

PERANCANGAN ALAT UJI TARIK UNTUK PENINGKATAN PEMAHAMAN PEMBELAJARAN DI FAKULTAS VOKASI

Imam Abdul Jabar¹, Dr. Eng. Asep Ridwan Setiawan², Ely Aprilia, S. Si., M. Si.³

Teknologi Pengelasan dan Fabrikasi, Institut Teknologi Sains Bandung, Kota Deltamas Lot-A1 CBD, Jl. Ganesha Boulevard, Pasirranji, Kec. Cikarang Pusat, Bekasi, Jawa Barat, 17530, Indonesia.

imamabduljabar276@gmail.com

Abstrak

Alat uji tarik merupakan peralatan praktikum yang digunakan untuk menguji sifat mekanik logam. Saat ini, kampus Institut Teknologi Sains Bandung belum memiliki alat pengujian tarik. Mahasiswa kampus ITSB yang ingin melakukan praktikum uji tarik harus pergi ke kampus ITB yang berada di Bandung. Selain memerlukan waktu yang lama (2-3 jam perjalanan), juga memerlukan biaya tambahan yang besar. Oleh karena itu dalam penelitian ini dilakukan perancangan untuk membuat alat pengujian tarik sederhana. Hasil perancangan alat diharapkan dapat membantu mahasiswa dalam memahami konsep mengenai pengujian tarik. Selain itu, biaya yang dikeluarkan kecil dan tidak memerlukan waktu tambahan untuk perjalanan ke kampus ITB. Alat pengujian tarik yang dirancang akan dilengkapi dengan motor sebagai alat untuk memutar *screw* yang kemudian akan melakukan tarikan terhadap spesimen. *Load cell* yang dipasang akan membaca berapa besar gaya tarik yang diberikan kepada spesimen. Untuk spesimen uji tarik, pembuatannya dibantu dengan mesin 3D *printing*, dengan bahan polimer *polylactid acid* (PLA). Dari perancangan yang sudah dilakukan didapatkan alat pengujian tarik dengan kekuatan tarik maksimal sebesar 1 kN dan perkiraan biaya yang dikeluarkan adalah sebesar Rp5.627.333.

Kata Kunci: Alat, uji, tarik, spesimen, *polylactid acid*, motor.

Abstract

Tensile test equipment is a practical equipment used to test the mechanical properties of metals. Currently, Insitut Teknologi Sains Bandung does not yet have a tensile test machine. ITSB students who want to do a tensile test must go to the ITB campus in Bandung. Besides taking a long time (2-3 hours of travel), it also requires a large additional cost. Therefore, in this study, a design was carried out to make a simple tensile test equipment. The results of the design of the tool are expected to help students understand the concept of tensile testing. In addition, the costs incurred are small and do not require additional time to travel to the ITB campus. The

tensile testing equipment will be equipped with a motor as a tool to rotate the screw which will then pull the specimen. The load cell that is installed will read how much tensile force is given to the specimen. For tensile test specimens, the manufacture is assisted with a 3D printing machine, using polylactid acid (PLA) polymer material. From the design that has been done, it is obtained a tensile testing equipment with a maximum tensile strength of 1 kN and the estimated cost incurred is Rp. 5,627.333.

Keywords: *tool, test, pull, specimen, polylactid acid, motor.*

1. PENDAHULUAN

Teknologi Pengelasan dan Fabrikasi merupakan program studi yang mempelajari ilmu pengetahuan, teknologi dan keahlian dalam bidang pengelasan agar mempunyai kemampuan untuk dapat menggunakan ilmu dasar dan analisis teknik untuk merancang konstruksi lasan, identifikasi dan penyelesaian masalah-masalah yang berkaitan dengan teknik pengelasan dan memiliki kemampuan sebagai ahli pengelasan dan menguasai teknik pengelasan untuk berbagai jenis material logam serta dapat menyebarkan ilmu pengetahuan, teknologi dan keahlian kepada masyarakat luas melalui alumni, kemitraan dengan industri ataupun melalui kegiatan pengabdian kepada masyarakat.

Di kampus Institut Teknologi Sains Bandung, Program Studi Teknologi Pengelasan dan Fabrikasi merupakan termasuk Program Studi yang masuk ke dalam fakultas vokasi. Lulusan Program Studi Teknologi Pengelasan dan Fabrikasi ini diharapkan memiliki kemampuan untuk dapat menggunakan ilmu dasar dan analisis teknik untuk merancang konstruksi lasan, identifikasi dan penyelesaian masalah-

masalah yang berkaitan dengan teknologi pengelasan serta kemampuan profesional sebagai ahli pengelasan dan menguasai teknik pengelasan untuk berbagai jenis material logam. Untuk itu, para mahasiswa program studi ini selain menerima, mencari tahu dan menganalisis materi yang diberikan dan mereka temukan, mahasiswa program studi Teknologi Pengelasan dan Fabrikasi juga harus melakukan praktikum agar mahasiswa mengetahui bagaimana ilmu-ilmu yang mereka dapatkan melalui pembelajaran di kelas diterapkan kedalam kehidupan sehari-hari.

Salah satu praktikum yang ada dalam program studi teknologi pengelasan dan fabrikasi adalah mengenai pengujian Tarik. Praktikum Uji Tarik berguna untuk mengetahui sifat-sifat mekanik suatu bahan seperti kekuatan tarik, *yield strength stress*, *strain* dan lainnya yang terkait dengan sifat hasil pengujian tarik. Untuk saat ini, mahasiswa yang melakukan praktikum Pengujian Tarik harus melakukannya di Institut Teknologi Bandung yang berada di kota Bandung dan berjarak cukup jauh dari kampus Institut Teknologi Sains Bandung sehingga memerlukan biaya tambahan saat

melakukan praktikum ini. Selain karena hal tersebut, kampus Institut Teknologi Sains Bandung yang masih belum memiliki tempat untuk alat pengujian tarik itu sendiri karena ukuran alatnya yang besar. Untuk itu, penulis berkeinginan untuk merancang alat pengujian tarik sederhana sehingga dapat membantu para mahasiswa yang akan melakukan praktikum uji tarik untuk memahami konsep dari praktikum pengujian tarik itu sendiri dan tentunya dengan tidak ada biaya tambahan. Sehingga praktikum uji Tarik dapat dilaksanakan secara efektif dan efisien di kampus Institut Teknologi Sains Bandung. Dan untuk desain dari alat pengujian tarik ini penulis merujuk pada desain yang sebelumnya sudah dibuat oleh seseorang bernama Xieshi pada website *Instructables*. Namun dilakukan sedikit perubahan pada komponennya, yaitu pada komponen 4 *Grip Screw Head* atau disebut bagian *head grip*. Dilakukan perubahan pada bagian ini adalah dikarenakan untuk bentuk yang sebelumnya digunakan itu dinilai kurang kuat dan mudah patah. Sehingga perubahan dilakukan pada bagian *head grip* ini.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengujian Tarik

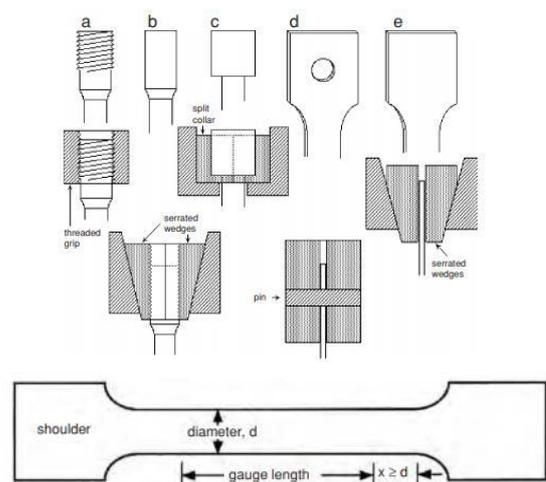
Salah satu tes tegangan-regangan mekanis yang paling umum dilakukan adalah pengujian tarik. Uji tarik dapat digunakan untuk memastikan beberapa sifat mekanik bahan yang penting dalam desain. Spesimen dideformasi, biasanya hingga patah, dengan beban tarik yang terus meningkat secara bertahap yang diterapkan secara uniaksial sepanjang sumbu panjang

spesimen. (William D. Callister, Jr. dan David G. Rethwisch, 2009)

Menurut H. E. Davis, dkk, (dalam Amelia Rahmatika, dkk, 2021) Pengujian tarik pada material logam bertujuan untuk mengetahui sifat kekuatan tarik logam. Prinsip pengujian tarik adalah spesimen diberi beban tarik *uniaxial* yang besarnya terus meningkat secara kontinyu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan terhadap deformasi yang dialami spesimen.

Surdia dan Chijjiwa (dalam Ary Setya Kurniawan, dkk, 2014) pengujian tarik dilakukan dengan jalan memberikan beban tarik pada batang uji secara perlahan-lahan sampai patah. Batas mulur, kekuatan tarik, perpanjangan, pengecilan luas, dan sebagainya diukur pada pengujian ini.

2.2 Spesimen Uji Tarik



Sumber: William F. Hosford, 2005.

Gambar 1. Spesimen Uji Tarik

Gambar 1 menunjukkan bentuk dari spesimen uji tarik. Berdasarkan William F.Hosford (2005) spesimen uji Tarik

memiliki ujung atau bahu yang membesar untuk mencengkeram. Bagian penting dari spesimen adalah bagian pengukur. Luas penampang bagian pengukur kurang dari bagian bahu dan pegangan, sehingga deformasi akan terjadi di sini. Bagian pengukur harus panjang dibandingkan dengan diameter (biasanya 4 kali lebih panjang). Cara lainnya yang dapat dilakukan adalah dengan disekrup bagian ujung ke pegangan berulir, disematkan, atau dipegang diantara baji.

2.3 Kurva Tegangan Regangan

Hasil pengukuran uji tarik berupa kurva tegangan-regangan yang diperoleh dari pengukuran perpanjangan spesimen uji. Tegangan (σ) yang dipergunakan pada kurva diperoleh dari membagi beban (P) dengan luas awal penampang spesimen uji (A_0).

$$\sigma = P/A_0 \quad (1)$$

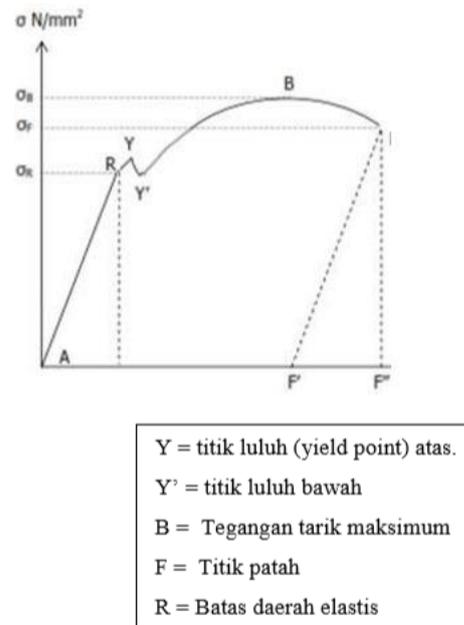
Regangan yang digunakan untuk kurva tegangan regangan adalah regangan linier rata-rata, yang diperoleh dengan membagi perpanjangan spesimen uji, ΔL , dengan panjang awalnya, L_0 .

$$\varepsilon = \Delta L/L_0 \quad (2)$$

Pada bagian garis lurus AR ini penambahan panjang sebanding dengan penambahan beban yang diberikan. Pada bagian ini, berlaku hukum Hooke:

$$\Delta L = (P/A) \times (L_0/E) \quad (3)$$

Dimana E adalah modulus elastisitas bahan (N/mm^2). (Abdul Haris, dkk, 2015)



Sumber: Abdul Haris, dkk, 2015.

Gambar 2. Kurva Tegangan-Regangan

Data yang dapat diplotkan pada kurva *stress-strain* (kurva uji tarik) adalah tegangan (sumbu vertikal-ukuran gaya yang diterapkan) versus regangan (sumbu horizontal-terkait dengan tingkat perpanjangan spesimen), sifat mekanik modulus elastisitas (kekakuan, E), serta kekuatan luluh (σ_y), dan kekuatan tarik (TS). (William D. Callister, Jr. dan David G. Rethwisch, 2009).

Selama kurva tegangan-regangan naik, deformasi akan terjadi secara seragam sepanjang spesimen. Untuk bahan yang ulet (*ductile*), tegangan akan mencapai titik maksimum sebelum patah. Ketika titik maksimum tercapai, deformasi terlokasi, membentuk leher atau mengalami *necking* (William F. Hosford, 2005).

2.4 Sifat-sifat mekanik pengujian tarik

2.4.1 Yield Strength

Sebagian besar struktur dirancang untuk memastikan bahwa hanya deformasi elastis yang akan terjadi ketika tegangan diterapkan. Suatu struktur atau komponen yang mengalami deformasi plastis, atau mengalami perubahan bentuk yang permanen, mungkin tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Oleh karena itu diperlukan mengetahui tingkat tegangan dimana deformasi plastis dimulai atau fenomena *yielding* terjadi. Untuk logam yang mengalami transisi elastik-plastik bertahap ini, titik leleh dapat ditentukan sebagai penyimpangan awal dari linearitas kurva tegangan-regangan, terkadang ini disebut sebagai batas proporsionalitas atau *proportional limit*, ini mewakili permulaan deformasi plastis pada tingkat mikroskopis. Posisi titik ini sulit diukur secara tepat. Akibatnya, sebuah konvensi telah ditetapkan dimana garis lurus dibangun sejajar dengan bagian elastis dari kurva tegangan-regangan di bagian regangan yang lebih spesifik, biasanya 0,002 regangan. Tegangan yang berhubungan dengan perpotongan garis ini dan kurva tegangan-regangan di daerah plasti didefinisikan sebagai kekuatan luluh atau *yield strength*. (William D. Callister, Jr. dan David G. Rethwisch, 2009).

2.4.2 Tensile Strength

Kekuatan tarik (MPa atau psi) adalah tegangan maksimum pada kurva tegangan-regangan teknik. Ini sesuai dengan tegangan maksimum, ini adalah tegangan maksimum yang dapat ditahan oleh struktur, jika tegangan ini diterapkan dan

dipertahankan, maka *fracture* atau patah akan terjadi. Kemudian, pada tegangan maksimum ini, penyempitan kecil atau *necking* mulai terbentuk di beberapa titik, dan semua deformasi berikutnya terakumulasi pada daerah *necking* ini, dan akhirnya terjadi patah atau *fracture*. (William D. Callister, Jr. dan David G. Rethwisch, 2009).

Kekuatan tarik (*ultimate strength*) didefinisikan sebagai nilai tertinggi dari tegangan Teknik. Untuk material yang bersifat ulet, kekuatan tarik sesuai dengan titik dimana proses *necking* dimulai. Sementara untuk material yang memiliki sifat kurang ulet atau bersifat getas, maka material tersebut akan patah sebelum terjadinya proses *necking*. Dalam hal ini, tegangan patah adalah kekuatan tarik. Untuk material yang sangat rapuh (misalnya kaca) maka akan patah sebelum adanya titik luluh. Material tersebut memiliki kekuatan tarik, namun tidak memiliki tegangan luluh (*yield strength*) (William F. Hosford, 2005).

Tensile strength adalah tegangan tarik maksimum yang mampu ditahan oleh suatu material. Kuat tarik dihitung dari gaya maksimum selama uji tarik yang dilakukan hingga putus (ASTM, 2013).

2.4.3 Ductility

Ductility adalah ukuran derajat deformasi yang terjadi pada saat patah. Sebuah logam yang mengalami sangat sedikit atau tidak ada deformasi plastis saat patah disebut getas. *Ductility* dapat dinyatakan secara kuantitatif sebagai persen perpanjangan atau persen pengurangan luas. Persen perpanjangan %EL adalah

persentase regangan plastis regangan saat patah.

$$\%EL = ((l_f - l_0) / l_0) \times 100\% \quad (4)$$

Dimana l_f adalah panjang patahan dan l_0 adalah panjang awal. Karena proporsi yang signifikan dari deformasi plastis pada patahan adalah terbatas pada leher, biasanya %EL akan tergantung pada ukuran panjang awal spesimen. Semakin pendek l_0 , semakin besar fraksi perpanjangan total dari leher dan akibatnya semakin tinggi nilai %EL. Oleh karena itu, l_0 harus ditentukan ketika persen nilai elongasi dikutip, biasanya 50 mm (2 in).

Persen pengurangan luas %RA didefinisikan sebagai,

$$\%RA = ((A_0 - A_f) / A_0) \times 100\% \quad (5)$$

Dimana A_0 adalah luas penampang awal dan A_f adalah luas penampang di titik patah. *percent reduction* tidak bergantung pada l_0 dan A_0 .

Ductility material dalam uji tarik ditetapkan dengan mengukur baik perpanjangan patahan atau pengurangan area di patahan. Pengukuran *ductility* berguna untuk:

1. Menunjukkan sejauh mana logam dapat dideformasi tanpa patah dalam operasi pengerjaan logam seperti penggulangan dan ekstrusi.
2. Menunjukkan kepada perancang, secara umum, kemampuan logam untuk mengalir secara plastis sebelum patah.
3. Berfungsi sebagai indikator perubahan tingkat kemurnian atau kondisi pemrosesan. (J. R. Davis, dkk., 2004).

2.4.4 Toughness

Toughness (ketangguhan) menyatakan kemampuan bahan untuk menyerap energi tanpa menyebabkan terjadinya kerusakan. Juga dapat dikatakan sebagai ukuran banyaknya energi yang diperlukan untuk mematahkan suatu benda kerja pada suatu kondisi tertentu. Ketangguhan dinyatakan dengan modulus ketangguhan (*modulus of toughness* atau *toughness index number*) yang dapat didefinisikan sebagai aktivitas energi yang diperlukan untuk mematahkan satu satuan volume suatu bahan. Ada beberapa pendekatan matematik yang dapat digunakan untuk mengukur besarnya modulus ketangguhan U_t , yaitu:

Untuk bahan yang ulet (*ductile*):

$$U_t = \sigma_u \cdot \epsilon \quad (6)$$

atau

$$U_t = \epsilon \cdot (\sigma_u + \sigma_y) / 2 \quad (7)$$

Untuk bahan yang getas (*brittle*):

$$U_t = 2/3 \cdot \sigma_u \cdot \epsilon_f \quad (8)$$

Dimana,

U_t = modulus ketangguhan (*toughness index number*)

σ_u = Ultimate tensile strength

σ_y = yield point/strength

ϵ_f = regangan total pada saat putus. (I Kt. Suarsana, 2017)

2.5 Polylactic Acid (PLA)

Polylactic acid (PLA) merupakan polimer yang serbaguna, *biodegradable* dan berasal dari sumber daya terbarukan

sehingga berpotensi untuk dikembangkan sebagai pengganti plastik konvensional. Pembuatan polilaktida (PLA) dari asam laktat dengan metode polimerisasi pembukaan cincin dilakukan menggunakan 3 tahapan proses yaitu polikondensasi, depolimerisasi dan polimerisasi. Polikondensasi menghasilkan oligomer PLA pada temperatur 150°C-180°C selama 4 jam, depolimerisasi mengubah oligomer menjadi senyawa siklik ester (laktida) berlangsung tanpa katalis dan dengan variasi konsentrasi katalis SnCl₂ 0,05; 0,1; 0,2 % (b/b) pada temperatur 210°C dengan tekanan vakum selama 3 jam dan polimerisasi laktida menghasilkan PLA dengan variasi temperatur 45°C, 70°C dan 90°C. Salah satu faktor yang mempengaruhi berat molekul PLA adalah *optical purity* laktida. (Rahmayetty, dkk., 2016)

Menurut Alfonso G, dkk (dalam Suryani Salim, 2018) , kelebihan PLA dibandingkan dengan plastik yang terbuat dari minyak bumi adalah sebagai berikut: *Biodegradable*, yang artinya PLA dapat terurai secara alami di lingkungan oleh mikroorganisme tanah; *Biocompatible*, yaitu pada kondisi normal jenis plastik ini dapat diterima oleh sel atau jaringan biologi; Bersumber dari bahan yang dapat diperbarui dan bukan bahan yang berasal dari minyak bumi; 100% *recyclable*, melalui hidrolisis asam laktat dapat diperoleh dan digunakan kembali untuk aplikasi yang berbeda atau bisa digabungkan untuk menghasilkan produk yang lain; Produksi PLA tidak menggunakan pelarut organik/bersifat racun; dapat dibakar sempurna dan menghasilkan gas CO₂ serta air. (Suryani Salim, 2018).

2.6 Motor Listrik

2.6.1 Motor DC

Prinsip kerja motor DC mengandalkan dua bagian unit, yakni stator dan rotor. Rotor adalah unit yang berputar dan bentuknya kumparan jangkar, sedangkan stator merupakan unit yang tidak dapat berputar. Cara kerja motor listrik tipe ini menyalurkan arus listrik pada kumparan sampai permukaan magnet utara. Setelah teraliri listrik, magnet akan bergerak dari utara ke kutub selatan. Sementara itu, kumparan magnet selatan akan menghadap ke arah sebaliknya, yakni ke utara. Bila kutub saling berhadapan, akan timbul gaya tarik menarik yang kuat. Imbasnya, kumparan akan berhenti bergerak.

2.6.2 Motor Sinkron

Cara kerja motor listrik tipe sinkron menggunakan magnet permanen yang akan disinkronkan pada medan magnet berputar. Putarannya akan sinkron sesuai dengan frekuensi arus yang Pins tetapkan. Motor listrik ini akan bekerja ketika suplai tiga fasa seimbang pada belitan stator stasioner. Dengan begitu, kecepatan dari medan magnet yang berputar akan menjadi sinkron. Mekanisme kecepatan yang sinkron merupakan sebuah elektromagnet pada medan magnet yang berputar dan secara magnetis dikunci. Kecepatan medan magnet yang berputar ini akan sama sehingga disebut dengan sinkron. Motor sinkron tidak bergantung pada arus induksi pada saat bekerja. Pasalnya, rotor pada motor sinkron adalah magnet permanen yang disinkronkan dengan medan magnet berputar.

2.6.3 Motor Induksi

Motor induksi memiliki prinsip kerja bernama Asinkron. Desain rotor induksi terbagi dua, yakni bentuk sangkar tupai dan *slip ring*. Desain sangkar tupai memiliki tujuan mengurangi suara bising dan meningkatkan proses transformasi antara rotor dan stator. Sementara itu, *slip ring* berfungsi menampung beban yang memiliki waktu akselerasi lama dan inersia tinggi. Alhasil, kecepatannya serta torso motor bisa Pins atur.

2.6.4 Motor AC

Desain motor AC terdiri atas stator dan eksterior yang memiliki tiga gulungan. Kecepatannya ditentukan oleh tiga variabel yakni jumlah pembebanan torsi dan frekuensi tegangan saluran AC. Selain itu, jumlah tetap set berkelok-kelok memiliki pengaruh besar pada kecepatan motor AC.

3. METODE PENELITIAN

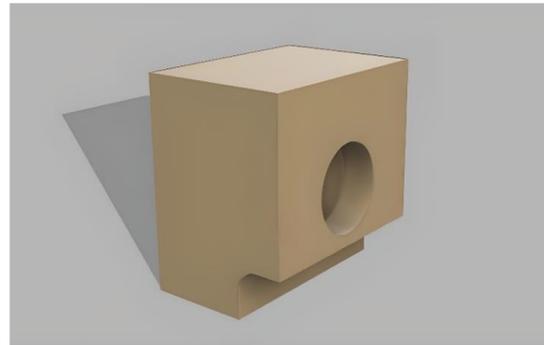
3.1 Menentukan Konsep Rancangan

Tahapan pembuatan konsep rancangan alat uji tarik sederhana ini adalah menyatukan beberapa konsep seperti konsep pengujian tarik, cara kerja *load cell* dan material serta komponen yang akan digunakan untuk membuat alat uji tarik sederhana ini. Secara sederhana prinsip kerja dari alat pengujian tarik sederhana ini adalah dengan memberikan beban tarik kepada spesimen yang kemudian besarnya nilai dari beban yang diberikan tersebut akan terbaca oleh *load cell* hingga akhirnya

akan beban tersebut akan membuat spesimen putus. Dari fenomena tersebut maka akan didapatkan beberapa nilai sifat-sifat mekanik.

3.2 Desain Komponen Alat Pengujian Tarik

3.2.1 Komponen 1: *Grip Block*

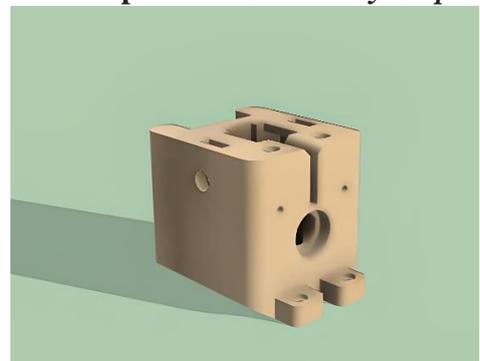


Sumber: <https://www.instructables.com/Universal-TensileTesting-Machine-VERSION-TWO/>

Gambar 3. *Grip Block*

Komponen 1 *Grip Block* merupakan salah satu komponen yang ada dan berfungsi untuk membantu untuk menjepit spesimen saat proses pengujian tarik dilakukan.

3.2.2 Komponen 2: *Stationary Grip*



Sumber: <https://www.instructables.com/Universal-Tensile-Testing-Machine-VERSION->

Gambar 4. *Stationary Grip*

Komponen 2 *Stationary Grip* ini terletak pada salah satu ujung alat pengujian tarik ini. Komponen ini tidak bergerak atau *static*. Komponen 2 *Stationary Grip* akan menjadi tempat untuk meletakkan komponen 1 *Grip Block* dimana komponen 1 *Grip Block* nantinya akan menjepit spesimen untuk ditarik pada saat proses pengujian.

3.2.3 Komponen 3: *Moving Grip*



Sumber: <https://www.instructables.com/Universal-Tensile-Testing-Machine-VERSION->

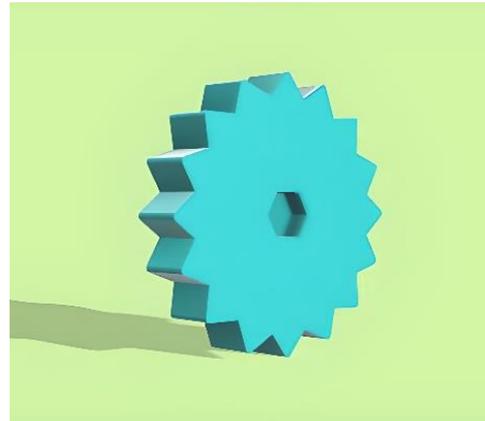
Gambar 5. *Moving Grip*

Komponen 3 *Moving Grip* sama seperti komponen 2 *Stationary Grip* yang akan menjadi tempat untuk meletakkan komponen 1 *Grip Block*. Namun, komponen 3 *Moving Grip* menjadi komponen yang bergerak dan akan dikaitkan dengan *load cell*.

3.2.4 Komponen 4: *Grip Screw Head*

Komponen 4 *Grip Screw Head* merupakan komponen yang berfungsi untuk membantu atau memudahkan kita dalam mendorong komponen 1 *Grip Block* menjepit spesimen saat proses pengujian tarik. komponen 4 *Grip Screw Head* akan di putar yang kemudian akan mendorong

komponen 1 *Grip Block* untuk menjepit spesimen.



Gambar 6. *Grip Screw Head*

3.2.5 Komponen 5: *Moving Load Cell Mount*

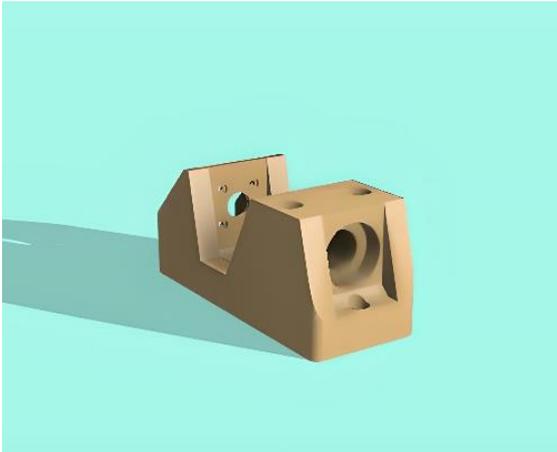


Sumber: <https://www.instructables.com/Universal-Tensile-Testing-Machine-VERSION->

Gambar 7. *Moving Load Cell Mount*

Komponen 5 *Moving Load Cell Mount* menjadi komponen yang berperan dalam menarik *load cell* pada saat proses pengujian tarik dilakukan. Jadi *load cell* tersebut terkait dengan komponen 5 *Moving Load Cell Mount* dan komponen 3 *Moving Grip* yang bergerak saat proses penarikan.

3.2.6 Komponen 6: *Stepper Motor Mount*

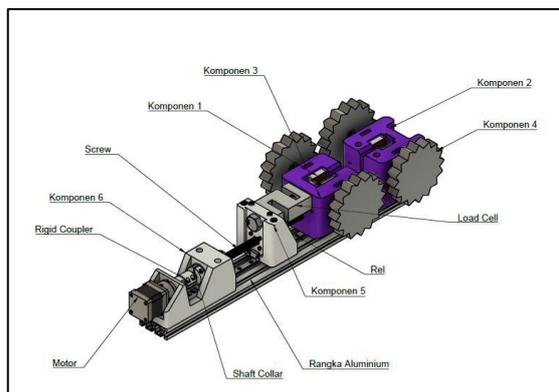


Sumber: <https://www.instructables.com/Universal-Tensile-Testing-Machine-VERSION->

Gambar 8. *Stepper Motor Mount*

Komponen 6 *Stepper Motor Mount* merupakan komponen yang menjadi tempat duduk bagi motor yang nantinya akan berfungsi sebagai penarik *screw* yang kemudian menarik spesimen hingga akhirnya putus.

3.2.7 Alat Pengujian Tarik Sederhana



Sumber: <https://www.instructables.com/Universal-Tensile-Testing-Machine-VERSION->

Gambar 9. Alat Pengujian Tarik Sederhana

Gambar 9, merupakan desain rancangan alat pengujian tarik sederhana yang semua komponennya sudah disatukan/*assembly*/dirakit baik

dari komponen yang didesain menggunakan *software* atau komponen yang tidak didesain oleh *software*. Pada alat pengujian tarik sederhana tersebut juga ditambahkan *load cell* dengan tipe *S Beam* untuk membaca beban tarik yang diberikan kepada spesimen saat proses pengujian tarik berlangsung. Dipilih *load cell* dengan tipe *S Beam* tersebut dengan alasan selain dari pertimbangan harga, sensitivitas serta keakuratannya, melainkan karena *load cell* dengan tipe tersebut amat mudah untuk diaplikasikan terhadap alat pengujian tarik sederhana ini.

3.3 Rencana Kerja

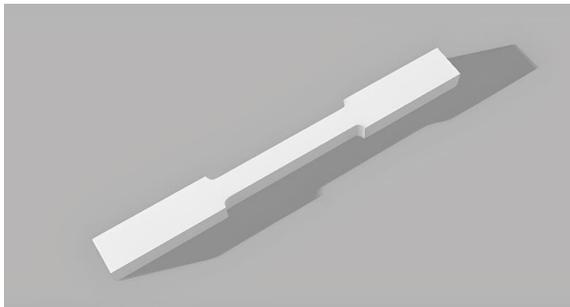
1. Tempatkan ekstrusi aluminium 2060 pada permukaan yang rata.
2. Ambil *Komponen 2 Stationary Grip* dan pasang *bearing 6001* pada dudukan *bearing*.
3. Letakkan rel MGNR12 300mm pada ekstrusi dan sejajarkan dengan komponen pertama.
4. Tempatkan komponen 6 *Stepper Motor Mount* pada sisi ekstrusi yang satunya lagi.
5. Tempatkan komponen 5 *Moving Load Cell Mount* pada *carriage* yang sebelah kiri dan tempatkan *flanged nut* pada dinding komponen 5 *Moving Load Cell Mount*.
6. Tempatkan komponen 3 *Moving Grip* pada *carriage* yang sebelah kanan.
7. Pasangkan *load cell* pada posisi yang sesuai antara komponen 5 *Moving Load Cell Mount* dan komponen 3 *Moving Grip*.
8. Pasang baut pada masing-masing komponen 2 *Stationary Grip* dan

komponen 3 *Moving Grip* melalui sisi sampingnya dan putar baut hingga terpasang pada komponen 1 *Grip Block*. Pada ujung baut dipasang komponen 4 *Grip Screw Head*.

9. Pasang *coupler* pada ujung motor. Dan pasang *shaft collar* pada kedua sisi *bearing*.
10. Masukkan/geser skrup utama mulai dari Komponen 2 *Stationary Grip* sampai ujung dari skrup utama mencapai *coupler*, kemudian kencangkan *coupler*.

3.4 Perhitungan

3.4.1 Perancangan Spesimen Uji Tarik



Gambar 10. Spesimen Uji Tarik

Berdasarkan standar internasional ASTM, jika menginginkan spesimen dengan *wide* 6 mm, maka panjang keseluruhan spesimen adalah 100 mm, *length of grip section* 30 mm, *width of grip section* 10 mm, *thickness* 6 mm dan *length of reduce section* 32 mm. Sehingga dengan membandingkannya dengan ukuran yang diinginkan menyesuaikan dengan alat pengujian sederhana yang sudah dibuat maka didapatkanlah ukuran sebagai berikut,

Dengan menginginkan ukuran *length of grip section* sebesar 13 mm, maka:

$$\frac{\text{Standard length of grip section}}{\text{standard width of grip section}} = \frac{30}{10} = 3$$

Sehingga,

$$\frac{13}{\text{width of grip section}} = 3$$

$$\text{width of grip section} = \frac{13}{3} = 4,3 \text{ mm}$$

Kemudian mencari *length of reduced section* yang diinginkan,

$$\frac{\text{standard length of reduced section}}{\text{standard length of grip section}} = \frac{32}{30} = 1,067$$

Sehingga,

$$\frac{\text{length of reduced section}}{13} = 1,067$$

$$\text{length of reduced section} = 15,65 \text{ mm}$$

Selanjutnya, mencari *overall length* yang diinginkan.

$$\frac{\text{standard overall length}}{\text{standard length of reduces section}} = \frac{100}{32} = 3,125$$

Sehingga,

$$\frac{\text{overall length}}{15,65} = 3,125$$

$$\text{overall length} = 43,347 \text{ mm}$$

Selanjutnya, dengan panjang spesimen 43,35 mm kemudian dengan total panjang seluruh komponen yang berkontraksi saat proses pengujian tarik sebesar 146 mm dan total panjang alat pengujian tarik sebesar 550 mm, maka elongasi maksimum dari spesimen yang diijinkan sebesar 300%.

3.4.2 Perhitungan Kekuatan Tarik Maksimum Spesimen

Spesimen yang dirancancang dengan menggunakan bahan *Polilaktid Acid* (PLA), memiliki UTS sebesar 61-66 MPa. Kemudian untuk mengetahui berapa gaya tarik yang diperlukan perlu diketahui terlebih dahulu berapa besar luas daerah penampangnya.

Luas penampang spesimen (A) = $2,58\text{mm} \times 2,58\text{mm}$

$$A = 6,6564\text{mm}^2$$

Sehingga gaya yang diperlukan sebesar,

$$\text{Gaya } (F) = \sigma \cdot A \quad (9)$$

$$F = 66(\text{N/mm}^2) \times 6,6564 \text{ mm}^2$$

$$F = 439,322 \text{ N}$$

Untuk menjamin keamanan dari alat pengujian tarik, maka gaya tarik dari diatas dikalikan dengan *safety factor* yang sudah ditentukan sebesar 2.

$$F = 439,322 \text{ N} \times 2$$

$$F = 878,644 \text{ N}$$

Atau dibulatkan menjadi 1 kN. Sehingga angka 1 kN akan menjadi gaya tarik maksimum alat pengujian tarik ini.

3.4.3 Perhitungan Spesifikasi motor yang dibutuhkan

Setelah mendapatkan nilai dari gaya tarik (F) yang dibutuhkan untuk memutuskan spesimen, maka kita dapat memperhitungkan seberapa torsi yang dibutuhkan untuk dapat membuat gaya tarik sebesar itu. Sehingga, setelah mendapatkan

besar torsi, maka kita dapat menentukan jenis motor yang akan digunakan.

Untuk *screw* yang akan dipakaikan pada alat pengujian tarik yang dibuat adalah berbahan *stainless steel* dengan nilai koefisien gesek sebesar 0,8.

Untuk mendapatkan nilai torsi (M), kita dapat menggunakan rumus berikut:

$$M = \frac{Q \frac{d_2}{2} \left(\frac{L \cos(\alpha_1) + \pi f d_2}{\pi d_2 \cos(\alpha_1) - f L} \right)}{1000} \quad (10)$$

Dengan,

- Q : Beban Gaya (N)
- d_2 : *screw pitch diameter* (mm)
- L : *Pitch* (mm)
- $\cos(\alpha_1)$: *apex angle of the thread profile* ($^\circ$)
- F : *Koefisien of Friction*

Nilai dari d_2 dapat diketahui dengan menggunakan persamaan berikut,

$$d_2 = \frac{d_3 + d}{2} \quad (11)$$

Dengan,

- d_3 : *Screw Core Diameter* (mm)
- d : *Outer Diameter* (mm)

$$d_2 = \frac{9,34 + 11,91}{2}$$

$$d_2 = 10,625 \text{ mm}$$

Sehingga nilai torsi (M) dapat ditentukan, dengan menggunakan persamaan sebelumnya:

$$M = \frac{Q \frac{d_2}{2} \left(\frac{L \cos(\alpha_1) + \pi f d_2}{\pi d_2 \cos(\alpha_1) - f L} \right)}{1000}$$

$$M = \frac{439,322 \times \frac{10,6}{2} \left(\frac{4 \times \cos(15,71) + 3,14 \times 0,8 \times 10,6}{3,14 \times 10,6 \times \cos(15,71) - 0,8 \times 4} \right)}{1000}$$

$$M = \frac{439,322 \times 5,3 \left(\frac{4 \times 0,962 + 26,627}{33,284 \times 0,962 - 3,2} \right)}{1000}$$

$$M = \frac{2.328,4 \left(\frac{30,475}{28,819} \right)}{1000}$$

$$M = \frac{2.328,4(1,057)}{1000}$$

$$M = 2,46 \text{ Nm}$$

Dengan demikian, motor yang dibutuhkan untuk menarik specimen tersebut adalah motor yang memiliki besar Torsi setidaknya 2,46 Nm. Sehingga dengan begitu dapat ditentukan jenis dari motor yang dibutuhkan, seperti contohnya *planetary geared NEMA 17 stepper motor*.

Selanjutnya untuk kekuatan rangka dari alat pengujian tarik apakah dapat menahan beban tarik yang terjadi saat proses pengujian tarik berlangsung dapat diketahui, yaitu sebelumnya dengan mengetahui dahulu berapa besar *yield strength* dari bahan kerangka yaitu aluminium adalah sebesar 145 MPa. Kemudian dengan luas daerah permukaan dari kerangka adalah sebesar 397,638 mm² dan gaya tarik yang diberikan sebesar 440 N, maka tegangan yang terjadi adalah sebesar:

$$\delta = \frac{F}{A} \quad (9)$$

$$\delta = \frac{440 \text{ N}}{397,638 \text{ mm}^2}$$

$$\delta = 1,106 \text{ N/mm}^2$$

$$\delta = 1,106 \text{ MPa}$$

Dengan demikian, besar tegangan sebesar 1,106 N/mm², dan tegangan luluh dari kerangka sebesar 145 MPa. Maka, kerangka tidak akan mengalami deformasi saat proses pengujian tarik dilakukan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Setelah melakukan pembuatan konsep, perhitungan, mendesain dan berbagai proses perancangan maka didapatkanlah hasil berupa rancangan alat pengujian tarik sederhana, gambar kerja, spesifikasi dan cara kerjanya. Alat Pengujian tarik tersebut terdiri dari beberapa komponen, yaitu *Grip Block* sebagai penjepit specimen, *Stationary Grip* sebagai rumah dari *Grip Block* yang tidak bergerak, *Moving Grip* sebagai rumah dari *Grip Block* yang bergerak, *Grip Screw Head* berfungsi untuk membantu *Grip Block* dalam menjepit specimen, *Moving load cell mount* sebagai penarik *load cell* pada saat proses pengujian Tarik dilakukan, *Stepper Motor Mount* sebagai dudukan motor.

4.2 Spesifikasi

Spesifikasi dari alat pengujian tarik sederhana ini adalah:

no	Kategori	Hasil
1.	Dimensi	550x90x115mm
2.	Gaya Tarik Maksimum	1 kN
3.	Dimensi Spesimen	43x4x3mm
4.	Bahan Spesimen	PLA
5.	Biaya Pembuatan	Rp5.627.333

4.3 Pembahasan

Perancangan alat pengujian tarik sederhana ini diharapkan dapat membantu mahasiswa dalam melakukan praktikum pengujian tarik. Walaupun alat pengujian ini terbilang sangat sederhana, namun alat ini dapat memberikan pemahaman kepada mahasiswa mengenai konsep dari pengujian sederhana itu sendiri. Selain itu dengan melakukan identifikasi dan perhitungan terhadap spesimen yang sudah dilakukan pengujian tarik dengan alat ini, mahasiswa dapat mendapatkan nilai dari variabel yang diinginkan, seperti besar tegangan tarik dan regangan.

Alat uji tarik sederhana ini didesain dengan komponen-komponen yang terdiri dari komponen yang disesain sedemikian rupa dengan menggunakan *software* fusion 360 dan ada pula komponen yang tidak didesain dengan menggunakan *software* yaitu komponen-komponen yang dibeli. Alat uji tarik sederhana ini juga dilengkapi dengan motor yang mampu memberikan gaya tarik sebesar 1 kN.

Untuk perancangan spesimen diperhitungkan dengan membandingkan ukuran standar dari spesimen berdasarkan standar internasional ASME disesuaikan dengan dimensi dari alat uji tarik yang dirancang. Sehingga, dengan perbandingan tersebut didapatkanlah spesimen yang sesuai ukurannya dengan alat pengujian tarik sederhana yaitu sebesar 43,35x4,3x2,59 mm. Selanjutnya bahan dari spesimennya adalah terbuat dari polimer *polilaktid acid* (PLA) yang ramah lingkungan. Total biaya yang diperlukan untuk pembuatan alat pengujian tarik ini diperkirakan sebesar Rp5.627.333.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Aeroengineering. *Teori Mekanik Power Screw*. Diakses pada 14 Februari 2022, dari <https://www.aeroengineering.co.id/2021/12/teori-mekanik-power-screw/>.
- ASM International. (2014). *Tensile Testing*. United States: ASM International.
- ASTM. (2013). *Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials*. United States: ASTM.
- Classic Shope. *[EBS] Lead Screw Leadscrew 400mm T8 Lead 8 Pitch 2mm Besi Ulir CNC 3D*. Diakses pada 10 Februari 2022, dari <https://www.tokopedia.com/clasic/ebsNlead-screw-leadscrew-400mm-t8-lead8-pitch-2mm-besi-ulir-cnc-3d>.
- CrazyBlackStone. Universal Tensile Testing Machine VERSION TWO. Diakses 9 Februari 2022, dari <https://www.instructables.com/Universal-Tensile-Testing-Machine-VERSION-TWO/>
- Debriand, Robby, Martin Doloksaribu dan Irvando Damanik. (Tanpa Tahun). *Rancang Bangun Timbangan Load Cell Tipe S*.
- extrudestudios.id. *Jasa / Cetak 3D Printing / Print PLA Layer 0.1 mm*. Diakses pada 10 Februari 2022, dari <https://shopee.co.id/Jasa-Cetak-3D-Printing-Print-PLA-Layer-0.1-mm-i.211387141.4911648274>.
- Faadooengineers. *Types of Screw Threads used for Power Screws*. Diakses pada 14 Februari 2022, dari <http://www.faadooengineers.com/onlinestudy/post/me/machine-design-i/361/types-of-screw-threads-used-forpower-screws>.
- Formov. *ZKLabs MGN12H Linear Sliding Block*. Diakses pada 10 Februari 2022, dari <https://shopee.co.id/ZKLabsMGN12HLinearSlidingBlocki.390981389.14937>

- 80774?gclid=Cj0KCQiAjJOQBhCkARIsAEKMtO3e3bqPWzhq9HQQ27ROj12Gr8Ti3seL3PxRTnws5bbiOo7aWkDzAaAqiiEALw_wcB.
- Funssor 3D TECH Store. *2060 aluminum extrusion profile european standard length 550mm aluminum profile workbench 1pcs*. Diakses pada 10 Februari 2022, dari <https://www.aliexpress.com/i/32876982337.html>.
 - Haris, Abdul, I Nyoman Budiarsa dan I Made Parwata. (2015). *Perbandingan Uji Tarik Metode Eksperimental dan Numerik pada Baja ST37 dan SS304*. *Jurnal Ilmiah Teknik Desain Mekanika*, 4(4), 398-404.
 - Hosford, William F. (2005). *Mechanical Behavior of Material*. New York: Cambridge University Press.
 - Jr, Willian D. Callister dan David G. Rethwisch. (2010). *Materials Science and Engineering(8th)*. United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
 - Kurniawan, Ary Setya, Solichin dan Rr. Poppy Puspitasari. (2014). *Analisis Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Pada Baja St.41 Akibat Perbedaan Ayunan Elektroda Pengelasan SMAW*. *Jurnal Teknik Mesin*, 22(2), 1-12.
 - Kusriyanto, Medilla dan Aditya Saputra. (2016). *Rancang Bangun Timbangan Digital Terintegrasi Informasi BMI Dengan Keluaran Suara Berbasis Arduino Mega 2560*. *Teknoin*, 22(4), 269-275.
 - Linkcnc. *LINK CNC D25 L40 hole minimum 2mm maximum 8mm rigid coupling shaft rod coupler section cnc stepper motor carving machine screw*. Diakses pada september 2022, dari <https://www.aliexpress.com/item/4000002010204.html>.
 - lishui city hengli Automation Store. *T12 flange brass nut with pitch 2mm 3mm lead 4mm 8mm 10mm 12mm fit 304 stainless steel screw for cnc 3d printer*.
 - Lund, Jay R. dan Joseph P. Byrne. (2000). *Leonardo Da Vinci's Tensile Strength Tests: Implications for the Discovery of Engineering Mechanics*. *Civil. Eng. And Env. Syst*, 00, 1-8. Diakses pada 10 Februari 2022, dari <https://www.aliexpress.com/i/33012053951.html>.
 - Makerfabs. *S-Type Load Cell(100kg/200kg/300kg/500kg/1T)*. Diakses pada 10 Februari 2022, dari <https://www.makerfabs.com/s-type-load-cell-100kg-200kg-300kg-500kg-1t.html>.
 - Monotaro.id. *CRAFT BEARINGS Deep Groove Ball Bearings Single Row 6001 Ipc*. Diakses pada 10 Februari 2022, dari https://www.monotaro.id/s007743663.html?gclid=Cj0KCQiAjJOQBhCkARIsAEKMtO0nya5RQ64QVzYBXwwOMVOODNebfFJhsqFJ6TsXHdF9Ba0ShXf_NQaAvkSEALw_wcB.
 - Monotaro.id. *SKF Single Row Angular Contact Ball Bearing (Laher) 7201 BEP Ipc*. Diakses pada 10 Februari 2022, dari https://www.monotaro.id/s007743663.html?gclid=Cj0KCQiAjJOQBhCkARIsAEKMtO0nya5RQ64QVzYBXwwOMVOODNebfFJhsqFJ6TsXHdF9Ba0ShXf_NQaSEALw_wcB.
 - Mpik. (2017). *Kelebihan dan Kekurangan Polylactic Acid (PLA) Sebagai Filament Favorit Printer 3D*. Diakses pada 24 Januari 2022, dari <http://indoprinter3d.com/printer-3d/material-printer-3d/polylactic-acid-pla/>
 - Oentoeng. (1999). *Konstruksi Baja*. Yogyakarta: Andi Offset.
 - Pinhome. *Prinsip Kerja Motor Listrik yang Paling Utama*. Diakses pada 14 Feruari 2022, dari <https://www.pinhome.id/pinhome-home-service/insight/prinsipkerja-motor-listrik/>.
 - *Power Screw*. www.mitcalc.com. Diakses pada tanggal 24 Januari 2022 dari <https://www.mitcalc.com/doc/powerscrew/help/en/PowerScrew.htm#t-top>

- Rahmatika, Amelia, Eko Sutarto dan Agus C. Arifin. (2021). *Pengujian Merusak Pada Kualifikasi Prosedur Las Plat Baja Karbon SA-36 dengan Proses Pengelasan SMAW Berdasarkan Standar ASME Section IX. Research Paper, 3(1), 24-30.*
- Rahmayetty. dkk. (2016). *Sintesis Polilaktida (Pla) Dari Asam Laktat Dengan Metode Polimerisasi Pembukaan Cincin Menggunakan Katalis Lipase. Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2016, 1-9.*
- Rizal, Yose. (Tanpa Tahun). *Peningkatan Kekuatan Tarik Baja Karbon AISI 1040 Akibat Pengaruh Media Pendingin Pada Proses Perlakuan Panas. Jurnal Fakultas Teknik Universitas Pasir Pengaraian, 71-78.*
- Salim, Suryani. (2018). *Poli Asam Laktat (Pla)/Kitosan/Bentonit Nanokomposit dari Pati Singkong untuk Aplikasi Kemasan Makanan dan Peningkatan Kompatibiliser Menggunakan Glutaraldehyd. (Disertasi Doktorat, Universitas Sumatera Utara, 2018).*
- Seminar Nasional Teknologi Terapan. (2014). *Membangun Kedaulatan Bangsa Melalui Budaya, Sains, dan Teknologi. Yogyakarta: Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada.*
- Sorotec. *HIWIN rail MGNR12/300 mm.* Diakses pada 10 Februari 2022, dari <https://www.sorotec.de/shop/HiwinRailMGNR12300mm.html?language=n>.
- Suarsana, I KT. (2017). *Ilmu Material Teknik.* Denpasar: Universitas Udayana.
- Susilo, Dwi Budi, Hari Wibawanto dan Anggraini Mulwinda. (2018). *Prototype Mesin Pengantar Barang Otomatis Menggunakan Load Cell Berbasis Robot Line Follower. Jurnal Teknik Elektro, 10(8), 23-29.*
- Wychbearings. *LCM-12 Double Split Shaft Collar 12mm Zinc Plated Steel.* Diakses pada 10 September 2022, dari

<https://www.wychbearings.co.uk/LCM-12-Double.html>.