

Analisa Rancangan Kekuatan Bahan Pada Model Lengan Excavator Dengan Menggunakan Software Solidwork

Basyaruddin

¹Program Studi Teknik Mesin, ²Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Medan
Jl. Muchtar Basri No. 3, Glugur Darat II, Kec. Medan Timur, Kota Medan, Sumatera Utara

basyaruddin@gmail.com

Abstrak

Excavator memiliki beberapa besar mekanisme kerja diantaranya mekanisme kerja dari lengan excavator yaitu mekanisme kerja boom, arm, dan bucket. Untuk mengetahui kekuatan dari pada bahan lengan excavator tersebut dapat dilakukan dengan berbagai cara salah satunya dengan menggunakan simulasi software seperti solidwork. Program solidwork memiliki keunggulan dalam proses analisis material yang hampir mendekati sama dengan material aslinya sehingga sangat sesuai untuk menganalisis kekuatan bahan lengan excavator. Sehingga penulis mencoba merancang sebuah model lengan excavator untuk kemudian menganalisis kekuatannya dengan menggunakan software solidwork. Berdasarkan uraian diatas penulis menguraikan permasalahan yang terjadi dalam pengujian kekuatan bahan pada material lengan excavator menggunakan simulasi software solidwork 2016, yaitu tegangan dan regangan yang dihasilkan. Pengumpulan data pada analisa spesimen boom, arm, dan bucket excavator menggunakan software solidwork 2016. Dari hasil penelitian dengan melakukan proses simulasi Force sebesar 441 N pada setiap spesimen model lengan excavator dengan software solidwork 2016 untuk mencari tegangan dan regangan, diperoleh hasil sebagai berikut ; simulasi pada lengan excavator tebal pelat 5 mm berbahan Cast Iron (SN) dengan Hasil dari simulasi tegangan (stress) maksimum pada boom sebesar $1.804e+007$ N/m² , pada arm sebesar $6.925e+008$ N/m² , dan pada bucket sebesar $1.175e+009$ N/m² . Hasil displacement maksimum pada boom sebesar $1.164e-001$ mm, pada arm sebesar $3.350e+000$ mm, dan pada bucket sebesar $2.113e+001$ mm, serta Hasil dari simulasi regangan (strain) maksimum pada boom sebesar $9.515e-005$ N/m² , pada arm sebesar $3.571e-003$ N/m² , dan pada bucket sebesar $7.352e-003$ N/m² .

Kata Kunci: *model lengan excavator, boom, arm, bucket, Program Solidwork.*

1. PENDAHULUAN

Pekerjaan infrastruktur dalam skala besar tidak luput dari alat bantu guna menyelesaikan pekerjaan dengan baik dan dapat selesai pada waktu yang diharapkan, pada akhirnya diperlukan pertimbangan mempergunakan alat-alat berat yang disesuaikan dengan kondisi pekerjaan yang bersangkutan. Hal ini sudah tidak dapat dihindari lagi mengingat pemanfaatan tenaga manusia secara manual dengan alat-alat konvensional tidaklah efisien dan sanggup untuk menyelesaikan target kerja secara hasil yang maksimal dan tepat waktu dengan beban pekerjaan yang berat. Pembangunan gedung, jembatan, jalan dan lain sebagainya merupakan pekerjaan yang besar yang membutuhkan alat-alat berat didalam pelaksanaannya, salah satu jenis alat berat yang digunakan adalah alat gali (excavator). Excavator itu sendiri terdiri dari 4 tipe, yaitu front Shovel, drag Line, clamshell dan backhoe.

Excavator dapat melakukan penggalian dengan menggunakan bantuan tenaga dari sistem hidrolis. Sistem hidrolis adalah sistem daya yang menggunakan fluida kerja zat cair, dapat bekerja karena adanya daya dari mesin yang diteruskan secara mekanik, elektrik atau hidrolis. Hidrolis menurut "bahasa greek" berasal dari kata "hydro" yang berarti air dan "aulos" yang berarti pipa. Jadi hidrolis bisa diartikan suatu alat yang bekerjanya berdasarkan air dalam pipa. Prinsip yang digunakan adalah Hukum Pascal, yaitu : benda cair yang ada di ruang tertutup apabila diberi tekanan, maka tekanan tersebut akan dilanjutnya ke segala arah dengan sama besar.

Excavator memiliki beberapa besar mekanisme – mekanisme kerja diantaranya adalah mekanisme kerja dari lengan excavator yaitu : Mekanisme kerja boom, mekanisme boom adalah bagian dari mekanisme lengan ekskavator yang memiliki konstruksi paling besar. Mekanisme boom terdiri dari batang boom dan pengendali boom berupa dua buah silinder hidrolis yang berfungsi untuk menggerakkan boom. Mekanisme kerja dari arm, mekanisme arm terdiri dari sebuah batang arm dan pengendalinya sebuah silinder hidrolis. Batang arm dipasang pada ujung batang boom lalu dihubungkan dengan batang arm.

Sedangkan mekanisme kerja dari bucket adalah didekati sebagai mekanisme empat batang atau fourbar linkage dengan silinder hidrolis sebagai penggerakannya. Dengan demikian maka mekanisme bucket terdiri dari sebuah silinder hidrolis dan mekanisme empat batang serta bucket itu sendiri. Ada pun hal-hal yang terkait dengan excavator yang dijelaskan diatas, bisa memanfaatkan perkembangan teknologi untuk memudahkan penulis atau ilmunan dalam merancang suatu produk.

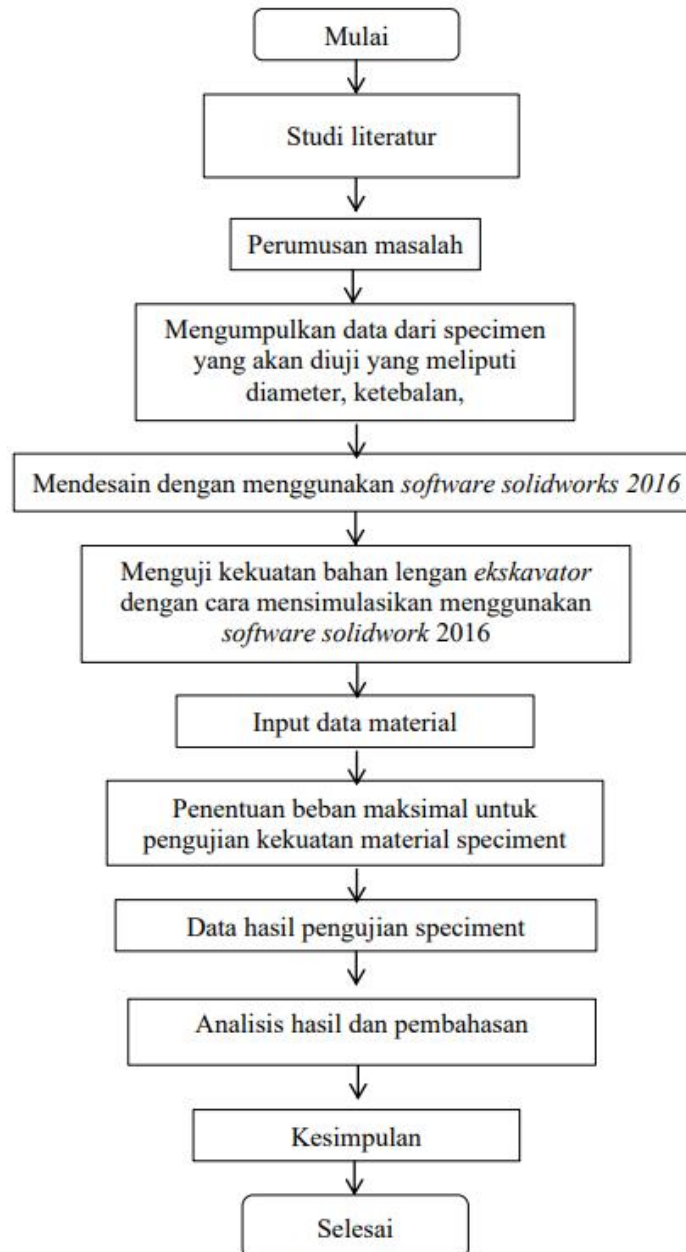
Berkembangnya teknologi hardware dan software pada komputer sangat membantu dalam proses manufaktur karena dapat mensimulasikan perhitungan numerik dan memvisualisasikan hal-hal yang mungkin terjadi pada proses manufaktur yang selanjutnya dapat diaplikasikan dilapangan. Software pemrograman komputer yang diharapkan mampu dalam pelaksanaan analisis kekuatan dari pada bahan lengan excavator itu bisa seperti : Software Ansys, Software Solidwork, Software Catia dan masih banyak lagi software pemrograman komputer yang bisa digunakan untuk menganalisis kekuatan bahan lengan excavator tersebut.

Dimana software tersebut memiliki keunggulan tersendiri. Dan proses penganalisaan menggunakan software solidwork memberikan hasil yang mendekati sama. Atau mungkin dapat dikatakan sama karena perbedaannya tidak berarti. Maka software pemrograman komputer dengan solidwork adalah software yang dipilih penulis untuk menganalisa dari kekuatan bahan. Seiring karena rasa ingin tahun penulis mengenai bagaimana kekuatan pada bahan

model lengan excavator yang ingin dirancang dengan beban maksimal sebesar 45 kg dan belum adanya juga beredar dipasaran, sehingga penulis mencoba merancang dan menganalisa dengan membuat model lengan excavator menggunakan sistem hidrolik dengan software solidwork.

2. METODE PENELITIAN

Adapun tempat dilakukannya perancangan dan pengujian kekuatan bahan pada model lengan ekskavator dengan menggunakan software Solidwork, dan dilakukan di Laboratorium Komputer Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Medan.



Gambar 1. Alur Penelitian

3. HASIL

Hasil Gambar Rancangan Keseluruhan Model Lengan Excavator

Hasil gambar rancangan keseluruhan model lengan excavator yang telah dibuat dengan menggunakan software solidwork 2016, dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. Hasil Rancangan Model Lengan Excavator

Hasil Simulasi pengujian kekuatan material pada Boom ekskavator

Hasil Simulasi pengujian kekuatan material pada Boom ekskavator

Gambar spesiment Boom

Hasil gambar spesiment Boom ekskavator dengan tebal pelat 5 mm menggunakan software solidwork 2016 yang akan disimulasikan seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. Hasil Gambar Boom

Sebelum melakukan prosedur simulasi sebaiknya tentukan jenis material dan berapa beban yang akan diberikan terhadap specimen. Jenis material yang diberikan kepada specimen berbahan Gray Cast Iron (SN) dan beban yang diberikan sebesar 441 N.

Hasil Meshing spesiment Boom



Gambar 4. Hasil Proses Meshing Boom

Sebelum melakukan prosedur simulasi dilakukan proses meshing terlebih dahulu. Proses meshing merupakan bagian integral dari simulasi rekayasa dibantu proses komputer. Meshing mempengaruhi akurasi, kecepatan konvergensi dari solusi.

Proses tegangan (stress) merupakan proses yang terjadi akibat gesekan, berdasarkan hasil tegangan boom diperoleh nilai beban minimalnya sebesar $0.000e+000$ N/m² yang ditandai dengan warna biru tua menandakan bagian daerah yang aman dan terletak pada bagian ujung bawah boom, pada warna hijau muda bagian spesimen boom mulai mengalami proses tegangan (stress) dan pada bagian warna kuning spesimen terkena tegangan pada tingkat medium, serta hasil terakhir dari simulasi adalah dengan beban maksimal sebesar $1.804e+007$ N/m² ditandai dengan warna merah pada bagian tersebut bahan material paling terbebani/kritis dapat dilihat pada bagian tengah boom mengalami sedikit perubahan dari segi bentuk tepatnya dibagian pen penghubung antara boom dengan hodrolik boom.

Proses displacement merupakan suatu proses dimana suatu daya berpindah dalam kurun waktu tertentu sesuai perintah yang diberikan pada program tersebut. berdasarkan hasil displacement boom diperoleh beban minimal yang terjadi sebesar $1.000e-030$ mm dengan susunan warna biru menandakan bagian aman terlihat pada bagian bawah boom dan pada warna hijau muda bagian spesimen boom mulai mengalami proses displacement selanjunya pada bagian warna kuning spesimen terkena pemindahan pada tingkat medium, terakhir beban maksimal yang dapat diterima sebesar $1.164e-001$ mm ditandakan dengan warna merah yang artinya bagian yang paling terbebani/kritis.

Pada proses ini kita dapat melihat hasil dari simulasi yang terjadi akibat regangan yang diberikan, berdasarkan hasil regangan boom diperoleh beban minimal yang dapat diterima sebesar $0.000e+000$ N/m² diperlihatkan pada bagian ujung boom ditandai dengan warna biru dan dan pada warna hijau muda bagian spesimen boom mulai mengalami proses regangan (strain) selanjunya pada bagian warna kuning spesimen terkena regangan pada tingkat medium, serta terakhir beban maksimal yang dapat diterima sebesar $9.515e-005$ N/m² menandakan bagian yang paling terbebani ditandai dengan warna merah dilihat pada bagian pen penghubung antara boom dengan hidrolik boom.

4. PEMBAHASAN

Hasil Simulasi pengujian kekuatan material pada Arm ekskavator

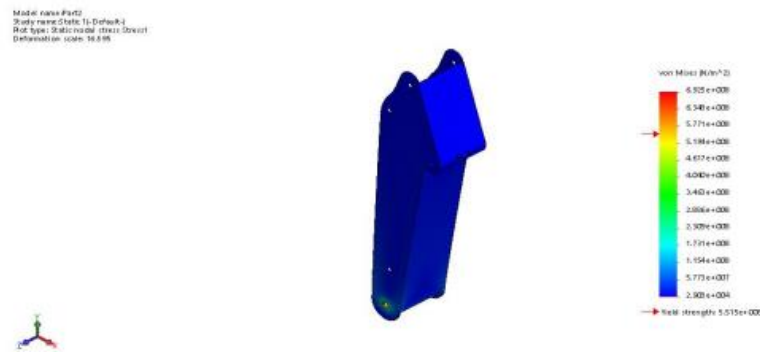
Hasil gambar spesiment Arm ekskavator dengan tebal pelat 5 mm menggunakan software solidwork 2016 yang akan disimulasikan seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 5. Hasil Gambar Arm

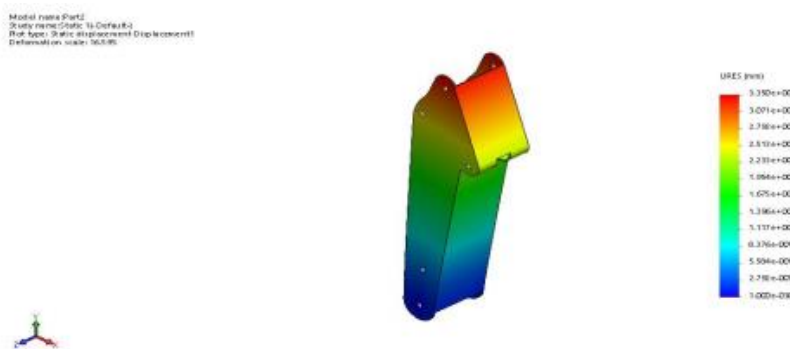
Sebelum melakukan prosedur simulasi sebaiknya tentukan jenis material dan berapa beban yang akan diberikan terhadap specimen. Jenis material yang diberikan kepada specimen arm berbahan Gray Cast Iron (SN) dan beban yang diberikan sebesar 441 N

Hasil Tegangan (stress) Arm



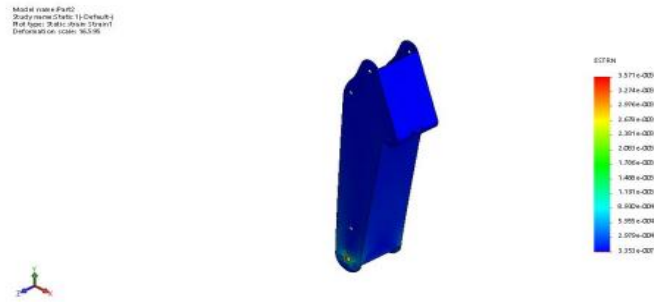
Gambar 6. Hasil Tegangan Arm

Proses tegangan (stress) merupakan proses yang terjadi akibat gesekan, berdasarkan hasil tegangan arm diperoleh nilai beban minimalnya sebesar $2.908e+004$ N/m² ditandakan dengan warna biru menandakan bagian yang aman dan pada warna hijau muda bagian specimen arm mulai mengalami proses tegangan (stress) selanjutnya pada bagian warna kuning specimen terkena tegangan pada tingkat medium, serta terakhir beban maksimalnya sebesar $6.925e+008$ N/m² dengan tanda warna merah menandakan bagian yang paling terbebani/kritis dapat dilihat pada bagian ujung arm tepatnya yang berhubungan dengan pen bucket.



Gambar 7. Hasil Displacement Arm

Proses displacement merupakan suatu proses dimana suatu daya berpindah dalam kurun waktu tertentu sesuai perintah yang diberikan pada program tersebut. berdasarkan hasil displacement arm diperoleh beban minimal yang terjadi sebesar $1.000e-030$ mm dan pada warna hijau muda bagian specimen arm mulai mengalami proses displacement selanjutnya pada bagian warna kuning specimen terkena pemindahan pada tingkat medium, serta terakhir pada beban maksimal yang dapat diterima sebesar $3.350e+000$ mm yang ditandakan dengan warna merah terletak pada pen penghubung hidrolik boom dengan arm.

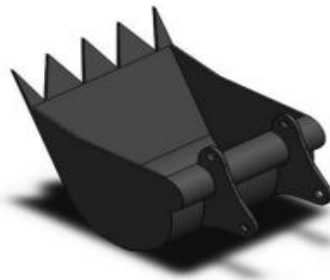


Gambar 8. Hasil Regangan Arm

Pada proses ini kita dapat melihat hasil dari simulasi yang terjadi akibat regangan yang diberikan, berdasarkan hasil regangan arm diperoleh beban minimal yang dapat diterima sebesar $3.353e-007$ N/m² yang ditandai dengan warna biru dan pada warna hijau muda bagian spesimen arm mulai mengalami proses regangan (strain) selanjutnya pada bagian warna kuning spesimen terkena regangan pada tingkat medium, serta terakhir pada beban maksimal yang dapat diterima spesimen sebesar $3.571e-003$ N/m² ditandai dengan warna merah yang terletak pada ujung bawah arm tepatnya pada pen penghubung pen arm dengan bucket.

Hasil Simulasi pengujian kekuatan material pada Bucket ekskavator

Hasil gambar spesiment bucket ekskavator dengan tebal pelat 5 mm menggunakan software solidwork 2016 yang akan disimulasikan seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini.



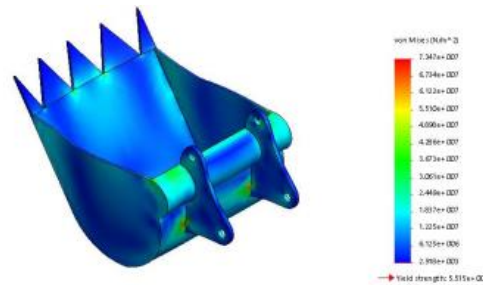
Gambar 9. Hasil Gambar Bucket

Sebelum melakukan prosedur simulasi sebaiknya tentukan jenis material dan berapa beban yang akan diberikan terhadap specimen. Jenis material yang diberikan kepada specimen arm berbahan Gray Cast Iron (SN) dan beban yang diberikan sebesar 441 N.



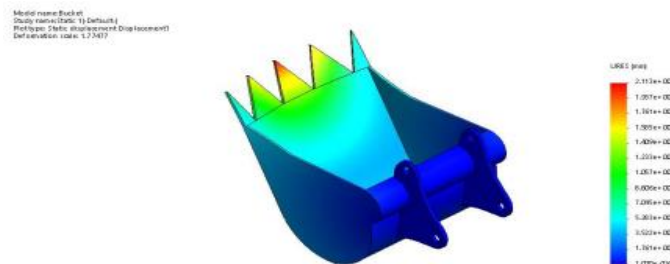
Gambar 10. Hasil Proses Meshing Bucket

Sebelum melakukan prosedur simulasi dilakukan proses meshing terlebih dahulu. Proses meshing merupakan bagian integral dari simulasi rekayasa dibantu proses komputer. Meshing mempengaruhi akurasi, kecepatan konvergensi dari solusi.



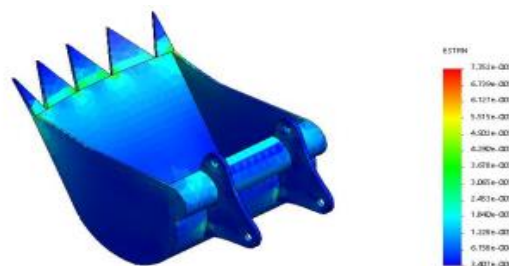
Gambar 11. Hasil Tegangan Bucket

Proses tegangan (stress) merupakan proses yang terjadi akibat gesekan, berdasarkan hasil tegangan bucket diperoleh nilai beban minimalnya sebesar $2.918e+003$ N/m² ditandai dengan warna biru dan pada warna hijau muda bagian spesimen bucket mulai mengalami proses tegangan (stress) selanjutnya pada bagian warna kuning spesimen terkena tegangan pada tingkat medium, terakhir pada beban maksimalnya sebesar $7.347e+009$ N/m² yang ditandakan dengan warna merah pada bagian sambungan plat bucket dengan arm dan hidrolik bucket.



Gambar 12. Hasil Displacement Bucket

Proses displacement merupakan suatu proses dimana suatu daya berpindah dalam kurun waktu tertentu sesuai perintah yang diberikan pada program tersebut. berdasarkan hasil displacement bucket diperoleh beban minimal yang terjadi sebesar $1.000e-030$ mm ditandai dengan warna biru dan pada warna hijau muda bagian spesimen bucket mulai mengalami proses displacement selanjutnya pada bagian warna kuning spesimen terkena pemindahan pada tingkat medium, serta terakhir pada beban maksimal yang dapat diterima spesimen sebesar $2.113e+001$ mm yang ditandakan dengan warna merah pada bagian ujung bucket.



Gambar 13. Hasil Regangan Bucket

Pada proses ini kita dapat melihat hasil dari simulasi yang terjadi akibat regangan yang diberikan, berdasarkan hasil regangan bucket diperoleh beban minimal yang dapat diterima sebesar $3.407e-006$ N/m² ditandai dengan warna biru dan pada warna hijau muda bagian spesimen bucket mulai mengalami proses regangan (strain) selanjutnya pada bagian warna kuning spesimen terkena regangan pada tingkat medium, serta terakhir pada beban maksimal yang dapat diterima spesimen bucket sebesar $7.352e-003$ N/m² yang ditandai dengan warna merah pada bagian sambungan gigi bucket dengan body bucket.

5. KESIMPULAN

Dari hasil rancangan dan analisa kekuatan bahan pada model lengan excavator dengan menggunakan software solidwork 2016, disimpulkan bahwa bahan yang cocok digunakan untuk pembuatan model lengan excavator adalah besi plat dengan ketebalan 5 mm, dan berikut merupakan data hasil dari analisa untuk mencari tegangan dan regangan pada bahan model lengan excavator.

1. Hasil Simulasi kekuatan bahan pada bagian Boom excavator dengan tebal plat 5 mm berbahan Gray cast iron (SN) pada Gaya 441 N.
 - a. Hasil dari simulasi tegangan (stress) "max" pada spesimen Boom. Maksimum : $1.804e+007$ N/m²
 - b. Hasil dari simulasi displacement "max" pada spesimen Boom. Maksimum : $1.164e-001$ mm
 - c. Hasil dari simulasi regangan (strain) "max" pada spesimen Boom. Maksimum : $9.515e-005$ N/m²
2. Hasil Simulasi kekuatan bahan pada bagian Arm excavator dengan tebal plat 5 mm berbahan Gray cast iron (SN) pada Gaya 441 N.
 - a. Hasil dari simulasi tegangan (stress) "max" pada spesimen Arm. Maksimum : $6.925e+008$ N/m²
 - b. Hasil dari simulasi displacement "max" pada spesimen Arm. Maksimum : $3.350e+000$ mm
 - c. Hasil dari simulasi regangan (strain) "max" pada spesimen Arm. Maksimum : $3.571e-003$ N/m²
3. Hasil Simulasi kekuatan bahan pada bagian Bucket excavator dengan tebal plat 5 mm berbahan Gray cast iron (SN) pada Gaya 441 N.
 - a. Hasil dari simulasi tegangan (stress) "max" pada spesimen Bucket. Maksimum : $1.175e+009$ N/m²
 - b. Hasil dari simulasi displacement "max" pada spesimen Bucket. Maksimum : $2.113e+001$ mm
 - c. Hasil dari simulasi regangan (strain) "max" pada spesimen Bucket. Maksimum : $7.352e-003$ N/m²

REFERENSI

- Affandi, A., Umurani, K., Nasution, A. R., & Tanjung, I. (2021). Edukasi Cara Menempa Besi Berstandart SNI Untuk Peningkatan Produksi Pandai Besi di Kecamatan Brandan. *ABDI SABHA (Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat)*, 2(3), 115-122.
- Affandi, A., Nasution, A. R., Tanjung, I., & Harahap, R. S. (2021). Rancang Bangun Alat Ukur pH Dan Ketinggian Air Berbasis Smartphone Guna Meningkatkan Produktifitas Budidaya Ikan Nila. *Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, 2(2), 75-80.
- Affandi, A., Nasution, A. R., Tanjung, I., & Harahap, R. S. (2021). Rancang Bangun Alat Ukur pH Dan Ketinggian Air Berbasis Smartphone Guna Meningkatkan Produktifitas Budidaya Ikan Nila. *Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, 2(2), 75-80.

- Affandi, A., Nasution, A. R., Tanjung, I., & Harahap, R. S. (2021). Rancang Bangun Alat Ukur pH Dan Ketinggian Air Berbasis Smartphone Guna Meningkatkan Produktifitas Budidaya Ikan Nila. *Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, 2(2), 75-80.
- Balisranislam, B., & Harahap, P. (2021, October). Efisiensi Kinerja Cleaning Service Dengan menggunakan Robot Pembersih Kaca Luar Gedung Selama Masa Pandemi Covid-19. In *Prosiding Seminar Nasional Kewirausahaan (Vol. 2, No. 1)*.
- Balisranislam, B., Harahap, P., & Lubis, S. (2021). Perancangan Alat Inverter Energi Listrik Menggunakan Simulink Matlab. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 4(2), 91-98.
- Dharma, S. (2021). Simulasi Computational Fluid Dynamic (CFD) Pada Turbin Screw Archimedes Skala Kecil: Simulasi Computational Fluid Dynamic (CFD) Pada Turbin Screw Archimedes Skala Kecil. *ABEC Indonesia*, 9.
- Gunawan, S., Hasan, H., & Lubis, R. D. W. (2020). Pemanfaatan Adsorben dari Tongkol Jagung sebagai Karbon Aktif untuk Mengurangi Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 3(1), 38-47.
- Hadi, H. S., Abdurrahman, A., & Sampurno, B. (2019). Rancang Bangun Sistem Monitoring Cairan Pembersih Pada Robot Pembersih Kaca Berbasis Mikrokontroler ATMega 8535. *J-Eltrik*, 1(1), 7-14.
- Harahap, P., Adam, M., & Balisranislam, B. (2021). Implementasi Trainer Kit Pembangkit Listrik Tenaga Surya sebagai Pengembangan Media Pembelajaran Instalasi Listrik. *ABDI SABHA (Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat)*, 2(2), 198-205.
- Harahap, P., Adam, M., & Balisranislam, B. (2021). Implementasi Trainer Kit Pembangkit Listrik Tenaga Surya sebagai Pengembangan Media Pembelajaran Instalasi Listrik. *ABDI SABHA (Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat)*, 2(2), 198-205.
- Harahap, P., Pasaribu, F. I., Siregar, C. A. P., & Oktrialdi, B. (2021). Performance of Grid-Connected Rooftop Solar PV System for Households during Covid-19 Pandemic. *Journal of Electrical Technology UMY*, 5(1), 26-31.
- Harahap, P., Pasaribu, F. I., & Siregar, C. A. (2021, April). Network Quality Comparison 4g LTE X And Y in Campus UMSU. In *Journal of Physics: Conference Series (Vol. 1858, No. 1, p. 012010)*. IOP Publishing.
- Harahap, P., Pasaribu, F. I., & Siregar, C. A. (2021, April). Network Quality Comparison 4g LTE X And Y in Campus UMSU. In *Journal of Physics: Conference Series (Vol. 1858, No. 1, p. 012010)*. IOP Publishing.
- Harahap, P., Pasaribu, F. I., Siregar, C. A. P., & Oktrialdi, B. (2021). Performance of Grid-Connected Rooftop Solar PV System for Households during Covid-19 Pandemic. *Journal of Electrical Technology UMY*, 5(1), 26-31.
- Harahap, P., Adam, M., & Balisranislam, B. (2021). Implementasi Trainer Kit Pembangkit Listrik Tenaga Surya sebagai Pengembangan Media Pembelajaran Instalasi Listrik. *ABDI SABHA (Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat)*, 2(2), 198-205.
- Heri, J., Hardiansyah, E., Siregar, C. A., & Daud, M. STUDI KARAKTERISTIK PENGUKURAN TEGANGAN DAN RESPON HELMET INDUSTRI.
- Hutabarat, P. H., & Zambak, M. F. (2021). PENGHEMATAN KONSUMSI ENERGY MELALUI ANALISA IKE DI KAMPUS II EFARINA PEMATANGSIANTAR. *JOURNAL OF ELECTRICAL AND SYSTEM CONTROL ENGINEERING*, 5(1), 36-43.
- Huzni, S., Siregar, A. M., Siregar, C. A., Nasution, A. R., Tanjung, I., & Fonna, S. (2020). ANALISA KOROSI ATMOSFERIK BAJA KARBON RENDAH DI KECAMATAN MEDAN BELAWAN. *MULTITEK INDONESIA*, 14(2), 80-88.
- Huzni, S., Siregar, A. M., Siregar, C. A., Nasution, A. R., Tanjung, I., & Fonna, S. (2020). ANALISA KOROSI ATMOSFERIK BAJA KARBON RENDAH DI KECAMATAN MEDAN BELAWAN. *MULTITEK INDONESIA*, 14(2), 80-88.
- Lubis, F., Lubis, S., Siregar, M. A., & Damanik, W. S. (2022). Pelatihan Keamanan Dalam Merancang Prototype Belt conveyor. *ABDI SABHA (Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat)*, 3(1), 146-153.
- Lubis, S., Siregar, M. A., & Damanik, W. S. (2022). Uji Eksperimental Kemampuan Lemari Pembeku Terhadap Beban Pendingin Menggunakan Energi Matahari. *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, 23(1), 52-58.

- Lubis, S., Siregar, M. A., & Damanik, W. S. (2020). Simulasi Numerik Kerugian Energi Pada Siku Pipa. In *Prosiding Seminar Rekayasa Teknologi (SemResTek)* (pp. KE22-KE30).
- Lubis, F., Pane, R., Lubis, S., Siregar, M. A., & Kusuma, B. S. (2021). Analisa Kekuatan Bearing Pada Prototype Belt Conveyor. *Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, 2(2), 51-57.
- Lubis, S., & Pane, R. (2021). Analysis Of The Coefficien Of Performance (COP) Freezer Produced By Solar Cell. *International Journal of Science, Technology & Management*, 2(6), 2230-2238.
- Lubis, S., & Hasibuan, E. S. (2020). PERANCANGAN TRAFFIC SPIKES OTOMATIS TYPE SURFACED MOUNTED BERBASIS MICROCONTROLLER ARDUINO UNO DAN SENSOR ID CARD. *VOCATECH: Vocational Education and Technology Journal*, 2(1), 27-32.
- Lubis, S., Pasaribu, F. I., Harahap, P., Damanik, W. S., Siregar, R. S., Siregar, M. A., ... & Batubara, S. S. (2020). Pelatihan Penggunaan Sensor HMC 5883L Sebagai Petunjuk Arah Kiblat Sumatera Utara. *IHSAN: JURNAL PENGABDIAN MASYARAKAT*, 2(2), 229-237.
- Lubis, S. (2020). ANALISA PENGARUH SUDUT SUDU IMPELLER PADA UNJUK KERJA BLOWER SENTRIFUGAL. *Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, 1(1), 11-18.
- Lubis, S. (2021, August). Simulasi Getaran Pada Piringan Tunggal Akibat Perubahan Putaran. In *Seminar Nasional Teknologi Edukasi Sosial dan Humaniora (Vol. 1, No. 1, pp. 1-7)*.
- Lubis, S., Siregar, A. M., & Siregar, I. (2021). Study of Statically Tested Honeycomb Structure. *International Journal of Economic, Technology and Social Sciences (Injects)*, 2(1), 1-12.
- Lubis, S., Siregar, A. M., Siregar, C. A., & Siregar, I. (2021). Kajian Eksperimen Kemampuan Penyerapan Energi Pada Struktur Sarang Lebah Yang Diuji Secara Statis. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 4(1), 64-72.
- Lubis, R. D. W., Syam, B., & Gunawan, S. (2020). Simulasi Respon Mekanik Komposit Busa Polimer Diperkuat Serat Tkks Dengan Variasi Konsentrasi Al₂O₃. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 3(1), 29-37.
- Lubis, F., Lubis, S., Siregar, M. A., & Damanik, W. S. (2022). Pelatihan Keamanan Dalam Merancang Prototype Belt conveyor. *ABDI SABHA (Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat)*, 3(1), 146-153.
- Lubis, S., Siregar, M. A., & Damanik, W. S. (2022). Uji Eksperimental Kemampuan Lemari Pembeku Terhadap Beban Pendingin Menggunakan Energi Matahari. *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, 23(1), 52-58.
- Lubis, S., Siregar, M. A., Damanik, W. S., & Hasibuan, E. S. (2021). ANALISA NILAI KOEFISIEN PRESTASI (COP) LEMARI PEMBEKU YANG DIHASILKAN OLEH SOLAR CELL. *Prosiding Konferensi Nasional Social & Engineering Polmed (KONSEP) 2021*, 2(1), 252-260.
- Lubis, R. W., Yani, M., Siregar, C. A. P., & Gunawan, S. (2022, February). Development of cigarette butt fibre filter reinforced by opefb fiber composite material for trash can. In *Journal of Physics: Conference Series (Vol. 2193, No. 1, p. 012021)*. IOP Publishing.
- Lubis, S., Siregar, A. M., & Siregar, I. (2021). Study of Statically Tested Honeycomb Structure. *International Journal of Economic, Technology and Social Sciences (Injects)*, 2(1), 1-12.
- Lubis, F. (2015). Pengaruh Baffle Cut terhadap unjuk Kerja Termal dan Penurunan Tekanan pada Alat Penukar Kalor Shell and Tube Susunan Tabung Segiempat.
- Lubis, F., Lubis, S., Siregar, M. A., & Damanik, W. S. (2022). Pelatihan Keamanan Dalam Merancang Prototype Belt conveyor. *ABDI SABHA (Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat)*, 3(1), 146-153.
- Lubis, F., Pane, R., Lubis, S., Siregar, M. A., & Kusuma, B. S. (2021). Analisa Kekuatan Bearing Pada Prototype Belt Conveyor. *Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, 2(2), 51-57.

- Lubis, F. (2015). Pengaruh Baffle Cut terhadap unjuk Kerja Termal dan Penurunan Tekanan pada Alat Penukar Kalor Shell and Tube Susunan Tabung Segiempat.
- Lubis, S., Siregar, M. A., Damanik, W. S., & Hasibuan, E. S. (2021). ANALISA NILAI KOEFISIEN PRESTASI (COP) LEMARI PEMBEKU YANG DIHASILKAN OLEH SOLAR CELL. Prosiding Konferensi Nasional Social & Engineering Polmed (KONSEP) 2021, 2(1), 252-260.
- Lubis, S., Pasaribu, F. I., Harahap, P., Damanik, W. S., Siregar, R. S., Siregar, M. A., ... & Batubara, S. S. (2020). Pelatihan Penggunaan Sensor HMC 5883L Sebagai Petunjuk Arah Kiblat Sumatera Utara. IHSAN: JURNAL PENGABDIAN MASYARAKAT, 2(2), 229-237.
- Lubis, S., Siregar, M. A., & Damanik, W. S. (2020). Simulasi Numerik Kerugian Energi Pada Siku Pipa. In Prosiding Seminar Rekayasa Teknologi (SemResTek) (pp. KE22-KE30).
- Milano, J., Shamsuddin, A. H., Silitonga, A. S., Sebayang, A. H., Siregar, M. A., Masjuki, H. H., ... & Zamri, M. F. M. A. (2022). Tribological study on the biodiesel produced from waste cooking oil, waste cooking oil blend with Calophyllum inophyllum and its diesel blends on lubricant oil. Energy Reports, 8, 1578-1590.
- Muharnif, M., Syaputra, S. A., & Harahap, M. (2021). REVIEW MESIN PENGIRIS KERIPIK SINGKONG UNTUK HOME INDUSTRI. ATDS SAINTECH JOURNAL OF ENGINEERING, 2(2), 29-37.
- NASUTION, A. R. (2019). PENGARUH CAIRAN PENDINGIN TERHADAP KEAUSAN MATA PAHAT INSERT KARBIDA PADA PROSES FACE MILLING. ETD Unsyiah.
- Nasution, A. R., Affandi, A., & Fuadi, Z. (2020). Pengaruh Cairan Pendingin Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja Pada Proses Face Milling. Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi, 3(1), 16-22.
- Nasution, A. R., Affandi, A., & Fuadi, Z. (2020). Pengaruh Cairan Pendingin Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja Pada Proses Face Milling. Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi, 3(1), 16-22.
- Nugraha, Y. T. (2019). Analisis Perkiraan Konsumsi Energi Listrik Di Sumatera Utara Pada Tahun 2032 Menggunakan Metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (Doctoral dissertation).
- Nurdin, H., Purwantono, P., & Umurani, K. (2021). Tensile strength of welded joints in low carbon steel using metal inert gas (MIG) welding. INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional dan Teknologi, 21(3), 175-180.
- Panjaitan, A., Harahap, M., Syaputra, S. A., & Fadlan, M. (2021). RANCANG BANGUN DAN SIMULASI SISTEM PNEUMATIK DENGAN 1 SILINDER SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN. ATDS SAINTECH JOURNAL OF ENGINEERING, 2(2), 38-45.
- Rahmatullah, R., Umurani, K., & Siregar, M. A. (2021). Pengembangan Lintasan Pahat Pada Pengefraisan "Umsu" Menggunakan Cnc Tu-3a. Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi, 4(1), 8-15.
- Rahmatullah, S. T., & Yohanes, I. APPLICATION OF VIRTUAL MANUFACTURING IN CNC TURNING OPERATIONS.
- Rahmatullah, R., Amiruddin, A., & Lubis, S. (2021). Effectiveness of CNC Turning and CNC Milling in Machining Process. International Journal of Economic, Technology and Social Sciences (Injects), 2(2), 575-583.
- Rahmatullah, S. T., & Yohanes, I. APPLICATION OF VIRTUAL MANUFACTURING IN CNC TURNING OPERATIONS.
- Rahmatullah, R., Amiruddin, A., & Lubis, S. (2021). Effectiveness of CNC Turning and CNC Milling in Machining Process. International Journal of Economic, Technology and Social Sciences (Injects), 2(2), 575-583.
- Rahmatullah, R., Amiruddin, A., & Lubis, S. (2021). Effectiveness of CNC Turning and CNC Milling in Machining Process. International Journal of Economic, Technology and Social Sciences (Injects), 2(2), 575-583.
- Siregar, C. A., & Siregar, A. M. (2019). Studi Eksperimental Pengaruh Kemiringan Sudut Terhadap Alat Destilasi Air Laut Memanfaatkan Energi Matahari. Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi, 2(2), 165-170.

- Siregar, C. A. (2021). Analisa Putaran Motor Mesin Sortir Jeruk Berkapasitas 800 Kg/Jam (Doctoral dissertation).
- Siregar, M. A., Siregar, C. A., Siregar, A. M., & Maulana, I. (2019, November). Application of catalytic converter copper catalyst with honeycomb surfaces to reduce emissions of flue gas in motorcycles. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 674, No. 1, p. 012060). IOP Publishing.
- Siregar, C. A., Abdullah, I., & Ambarita, H. (2018, October). Kajian Peleburan dan Pembekuan Material Berubah Fasa Pada Thermal Storage. In Talenta Conference Series: Energy and Engineering (EE) (Vol. 1, No. 1, pp. 129-136).
- Siregar, C. A. P. (2017). Kajian Peleburan dan Pembekuan Material Berubah Fasa Sebagai Thermal Storage.
- Siregar, C. A., Affandi, A., & Siregar, A. M. (2021, August). Pemetaan Potensi Radiasi Matahari Di Sumatera Utara Berdasarkan Perhitungan Matematika. In Seminar Nasional Teknologi Edukasi Sosial dan Humaniora (Vol. 1, No. 1, pp. 72-77).
- Siregar, C. A. (2021). Analisa Putaran Motor Mesin Sortir Jeruk Berkapasitas 800 Kg/Jam (Doctoral dissertation).
- Siregar, C. A. (2021). Analisa Numerik Rangka Mesin Sortir Jeruk Berkapasitas 800 Kg/jam" (Doctoral dissertation).
- Siregar, C. A., Siregar, A. M., & Fahmi, A. (2021). Penyelidikan Aliran Panas pada APK Shell Helical Coil Bersirip dalam Aplikasi ACWHMmenggunakan Ansys 15.0. Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil), 2(1), 11-16.
- Siregar, A. M., Siregar, C. A., & Affandi, A. (2021). Pemamfaatan logam sisa permesinan pada knalpot guna mengurangi pencemaran udara. Dinamika Teknik Mesin, 11(1), 32-38.
- Siregar, C. A. (2020). Pembuatan Alat Konversi Energi Memanfaatkan Gelombang Dengan Menggunakan Teknik Kolom Osilasi. Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil), 1(2), 107-115.
- Siregar, C. A., Siregar, A. M., Affandi, A., & Amri, U. (2020). Rancang Bangun Acwh Berkapasitas 60 Liter Memanfaatkan Pipa Kapiler Bersirip Sebagai Penghantar Panas. Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil), 1(1), 56-62.
- Siregar, R. A., & Umurani, K. (2019, November). Laboratory development of low speed wind tunnel for educational purposes. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 670, No. 1, p. 012059). IOP Publishing.
- Siregar, A. M., & Siregar, C. A. (2019). Rekayasa Saluran Gas Buang Sepeda Motor Guna Mengurangi Pencemaran Udara. Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi, 2(2), 171-179.
- Siregar, A. M., Siregar, C. A., & Affandi, A. (2021). Pemamfaatan logam sisa permesinan pada knalpot guna mengurangi pencemaran udara. Dinamika Teknik Mesin, 11(1), 32-38.
- Siregar, C. A. (2020). Pembuatan Alat Konversi Energi Memanfaatkan Gelombang Dengan Menggunakan Teknik Kolom Osilasi. Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil), 1(2), 107-115.
- Siregar, C. A., Siregar, A. M., Affandi, A., & Amri, U. (2020). Rancang Bangun Acwh Berkapasitas 60 Liter Memanfaatkan Pipa Kapiler Bersirip Sebagai Penghantar Panas. Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil), 1(1), 56-62.
- Siregar, C. A., & Lubis, S. (2020). Perencanaan Instrumen Konversi Energi Tenaga Gelombang Dengan Menggunakan Teknik Kolom Osilasi. Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil), 1(1), 63-71.
- Siregar, C. A., & Siregar, A. M. (2019). Studi Eksperimental Pengaruh Kemiringan Sudut Terhadap Alat Destilasi Air Laut Memanfaatkan Energi Matahari. Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi, 2(2), 165-170.
- Siregar, C. A., & Siregar, A. M. (2019). Studi Eksperimental Pengaruh Kemiringan Sudut Terhadap Alat Destilasi Air Laut Memanfaatkan Energi Matahari. Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi, 2(2), 165-170.
- Siregar, C. A. P., Siregar, A. M., & Affandi, A. (2020). STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH EFEKTIFITAS ACWH TERHADAP PANJANG PIPA KAPILER

- SEBAGAI PENGHANTAR PANAS. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*, 11(2), 363-371.
- Siregar, A. M., Siregar, C. A., & Affandi, A. (2021). Pengenalan Sistem Kerja Dan Pemberian Mesin Pencacah Botol Plastik Untuk Menambah Penghasilan Panti Asuhan. *JURNAL PRODIKMAS Hasil Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(2), 13-18.
- Siregar, C. A., Siregar, A. M., & Fahmi, A. (2021). Penyelidikan Aliran Panas pada APK Shell Helical Coil Bersirip dalam Aplikasi ACWHM menggunakan Ansys 15.0. *Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, 2(1), 11-16.
- Siregar, A. M., Siregar, C. A., & Affandi, A. (2021). Pemamfaatan logam sisa permesinan pada knalpot guna mengurangi pencemaran udara. *Dinamika Teknik Mesin*, 11(1), 32-38.
- Siregar, C. A. P., Siregar, A. M., & Affandi, A. (2020). STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH EFEKTIFITAS ACWH TERHADAP PANJANG PIPA KAPILER SEBAGAI PENGHANTAR PANAS. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*, 11(2), 363-371.
- Siregar, C. A., & Affandi, A. (2021). Perancangan Mesin Pembuat Pelet Untuk Kelompok Pemuda Berkarya Kecamatan Pahae Jae Guna Meningkatkan Produktifitas Ikan. *JURNAL PRODIKMAS Hasil Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(2), 45-49.
- Siregar, C. A., Affandi, A., & Siregar, A. M. (2021, August). Pemetaan Potensi Radiasi Matahari Di Sumatera Utara Berdasarkan Perhitungan Matematika. In *Seminar Nasional Teknologi Edukasi Sosial dan Humaniora (Vol. 1, No. 1, pp. 72-77)*.
- Siregar, A. M., & Lubis, F. (2019). Uji Keandalan Prototype Turbin Angin Savonius Tipe-u Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif. *MEKANIK: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 5(1).
- Siregar, M. A., Saifan, S., Damanik, W. S., & Lubis, A. A. (2021, June). Karakteristik Unjuk Kerja Pompa (PAT) Dua Pompa Hisap Disusunan Paralel Untuk Pembangkit Listrik. In *Seminar Nasional Teknologi Edukasi Sosial dan Humaniora (Vol. 1, No. 1, pp. 630-636)*.
- Siregar, M. A., Damanik, W. S., & Lubis, S. (2021). Analisa Energi pada Alat Desalinasi Air Laut Tenaga Surya Model Lereng Tunggal. *Rekayasa Mesin*, 12(1), 193-201.
- Siregar, M. A., Saifan, S., Damanik, W. S., & Lubis, A. A. (2021, June). Karakteristik Unjuk Kerja Pompa (PAT) Dua Pompa Hisap Disusunan Paralel Untuk Pembangkit Listrik. In *Seminar Nasional Teknologi Edukasi Sosial dan Humaniora (Vol. 1, No. 1, pp. 630-636)*.
- Siregar, R. A., & Umurani, K. (2019, November). Laboratory development of low speed wind tunnel for educational purposes. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 670, No. 1, p. 012059)*. IOP Publishing.
- Siregar, R. A., Umurani, K., & Mukhlas, M. (2019). Studi Eksperimen Terhadap Keausan Pada Roda Gigi Cacing Komposit. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 2(2), 158-164.
- Suherman, S., Mizhar, S., & Winoto, A. (2016). Pengaruh Heat Treatment Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Aluminium Paduan Al-Si-Cu Pada Cylinder Head Sepeda Motor. *Mekanik*, 2(1), 329136.
- Suherman, S., Hasanah, M., Ariandi, R., & Ilmi, I. (2021). PENGARUH SUHU PEMANASAN TERHADAP KARAKTERISTIK DAN MIKROSTRUKTUR KARBON AKTIF PELEPAH KELAPA SAWIT. *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*, 16(1), 1-9.
- Suherman, S., Kuncoro, H. D., Abdullah, I., & Mizhar, S. (2020). Analisa Hasil Pengelasan Baja SA333 Grade 6 Untuk Aplikasi PLTN. *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, 22(1), 9-17.
- Tanjung, I., Affandi, A., Huzni, S., & Fonna, S. (2020). Investigasi pengaruh jumlah elemen anoda terhadap distribusi potensial korosi pada beton bertulang menggunakan BEM 3D. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 3(1), 57-64.
- Tanjung, I., Nasution, A. R., Harahap, A. G., Fonna, S., Ariffin, A. K., & Huzni, S. (2021). Atmospheric Corrosion Analysis on Low Carbon Steel Plate Profile and Elbow in Medan Belawan District. In *Key Engineering Materials (Vol. 892, pp. 142-149)*. Trans Tech Publications Ltd.

- Tanjung, I., Nasution, A. R., Harahap, A. G., Fonna, S., Ariffin, A. K., & Huzni, S. (2021). Atmospheric Corrosion Analysis on Low Carbon Steel Plate Profile and Elbow in Medan Belawan District. In *Key Engineering Materials* (Vol. 892, pp. 142-149). Trans Tech Publications Ltd.
- Tanjung, I., Huzni, S., & Fonna, S. (2021). Investigation the Effect of Concrete Element Size on the Potential Distribution of RC Cathodic Protection Simulation Using BEM 3D. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Experimental and Computational Mechanics in Engineering* (pp. 189-198). Springer, Singapore.
- Umurani, K. (2021). *Perancangan Punch Dan Dies Bentuk Mangkuk Pada Mesin Deep Drawing* (Doctoral dissertation, UMSU).
- Umurani, K., & Siregar, R. A. (2019, November). Development of Dynamometer for Cutting Force Measurement in Turning Operation. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 705, No. 1, p. 012051). IOP Publishing.
- Umurani, K., & Habiburrahman, H. (2019). Studi Karakteristik Variasi Jumlah Sudu Impeler Pada Unjuk Kerja Blower Sentrifugal. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 2(2), 123-130.
- Umurani, K., Rahmatullah, R., & Rachman, F. A. (2020). Analisa Pengaruh Diameter Impeller Terhadap Kapasitas Dan Penurunan Tekanan Blower Sentrifugal. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 3(1), 48-56.
- Yani, M., & Lubis, F. (2018). Pembuatan Dan Penyelidikan Perilaku Mekanik Komposit Diperkuat agregat Limbah Plastik Akibat Beban Lendutan. *MEKANIK: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 4(2).