
Analisis Pemilihan Parameter Desain bagian *Top plate* Lemari CKD dengan Metode Fenite Elemen

Andhy Rinanto¹, Perwita Kurniawan², Adi Nugroho³, Gregorius Bian Rusmana⁴, Adhi Setya Utama^{5*}

¹Program Studi Teknik Mesin Industri, Politeknik ATMI Surakarta. Jl Mojo 1. Karangasem, laweyan, Surakarta, Indonesia

²⁻⁵Program Studi Perancangan Manufaktur, Politeknik ATMI Surakarta. Jl Mojo 1. Karangasem, laweyan, Surakarta, Indonesia

andhy.rinanto@atmi.ac.id¹, perwita.kurniawan@atmi.ac.id², adi.nugroho@atmi.ac.id³, gregorius.2021ptpm07@student.atmi.ac.id⁴, setya.hutama@atmi.ac.id^{5*}

ABSTRAK

Industri furnitur Indonesia terus berdinamika pada ranah internasional. Berdasarkan data dari PUSDATIN Kementerian Perindustrian, pada tahun 2021 persentase kenaikan total terkait bahan baku material logam melonjak mencapai 59,03%. PT. XYZ merupakan salah satu produsen furnitur logam di Indonesia, juga melakukan inovasi terkait produk, salah satu produk yang dihasilkan adalah lemari CKD (*Completely Knockdown*). Karakteristik dari produk ini adalah konsumen dapat merakit sendiri, dan lemari tersebut mampu menahan beban kurang lebih 60 kg. Saat ini lemari CKD diproduksi menggunakan jenis material SPCC dengan ketebalan 0,8 mm dengan metode penyambungan antar komponen menggunakan baut dan mur tanam. Berdasarkan data observasi di lapangan, pada bagian *Top* menjadi komponen yang paling rentan ketika *housing* menerima gaya dari luar, seperti gaya mendorong dengan kekuatan orang dewasa, sehingga muncul rongga pada sambungan antara *top*, *side wall* dan *rear wall* yang menyebabkan postur *housing* menjadi tidak siku hingga berpengaruh pada *shelf* yang ada di dalamnya menjadi tidak rata dan berpotensi bisa lepas dari dudukannya. Hal tersebut menjadi permasalahan bagi performa fungsi, keamanan, dan penampilan luar produk. Berdasarkan penjelasan tersebut, penelitian berfokus pada perbandingan kekuatan jenis sambungan. Terdapat tiga tipe desain sambungan pada *top plate*. Analisis dilakukan dengan metode CAE untuk mendapatkan analisis kekuatan yang aman, atau tidak melebihi batas aman (206,807 MPa). Berdasarkan Analisis tersebut, didapatkan desain *Top plate* tipe 3 dengan spesifikasi penggunaan *selflocking*, *clip type*, dan pengencangan menggunakan ulir merupakan desain yang aman, dikarenakan memiliki nilai tegangan yang mendekati nilai batas aman, yaitu 243,511 MPa. Nilai tersebut didapatkan dengan catatan beban pembebanan sebesar 50 kilogram.

Kata Kunci: furnitur logam, desain *top plate*, fenite elemen, CAE

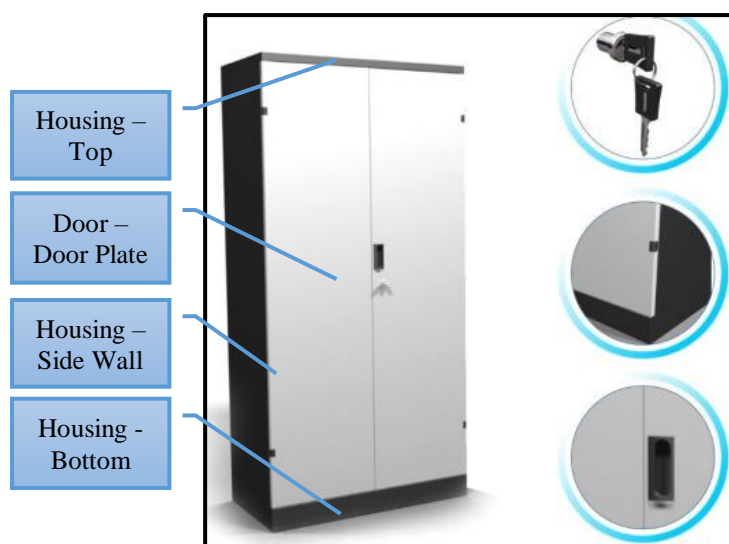
ABSTRACT

The Indonesian furniture industry continues to evolve in the international realm. According to data from PUSDATIN, in 2021, the percentage increase in total metal raw material skyrocketed to 59.03%. PT. XYZ is one of the metal furniture manufacturers in Indonesia, which also innovates in terms of its products. One of the products produced by PT. XYZ is the Completely Knockdown cabinet. The characteristic of this product is that consumers can assemble it themselves, and the cabinet is capable of withstanding a load of approximately 60 kg. Currently, the CKD cabinet is produced using SPCC material with a thickness of 0.8 mm, and the components are joined together using embedded bolts and nuts. Based on field observations, the Top part has been identified as the most vulnerable component when the Housing receives external forces, such as adult-level pushing force, resulting in gaps in the joints between the Top, Side Wall, and Rear Wall. This affects the posture of the Housing, making the shelf inside uneven and potentially detached from its position. This issue poses problems for the product's performance, safety, and external appearance. Based on the aforementioned explanation, this research focuses on comparing the strength of different types of joints. There are 3 types of connection designs on the Top plate. Analysis was carried out using the CAE method to obtain a safe strength analysis, or not exceeding the safe limit (206.807 MPa). Based on this analysis, it was found that the Top plate type three design with specifications for the use of self-locking, clip type, and screw fastening is a safe design, because it has a stress value close to the safe limit value, namely 243.511 MPa. This value is obtained with a loading record of 50kg.

Keywords: metal furniture, top plate design, fenite elements, CAE

1. Pendahuluan

Industri furnitur Indonesia terus berdinamika pada ranah internasional. Tujuan ekspor furnitur Indonesia di dominasi negara Amerika Serikat dengan persentase lebih dari 50%, dan negara Eropa maupun Asia sebesar 19% (DataIndonesia, 2022). Berdasarkan analisis pembangunan industri 2022, dari Pusdatin Kementerian Perindustrian, pada tahun 2021 nilai ekspor produk furnitur berbahan dasar kayu sebesar 69%, rotan/bambu 7%, logam 6%, dan berbahan plastik 3%, dan jika ditinjau dari persentase kenaikan total terkait bahan baku, material logam melonjak mencapai 59,03%, selanjutnya material rotan/bambu naik sebesar 43,41%, dan kayu meningkat 32,54% (Pusdatin kemenperin, 2022). PT. XYZ merupakan salah satu produsen furnitur logam di Indonesia juga melakukan inovasi terkait produk yang dibuat, salah satu produk yang dihasilkan PT. XYZ adalah lemari *Completely Knockdown* (Gambar 1). Lemari *Completely Knockdown* (CKD) dapat digunakan untuk perkantoran sebagai penyimpan dokumen, peralatan perkantoran. Serta digunakan untuk perumahan sebagai lemari pakaian, peralatan rumah tangga dan sebagainya. Lemari CKD memiliki cirikhas “*knock down*” yaitu terdiri dari komponen / potongan furnitur yang dapat di bongkar-pasang dan meminimalisir penggunaan sekrup dan baut (Wibowo, 2016). Berdasarkan katalog dari PT. XYZ, produk lemari CKD juga merupakan produk lemari dimana konsumen yang dapat merakit sendiri dan mampu menahan beban ± 60 kg.



Gambar 1. lemari *Completely Knockdown* (CKD) PT. XYZ

Furnitur logam memiliki beberapa keunggulan seperti kuat dan tahan terhadap segala macam cuaca (Arief dan Susilawati, 2013). Selain itu terdapat keterbatasan, antara lain fabrikasi dan perakitan yang membutuhkan ruang dan biaya yang lebih (Anwar & Ismail, 2014), oleh karena itu metode furnitur *knock down* adalah solusi paling efisien dalam menghemat ruang serta biaya pembuatan furnitur (Seftianingsih, 2017). Selain menghemat biaya pembuatan, sistem *knock down* juga dapat menghemat biaya pengiriman produk, terutama produk lemari. Dengan menggunakan sistem *knock down*, lemari dapat dikirimkan kepada pelanggan dengan bentuk packing yang lebih minimalis sehingga lebih hemat tempat serta biaya saat pengiriman barang. Selain itu, dengan sistem *knock down* yang baik dan mudah, diharapkan pelanggan juga dapat merakit produk lemari secara mandiri dan cepat tanpa memerlukan banyak alat bantu saat proses perakitan.

Konstruksi lemari CKD terdiri dari tiga komponen utama, yaitu *housing*, *shelf*, *door* (kiri dan kanan). *Housing* terdiri dari lima sub komponen antara lain *top*, *bottom*, *side wall* (kiri dan kanan), *rear wall*. *shelf* terdiri dari *shelf plate* dan *shelf reinforcement*. *door* terdiri dari *door plate* dan *door reinforcement*. *Housing* menjadi penentu kekuatan konstruksi pada lemari CKD, dimana *housing* merupakan komponen yang menerima beban terberat dan berpotensi menerima gaya dari luar. Hasil diskusi dengan tim desain PT. XYZ, kekuatan konstruksi lemari CKD dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain jenis material, ketebalan material, dimensi produk, bentuk komponen (*bending*, *punching*), dan metode penyambungan (las, baut dan mur tanam, paku keling, *sheet metal forming*). Saat ini lemari CKD diproduksi menggunakan jenis material SPCC ketebalan 0,8 mm dengan metode penyambungan antar komponen menggunakan baut dan mur tanam.

Berdasarkan data observasi di lapangan, pada bagian *top* menjadi komponen yang paling rentan ketika *housing* menerima gaya dari luar yang disimulasikan dengan mendorong dengan kekuatan orang dewasa. Pada saat itu, muncul rongga pada sambungan antara *top*, *side wall* dan *rear wall* yang menyebabkan postur *housing* menjadi tidak siku hingga berpengaruh pada *shelf* yang ada di dalamnya menjadi tidak rata dan berpotensi bisa lepas dari dudukannya. Hal tersebut menjadi permasalahan bagi performa fungsi, keamanan, dan penampilan luar produk.

Berdasarkan penjelasan tersebut, penelitian berfokus pada analisis *sheet metal forming* yang di fungsikan sebagai sistem penguncian mandiri (*self-locking*) pada sambungan antara *top plate*, *side wall* dan *rear wall*. *Sheet metal forming* tersebut diaplikasikan pada desain baru komponen *top office* lemari CKD dengan tujuan untuk pengurangan penggunaan *screw* dan mur tanam, serta memperkuat rancangan lemari CKD, yang kemudian dianalisis menggunakan metode elemen hingga atau *finite element analysis* (FEA) yang disimulasikan lewat *software Computer Aided Engineering* (CAE). *Computer Aided Engineering* (CAE) merupakan salah satu teknologi yang menggunakan sistem komputer untuk menganalisis fungsi dari produk desain *Computer Aided Design* (CAD), yang memungkinkan *designer* untuk mensimulasikan dan mempelajari bagaimana produk tersebut akan berperilaku sehingga desain dapat disempurnakan dan dioptimalkan (Candra, 2022). Dari analisis tersebut diharapkan desain yang dihasilkan telah optimal dan dapat digunakan pada proses produksi.

2. Metode Penelitian

2.1 Alat dan Bahan

- a. *Software* CAE digunakan untuk mensimulasikan kekuatan konstruksi lemari CKD pada bagian *TOP* dengan menggunakan metode FEA.
- b. Desain lemari CKD yang didapatkan dari desainer PT. XYZ

2.2 Metode

Finite element analysis (FEA) adalah suatu cara atau metode numeris untuk mendapatkan penyelesaian dari persamaan diferensial maupun persamaan integral. Penyelesaian persamaan diferensial didasarkan pada penyederhanaan persamaan diferensial yang kompleks dan banyak menjadi persamaan diferensial biasa, kemudian diselesaikan dengan mengintegrasikan secara numeris dengan menggunakan metode Euler atau Runge Kutta (Tarisma et al, 2022). Choiron (2014), memaparkan FEA merupakan metode numerik yang digunakan untuk menganalisis struktur, tegangan, perpindahan panas, dan massa. Permasalahan yang melibatkan bentuk geometri, kondisi pembebanan dan sifat mekanik material yang kompleks yang tidak mungkin untuk dipecahkan dengan menggunakan persamaan atau rumus matematis yang biasanya disebut dengan penyelesaian analitis. Penyelesaian analitis ini umumnya memerlukan penyelesaian persamaan diferensial parsial. Oleh karena itu, metode numerik seperti FEA merupakan metode yang banyak digunakan untuk memecahkan permasalahan-permasalahan yang kompleks tersebut. Dalam FEA, obyek baik berupa luasan (2D) maupun volume (3D) dipecah menjadi beberapa elemen, kemudian dengan memasukan nilai parameter batasan (biasanya pada permukaan) dan nilai awal (sebagai *trial and error*). Perhitungan seperti itu dilakukan berulang-ulang (iterasi) sehingga diperoleh hasil yang tepat (Prasetyo, 2022). Parameter batasan yang digunakan pada simulasi dapat ditinjau pada Tabel 1. Pemberian variabel nilai beban diatur dengan selisih yang tetap, mulai dari 50kg, 100 kg dan 150 kg. Nilai tersebut diasumsikan adalah beban yang mampu diterima dari lemari CKD.

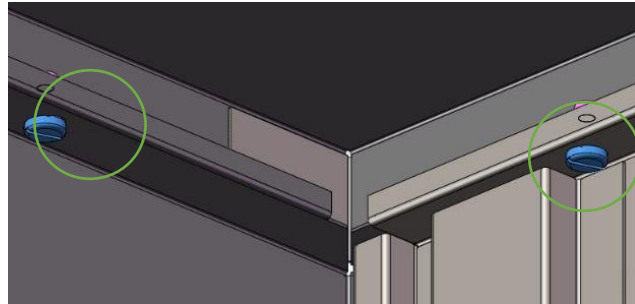
Tabel 1. Parameter batasan pada desain *top* lemari CKD

No.	Simulasi	Variabel beban		
		1	2	3
1	Pembebanan internal total rak		40 kg	
2	Gaya luar cabinet tipe 1	50 kg	100 kg	150 kg
3	Gaya luar cabinet tipe 2	50 kg	100 kg	150 kg
4	Gaya luar cabinet tipe 3	50 kg	100 kg	150 kg
5	Gaya gravitasi		9,81 m/s ²	

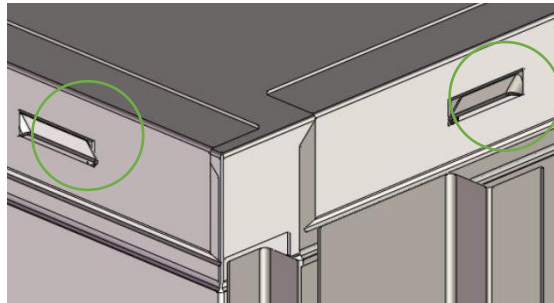
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Desain Alternatif Top CKD

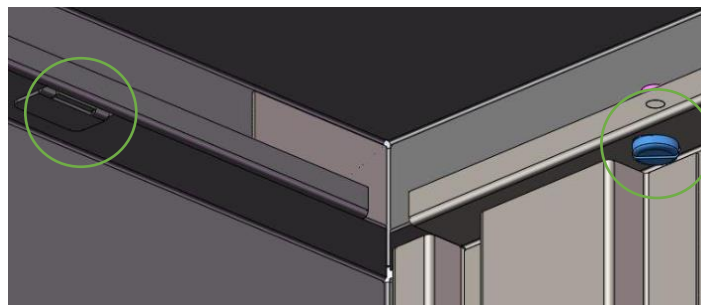
Pada tahap desain alternatif *Top* CKD dibagi menjadi tiga desain untuk dibandingkan. Desain tipe-1 merupakan desain original dari PT. XYZ, sedangkan desain tipe-2 dan tipe-3 merupakan desain pembanding, dan dianalisis dengan metode FEA, sehingga didapatkan kelayakan terhadap kekuatan rakitan, defleksi dan mampu mengurangi baut dan mur tanam. Desain tipe-1 original dengan mur dan Baut tanam. Desain tipe-2 dengan sistem *knock down*, dan desain tipe-3 dengan kombinasi *knock down* dan mur baut tanam. Pada Gambar 2a sampai dengan c dijelaskan desain *Top* CKD.



Gambar 2.a. Desain Original dari PT. XYZ



Gambar 2.b Desain Alternatif 1 dengan sistem knockdown

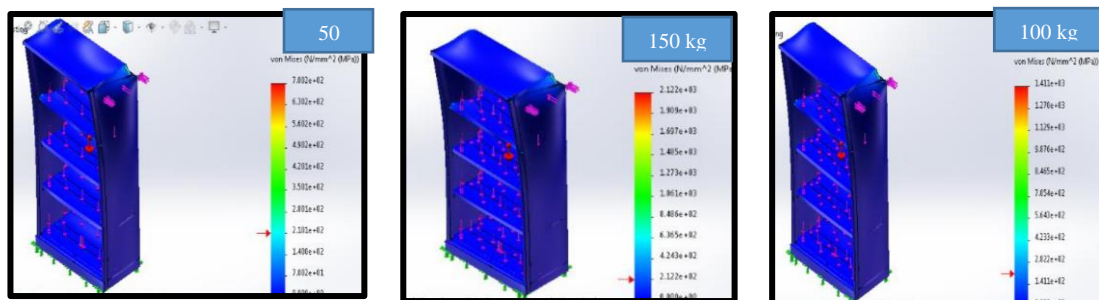


Gambar 2.c Desain Alternatif 2 dengan sistem kombinasi

3.2. Analisis Desain Kekuatan Desain Alternatif

1. Analisis simulasi kekuatan desain tipe 1

Berdasarkan analisis FEA dengan menggunakan *software* CAE didapatkan tegangan yang terjadi ketika analisis dengan pembebanan eksternal 50 kg maksimal mencapai 700,240 MPa, untuk pembebanan eksternal 100kg mencapai 1.410,872 MPa, dan pembebanan eksternal 150kg mencapai tegangan maksimal 2.121,513 MPa (Gambar 3).

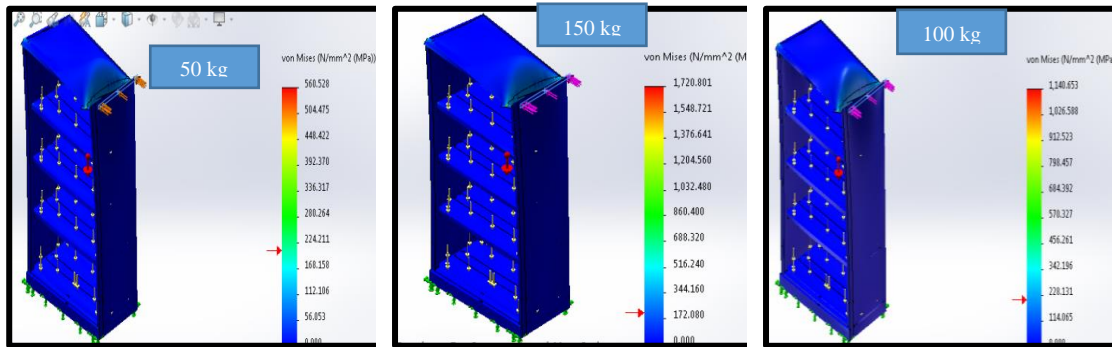


Gambar 3. Analisis simulasi tegangan lemari CKD tipe 1

2. Analisis simulasi kekuatan desain tipe 2

Berdasarkan analisis FEA dengan menggunakan *software* CAE didapatkan tegangan yang terjadi ketika analisis dengan pembebanan eksternal 50kg maksimal mencapai 560,528 MPa, untuk pembebanan

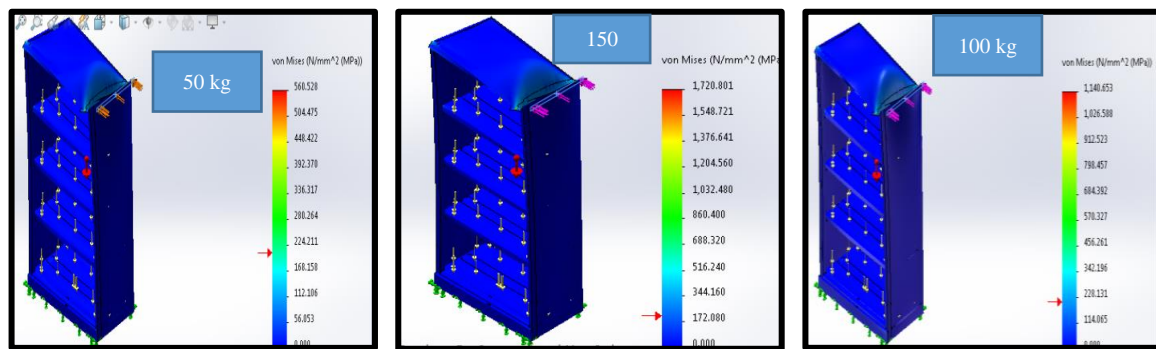
eksternal 100kg mencapai 1.140,563 MPa, dan pembebanan eksternal 150kg mencapai tegangan maksimal 1.720,801 MPa (Gambar 4).



Gambar 4. Analisis simulasi tegangan lemari CKD tipe 2

3. Analisis Simulasi Kekuatan Desain Tipe 3

Berdasarkan analisis FEA dengan menggunakan *software* CAE didapatkan tegangan yang terjadi ketika analisis dengan pembebanan eksternal 50kg maksimal mencapai 243,511 MPa, untuk pembebanan eksternal 100kg mencapai 487,665 MPa, dan pembebanan eksternal 150kg mencapai tegangan maksimal 731,823 MPa (Gambar 5).



Gambar 5. Analisis simulasi tegangan lemari CKD tipe 3

Tabel 2. Tabel hasil simulasi desain lemari CKD

No.	Rancangan	Beban internal (kg)	Beban eksternal (kg)	Stress (MPa)
1	Tipe 1	40	50	700,240
2	Tipe 1	40	100	1412,87
3	Tipe 1	40	150	2121,51
4	Tipe 2	40	50	560,53
5	Tipe 2	40	100	1140,65
6	Tipe 2	40	150	1720,8
7	Tipe 3	40	50	243,511
8	Tipe 3	40	100	487,665
9	Tipe 3	40	150	731,823

Berdasarkan pemaparan Shinde & Thombare (2014), hal yang dilakukan sebelum penentuan desain yang dipilih adalah mencari kekuatan *yield*. Fungsi dari *yield*. adalah kekuatan batas luluh, atau perubahan dari fase elastis menjadi plastis suatu benda (Delima et al, 2022). Nilai *yield* dari desain lemari CKD adalah 206, 807 MPa. Berdasarkan analisis CAE yang diperlihatkan dari Gambar 3 sampai Gambar 5, dan disederhanakan pada Tabel 2, didapatkan rancangan desain *office cabinet type 3* dengan model *top plate* memakai *self-locking* tipe clip serta pengencangan menggunakan screw yang dipilih. Karena tegangan yang terjadi memiliki nilai yang mendekati nilai *yield*, dengan nilai tegangan yang timbul sebesar 243,511 MPa pada pembebanan 50kg.

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis simulasi CAE yang telah dilakukan lemari CKD, dapat disimpulkan bahwa lemari CKD *type 3* dengan model *top plate* memakai *selflocking tipe clip* serta pengencangan menggunakan screw, karena tegangan yang terjadi memiliki nilai yang mendekati nilai yield, dengan nilai tegangan yang timbul sebesar 243,511 MPa pada pembebanan 50 kilogram, sedangkan lemari CKD *type 3* memiliki spesifikasi pemasangan *top plate* dengan perbandingan penggunaan 50% *selflocking* dan 50% *screw* untuk pengikatan ke bagian *wall cabinet*.

5. Daftar Pustaka

- Anwar, M.F., Ismail, A.R., (2014). *Innovative Design Of Knock-Down System For Metal Cabinet. International Journal of Creative and Heritage*, 2(1), 28-35.
- Arief, B., Susilawati, D. (2013). Penggunaan Material Furnitur Sebagai Pendukung Tema Pada Desain Interior Nanny's Pavilion di Bandung. *Jurnal Rekajiva-ITENAS*, 1(1), 01-14.
- Chandra, C. (2022). Analisis Desain Sistem Keamanan Panel Distribusi dengan *Computer Aided Engineering*. Tugas Akhir. Politeknik ATMI Surakarta.
- Choiron, M. A., Purnowidodo, A., Anam, K., (2014.) Metode Elemen Hingga. Malang : Universitas Brawijaya.
- Delima, A., Hermawan, Y., Triono, A., Sakura, R.R., Badriani, R.E., Hidayat, M.A. (2022). Analisis Kekasaran Permukaan Dan *Morfologi Chips* Pada Proses *Drilling* Kayu Jati. *Jurnal Stator*, 5(1), 18 – 28.
- Industri Furnitur Tumbuh 8,16% pada 2021. <https://dataindonesia.id/sektor-riil/detail/industri-furnitur-tumbuh-816-pada-2021>
- Prasetyo G. (2022). Analisis *Self Locking Design* dengan Metode Fenite Elemen. Tugas Akhir. Politeknik ATMI, Surakarta.
- Pusdatin Kemenperin (2022). Buku analisis pembangunan industri: Peran strategis dan potensi penguatan industri furnitur terhadap perekonomian nasional.
- Seftianingsih, D.K., (2017). Pengenalan Berbagai Jenis *Furniture* Dengan Kombinasi Material Beserta Konstruksinya. *Jurnal Kemadha*, 7 (1), 1 – 9
- Shinde, A & Thombare, D. (2014). *Finite Element Method for Stress Analysis of Passenger CarFloor. Journal of Engineering Research and Applications*, 4 (4), 38 – 42
- Tarisma, T., Saumi, F., Wardani, S., Zahara, & Kristina, D. (2022). *Comparison Of Euler Method And Runge Kutta Method In Estimation Of The Number Of Population In Aceh Province. Mathline*, 7(2). 197-207
- Wibowo, S. (2016). *Perancangan Mebel Knockdown yang User Friendly untuk Ruang Tamu*. *Jurnal Intra*. 4 (2), 704 – 717.
- Tarisma, T., Saumi, F., Wardani, S., Zahara, & Kristina, D. (2022). *Comparison Of Euler Method And Runge Kutta Method In Estimation Of The Number Of Population In Aceh Province. Mathline*, 7(2). 197-207