dan *layout* pada gambar 3.23). Dalam pengujian ini penulis membutuhkan 3 spesimen *riveting*. Dari hasil pengujian spesimen dengan *riveting* didapatkan hasil rata-rata pada *maksimum load* yaitu sebesar 1059 Newton, rata-rata pada *yield strength* yaitu sebesar 113 N/mm^2 dan rata-rata *tensile strength* yaitu sebesar 151 N/mm^2 .



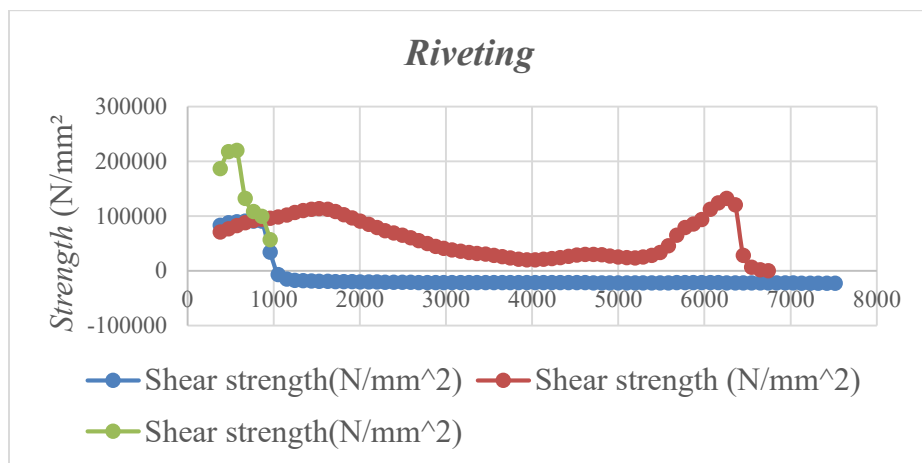
Gambar 5 Hasil uji tarik spesimen *riveting*



Gambar 6. Grafik *maksimum load* spesimen *riveting*



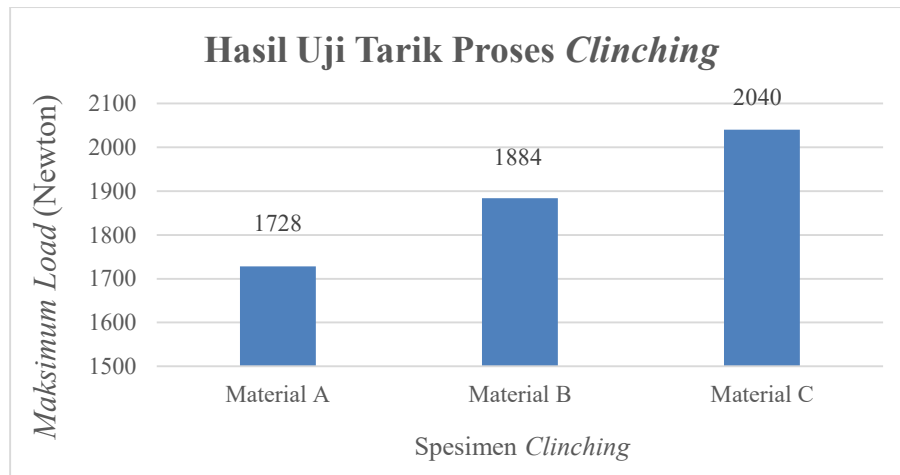
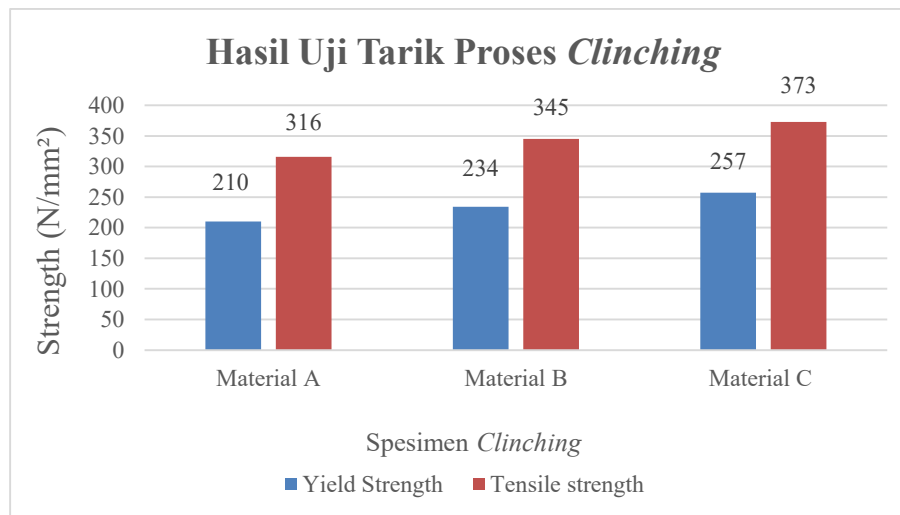
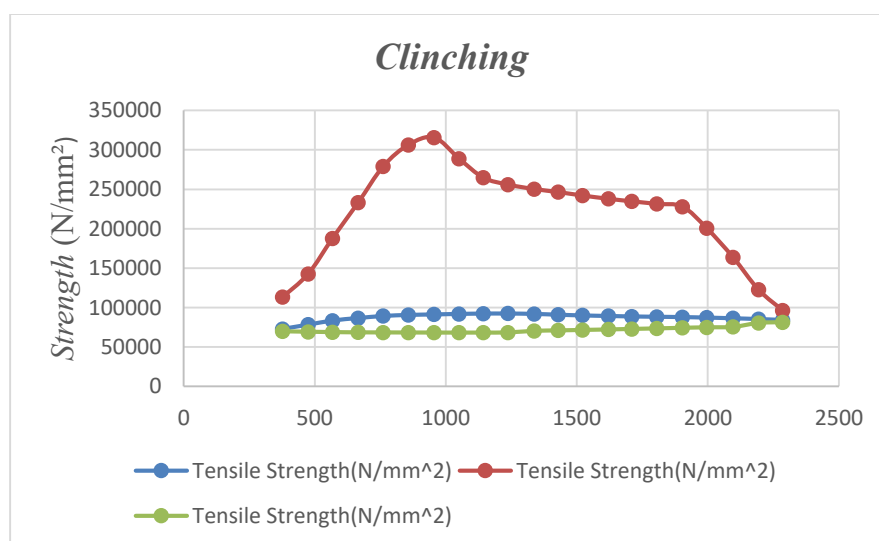
Gambar 7. Grafik *yield strength* dan *shear strength* spesimen *riveting*



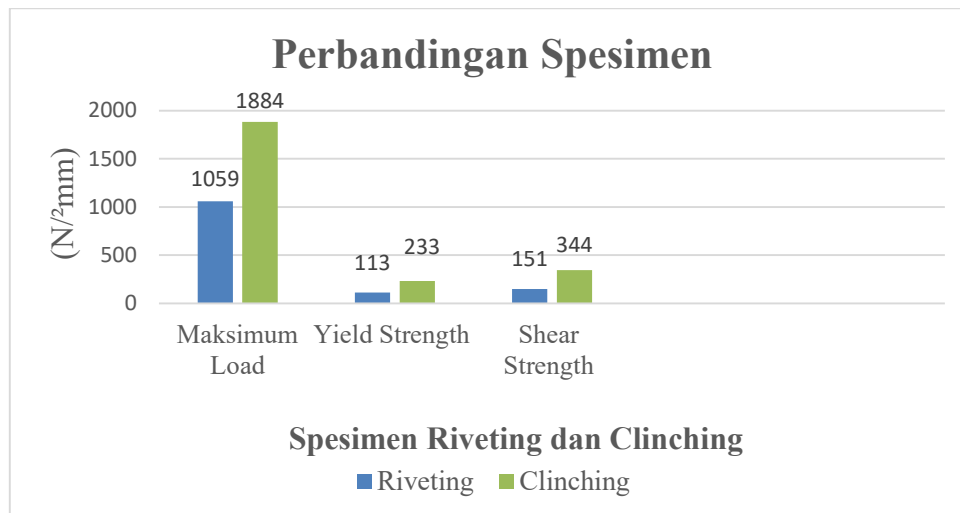
Gambar 8. Curve *yield strength* dan *shear strength* spesimen *riveting*

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan setiap benda uji memiliki nilai *maksimum* load yang berbeda, didapatkan hasil peningkatan kekuatan yang signifikan paling tinggi ada pada spesimen C *riveting* yaitu sebesar 1617 Newton dan paling rendah pada spesimen A *riveting* dengan nilai 619 Newton. Hal ini disebabkan karena seberapa kuat dari *rivet* tersebut untuk menahan beban yang diberikan.

Dalam pengujian dengan metode *clenching* menggunakan *sheet metal* Aluminium 2024-T3, *Composite fiber*, dengan diameter 3.5 mm, 4.0 mm, 4.5 mm dan *punch* (alat khusus yang dibuat untuk dilakukan pengepresan). Dalam pengujian ini membutuhkan 3 spesimen. Dari hasil pengujian spesimen *clenching* didapatkan hasil rata-rata pada *maksimum load* yaitu sebesar 1884 Newton, rata-rata pada *yield strength* yaitu sebesar 233 N/mm² dan rata-rata *tensile strength* yaitu sebesar 344 N/mm².

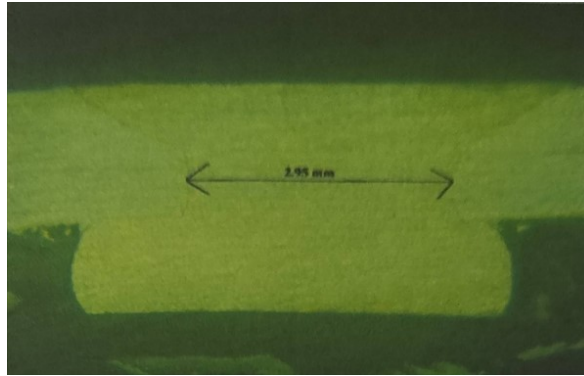
Gambar 9. Grafik *maksimum load* spesimen *clinching*Gambar 10. Grafik *yield strength* dan *tensile strength* spesimen *clinching*Gambar 11 *Curve yield strength* dan *Tensile strength* spesimen *clinching*

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan setiap benda uji memiliki nilai *maksimum load* yang berbeda, didapatkan hasil kekuatan yang cukup signifikan paling tinggi ada pada spesimen C *clinching* yaitu sebesar 2040 Newton dan paling rendah pada spesimen A *clinching* dengan nilai 1728 Newton. Hal ini disebabkan karena variasi diameter *hole* pada material uji. Dari penelitian yang dilakukan pada spesimen dengan *riveting* didapatkan hasil rata-rata pada *maksimum load* yaitu sebesar 1059 Newton, rata-rata pada *yield strength* yaitu sebesar 113 N/mm^2 dan rata-rata *tensile strength* yaitu sebesar 151 N/mm^2 . Dari penelitian yang dilakukan pada spesimen dengan *clinching* didapatkan hasil rata-rata pada *maksimum load* yaitu sebesar 1884 Newton, rata-rata pada *yield strength* yaitu sebesar 233 N/mm^2 dan rata-rata *tensile strength* yaitu sebesar 344 N/mm^2 .



Gambar 12. Grafik *maksimum load*, *yield strength* dan *shear strength* spesimen *riveting clinching*

Dari hasil penelitian ini didapatkan peningkatan *maksimum load* pada spesimen yang diuji dengan menggunakan metode *clinching* karena pada spesimen tersebut didapatkan nilai *damage length* (Celah) pada batas sambungan antara *rivet* dengan material uji. Hal ini menyebabkan terjadinya peningkatan nilai *maksimum load* yang diterima oleh masing-masing spesimen *clinching*. *Damage length* tersebut akan menahan *rivet* agar tidak langsung patah Ketika menerima beban geser. Hal ini juga dapat dibuktikan dengan pengamatan yang dilakukan menggunakan alat mikroskop *metalografi* dan menggunakan perbesaran hingga 40 kali ukuran aslinya. Setelah penampang *lap joint* bisa dilihat dengan jelas, kemudian mengukur *damage length* (celah) dengan menggunakan *software image raster*. Dalam pengujian ini bertujuan untuk melihat kekuatan mekanis hasil sambungan antara *riveting* dengan *clinching* pada spesimen *single lap joint*. Gambar hasil pengamatan berupa tingkat kekuatan mekanis pada sambungan antara *riveting* dengan *clinching*, dengan parameter panjangnya celah (*damage length*). Pengujian foto makro ini dilakukan sebelum dilakukannya pengujian tarik pada spesimen *riveting*, dikarenakan dalam pengujian tarik *single lap joint* memerlukan luas penampang berupa ukuran diameter *rivet* yang didapatkan dari pengujian foto makro. Pengamatan mikroskop pada spesimen *riveting* dengan diameter 3.5 mm didapatkan *damage length* antara sambungan *rivet* hasilnya adalah hampir tidak adanya *damage length* yang terdapat pada sambungan *rivet*, jika dilihat dengan kasat mata pada hasil foto mikroskop. Perhitungan menggunakan *software image raster* juga tidak mendefinisikan angka karena *damage length* yang mungkin terlalu kecil atau bisa disebut tidak ada.



Gambar 13. Hasil foto makro spesimen dengan *riveting*

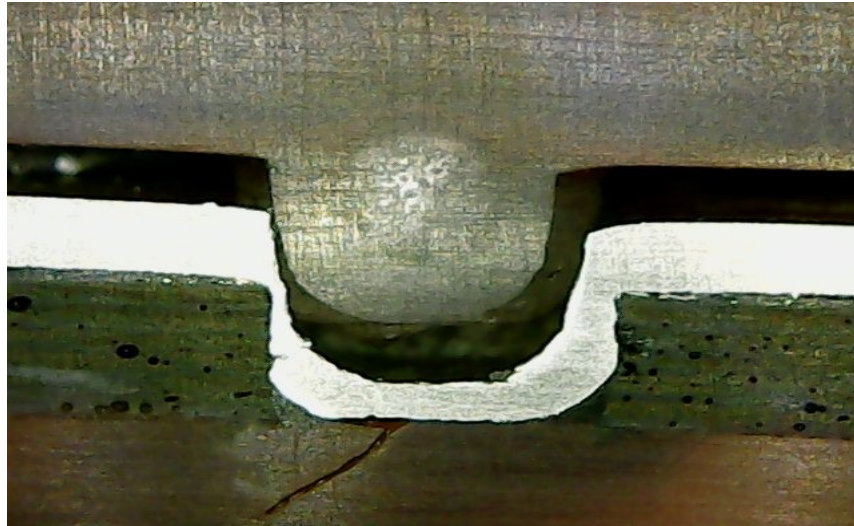
Pengamatan mikroskop pada spesimen metode *clinch* dengan diameter 3.5 mm, 4.0 mm, dan 4.5 mm. Hasilnya adalah terdapat *damage length* antara sambungan *rivet*, setelah dilakukan pengukuran menggunakan *software image raster damage length* tersebut terjadi karena pada metode ini dilakukan pengepresan terlebih dahulu yang menyebabkan diameter *hole* nya lebih besar dari diameter *punch*.



Gambar 14 Hasil foto makro spesimen metode *clinch* dengan diameter 3.5 mm



Gambar 15. Hasil foto makro spesimen metode *clinch* dengan diameter 4.0 mm



Gambar 16. Hasil foto makro spesimen metode *clinching* dengan diameter 4.5 mm

Dari hasil proses pengujian pada spesimen foto makro maka didapatkan hasil berupa diameter *rivet*. Nilai diameter *rivet* yang diperoleh pada pengujian foto makro ini adalah sebagai nilai input yang diperlukan dalam menghitung luas penampang (Area), dimana rumus luas penampang adalah $A = \pi r^2$. Hasil pengujian foto makro pada spesimen *riveting* dengan diameter hole 3.5 mm didapatkan diameter *rivet* sebesar 2.95 mm, maka luas penampangnya sebesar 6.83 mm^2 . Hasil pengujian foto makro pada spesimen *clinching* diameter hole 3.5 mm, 4.0 mm, 4.5 mm didapatkan diameter *rivet* sebesar mm, maka luas penampangnya sebesar mm^2 . Dari hasil pengujian foto makro juga didapatkan nilai *damage length* (Celah) pada setiap batas sambungan antara *rivet* dengan material uji. Hal ini menyebabkan terjadinya peningkatan nilai *maksimum load* yang diterima oleh masing-masing spesimen *single lap joint*. *Damage length* tersebut akan menahan *rivet* agar tidak langsung patah Ketika menerima beban geser. Hasil pengujian foto makro pada spesimen *riveting* dengan diameter hole 3.5 mm tidak terdapat *damage length*, sehingga Ketika *rivet* menerima beban geser maka *rivet* langsung mengalami patah pada *rivet* yang dikarenakan beban yang diberikan melebihi beban yang diijinkan oleh *rivet*. Pada spesimen *clinching* dengan diameter hole 3.5 mm, 4.0 mm, 4.5 mm memiliki nilai *maksimum load* sebesar 1884 Newton. Hasil pengujian foto makro pada spesimen *clinching* terdapat *damage length* sebesar 0.01 mm pada sisi sambungannya dan memiliki nilai *maksimum load* sebesar 1884 Newton.

4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian spesimen *riveting* didapatkan hasil rata-rata pada *maksimum load* yaitu sebesar 1059 Newton, rata-rata pada *yield strength* yaitu sebesar 113 N/mm^2 dan rata-rata *tensile strength* yaitu sebesar 151 N/mm^2 . Dari hasil pengujian spesimen *clinching* didapatkan hasil rata-rata pada *maksimum load* yaitu sebesar 1884 Newton, rata-rata pada *yield strength* yaitu sebesar 233 N/mm^2 dan rata-rata *tensile strength* yaitu sebesar 344 N/mm^2 . Dari hasil penelitian ini didapatkan peningkatan maksimum load pada spesimen yang diuji dengan *clinching* karena pada spesimen tersebut didapatkan nilai *damage length* (Celah) pada batas sambungan antara *rivet* dengan material uji. Hal ini menyebabkan terjadinya peningkatan nilai maksimum load yang diterima oleh masing-masing spesimen *single lap joint*. *Damage length* tersebut akan menahan *rivet* agar tidak langsung patah Ketika menerima beban geser. Hal ini juga dapat dibuktikan dengan pengamatan yang dilakukan menggunakan alat mikroskop metalografi dan menggunakan perbesaran hingga 40 kali ukuran aslinya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. K. J.K. Gupta, A Textbook of Machine Design, India : S Chand & Co Ltd; 14th edition , 2005.
- [2] P. Tan , "Rivet Part Number," 13 july 2017. [Online]. Available: ourakuntansi2.blogspot.com. [Accessed 7 agustus 2020].
- [3] M. A. Huda, Pengukuran mata pisau (Cutting EDGE) pahat pada proses drilling baja karbon AISI 1045 dengan metode Embedded Thermocouple, 2008.
- [4] S. "Laporan Material Teknik Uji Tarik," 20 Juli 2011. [Online]. Available: serasih-Laporan material teknik uji tarik. [Accessed 9 Agustus 2020].
- [5] S. M. M., Composite Materials Handbook, New York: McGraw-Hill Book Company, 1984.
- [6] A. S. H, Introduction to Physical Metallurgy, Second Edition, Tokyo: McGraw-Hill International Book Company, 1982.
- [7] ASM Handbook Volume 9: Metallography and Microstructures, ASM International, 2004.
- [8] [Online]. Available: <http://repository.unpas.ac.id>. [Accessed 20 Februari 2021].
- [9] D. Surya, "Pengaruh pengaruh diameter hole terhadap kekuatan single lap joint pada material Aluminium 2024-T3 dalam kegiatan aircraft maintenance," 2018.