

Pengaruh Pertukaran Suhu Kondensor Pada Alat Penyulingan Minyak Atsiri Kapasitas 5 Kilogram

Dimas Pribadi

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

dimaspribadi@gmail.com

Abstrak

Kondensor merupakan salah satu jenis heat exchanger yang berfungsi mengkondensasikan fluida gas menjadi cair. Dibutuhkan material tube yang kuat dan dapat melakukan perpindahan panas yang baik agar tidak terjadi penurunan laju perpindahan panas di dalam kondensor. Jika laju perpindahan panas rendah, mengakibatkan kerja netto akan semakin meningkat. Mengetahui peran kondensor sangat penting dalam suatu siklus, maka perlu dilakukan analisis perpindahan panas kondensor Pada Penyulingan Minyak Atsiri. Kondensor Pada alat penyulingan adalah kondensor yang telah di perbarui dengan material stainless steel. Stainless steel memiliki kekuatan material yang lebih kuat dibandingkan drum bekas material sebelumnya, sehingga kebocoran pada tube dapat dikurangi dan ketahanan penggunaan dengan menggunakan material stainless steel. Data yang diambil dari tugas akhir ini adalah data rata-rata aktual selama 1 bulan, yaitu bulan Juni. Metode perhitungan untuk menghitung laju perpindahan panas $0,010388093\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan efektivitas adalah Effectiveness – Number of Transfer Unit (NTU). Dari hasil perhitungan, dengan data debit aliran fluida sebesar $6,299625468 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ diketahui bahwa kecepatan aliran fluida sebesar $0,0153736 \text{ m/s}$ dengan efektivitas sebesar $0,185404$. Laju perpindahan panas pada kondensor dipengaruhi oleh kondisi kevakuman kondensor. Semakin tinggi kevakuman kondensor maka steam semakin mudah menuju kondensor, sehingga meningkatkan performa dari kondensor.

Kata Kunci : Kondensor,Minyak atsiri,Nilai efektifitas.

1. PENDAHULUAN

Indonesia berpotensi dalam pengolahan minyak atsiri. Potensi tersebut dapat dilihat dari peningkatan perdagangan internasional. Ekspor komoditi minyak atsiri Indonesia ke pasaran internasional mengalami peningkatan. Data Badan Pusat Statistik menunjukkan nilai ekspor minyak atsiri dari Indonesia pada tahun 2009 mencapai seratus juta dolar dan tahun 2011 sebesar 135 juta dolar. Terbukanya pasar internasional memberikan peluang mengembangkan produksi minyak atsiri di Indonesia (Deptan, 2012).

Minyak nilam merupakan salah satu komoditas industri minyak atsiri yang sangat potensial dikembangkan di Indonesia. Minyak nilam dihasilkan dari proses penyulingan daun dan batang tanaman nilam (*Pogostemon Cablin Benth*). Kadar minyak tertinggi terdapat pada daun dengan komponen utama penyusun minyak nilam ialah patchouli alcohol dan sebagian kecil norpatchoulenol. Kedua komponen tersebut memberi aneka bau khas minyak nilam (Alam, 2007).

Menurut Tan (1962), penyulingan minyak atsiri untuk jenis tanaman semak dan daun sebaiknya dilakukan dengan metode penyulingan uap dan air (water and steam distillation). Cara penyulingan dengan metode uap dan air merupakan penyulingan dengan tekanan uap rendah pada tekanan 1 atmosfer yang tidak menghasilkan uap dengan cepat sehingga panjangnya waktu penyulingan minyak atsiri menjadi hal yang sangat penting. Semakin panjang waktu penyulingan yang dibutuhkan jika ditinjau dari mutu dan rendemen minyak yang dihasilkan adalah hal yang baik.

Adapun kelemahan dari metode ini yaitu tekanan uap yang dihasilkan relatif rendah sehingga belum bisa menghasilkan minyak atsiri dengan waktu yang cepat. Untuk menghasilkan rendemen minyak atsiri yang tinggi serta tingkat persentase patchouli alcohol yang tinggi diperlukan waktu cukup panjang, yaitu 6-8 jam per sekali suling (Hayani, 2005).

Menurut Ketaren (1985), peralatan yang biasanya digunakan dalam penyulingan minyak atsiri terdiri atas: ketel uap, ketel suling, bak pendingin (kondensor) dan labu pemisah minyak (Florentine flask). Sedangkan pada metode penyulingan dengan sistem uap dan air tidak menggunakan ketel uap. Peralatan-peralatan inilah yang menjadi salah satu faktor penentu rendemen minyak atsiri yang dihasilkan.

Lamanya proses penyulingan akan memengaruhi konsumsi bahan bakar dan jumlah kalor yang harus diserap oleh kondensor. Sehingga jumlah media penukar kalor yang digunakan oleh kondensor akan semakin besar tergantung kepada lamanya proses penyulingan. Banyaknya kalor yang diserap oleh kondensor akan menentukan tingginya suhu air pendingin kondensor. Kenaikan suhu air pendingin kondensor akan memengaruhi laju kondensasi bahan.

Menurut Bernasconi et al dalam Fatahna (2005), perpindahan kalor yang baik pada alat-alat penukar kalor dapat dicapai dengan mengatur perbedaan suhu yang besar antara uap air dan media pendingin, laju alir yang tinggi dari uap air dan media pendingin, permukaan penukar kalor yang bersih dan luas permukaan perpindahan kalor yang besar serta dinding yang tipis.

Perbedaan suhu yang besar harus dipertahankan untuk mempercepat laju penyerapan kalor. Laju penyerapan kalor yang tinggi diharapkan dapat mempercepat proses penyulingan sehingga laju kondensasi semakin tinggi. Untuk

menjaga perbedaan suhu yang besar air pendingin kondensor yang telah mengalami kenaikan suhu ditukar dengan air pendingin kondensor yang baru.

Proses pertukaran air pendingin kondensor dilakukan secara berkesinambungan selama proses penyulingan berlangsung. Proses pertukaran yang berkesinambungan membutuhkan air pendingin yang banyak yang sebanding dengan air pendingin yang dibuang dari kondensor. Air pendingin yang mengalami kenaikan suhu dan dikeluarkan dari kondensor dapat digunakan kembali jika air tersebut telah mengalami penurunan suhunya

Dalam tugas akhir ini penulis mencoba menganalisa mesin tebu dengan judul “Analisis Perpindahan Panas Pada Kondensor Penyulingan Minyak Atsiri Pada Kapasitas 5 Kilogram”.

Di kota Sumatera utara khususnya di wilayah binjai kabupaten langkat Sumatera utara, terdapat beberapa petani daun nilam yang mayoritas belum mengetahui tata cara penyulingan yang baik dan benar. Alasan saya tertarik pada judul ini karena banyaknya Masalah yang kerap di jumpai adalah buruknya proses penyulingan mengakibatkan kualitas minyak yang dihasilkan tidak sesuai dengan standar yang telah di tentukan.

2. METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu

Tempat

Tempat pelaksanaan penelitian proposal tugas akhir Analisis Perpindahan Panas Pada Kondensor Penyulingan Minyak Atsiri Pada Kapasitas 5 Kilogram, dilaksanakan di Jl alwasiyah No.5 A Kelurahan Simpang tiga Pekan kecamatan Perbaungan Kabupaten Serdang Begadai.

Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian ini yaitu di mulai tanggal di sah kannya usulan judul penelitian oleh Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan akan di kerjakan selama kurang lebih 12 bulan sampai di nyatakan selesai.

Bahan dan Alat

Alat

Adapun Alat yang di gunakan dalam pembuatan alat ini adalah sebagai berikut

1. termokopel

Termokopel berfungsi untuk mengukur suhu fluida dingin dan fluida panas yang masuk dan keluar pada heat exchanger. Termokopel yang digunakan adalah termokopel tipe T. Termokopel tipe ini merupakan persambungan antara dua logam yaitu tembaga (Cu) dengan suatu konstanta. Termokopel tipe T ini mampu untuk mengukur suhu antara - 184,4oC hingga 371,1oC. (Kern, D.Q. hal.299).



Gambar 1. Thermometer 4 channel

2. Stopwatch

Stopwatch berfungsi untuk mengukur lamanya waktu yang diperlukan dalam kegiatan

3. Timbangan

Software solidworks yang sudah terinstal pada laptop adalah solidworks 2016 dengan persyaratan system pada computer.

4. Gelas ukur 250 ml

Gelas ukur berfungsi untuk mengukur dan menakar volume cairan.



Gambar 2 gelas ukur 250 ml

Bahan

Adapun bahan yang di gunakan dalam pembuatan alat ini adalah sebagai berikut

1. Daun Nilam

Daun nilam sebagai bahan yang digunakan untuk diambil minyaknya.



Gambar 3 daun nilam

2. Air

Air berfungsi untuk penyulingan melalui penguapan panas bagian ketel, untuk di bagian kondensor fungsi air ialah untuk menetralkan perubahan panas agar kondensor tidak terlalu cepat panas

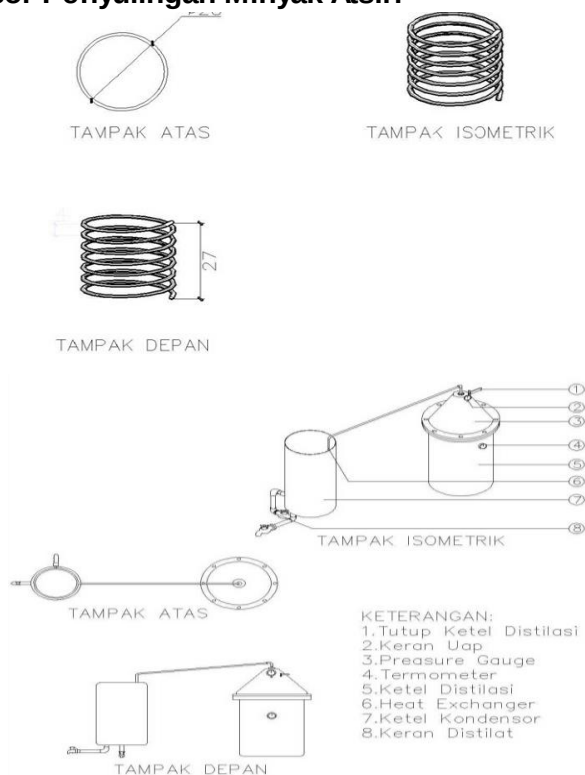
3. Gas LPG 3 KG

Gas 3 LPG kg berfungsi untuk mengkonversikan energi termal dari pembakaran bahan bakar menjadi energi uap, dimana proses pembakaran berlangsung didalam alat itu sendiri sehingga gas pembakaran bahan bakar yang terjadi langsung di gunakan sebagai fluida kerja untuk melakukan kerja mekanis serta untuk memanaskan air yang ada pada reservoir 1 sebagai fluida panas yang dialirkan kedalam heat exchanger. air yang dipanaskan menggunakan gas sampai pada suhu $\pm 70^{\circ}\text{C}$, 60°C , 50°C .



Gambar 4 gas LPG 3 kg

Sketsa Kondensor Penyulingan Minyak Atsiri



Gambar 4 sketsa kondensor

3. HASIL

Perhitungan Debit aliran fluida - kecepatan aliran

Persamaan debit aliran fluida yaitu :

$$Q = A \times u_m = \frac{V}{t}$$

Diketahui :

$$V = 0,058 \text{ m}^3$$

$$t = 9.20689 \text{ s}$$

Dikarenakan kecepatan aliran fluida belum diketahui, Maka:

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Q = \frac{0.058}{9.20689 \text{ s}} = 6,299625468 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

Untuk mengetahui kecepatan aliran fluida maka harus diketahui luas penampang, persamaan luas penampang

$$A = 2\pi rL$$

$$A = 2 \times 3.14 \times 0,0125 \times 5,22$$

$$A = 0,40977 \text{ m}^2$$

Maka, persamaan kecepatan aliran fluida:

$$Q = A \times u_m$$

$$u_m = \frac{Q}{A}$$

$$u_m = \frac{6,299625468 \times 10^{-3}}{0,40977}$$

$$u_m = 0,0153736 \text{ m/s}$$

Keterangan :

A = luas penampang(m²)

Q = Debit aliran fluida (m³/s)

V = volume fluida yang mengalir (m³)

t = waktu (detik, s)

u_m = kecepatan aliran fluida (m/s)

Dik : D = 50 cm

h_{air} = 30 cm

Dit : V_{air} = ?

Jawab :

$$\begin{aligned} V_{\text{air}} &= \frac{\pi}{4} \times D^2 \times h_{\text{air}} \\ &= \frac{3.14}{4} \times 50^2 \times 30 \\ &= 58875 \text{ cm}^3 \\ &= 0,058875 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Menentukan Perhitungan Dinding Pipa

Persamaan dinding pipa yaitu:

$$T_s = T_c + \frac{h_o}{h_o + h_i \frac{D_i}{D_o}} (T_{\text{sat}} - T_c)$$

Diketahui:

$$\begin{aligned} T_c &= 300,15 \text{ } ^\circ K \\ h_o &= 75,3404448 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ C \\ h_i &= 4,200148 \times 10^{-9} \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ C \\ D_i &= 0,025 \text{ m} \\ D_o &= 0,022 \text{ m} \\ T_{sat} &= 368,15 \text{ } ^\circ K \\ T_c &= 300,15 \text{ } ^\circ K \end{aligned}$$

Penyelesaian persamaan :

$$\begin{aligned} T_s &= 300,15 + \frac{75,3404448}{75,3404448 + 4,200148 \times 10^{-9} \frac{0,025}{0,022}} \times (368,15 - 300,15) \\ T_s &= 301,15 \text{ } ^\circ K \\ T_s &= 27,85 \text{ } ^\circ C \end{aligned}$$

Keterangan :

$$\begin{aligned} T_s &= \text{Temperatur dinding pipa (} ^\circ C \text{)} \\ T_{sat} &= \text{Temperatur Uap Buang Turbin (} ^\circ C \text{)} \\ T_c &= \text{Temperatur Air Pendingin (} ^\circ C \text{)} \\ h_o &= \text{Koefisien aliran pipa air (W/m}^2 \cdot ^\circ C \text{)} \\ h_i &= \text{koefisien aliran pipa uap air (W/m}^2 \cdot ^\circ C \text{)} \\ D_i &= \text{diameter dalam pipa (m)} \\ D_o &= \text{diameter luar pipa (m)} \end{aligned}$$

Perhitungan koefisien perpindahan panas total

Persamaan koefisien perpindahan panas total:

$$U_i = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{A(r_o/r_i)}{2\pi kL} + \frac{1}{h_o}}$$

Diketahui :

$$\begin{aligned} h_o &= 75,3404448 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ C \\ h_i &= 4,200148 \times 10^{-9} \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ C \\ A &= 0,40977 \text{ m}^2 \\ k &= 15,1 \text{ W/m.K} \\ L &= 5,22 \text{ m} \\ r_o &= 0,11 \text{ m} \\ r_i &= 0,0125 \text{ m} \end{aligned}$$

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} U_i &= \frac{1}{\frac{1}{4,200148 \times 10^{-9}} + \frac{0,40977 \left(\frac{0,11}{0,0125} \right)}{2 \times 3,14 \times 15,1 \times 5,22} + \frac{1}{75,3404448}} \\ &= 0,00728478 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Keterangan :

$$\begin{aligned} h_o &= \text{Koefisien aliran pipa air (W/m}^2 \cdot ^\circ C \text{)} \\ h_i &= \text{koefisien aliran pipa uap air (W/m}^2 \cdot ^\circ C \text{)} \\ A &= \text{luas penampang (m}^2 \text{)} \\ k &= \text{Konduktivitas termal stainless steel (W/m.K)} \\ L &= \text{Panjang pipa} \\ r_o &= \text{jari-jari pipa bagian luar (m)} \end{aligned}$$

r_i = jari-jari pipa bagian dalam (m)

4. PEMBAHASAN

Menghitung laju Perpindahan Kalor

Sebelum menghitung laju perpindahan kalor maka harus di ketahui temperature menyeluruh terhadap kondensor, dengan persamaan yaitu:

$$\Delta T = T_i - T_h$$

Untuk mengetahui nilai ΔT maka terlebih dahulu mencari rata-rata temperatur air dan uap air

Diketahui:

$$\begin{aligned} T_1 \text{ (uap masuk)} &= 95 \text{ }^\circ\text{C} \\ T_2 \text{ (uap keluar)} &= 40,3 \text{ }^\circ\text{C} \\ T_3 \text{ (air masuk)} &= 37,2 \text{ }^\circ\text{C} \\ T_4 \text{ (air keluar)} &= 28,2 \text{ }^\circ\text{C} \\ U_i &= 0,00728478 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Persamaan temperature rata-rata uap air:

$$\begin{aligned} T_i &= \frac{(T_1 + T_2)}{2} \\ &= \frac{(95 + 40,3)}{2} \\ &= 67,65 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Persamaan temperature rata-rata air :

$$\begin{aligned} T_h &= \frac{(T_3 + T_4)}{2} \\ &= \frac{(37,2 + 28,2)}{2} \\ &= 32,7 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Maka :

$$\Delta T = 67,5 - 32,7$$

$$\Delta T = 34,8 \text{ }^\circ\text{C}$$

Persamaan laju perpindahan kalor yaitu

$$\begin{aligned} q &= U_i A \Delta T_{\text{menyeluruh}} \\ q &= 0,00728478 \times 0,40977 \times 28,8 \\ q &= 0,010388093 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Keterangan :

$$\begin{aligned} U_i &= \text{Koefisien Perpindahan Panas Total} \\ \Delta T &= \text{Perbedaan temperature antara kedua tempat fluida} \\ T_i &= \text{Temperature rata-rata uap air} \\ T_h &= \text{Temperature rata-rata air} \\ A &= \text{Luas Perpindahan panas} \\ q &= \text{Laju perpindahan kalor} \end{aligned}$$

Perhitungan Nilai Efektivitas

Perasaamaan nilai efektivitas untuk aliran cross flow :

$$\epsilon = 1 - \exp \frac{[\exp(-NTU C_r n) - 1]}{C_r n}$$

dengan $n = NTU^{-0,22}$

penyelesaian :

$$\epsilon = 1 - \exp \left[\frac{\exp(-0,0461868 \times 2,04078 \times 0,0461868^{-0.22}) - 1}{2,04078 \times 0,0461868^{-0.22}} \right]$$

$$\epsilon = 0,185404$$

5. KESIMPULAN

Adapun hasil kesimpulan yang diperoleh penelitian ini adalah :

1. Debit aliran fluida kondensor pada penyulingan minyak atsiri sebesar $6,299625468 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$
2. Efektivitas kondensor pada penyulingan minyak atsiri sebesar 0,185404
3. Laju perpindahan panas kondensor pada penyulingan minyak atsiri sebesar $0,010388093 \text{ }^\circ\text{C}$
4. Laju perpindahan panas pada kondensor dipengaruhi oleh kondisi kevakuman kondensor. Semakin tinggi kevakuman kondensor maka steam semakin mudah menuju kondensor, sehingga meningkatkan performa dari kondensor
5. Laju aliran massa mempengaruhi laju perpindahan panas
6. Semakin banyak steam yang masuk ke dalam kondensor, maka semakin banyak pula air yang masuk ke dalam kondensor sebagai media pendinginan

REFERENSI

- Affandi, A., Umurani, K., & Siregar, C. A. P. (2020). Perancangan Mesin Pengaduk Bumbu Kripik Ubi Untuk Peningkatan Produksi Industri Rumah Tangga Di Desa Sidodadi Ramunia Kecamatan Beringin. *IHSAN: JURNAL PENGABDIAN MASYARAKAT*, 2(2), 123-128.
- Affandi, A. R., Fonna, S., & Huzni, S. (2019). Atmospheric Corrosion Analysis on Carbon Steel Low Profile Strip and Reinforcing steel in Industrial Area. *Prosiding SNTTM XVIII.*, RM17.
- Damanik, W. S., Siregar, M. A., Lubis, S., & Siregar, A. M. (2021). Kajian Pengaruh Ketebalan Kaca Evaporator Terhadap Energi Yang Diserap Kolektor Pada Proses Desalinasi Air Laut. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 4(2), 108-115.
- 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.
- Hadi, H. S., & Sampurno, B. (2019). Studi Numerik Simulasi Robot Pembersih Kaca pada Gedung Bertingkat. *J-Eltrik*, 1(1), 25-31.
- Lubis, S. (2019). Analisis Pengaruh Besar Gesekan Terhadap Tegangan Thermal Pada Sepatu Rem Mobil Ketebalan 8 mm Menggunakan Perangkat Lunak Msc. Nastran V. 9. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 2(1), 44-53.
- Lubis, S. (2019). Analisis Pengaruh Besar Gesekan Terhadap Tegangan Thermal Pada Sepatu Rem Mobil Ketebalan 2 mm Menggunakan Perangkat Lunak Msc. Nastran V. 9. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 2(2), 104-114.
- Lubis, S., Siregar, I., & Siregar, A. M. (2020). Karakteristik Unjuk Kerja 2 Pompa Sentrifugal Dengan Susunan Seri Sebagai Turbin Pat. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 3(2), 85-92.
- 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.
- Mizhar, S., & Suherman, S. (2011). Pengaruh Perbedaan Kondisi Tempering Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan dari Baja AISI 4140. *Jurnal dinamis*, (8).
- Mizhar, S., & Fauzi, R. (2016). Pengaruh penambahan magnesium terhadap kekerasan, kekuatan impak dan struktur mikro pada aluminium paduan (Al-Si) dengan metode lost foam casting. *MEKANIK: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 2(2).

- Muliadi, D., Ridho, R., & Marpaung, C. P. (2018). Pengaruh Kuat Arus terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro Sambungan Las Smaw Baja Sa 516 Gr. 70. *MEKANIK: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 4(2).
- Nasution, A. R., Rahmatullah, R., & Harahap, J. (2021). Pengaruh Variasi Putaran Spindel Terhadap Gaya Potong pada Proses Pemessinan. *VOCATECH: Vocational Education and Technology Journal*, 3(1), 95-103.
- Nasution, A. R., Umurani, K., Tanjung, I., & Affandi, A. (2021). Rancang Bangun Tungku Heat Treatment Pandai Besi Untuk Peningkatan Produksi Pandai Besi di Kec. Brandan Barat. *ABDI SABHA (Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat)*, 2(2), 257-266.
- 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.
- 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, R., & Ahmad, R. (2018). Analisa Pengujian Lelah Material Bronze Dengan Menggunakan Rotary Bending Fatigue Machine. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 1(1), 1-11.
- Santia, L., Utari, I. R., & Rahmatullah, R. (2019). Perhitungan efisiensi panas steam generator dengan pemanas thermal oil pada unit energy plant industri fibreboard. *Jurnal Teknik Kimia*, 25(3), 75-79.
- Siregar, R. A., Umurani, K., Rahmatullah, R., & Cahyo, C. (2019). Pengaruh Diameter Lubang Pada Faktor Konsentrasi Tegangan Untuk Plat Isotropis. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 2(1), 17-23.
- Sitompul, C. P., & Kurniyanto, H. B. (2021). GTA Welding Dissimilar of AISI 309 to AISI 201 Stainless Steels by Using AISI 308L Filler Metals. In *Key Engineering Materials* (Vol. 892, pp. 17-24). Trans Tech Publications Ltd.
- Suherman, S. Pengaruh Elektroda pada Sambungan Las Baja Sa106 Grade A dengan Metode SMAW. *ROTASI*, 22(4), 246-252.
- Suherman, S., Sarjianto, S., & Bahri, N. (2021). Penambahan Sr pada Aluminium Paduan A356 dengan Metode Lost Foam Casting (LFC). *Jurnal Rekayasa Mesin*, 16(2), 249-254.
- Suherman, S., Ambarita, R. M., Simangunsong, R. K., & Simanjuntak, P. J. (2019, January). Pengaruh Jenis Elektroda E6013 Pada Pengelasan Smaw Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Baja Sa 106 Grade B. In *Prosiding Seminar Nasional Era Industri (SNEI) 4.0* (Vol. 1, No. 1, pp. 50-54).
- Suroso, B., & Prayogi, D. (2019). Pengaruh Kecepatan Putaran Spindle Dan Kedalaman Penggerindaan Terhadap Kekasaran Permukaan Material Baja St 37 Menggunakan Mesin Bubut Bergerinda. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 2(1), 24-33.
- Suroso, B., & Rajali, R. (2019). Mechanical Properties Komposit Limbah Plastik. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 2(1), 74-83.
- 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., 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., Nasution, A. R., & Irwansyah, D. (2021). Perpindahan Panas Dan Penurunan Tekanan Pada Saluran Segiempat Dengan Rusuk V 90 Derajat. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 4(1), 37-46.
- Yunus, S. M., & Sitorus, M. K. (2018). Perbandingan Kekerasan dan Struktur Mikro Material Crank Shaft Sepeda Motor Beberapa Merk. *MEKANIK: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 4(1).