

Mechanical Property Analysis of Ductile Materials Using Tensile and Bending Tests

Ilham Hidayathullah*, Rifelino, Andril Arafat, and Febri Prasetya

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Negeri Padang, INDONESIA

*Corresponding author: ilhambidayat2211@gmail.com

Received October 10st 2024; Revised October 25th 2024; Accepted November 10th 2024

Abstract

Ductile material is a material that is often used in industry. Apart from its affordable price, its ductile and flexible nature for hard materials makes it easy to shape and apply in the structural industry. It is not uncommon for this material to be chosen because it has high utility. However, each ductile material has its own characteristics that differ from one material to another, which you need to know so that you don't make mistakes when using or processing the material. Ductile material itself means a material that has the ability to be forged or stretched because of its high level of plasticity. To determine the mechanical properties of ductile materials, you can use tensile tests and bending tests. This tensile test and bending test aim to determine the hardness and ductility of ductile materials. The ductile materials used in this research are aluminium and brass. The tensile test was carried out using a UTM machine using 3 test objects that had the same shape and size for each material. The first material is aluminium. The tensile test results on aluminium material obtained an average of 355.78 N/mm². Meanwhile, for the tensile test on brass material, the average was 442.28 N/mm². Next, for bending tests on aluminium and brass materials. The test uses the three-point bending method and with 3 test objects of the same shape and size. The bending test results on aluminium material obtained an average of 1,562.961 N/mm². Meanwhile, for brass material, the average bending test value is 2,466.664 N/mm². So, it can be concluded that the tensile test for brass is higher than aluminium. Likewise, in the bending test, brass is higher than aluminium.

Keywords: Ductile Materials, Characteristics, Tensile Tests, Bending Tests, Aluminium, Brass

Hubungan Antara Pengetahuan Kewirausahaan dan Minat Berwirausaha pada Siswa Kelas XI Teknik Pemesinan SMK Semen Padang

Abstrak

Material ductile merupakan material yang sering digunakan didalam perindustrian. Selain karna harganya yang terjangkau, sifatnya yang ulet dan fleksibel untuk sejenis material keras memudahkan untuk dibentuk dan diaplikasikan dalam industry-industri yang bersifat structural. Tak jarang material ini menjadi pilihan karna memiliki daya guna tinggi Meskipun begitu, setiap material ductile memiliki karakteristik sendiri yang berbeda antara material satu dan yang lain yang perlu diketahui agar tidak salah dalam menggunakan atau memberi perlakuan pada material tersebut. Material ductile itu sendiri memiliki defenisi suatu bahan memiliki kemampuan untuk ditempa atau diregangkan karna tingkat plastisitas yng tinggi. Untuk mengetahui sifat mekanik pada material ductile bisa dengan menggunakan uji Tarik dan uji bending. Uji Tarik dan uji bending ini bertujuan untuk mengetahui kekerasan dan keuletan dari material ductile. Material ductile yang digunakan pada penelitian ini adalah aluminium dan kuningan. Uji Tarik dilakukan dengan menggunakan mesin UTM dengan menggunakan 3 spesimen yang memiliki bentuk dan ukuran yang serupa pada masing-masing material. Material pertama adalah aluminium. Hasil uji Tarik pada material aluminium memperoleh rata-rata 355,78 N/mm². Sedangkan untuk uji tarik pada material kuningan rata-rata memperoleh 442,28 N/mm². Selanjutnya untuk uji bending pada material aluminium dan kuningan. Pengujian menggunakan metode Bending three-point dan dengan 3 spesimen yang serupa bentuk dan ukurannya. Hasil pengujian bending pada material aluminium memperoleh rata-rata 1.562,961 N/mm². Sedangkan untuk material kuningan memperoleh rata-rata nilai uji bending sebesar 2.466,664 N/mm². Sehingga dapat diperoleh kesimpulan, uji Tarik kuningan lebih tinggi dibandingkan dengan aluminium. Begitu juga dengan uji bending, kuningan lebih tinggi dari pada aluminium.

Kata kunci: Material Ductile, Karakteristik, Uji Tarik, Uji Bending, Aluminium, Kuningan

I. PENDAHULUAN

Salah satu material yang saat ini sering digunakan dalam bidang industri adalah material ductile. Hal itu tentu saja disebabkan oleh keunggulan yang dimiliki oleh material tersebut. Contohnya saja dari keuletan material tersebut. Keuletan material yang tinggi memungkinkan untuk dibentuk, sehingga sering digunakan dalam industri yang bersifat struktural. Material ductile itu sendiri memiliki defenisi suatu bahan memiliki kemampuan untuk ditempa atau diregangkan karna tingkat plasatisitas yng tinggi (Sui et al., 2022). Salah satu contoh dari material ductile adalah kuningan dan aluminium.

Menurut (I. T. Susilowati et al., 2022) Kuningan pada dasarnya adalah campuran tembaga dan seng sebagai paduan utama. Biasanya mengandung hingga 40% seng. Kuningan adalah logam yang memiliki warna kuning kecoklatan dan sering kali ditemukan dalam seni hiasan, perhiasan, dan koin. Kuningan terbuat dari campuran tembaga dan seng, dan memiliki sifat tahan terhadap korosi dan noda. Karena kemiripannya dengan warna emas, kuningan sering digunakan sebagai pengganti emas dalam berbagai aplikasi. Selain itu, kuningan mempunyai kelenturan yang lebih tinggi daripada perunggu atau seng. Titik leleh kuningan relatif rendah, berkisar antara 900 hingga 940 derajat Celsius, tergantung pada komposisi. Dengan memvariasikan proporsi tembaga dan seng, sifat-sifat kuningan bisa diubah, memungkinkan pembuatan kuningan keras atau lunak. Kepadatan kuningan adalah sekitar 0,303 gram per inci kubik (setara dengan 8400 hingga 8730 kilogram per meter kubik). Hal ini membuat kuningan banyak digunakan dalam dunia peindutrian. Salah satunya sebagai bantalan pada excavator. Fungsinya

sebagai peredam getaran. Selain sebagai bantalan excavator, kuningan juga saring dijadikan sebagai gagang pintu juga tiang bangunan.

Material selanjutnya adalah aluminium. Material yang satu ini memiliki kepadatan lebih rendah dibandingkan logam komersial lainnya. Umumnya logam Aluminium tidak bereaksi dengan udara karena permukaannya dilapisi lapisan oksida yang tipis membantu melindungi logam dari serangan udara. Akibatnya logam aluminium sukar untuk mengalami korosi. Hal itu tentu menguntungkan pada sektor industri. Keunggulan bahan aluminium adalah densitasnya yang lebih ringan dan ketahanan terhadap korosi yang tinggi. (Marcell, 2021).

Kedua material ductile diatas sama-sama banyak digunakan di dalam dunia penindustrian. Meskipun sama-sama material ductile tentu memiliki perbedaan pada sifat dan karakteristiknya sehingga penggunaannya pun berbeda. dalam penggunaannya perlu diperhatikan faktor seperti perpatahan dan plastisitas suatu material. Karena banyak sekali kecelakaan yang terjadi akibat kegagalan suatu material, banyak faktor penyebab kegagalan material tersebut seperti faktor plastisitas material dan perpatahan material. Sehingga kita perlu mencegah kerusakan pada material tersebut dan dengan mengetahui penyebab mekanisme terjadinya kegagalan tersebut Salah satunya dengan mengetahui karakteristik material tersebut. Untuk mengetahui sifat dan karakteristik masing-masing, maka dilakukanlah uji. Salah satunya dengan melakukan uji Tarik dan uji bending.

Uji tarik merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengetahui karakteristik suatu material, ada berbagai macam jenis pengujian yang dilakukan, salah satunya adalah uji tarik. (Zariatin et al., 2021). Hasil dari pengujian tarik sangat penting dalam rekayasa teknik dan desain produk. Pengujian tarik memberikan data tentang kekuatan material, yang digunakan untuk menginformasikan rancangan dasar dan spesifikasi bahan. Dengan pengujian tarik, kita dapat mengukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara perlahan. Uji tarik ini penting karena dapat digunakan untuk memahami cara kerja suatu material(Denti Salindeho et al., 2013). Uji tarik juga penting untuk memahami sifat mekanik dasar suatu material(Teknik Mesin & Negeri Lhokseumawe, 2019). Produsen harus sepenuhnya memahami sifat mekanik suatu material ketika memilihnya untuk aplikasi. Untuk informasi lebih lanjut, lihat panduan kami tentang Kekuatan Tarikan.

Uji bending adalah metode pengujian material yang melibatkan penerapan tekanan pada material untuk mengukur kekuatan lentur (bending). Proses pengujian bending menggunakan metode 3 titik, di mana material diberi beban pada tiga titik yang terpisah. Hasil dari pengujian ini memberikan informasi penting tentang karakteristik mekanik material. Kekuatan bending mengacu pada tegangan lengkung maksimum yang dapat ditahan oleh sampel pengujian tanpa mengalami deformasi permanen atau kegagalan. Dalam pengujian bending, kita mengukur bagaimana material merespons beban luar yang diterapkan pada titik-titik tertentu(Habibil Rizka, 2022). Uji bending memainkan peran krusial dalam mengevaluasi kemampuan material untuk menahan beban lentur. Jenis pengujian, prosedur, dan aplikasinya bervariasi, tergantung pada kebutuhan dan jenis material yang diuji. Informasi yang dihasilkan dari pengujian ini memungkinkan para insinyur dan perancang untuk memastikan kualitas dan keandalan produk, serta mengembangkan bahan yang lebih kuat dan lebih efisien untuk berbagai aplikasi industri(Beliu et al., 2016).

Berdasarkan hal tersebut, maka dilakukanlah uji Tarik dan uji bending pada kedua material tersebut. Uji bahan digunakan untuk mendapatkan kepastian tentang sifat dan kekuatan bahan(Nurfaedah & Prasetya, n.d. 2021) . Uji Tarik dan uji bending pada penelitian kali ini akan menggunakan mesin UTM (Universal Testing Machines)(Tri Kismanti & Firdan Nurdin, 2023). Pengujian akan diawali dengan pembuatan spesimen. Spesimen yang dihasilkan akan diuji kekuatan uji tarik dan uji bendingnya dengan mesin UTM, hasil uji akan dilaporkan dalam bentuk angka yang tertera pada monitor computer mesin UTM.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan edukasi sekaligus informasi terhadap hasil uji Tarik dan uji bending dari material ductile khususnya aluminium dan kuningan.

II. METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian analisis uji tarik dan uji bending terhadap material ductile khususnya aluminium dan kuningan. Setelah dilakukan pengujian tersebut, maka akan dilakukan pengolahan data untuk mengetahui kekuatan uji tarik dan uji bending terhadap materi tersebut.

B. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada semester Januari- Juli 2024, tempat pengujian di Laboratorium Material Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

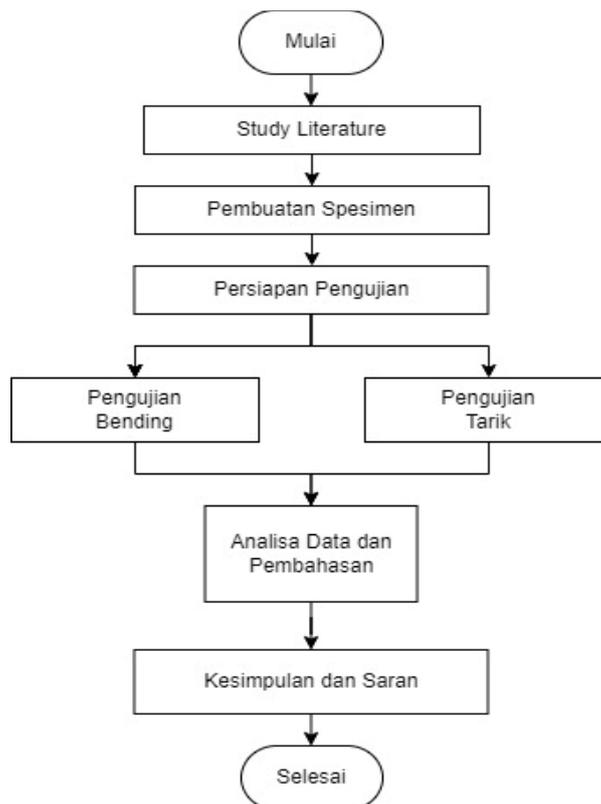
C. Obek Penelitian

Objek penelitian dalam penelitian ini adalah hasil analisis kekuatan uji tarik dan uji bending terhadap material ductile khususnya kuningan dan aluminium.

D. Tahap Penelitian

Diagram alir (*flowchart*) menampilkan strategi penulis untuk mendapatkan tujuan penelitian. Gambar 2.1 menyajikan proses penelitian yang diilustrasikan dalam penelitian ini.

Tahap – tahap proses penelitian yang akan dilakukan ditunjukkan diagram alir berikut.



Gambar 1. Diagram Alir

Proses pembuatannya dilakukan dengan beberapa tahapan seperti berikut ini:

1. Mempersiapkan spesimen pengujian, Aluminium AA 6063 (Strip dan As) dan Kuningan strip B36 (Strip dan As)
2. Melakukan penghalusan permukaan spesimen uji bending, menggunakan grind tangan untuk strip aluminium dan strip kuningan.
3. Melakukan pembubutan untuk spesimen uji tarik, menggunakan mesin CNC TU2A pada aluminium dan as kuningan.

E. Instrumen Penelitian

1. Gerinda tangan
Fungsi utama gerinda tangan adalah untuk menghaluskan spesimen uji bending dengan cepat. Faktor itulah dibutuhkan suatu alat bantu mempercepat dari penghalusan tersebut. (Riyadi et al., 2022).
2. Mesin CNC
Mesin bubut CNC mempunyai nilai kekasaran lebih kecil atau lebih halus (Iswar et al., 2024). Mesin CNC digunakan untuk membuat spesimen uji tarik pada material aluminium dan as kuningan.
Terlihat mesin CNC yang digunakan secara garis besar, definisi mesin CNC adalah mesin yang dikendalikan oleh komputer dengan menggunakan bahasa angka dan huruf (numerik) (Mappabeta, 2022).
3. Uji Tarik
Pengujian tarik adalah metode yang digunakan untuk menguji kekuatan material atau bahan dengan diberikan beban gaya tarik pada benda uji. Pada pengujian ini, benda uji diberi gaya tarik sejajar dengan garis sumbu hingga bahan tersebut putus atau patah (Haryanto et al., 2018). Pada pengujian ini dilakukan dengan metode tarik menggunakan standar ASTM E-8 (Loveday et al., 2004) menggunakan alat uji seperti berikut.



Gambar 2. Alat Uji Tarik

Gambar 2 alat uji tarik yang digunakan yaitu alat uji universal merek Hung-ta dengan kode HT-2402 dan dilakukan di laboratorium Manufaktur.

4. Uji bending
Pengujian bending meruikan pakannya pengujian untuk melihat tegangan lentur yang diterima oleh beban tanpa mengalami deformasi atau kegagalan. pengujian bending dilakukan dengan melakukan penekanan dengan gaya luar secara bertahap sampai material terjadi kegagalan (S. E. Susilowati, 2017).
Pada pengujian ini dilakukan dengan metode *three point bending* menggunakan standar ASTM E-8 (Panjaabegesan et al., 2013) menggunakan alat uji seperti berikut.



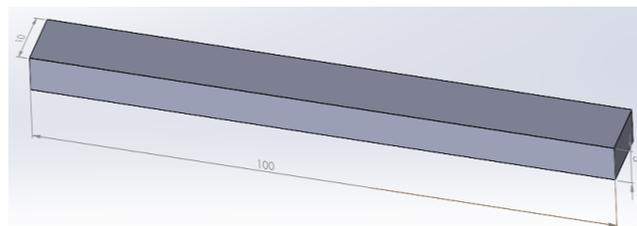
Gambar 3. Alat Uji Bending

Gambar 3 alat uji bending yang digunakan yaitu alat uji universal merek Hung-ta dengan kode HT-2402 dan dilakukan di laboratorium Manufaktur.

III. HASIL PENELITIAN

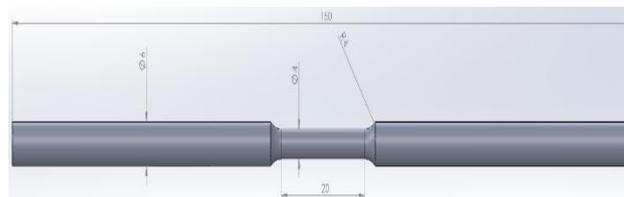
A. Spesifikasi Material

Peingujian *bending* meingguinakan standart ASTM E-8, dimana speisimein meimiliki panjang 100mm, lebar 10mm, teibal 5mm.



Gambar 4. Ukuran Uji Bending

Peingujian *bending* meingguinakan standart ASTM E-8, dimana speisimein meimiliki panjang 150mm, diameter 8mm, dan dibikin seperti gambar 5.



Gambar 5. Ukuran Uji Tarik

B. Hasil Spesimen

Pembuatan spesimen dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari material kuningan dan aluminium (Adhi Nugroho & Wibowo, 2017). Setelah pembuatan spesimen maka dilakukan pengujian bending dan uji tarik.



Gambar 6. Spesimen Uji Bending



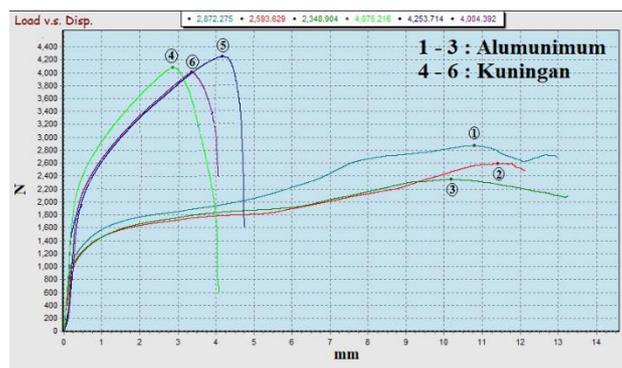
Gambar 7. Spesimen Uji Tarik

C. Pengujian Bending

Pada hasil data pengujian *three point bending* yang telah dilakukan, hasil menunjukkan beban maksimal yang dapat diterima spesimen saat ditebuk sebelum terjadi kegagalan atau patah. Pengujian *three point bending* tersebut akan didapatkan nilai beban maksimal dan tegangan bending maksimal yang diterima spesimen uji (Annur, 2015). Berikut merupakan tabel hasil dari perhitungan data hasil yang didapatkan pada pengujian *three point bending*.

Tabel 1. Hasil pengujian bending

No.	Material	Sampel	Modulus Elastisitas (N/mm ²)	Kekuatan Bending (N/mm ²)
1	Aluminium (A)	I	627,579	1723,365
		II	607,166	1556,177
		III	502,758	1409,342
	Rata-rata		579,167	1.562,961
2	Kuningan (B)	I	3875.182	2445,129
		II	3489.719	2552,228
		III	3832.766	2402,635
	Rata-rata		3.732,555	2.466,664



Gambar 8. Grafik Pengujian Bending

Data hasil uji bending yang telah di dapatkan pada tabel 3.1 dan gambar 3.5 dapat diketahui beban tertinggi yang didapatkan dari pengujian bending terdapat didapatkan spesimen kuningan (B) memiliki rata-rata yaitu 2.466,664 N/mm² yang mana spesimen ini memiliki kekuatan material yg lebih ductile, sementara spesimen aluminium (A) hanya memiliki rata-rata kekuatan bending yaitu 1.562,961 N/mm². sehingga dapat disimpulkan kuningan memiliki tingkat bending yang tinggi, hal ini membuat kuningan sering digunakan untuk propeller kapal, bering, bantalan (peredam), katup, dan bagian-bagian mesin lainnya (Bahari et al., 2024) dan Modulus elastisitas tertinggi pada spesimen kuningan (B) memiliki rata-rata nilai elastisitas 3.732,555 N/mm² yang mana spesimen ini memiliki kekuatan material yg lebih ductile, sementara spesimen aluminium (A) hanya memiliki rata-rata modulus elastisitas yaitu 579,167 N/mm².



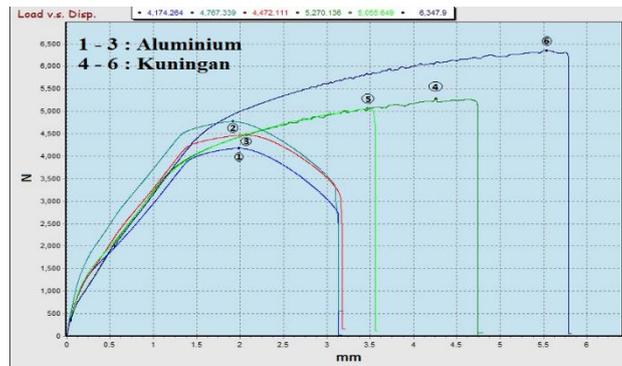
Gambar 9. Hasil Uji Bending (A) dan (B)

D. Pengujian Tarik

Pengujian tarik yang telah dilakukan akan didapatkan beban maksimal suatu tagangan yang dapat di tahan oleh spesimen tersebut. Hasil pengujian tarik pada spesimen memiliki beban maksimal yang berbeda, sehingga hasil dari kekuata tariknya pun berbeda, Berikut merupakan tabel hasil dari perhitungan data hasil yang didapatkan pada pengujian tarik.

Tabel 2. Data Hasil Pegujan Tarik

No.	Material	Sampel	Modulus Tarik (N/mm ²)	Kekuatan Tarik (N/mm ²)
1	Aluminium (A)	I	2605	332,18
		II	3626	379,37
		III	3488	355,88
	Rata-rata		3239	355,78
2	Kuningan (B)	I	3253	419,38
		II	3080	402,31
		III	3271	505,15
	Rata-rata		3201	442,28



Gambar 10. Grafik Pengujian Tarik

Tabel 2 dan gambar 10 dapat disimpulkan kekuatan tarik tertinggi pada spesimen kuningan memiliki rata-rata nilai tarik $442,28 \text{ N/mm}^2$ yang mana spesimen ini memiliki kekuatan material yg lebih *ductile*, sementara spesimen aluminium hanya memiliki rata-rata kekuatan tarik yaitu $355,78 \text{ N/mm}^2$. Berdasarkan dari beberapa beberapa hasil pengujian didapatkan uji tarik kuningan lebih tinggi dari pada aluminium (Arifin et al., 2019). dan pada grafik *Modulus* tarik tertinggi pada spesimen aluminium memiliki rata-rata nilai *elastisitas* 3239 N/mm^2 yang mana spesimen ini memiliki kekuatan material yg lebih *ductile*, sementara spesimen kuningan hanya memiliki rata-rata *modulus* tarik yaitu 3201 N/mm^2 .

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan percobaan uji tarik dan uji bending pada material ductile berupa kuningan dan aluminium maka diperoleh kesimpulan:

1. Hasil dari uji tarik terhadap kuningan rata-rata $442,28 \text{ N/mm}^2$ yang mana spesimen ini memiliki kekuatan material yg lebih daktil, sementara spesimen aluminium hanya memiliki rata-rata kekuatan tarik yaitu $355,78 \text{ N/mm}^2$.
2. Hasil pada uji bending terhadap kuningan memiliki rata-rata $2.466,664 \text{ N/mm}^2$ yang mana spesimen ini memiliki kekuatan material yg lebih daktil, sementara spesimen aluminium hanya memiliki rata-rata kekuatan bending yaitu $1.562,961 \text{ N/mm}^2$.

V. REFERENSI

- Adhi Nugroho, B., & Wibowo, H. (2017). Optimalisasi Sifat Mekanik Penambahan Aluminium pada Logam Kuningan pada *Prototype Baling-Baling* (Vol. 14, Issue 1).
- Annur, H. and Y. Kaelani. (2015). *Pengujian Bending Biomaterial Hidroksiapatit dari Tulang Sapi sebagai Prosthesis Sendi Rahang (TMJ) pada Manusia*. 4(1), 2301 – 9271.
- Arifin, A., Thamrin, I., & Machrus, M. (2019). *Optimasi Desain Sistem Saluran Pada Pengecoran Propeller Kapal Menggunakan Metode Taguchi: Vol. V* (Issue 1). <http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jwl>
- Bahari, J. T., Fauzi, I., & Ardiansyah, F. (2024). *Analisis Kebutuhan Material Blasting dan Painting Pada Reparasi Pengecatan Lambung Kapal Tongkang PSB 3002*. 11, 50–58.
- Beliu, H. N., Pell, Y. M., Jasron, J. U., Jurusan,), & Mesin, T. (2016). *Analisa Kekuatan Tarik dan Bending pada Komposit Widuri-Polyester*. <http://ejournal-fst-unc.com/index.php/LJTMU>
- Denti Salindeho, R., Soukota, J., Poeng, R., Teknik, J., Universitas, M., & Ratulangi, S. (2013). *Pemodelan Pengujian Tarik untuk Menganalisis Sifat Mekanik Material*.

- Habil Rizka, B. (2022). *Pengaruh Parameter Cetak 3d Printing terhadap Kekuatan Bending Filamen Polylactic Acid The Influent Of 3d Printing Parameters On Bending Strength Of Polylactic Acid Filament*. 4(4). <http://vomek.ppj.unp.ac.id>
- Haryanto, P., Cahyono, B., & Semarang, J. (2018). *Menguji Kekuatan Tarik pada Sambungan Las Gesek Baja Karbon Rendah (Aisi 1040) dan Baja Tahan Karat(Aisi 304) Disambung Menggunakan Mesin Las Gesek Hasil Penelitian Rancang Bangun*.
- Iswar, M., Teknik Perawatan dan Perbaikan Mesin, J., Negeri Fakfak, P., Teknik Mesin, J., Studi Perawatan Alat Berat, P., & Negeri Ujung Pandang, P. (2024). *Journal Of Applied Mechanical Engineering and Renewable Energy (Jamere) Analisis Kekasaran Mesin Bubut Konvensional dan CNC TU-2A Dengan Rpm 1500 Menggunakan Poros Aluminium*. 4(1), 6–10. <https://journal.isas.or.id/index.php/JAMERE>
- Loveday, M. S., Gray, T., & Aegerter, J. (2004). *Tensile Testing of Metallic Materials: A Review*. <http://www.npl.co.uk/npl/cmmt/projects/tenstand/>
- Mappabeta, A. M. H. (2022). *Perbandingan Tingkat Kekasaran Permukaan oleh Variasi Sudut Pahat Hss Material Kuningan Di Mesin Cnc Tu-2a*.
- Marcell, M. R. R. , S. H. , & A. M. S. (2021). *Analisis Teknis dan Ekonomis Perbandingan Laju Korosi Material Galvanis dan Aluminium untuk Memprediksi Umur dan Biaya Reparasi Lambung Kapal*. 10, 2301–9271.
- Nurfaedah, D., & Prasetya, F. (2021). *Optimalisasi Kekuatan Bending Hasil 3d Printing Menggunakan Metode Response Surface pada Filamen Pla (Poly Lactic Acid) Optimization Of Bending Strength Of 3d Printing Results Using Response Surface Method On Pla (Poly Lactic Acid)Filament* (Vol. 3, Issue 3).
- Panjaabegesan, B. A., Ragupathy, L., & Darul Ridzuan, P. (2013). *Digital Image Correlation Application In Tensile Test For Aluminium According To Astm E-8 Standard*.
- Riyadi, E. S., Kusumawati, E., Teknik, J., Politeknik, M., Banyuwangi, N., Raya, J., Km, J.-B., & Timur, B. J. (2022). *Rancang Bangun Sliding Cutting Jig Guna Mengoptimalkan Fungsi Kerja Mesin Gerinda Tangan Sebagai Alat Potong Plat Lembaran*. In *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan* (Vol. 4, Issue 2).
- Sui, H., Yu, L., Liu, W., Liu, Y., Cheng, Y., & Duan, H. (2022). *Theoretical models of void nucleation and growth for ductile metals under dynamic loading: A review*. In *Matter and Radiation at Extremes* (Vol. 7, Issue 1). American Institute of Physics Inc. <https://doi.org/10.1063/5.0064557>
- Susilowati, I. T., Harningsih, T., Agrita, D., Prasetyo, A. C., Saputri, Y., & Fatimah, S. (2022). *Correlation of Levels of Levels (PB) in Blood With Blood Profile of Metal Forging Workers. Indonesian Journal of Global Health Research*, 4(4), 817. <https://doi.org/10.37287/ijghr.v4i4.1319>
- Susilowati, S. E. (2017). *Studi Perlakuan Alkali terhadap Sifat Mekanik Bahan Komposit Berpenguat Sekam Padi*. In *Jurnal Kajian Teknik Mesin* (Vol. 2, Issue 1).
- Teknik Mesin, J., & Negeri Lhokseumawe, P. (2019). *Pengaruh Jenis Elektroda Pengelasan Smaw terhadap Sifat Mekanik Material SS400*. In *Jurnal Polimesin* (Vol. 17, Issue 1).
- Tri Kismanti, S., & Firdan Nurdin, M. (2023). *Rancang Bangun Mesin Uji Tarik, Tekan Dan Tekuk (Bending) Menggunakan Tenaga Hidrolik*. 2(1), 2964–1461.

Zariatin, D. L., Kurniawan, R. M., & Ikhsan, N. (2021). Pengembangan alat uji tarik dengan beban maksimal 2 kN. *Dinamika Teknik Mesin*, 11(2), 96. <https://doi.org/10.29303/dtm.v11i2.371>