

DESAIN KOTAK PENGHANGAT MAKANAN DENGAN MEMANFAATKAN GAS BUANG SEPEDA MOTOR

Fadly Ahmad Kurniawan Nasution

Fakultas Teknik dan Komputer Universitas Harapan Medan, Jl. H. M. Joni No 70 C Medan,
fadlie.ahmad@gmail.com

Muhammad Arifin

Fakultas Teknik dan Komputer Universitas Harapan Medan, Jl. H. M. Joni No 70 C Medan,
arfiin91@gmail.com

Abstract

A warming box is a box that can store food and warm food on delivery services and can keep food warm until it reaches consumers. The system in this food heating box uses the principle of pipe heat to deliver heat coming from motorcycle exhaust gases to the food storage box on the delivery service. In the design of the food warming box, there are several layers in the box, including a layer of stainless steel plate, cocopeat insulator layer, aluminum layer, fiber layer. This food warming box has dimensions of 400 mm× 400 mm× 465 mm, from the design obtained the result of the design of the storage box in the form of the inner surface area of the storage box of 3832.9 [cm]² at each level. In this food warmer box, a heat exchanger is also used as a heat transfer device and has dimensions of 400 mm× 300 mm×100 mm.

Keywords:

Warming box, Heat exchanger, cocopeat.

Abstrak

Kotak penghangat merupakan suatu kotak yang dapat menyimpan makanan dan menghangatkan makanan pada layanan pesan antar (delivery service) serta dapat menjaga suhu makanan agar tetap hangat hingga sampai ke konsumen. Sistem pada kotak penghangat makanan ini menggunakan prinsip panas pipa untuk menghantarkan panas yang berasal dari gas buang sepeda motor menuju ke kotak tempat penyimpanan makanan pada layanan pesan antar (Delivery Service). Pada rancangan kotak penghangat makanan terdapat beberapa lapisan pada kotak tersebut antara lain lapisan plat stainless steel, lapisan isolator cocopeat, lapisan aluminium, lapisan fiber. Kotak penghangat makanan ini memiliki dimensi 400 mm× 400 mm× 465 mm, dari rancangan tersebut didapat hasil dari perancangan kotak penyimpan berupa luas permukaan bagian dalam kotak penyimpan sebesar 3832,9 cm² pada setiap tingkatnya. Pada kotak penghangat makanan ini juga digunakan heat exchanger sebagai alat pemindah panas dan memiliki dimensi ukuran 400 mm× 300 mm×100 mm.

Kata Kunci:

Kotak penghangat, Heat exchanger, cocopeat.

1. PENDAHULUAN/INTRODUCTION

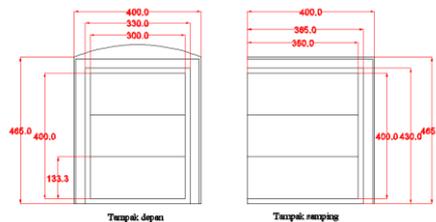
Fasilitas layanan antar (*delivery service*) menjadi suatu hal yang penting dan berpengaruh dalam menciptakan kepuasan pelanggan, terdapat banyak tempat makan yang telah menyediakan layanan antar untuk meningkatkan kepuasan dari pelanggan, pelayanan untuk jasa pengantar makanan tidak terlepas dari kotak pengantar makanan, seringkali pada saat pelanggan menerima makanan yang telah dipesan dalam keadaan yang sudah tidak hangat atau telah dingin hal ini membuat penurunan kualitas makanan. Makanan yang telah siap saji akan menjadi dingin seiring berjalannya waktu, sehingga diperlukan alat penghangat makanan agar makanan akan tetap menjadi hangat pada saat akan dikonsumsi. Proses penghangatan makanan dapat dilakukan menggunakan oven atau kompor sebagai media penghasil energi panas. Seiring dengan berjalannya waktu dan teknologi yang semakin berkembang serta kebutuhan masyarakat yang terus-menerus bertambah membuat masyarakat menginginkan proses penghangatan yang praktis dan mudah terutama dalam layanan pesan antar makanan, misalnya ketika pihak kurir melakukan perjalanan tempuh yang cukup jauh dalam melakukan layanan pesan antar makanan kepada pelanggan.

Dalam mengatasi masalah tersebut yaitu dengan menggunakan sebuah alat atau teknologi yang lebih praktis serta memiliki ukuran yang sesuai untuk ditempatkan pada sepeda motor, salah satunya yaitu kotak penghangat yang merupakan suatu kotak yang dapat menyimpan makanan dan menghangatkan makanan pada layanan pesan antar (*delivery service*) serta dapat menjaga suhu makanan agar tetap hangat hingga sampai ke konsumen. Kotak penghangat ini dapat digunakan oleh restoran, rumah makan, dan usaha mikro kecil menengah (UMKM). Yang menyediakan layanan pesan antar (*delivery service*), sumber energi panas yang dihasilkan oleh kotak penghangat tersebut bersumber dengan memanfaatkan energi panas yang dihasilkan dari gas buang kendaraan yang kemudian akan di salurkan ke dalam alat pemindah kalor (*heat exchanger*) dan kemudian suhu panas yang dihasilkan *heat exchanger* tersebut disalurkan dan disirkulasikan ke dalam dinding box. Sistem pada kotak penghangat ini menggunakan prinsip kerja *heat pipe* untuk menghantarkan panas yang berasal dari gas buang sepeda motor menuju ke kotak tempat penyimpanan makanan pada layanan pesan antar (*Delivery Service*). Secara umum, kotak penghangat makanan ini terdiri dari dua bagian yaitu dinding box yang terbuat dari plat stainless steel sebagai elemen penghantar panas dan cocopeat sebagai elemen isolator pada box. Temperatur yang baik agar kualitas makanan tidak menurun yaitu sekitar 60°C - 70°C, karena kotak penghangat makanan digunakan sebagai tempat makanan, sehingga dalam proses pembuatan alat kotak penghangat tersebut harus memperhatikan material yang aman untuk digunakan dalam mentransfer panas dan mengisolasi panas agar makanan tidak terkontaminasi oleh bahan yang berbahaya jika dipanaskan.

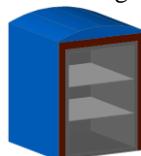
Dari hasil penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Ismail Thamrin & Surya Hadi pada tahun 2013, dengan judul “ Studi Eksperimental Pemanfaatan Temperatur Gas Buang dari Kendaraan Bermotor Roda Dua Untuk Pemanas Kotak Makanan (*Delivery Box* pada Layanan Pesan Antar)” kotak penghangat makanan yang dibuat tersebut memiliki dua bagian yaitu bagian pertama kotak dan kotak pemanas, menggunakan sepeda motor 110cc tahun 2006 dengan penelitian dilakukan pada jarak tempuh 200 m, 400 m, 600 m, 800 m, dan 1000 m, dimana hasil yang didapatkan adalah suhu awal 29 °C dan suhu maksimal yang dapat dicapai oleh kotak 34 °C pada saat kondisi kendaraan belum berjalan dan suhu maksimal kotak pada saat kendaraan berjalan adalah 45°C (pada jarak tempuh 200 m) dan 84°C (pada jarak tempuh 1000 m). dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa temperatur pada setiap titik mengalami kenaikan karena setiap kenaikan putaran mesin dan jauhnya jarak yang ditempuh. Tetapi karena panjangnya saluran gas buang sebelum menuju kotak pemanas mengakibatkan panas gas buang tidak dapat dimanfaatkan secara maksimal.

2. HASIL DAN PEMBAHASAN

2.1 Kotak Penyimpanan



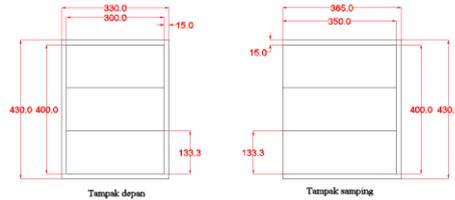
Gambar 1. Gambar Rancangan Kotak Penghangat



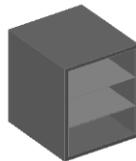
Gambar 2. Gambar 3D Kotak Penghangat

Dari gambar 4.1 dan gambar 4.2 didapat hasil rancangan kotak penghangat dengan ukuran 400 mm × 400 mm × 465 mm (P×L×T) ukuran tersebut dibuat untuk menyesuaikan dengan kondisi pada stang sepeda motor yang memiliki lebar 650 mm sehingga dalam membuat kotak penghangat makanan ukuran lebar tidak boleh melebihi lebar stang pada sepeda motor agar kotak penghangat tersebut tidak mengganggu pengendara lain. Pada kotak penghangat makanan kotak penyimpanan merupakan suatu hal yang sangat penting karena kotak penyimpanan akan digunakan sebagai tempat menyimpan makanan yang nantinya akan diantar ke tempat pelanggan. Pada kotak penyimpanan yang telah dirancang terdapat beberapa bagian, kotak tersebut juga memiliki beberapa struktur lapisan yang digunakan.

1. Kotak penyimpanan bagian dalam



Gambar 3. Rancangan Kotak Penyimpanan Bagian dalam pada Kotak Penghangat



Gambar 4. Desain Kotak Penyimpanan Bagian Dalam 3D

Dari hasil perancangan kotak bagian dalam penyimpanan pada box penghangat didapatkan hasil perancangan dengan ukuran kotak 365mm×330mm×430mm (P×L×T) pada sisi bagian luar sedangkan bagian dalam memiliki ukuran 350mm×300mm×400mm (P×L×T). Karena didalam kotak penghangat akan menghasilkan suhu panas dan akan menghasilkan cairan uap dari panas maka material *stainless stell* dipilih sebagai material untuk membuat kotak penyimpanan karena *stainless stell* juga merupakan material yang tahan terhadap air sehingga tidak mudah korosi.

Dari hasil rancangan kotak penyimpanan bagian dalam didapat luas dari setiap tingkat pada kotak penyimpanan yang telah dirancang sebagai tempat menyimpan makanan.

Luas yang dimiliki pada setiap tingkat

Keterangan:

p = panjang pada kotak

l = lebar kotak

t = tinggi setiap tingkat

Dik: p = 350 mm → 35 cm

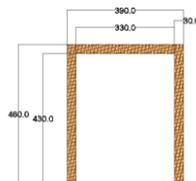
l = 300 mm → 30 cm

t = 133,3 mm → 13,33 cm

$$\begin{aligned}
 A &= 2 (p \times l + l \times t + p \times t) \\
 &= 2 (35 \times 30 + 30 \times 13,33 + 35 \times 13,33) \\
 &= 2 (1050 + 399,9 + 466,55) \\
 &= 2 (1916,45) \\
 &= 3832,9 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan didapat bahwa luas permukaan pada setiap tingkat kotak penghangat sebesar 3832,9 cm²

2. Bagian isolator

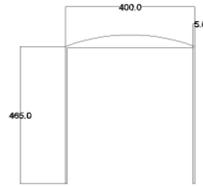


Gambar 5. Rancangan Lapisan Isolator pada Kotak Penghangat

Isolator merupakan bagian yang penting pada kotak penghangat karena isolator merupakan salah satu bagian yang akan digunakan untuk meredam panas yang dihasilkan oleh dinding-dinding *stainless* pada kotak bagian dalam penyimpanan. Pada isolator yang digunakan menggunakan material cocopeat karena material tersebut merupakan salah satu material yang cukup baik dalam meredam panas.

3. Bagian lapisan luar kotak penghangat

Bagian ini merupakan bagian terluar pada kotak penghangat yang menggunakan material *aluminium* sebagai pelapis *cocopeat* dan juga digunakan sebagai cetakan *fiber*



Gambar 6. Rancangan Lapisan Kotak Bagian Luar

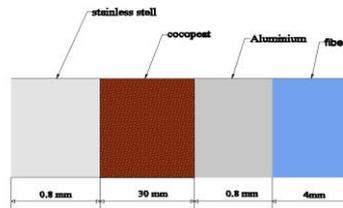
2.2 Konduktivitas Termal

Dalam merancang kotak penghangat makanan perlu diketahuinya material- material pelapis yang memiliki konduktivitas termal cukup baik dalam meredam maupun menghantarkan panas pada kotak penghangat makanan agar panas yang dihasilkan kotak tidak keluar kotak serta dapat menyimpan panas yang cukup lama pada kotak, adapun perhitungan laju aliran panas yang terjadi pada material box penghangat makanan adalah sebagai berikut.

$$q = K \frac{A}{L} \Delta t$$

Keterangan :

- q = laju aliran panas (w)
- K = konduktivitas (w/m °C)
- A = luas penampang (m^2)
- L = tebal material (m)
- Δt = temperatur (°C)



Gambar 7. Struktur Lapisan Dinding pada Kotak Penghangat

Pada kotak penghangat yang dirancang terdapat beberapa struktur lapisan yang akan menjadi bahan untuk membuat kotak penghangat, adapun material tersebut memiliki nilai konduktivitas termal yaitu sebagai berikut.

Tabel 1. Konduktivitas Termal pada Material yang Akan digunakan

No	Material	W/m°C
1	<i>Stainless stell</i>	15 w/m °C
2	<i>Cocopeat</i>	0,002964 w/m°C
3	<i>Aluminium</i>	202 w/m°C
4	<i>Fiber</i>	0,048 w/m°C

Sebelum menghitung laju aliran panas hitung terlebih dahulu luas penampang pada material dengan rumus.

$$A = t \times l$$

Keterangan :

- A = luas penampang (m^2)
- t = tinggi benda (m)
- l = lebar benda (m)

$$A = 0.45 \text{ m} \times 0.365 \text{ m} \\ = 0.1642 \text{ m}^2$$

Setelah luas penampang didapatkan kemudian menghitung laju aliran panas pada material yang akan digunakan untuk membuat kotak.

$$q_{stainless} = K \frac{A}{L} \Delta t \\ = 15 \text{ w/m}^\circ\text{C} \frac{0.1642 \text{ m}^2}{0.008 \text{ m}} 45^\circ\text{C} - 31^\circ\text{C} \\ = \frac{2463 \text{ w/m}^\circ\text{C}}{0.008 \text{ m}} \times 14^\circ\text{C} \\ = \frac{34482}{0.008} \\ = 4310 \text{ w}$$

$$q_{cocopeat} = K \frac{A}{L} \Delta t \\ = 0.002964 \text{ w/m}^\circ\text{C} \frac{0.1642 \text{ m}^2}{0.038 \text{ m}} 45^\circ\text{C} - 31^\circ\text{C} \\ = \frac{0.000486 \text{ w/m}^\circ\text{C}}{0.038 \text{ m}} \times 14^\circ\text{C} \\ = \frac{0.006804}{0.038}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.179 w \\
 q_{aluminium} &= K \frac{A}{L} \Delta t \\
 &= 202 \text{ w/m}^\circ\text{C} \frac{0.1642\text{m}^2}{0.046 \text{ m}} 45^\circ\text{C}-31^\circ\text{C} \\
 &= \frac{33.16\text{w/m}^\circ\text{C}}{0.046 \text{ m}} \times 14^\circ\text{C} \\
 &= \frac{464.24}{0.046} \\
 &= 10092.17 \text{ w}
 \end{aligned}$$

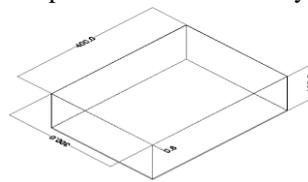
$$\begin{aligned}
 q_{fiber} &= K \frac{A}{L} \Delta t \\
 &= 0.0488\text{w/m}^\circ\text{C} \frac{0.1642\text{m}^2}{0.05} 45^\circ\text{C}-31^\circ\text{C} \\
 &= \frac{0.0080 \text{ w/m}^\circ\text{C}}{0.05 \text{ m}} \times 14^\circ\text{C} \\
 &= \frac{0.112}{0.05} \\
 &= 2.24\text{w}
 \end{aligned}$$

2.3 Perancangan Heater

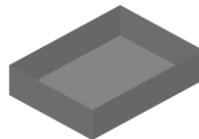
Setelah dipilih tipe *shell and tube*, ditentukan juga material konstruksi yang akan digunakan yaitu pipa *stainless steel* dan plat *stainless steel* pada *heat exchanger* yang didesain terdapat beberapa komponen utama yaitu *shell*, *baffle*, *tube*.

1. *Shell*

Shell pada *heat exchanger* berfungsi untuk tempat mengalirnya udara panas, udara panas yang mengalir pada *shell* terjadi akibat terjadinya perpindahan panas secara konveksi yang dihasilkan oleh suhu panas pada *tube*.



Gambar 8. Hasil Perancangan *Shell*

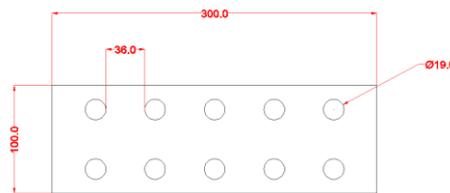


Gambar 9. Hasil Perancangan *Shell* 3D

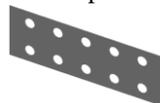
Dari hasil perancangan tersebut material yang digunakan untuk membuat *shell* menggunakan material *stainless steel hairline* (HL) karena memiliki ketahanan terhadap air sehingga membuat material tersebut tidak mudah berkarat. *Shell* yang dirancang memiliki dimensi ukuran 400 mm × 300 mm × 100 mm (P×L×T) ukuran tersebut dibuat untuk menyesuaikan dengan bentuk kotak penghangat yang berupa persegi, dengan bentuk tersebut dan tebal plat yang digunakan 0,8 mm, ukuran dari dimensi tersebut digunakan untuk menentukan potongan-potongan plat yang nantinya akan disambung dengan menggunakan las Argon.

2. *Baffle*

Baffle pada *heat exchanger* yang dirancang menjadi tempat untuk dudukan *tube*



Gambar 10. Hasil perancangan *baffle*

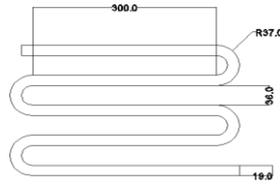


Gambar 11. Hasil Perancangan *Baffle* 3D

Dari hasil perancangan *baffle* yang akan digunakan sebagai dudukan *tube* digunakan material plat *stainless steel hairline* (HL) dengan ketebalan plat 0.8 mm, *baffle* yang dirancang memiliki jumlah 2 buah plat yang memiliki dimensi ukuran 300mm × 100mm (P×L), pada *baffle* yang dirancang memiliki 10 buah lubang yang akan menjadi tempat duduknya pipa (*tube*), lubang tersebut memiliki ukuran berdiameter 19mm dengan jarak antar lubang 36mm.

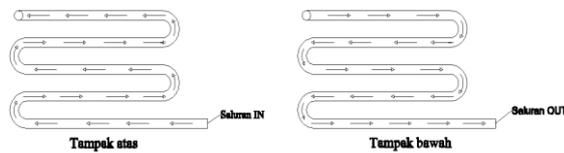
3. *Tube*

Tube pada *heat exchanger* yang dirancang sebagai tempat untuk mengalirnya udara panas yang dihasilkan oleh gas buang pada sepeda motor



Gambar 12. Hasil Perancangan *Tube*

Dari hasil perancangan yang telah dibuat *tube* yang digunakan berupa pipa *stainless stell* dengan diameter 19 mm, panjang pipa yang akan dipotong 300 mm dengan jumlah 10 potongan dan menggunakan L bow sebanyak 10 buah. Pada *tube* yang telah dirancang memiliki aliran searah dan memiliki dua saluran yaitu saluran in dan out.

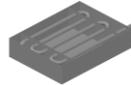


Gambar 13 Arah Aliran pada *Tube* yang Telah Dirancang



Gambar 14 Rancangan *Tube* 3D

Dari gambar diatas terlihat terlihat udara yang berasal dari gas buang masuk pada saluran IN dan mulai bersirkulasi untuk memanaskan *tube*, udara yang mengalir akan terbuang menuju ke saluran OUT.



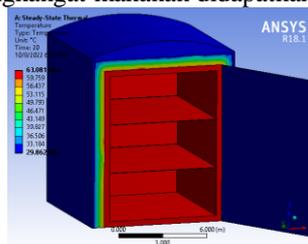
Gambar 15. Hasil Perancangan *Heat Exchanger*

2.4 Simulasi

Simulasi digunakan untuk mengetahui aliran temperatur panas yang terjadi pada kotak penghangat makanan dan alat pemindah panas (*Heat exchanger*). Pada hasil dari simulasi terdapat beberapa kontur warna, kontur warna ini akan menunjukkan besar dari nilai suatu kondisi mulai dari rendah sampai yang tertinggi.

2.4.1 Hasil Simulasi Pada Kotak Penghangat Makanan

Dari hasil simulasi pada kotak penghangat makanan didapatkan hasil sebagai berikut

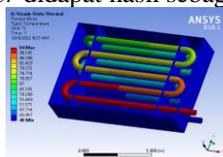


Gambar 16. Simulasi pada Kotak Penghangat Menggunakan ANSYS

Pada simulasi tersebut diberikan beban panas sebesar 60°C pada sisi bagian dalam kotak dimana suhu tersebut merupakan suhu yang ideal bagi makanan hangat untuk dikonsumsi dan beban panas sebesar 31°C yang diberikan pada bagian luar kotak dimana suhu tersebut merupakan suhu luar ruangan.

2.4.2 Hasil Simulasi pada *Heat Exchanger*

Dari hasil simulasi pada *heat exchanger* didapat hasil sebagai berikut



Gambar 17. Simulasi pada *Heat Exchanger* Menggunakan ANSYS

Hasil simulasi untuk *heat exchanger* ditunjukkan dari hasil temperatur panas yang terjadi akibat mengalirnya udara panas pada dari gas buang kedalam pipa-pipa *heat exchanger*.

3. SIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil desain yang telah dibuat didapatkan desain dari kotak penghangat makanan berupa desain bagian kotak penyimpanan, rancangan struktur lapisan pada kotak penghangat makanan serta dimensi kotak penghangat dengan ukuran panjang 400mm x lebar 400 mm x tinggi 465mm dan luas permukaan pada kotak penghangat $3832,9 \text{ cm}^2$.
2. Dari hasil perhitungan konduktivitas dan laju aliran panas material yang digunakan dalam membuat kotak penghangat didapat hasil laju aliran panas pada *stainless stell* 4310w, *cocopeat* 0.179 w, *aluminium* 10092.7 w, *fiber* 2.24 w.
3. Dari hasil simulasi panas yang dilakukan dengan software ANSYS bahwa bagian yang berwarna merah merupakan area yang memiliki temperatur yang lebih tinggi

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Harsokoesoemo, H. D. (2004). Pengantar Perancangan Teknik. Perancangan Produk), Edisi Kedua, Penerbit ITB, Bandung.
- [2] Jamaluddin, J. (2018). Perpindahan Panas dan Massa pada Penyangraian dan Penggorengan Bahan Pangan.
- [3] Bizzy, I., & Setiadi, R. (2013). Studi perhitungan alat penukar kalor tipe shell and tube dengan program heat transfer research inc.(HTRI). Jurnal Rekayasa Mesin Universitas Sriwijaya, 13(1), 67-76.
- [4] Sulaiman, I., & El Husna, N. (2012). Perpindahan Kalor dan Massa. Syiah Kuala University Press.
- [5] Holman, J. P. (2010). Heat Transfer Tenth Edition. Publisher" McGraw-Hill Education".
- [6] Wuryanti, S., & Iriani, P. (2018). Investigasi Experimental Konduktivitas Panas pada Berbagai Logam. JIIF (Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika), 2(1), 1-7.
- [7] Incropera, F. P., & DeWitt, D. P. (1981). Fundamentals of Heat Transfer John Wiley & Sons. New York, NY.
- [8] Kuppan Thulukkanam. (2013). Heat Exchanger Design Handbook, Second Edition (MECHANICAL ENGINEERING).
- [9] Shah, R. K., & Sekulic, D. P. (2003). Fundamentals of heat exchanger design. John Wiley & Sons.
- [10] Kamelia, L., Sukmawiguna, Y., & Adiningsih, N. U. (2017). RANCANG BANGUN SISTEM EXHAUST FAN OTOMATIS MENGGUNAKAN SENSOR LIGHT DEPENDENT RESISTOR (LDR). JURNAL ISTEK, 10(1).
- [11] Nayiroh, N. (2013). Teknologi material komposit. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim: Malang.
- [12] Kartini, R., Darmasetiawan, H., Karo, A. K., & Sudirman, S. (2018). Pembuatan Dan Karakterisasi Komposit Polimer Berpenguat Serat Alam. Jurnal Sains Materi Indonesia, 3(3), 30-38.
- [13] Tjahjanti, P. H. (2018). Buku Ajar Teori Dan Aplikasi Material Komposit Dan Polimer. Umsida Press, 1-24.
- [14] Marsono, M., Ali, A., & Luwis, N. (2019). Karakteristik Mekanik Panel Honeycomb Sandwich Berbahan Komposit Fibreglass dengan Dimensi Cell-Pitch 40mm dan Cell-Height 30mm. Rekayasa Hijau: Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan, 3(2).
- [15] Mardijanti, D. S., Megantara, E. N., Bahtiar, A., & Sunardi, S. (2021). Turning the cocopith waste into myceliated biocomposite to make an insulator. International journal of biomaterials, 2021.
- [16] Syaifullah, A. (2014). Analisis Pengaruh Time Buff Terhadap Tingkat Kekasaran dan Kekerasan Permukaan Pada Proses EDM MP-50 Material Stainless Steel SUS 304. Engineering: Jurnal Bidang Teknik, 5(1).
- [17] Yunaidi, Y. (2016). Perbandingan Laju Korosi Pada Baja Karbon Rendah dan Stainless Steel Seri 201, 304, dan 430 Dalam Media Nira. Jurnal Mekanika dan Sistem Termal, 1(1), 1-6.
- [18] Ali, M., Abdullah, M. A., & Mawardi, I. (2012). Pengaruh Media Pendingin Terhadap Beban Impak Material Aluminium Coran".
- [19] Pradana, M. A., & Widartono, M. (2020). Prototipe Pembangkit Listrik Termoelektrik Generator Menggunakan Penghantar Panas Aluminium, Kuningan Daan seng. Jurnal teknik elektro, 9(2).