

Modifikasi Box Pendingin Termoelektrik Menggunakan Box Berbahan Plastik

Hikmal Mahardika^{1*}, Deny Murdianto², Muhammad Firdan Nurdin³

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Borneo Tarakan

E-mail: ¹hikmalmahardhika931@gmail.com, ²denymurdianto@gmail.com, ³firdan@borneo.ac.id
*Corresponding author**

ABSTRACT

In the era of technological advancement, refrigeration systems are becoming an essential component in a wide range of applications, from food storage to the transportation of pharmaceuticals. One alternative that is more environmentally friendly than vapor compression systems is thermoelectric refrigeration systems. However, the design and materials used in thermoelectric refrigeration boxes continue to exhibit limitations, particularly with regard to thermal insulation and moisture resistance. The purpose of the research was to modify the thermoelectric cooling box from wood to plastic in order to enhance its cooling efficiency. The modification is done by replacing the box material using Polypropylene (PP) plastic which has lightweight properties, moisture resistance, and effective thermal insulation. The plastic box is designed with an additional layer of Expanded Polystyrene foam to improve cooling performance. The research method used was experimental with a quantitative approach. A series of tests were conducted to compare system efficiency before and after modification. The tests involved the measurement of temperature, input power, and the coefficient of performance (COP). The results of the research showed that after modification, the internal temperature of the box can reach 17.62°C compared to 19.65°C before modification. Furthermore, the input power was reduced from 176 Watts to 99 watts, and the coefficient of performance value increased from 0.03 to 0.06, indicating a significant improvement in cooling efficiency. Thus, the use of plastic materials is proven to improve cooling performance and energy efficiency in thermoelectric cooling systems. The results of this research can serve as a basis for further development in the design of more environmentally friendly and efficient cooling systems.

Keywords: *coefficient of performance (cop), cooling efficiency, plastic material, thermoelectric cooling system*

ABSTRAK

Di era teknologi yang terus berkembang, sistem pendingin menjadi komponen penting dalam berbagai aplikasi, mulai dari penyimpanan makanan hingga transportasi obat-obatan. Salah satu alternatif yang lebih ramah lingkungan dibandingkan sistem kompresi uap adalah sistem pendingin termoelektrik. Namun, desain dan material yang digunakan pada box pendingin termoelektrik masih memiliki keterbatasan, terutama dalam hal isolasi termal dan ketahanan terhadap kelembaban. Penelitian ini bertujuan untuk memodifikasi box pendingin termoelektrik dari bahan kayu menjadi bahan plastik guna meningkatkan efisiensi pendinginan. Modifikasi dilakukan dengan mengganti material box menggunakan plastik jenis Polypropylene (PP) yang memiliki sifat ringan, tahan terhadap kelembaban, dan daya isolasi termal yang baik. Box plastik ini dirancang dengan lapisan tambahan berupa busa Expanded Polystyrene (EPS) untuk meningkatkan performa pendinginan. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimental ____

dengan pendekatan kuantitatif. Pengujian dilakukan untuk membandingkan efisiensi sistem sebelum dan setelah modifikasi dengan mengukur suhu, daya input, serta Coefficient of Performance (COP). Hasil penelitian menunjukkan bahwa setelah modifikasi, suhu dalam box dapat mencapai 17,62°C dibandingkan dengan 19,65°C sebelum modifikasi. Selain itu, daya input berkurang dari 176 Watt menjadi 99 Watt, dan nilai COP meningkat dari 0,03 menjadi 0,06, yang menunjukkan peningkatan efisiensi pendinginan secara signifikan. Dengan demikian, penggunaan material plastik terbukti mampu meningkatkan performa pendinginan serta efisiensi energi pada sistem pendingin termoelektrik. Hasil penelitian ini dapat menjadi dasar bagi pengembangan lebih lanjut dalam desain sistem pendingin yang lebih ramah lingkungan dan efisien.

Kata Kunci: *coefficient of performance (cop)*, efisiensi pendinginan, material plastik, sistem pendingin termoelektrik

I. PENDAHULUAN

Di era teknologi yang terus berkembang, sistem pendingin menjadi komponen yang sangat penting dalam berbagai aplikasi, mulai dari penyimpanan makanan dan minuman, transportasi obat-obatan, hingga perlindungan barang-barang yang sensitif terhadap suhu. Umumnya, sistem pendingin konvensional menggunakan kompresor dan gas freon yang masih sangat bergantung pada zat kimia. Penggunaan zat ini dapat merusak lapisan ozon di atmosfer dan memberikan dampak serius terhadap pemanasan global [1].

Seiring dengan kemajuan teknologi, sistem pendingin kini mulai diarahkan pada solusi yang lebih ramah lingkungan dan efisien. Salah satu inovasi yang muncul adalah sistem pendingin termoelektrik, yang merupakan teknologi solid state dan menawarkan alternatif terhadap sistem kompresi uap. Teknologi ini relatif lebih ramah lingkungan, tahan lama, mudah dalam perawatan, serta dapat diterapkan pada skala besar maupun kecil [2]. Meskipun memiliki berbagai keunggulan, sistem pendingin termoelektrik masih menghadapi sejumlah tantangan, khususnya pada aspek desain dan material box pendinginnya. Penggunaan bahan seperti kayu atau komposit masih sering dijumpai, padahal bahan ini kurang optimal dalam isolasi termal serta ketahanan terhadap kelembaban.

Penelitian sebelumnya oleh [3] merancang sebuah box pendingin termoelektrik berkapasitas 5 liter dengan bahan kayu. Namun, penggunaan kayu menunjukkan beberapa kelemahan, seperti kurang tahan terhadap kelembaban dan potensi kebocoran pada beberapa bagian. Temuan ini membuka peluang untuk peningkatan melalui pemilihan material yang lebih sesuai. Selanjutnya, penelitian oleh [4] menyatakan bahwa material plastik dapat menjadi alternatif yang lebih baik karena memiliki karakteristik tahan terhadap bahan kimia, lembab, murah, serta kuat.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk memodifikasi box pendingin termoelektrik dari bahan kayu menjadi bahan plastik. Penggunaan plastik diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pendinginan dengan sifat-sifat unggul yang dimilikinya, seperti bobot yang ringan, ketahanan terhadap kondisi lembab, dan kemampuan isolasi termal yang baik. Dengan begitu, solusi yang dihasilkan diharapkan tidak hanya lebih efektif secara teknis, tetapi juga lebih ekonomis dan berkelanjutan dalam jangka panjang.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan kuantitatif, yang bertujuan untuk memodifikasi box pendingin termoelektrik dari bahan kayu menjadi bahan plastik, serta mengevaluasi pengaruhnya terhadap nilai Coefficient of Performance (COP). Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Konversi Energi, Fakultas Teknik Universitas Borneo Tarakan, dari bulan September 2024 hingga April 2025.

Proses penelitian diawali dengan studi literatur untuk memahami konsep dasar termoelektrik dan karakteristik material yang digunakan. Selanjutnya dilakukan perancangan dan persiapan alat serta bahan, termasuk box plastik sebagai material utama, modul termoelektrik, lem silikon, lem tembak, isolasi listrik, serta alat ukur seperti termokopel, voltmeter, dan amperemeter. Modifikasi dilakukan dengan menyesuaikan dimensi dan lubangudukan komponen termoelektrik pada box plastik menggunakan cutter dan alat bantu lainnya. Setelah proses pemasangan selesai dan box siap digunakan, dilakukan tahap pengujian untuk mengukur performa pendinginan. Parameter yang diukur dalam pengujian meliputi suhu dalam box, tegangan, dan arus listrik untuk kemudian dihitung nilai COP. Pengambilan data dilakukan selama 1 jam, dengan interval setiap 10 menit.

Data hasil pengujian kemudian dianalisis dan dibandingkan dengan data dari penelitian sebelumnya yang menggunakan box kayu untuk menilai peningkatan efisiensi sistem pendingin. Hasil perhitungan COP digunakan sebagai indikator utama dalam menentukan efektivitas material plastik sebagai alternatif pengganti kayu dalam sistem pendingin termoelektrik.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum masuk tahap modifikasi, terlebih dahulu dilakukan evaluasi. Evaluasi awal terhadap box kayu menunjukkan beberapa kekurangan. Di antaranya adalah adanya celah atau lubang tempat pemasangan komponen termoelektrik yang tidak tertutup rapat, tutup box yang tidak cukup kedap udara, serta material kayu yang kurang tahan terhadap kelembaban.

Setelah evaluasi, peneliti memilih material plastik jenis polypropylene (PP) yang dikombinasikan dengan lapisan isolator berupa busa EPS (Expanded Polystyrene). Selanjutnya masuk proses modifikasi yang dimana diawali dengan pembongkaran box kayu yang digunakan sebelumnya.



Gambar 1. Pembongkaran Box Kayu

Setelah itu, dibuat rangka dudukan box menggunakan besi siku berlubang dengan ukuran 50 cm × 26 cm. adapun alat yang digunakan pada proses pemotongan besi siku yaitu gerinda.



Gambar 2. Pembuatan Rangka

Langkah selanjutnya adalah membuat lubang pada sisi belakang box plastik untuk pemasangan empat modul termoelektrik, menggunakan alat pemotong seperti cutter.



Gambar 3. Membuat Lubang pada Sisi Belakang Box Plastik untuk Pemasangan Modul Termoelektrik

Setelah lubang dibuat, langkah berikutnya pemasangan modul termoelektrik, modul termoelektrik ini dipasang dengan lem agar stabil dan terhindar dari pergeseran.



Gambar 4. Pemasangan Modul Termoelektrik

Setelah pemasangan modul, dilakukan penyambungan kabel antar komponen, dengan memperhatikan isolasi kabel dan keamanan kelistrikan.



Gambar 5. Penyambungan Kabel Antar Komponen

Setelah seluruh komponen terpasang dan sistem dirakit ulang, dilakukan pengujian. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa sistem dapat mencapai dan mempertahankan suhu target 18 °C. Pengujian dilakukan dalam dua kondisi, yakni tanpa beban dan dengan beban (air), serta pengambilan data dilakukan setiap 10 menit selama satu jam. Adapun data yang telah diambil sebelum dan setelah dilakukan modifikasi box pendingin tersebut, dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 1. Data Temperatur *Coller Box* dengan Beban Udara

No	Waktu (menit)	Tegangan (V)	Arus (A)	Temperatur Udara (°C)	
				Awal	Akhir
1	10 menit	11	16	27,4	20,27
2	20 menit	11	16	20,27	20,05
3	30 menit	11	16	20,05	20,07

No	Waktu (menit)	Tegangan (V)	Arus (A)	Temperatur Udara (°C)	
				Awal	Akhir
4	40 menit	11	16	20,07	20,1
5	50 menit	11	16	20,1	19,87
6	60 menit	11	16	19,87	19,65

Ket: Data sebelum dilakukan modifikasi

Tabel 2. Data Temperatur Cooler Box dengan Beban Air 1000 ml

No	Waktu (menit)	Tegangan (V)	Arus (A)	Temperatur Air (°C)	
				Awal	Akhir
1	10 menit	11	16	27,5	26,3
2	20 menit	11	16	26,3	25,3
3	30 menit	11	16	25,3	24,9
4	40 menit	11	16	24,9	24
5	50 menit	11	16	24	23,4
6	60 menit	11	16	23,4	22,9

Ket: Data sebelum dilakukan modifikasi

Tabel 3. Data Temperatur Coller Box dengan Beban Udara

No	Waktu (menit)	Tegangan (V)	Arus (A)	Temperatur Udara (°C)	
				Awal	Akhir
1	10 menit	11	9	29,35	20,72
2	20 menit	11	9	20,72	19,45
3	30 menit	11	9	19,45	18,77
4	40 menit	11	9	18,77	18,2
5	50 menit	11	9	18,2	17,72
6	60 menit	11	9	17,72	17,62

Ket: Data setelah dilakukan modifikasi

Tabel 4. Data Temperatur Cooler Box dengan Beban Air 1000 ml

No	Waktu (menit)	Tegangan (V)	Arus (A)	Temperatur Air (°C)	
				Awal	Akhir
1	10 menit	11	9	26,1	24,9
2	20 menit	11	9	24,9	23,9
3	30 menit	11	9	23,9	22,9
4	40 menit	11	9	22,9	22,0
5	50 menit	11	9	22,0	21,1
6	60 menit	11	9	21,1	20,4

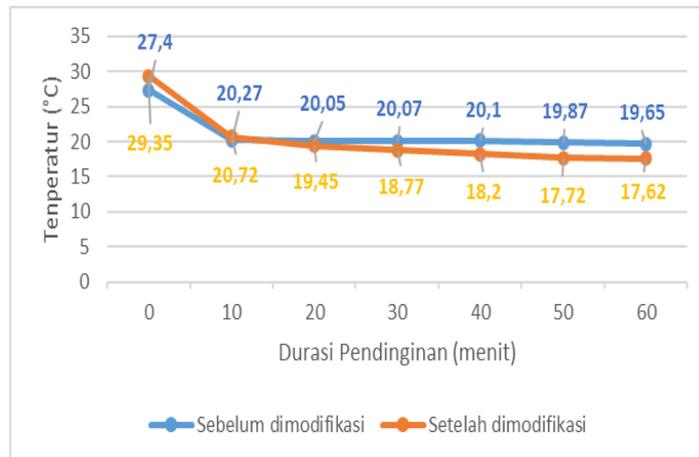
Ket: Data setelah dilakukan modifikasi

Sebelum modifikasi, suhu udara dalam box hanya turun dari 27,4 °C menjadi 19,65 °C, dan suhu air turun dari 27,5 °C menjadi 22,9 °C dalam waktu 60 menit. Daya listrik yang digunakan sistem saat itu adalah 176 W. Berdasarkan data suhu dan waktu, nilai COP sistem sebelum modifikasi diperoleh sebesar 0,03, dengan total kalor yang diserap dari udara dan air sebesar 5,39 W.

Setelah dilakukan modifikasi, suhu udara berhasil diturunkan dari 29,35 °C menjadi 17,62 °C, dan suhu air dari 26,1 °C menjadi 20,4 °C dalam waktu yang sama. Sistem juga menjadi lebih hemat energi, hanya membutuhkan 99 W daya listrik. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa total kalor yang diserap

adalah 6,71 W dan nilai COP meningkat menjadi 0,06, yang berarti efisiensi pendinginan meningkat dua kali lipat dibanding kondisi sebelum modifikasi.

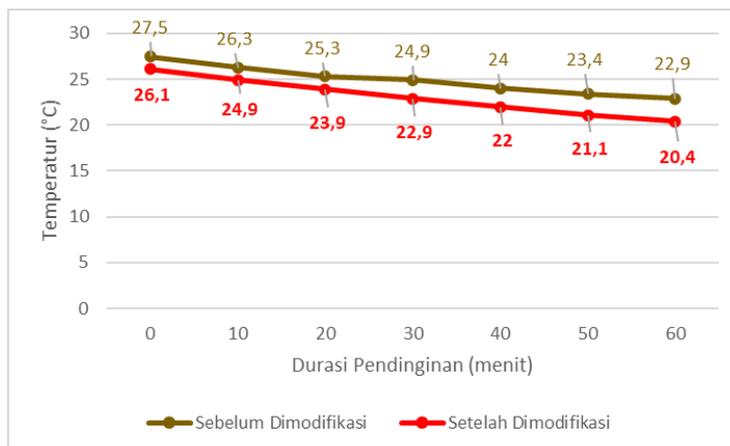
Gambar 6 menunjukkan grafik perubahan suhu udara pada dua box yang menggunakan jumlah termoelektrik yang berbeda selama proses pendinginan. Box pertama menggunakan 5 termoelektrik dan memiliki suhu awal sebesar 27,4 °C. Setelah satu jam pendinginan, suhu udara di dalam box turun hingga 19,65 °C. Sementara itu, box kedua yang hanya menggunakan 4 termoelektrik memiliki suhu awal yang sedikit lebih tinggi, yaitu 29,35 °C, namun mengalami penurunan suhu yang lebih besar hingga mencapai suhu akhir 17,62 °C.



Gambar 6. Grafik Perubahan Temperatur Udara Sebelum dan Sesudah Modifikasi

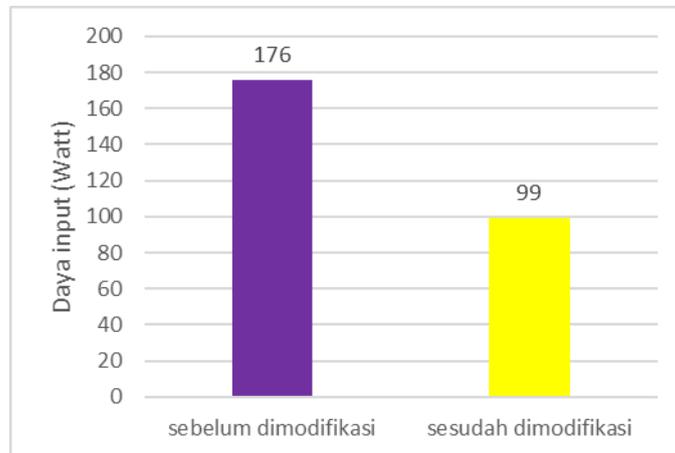
Dari grafik tersebut, terlihat bahwa jumlah termoelektrik yang lebih banyak tidak selalu menjamin penurunan suhu yang lebih optimal. Hal ini mengindikasikan bahwa efektivitas pendinginan tidak hanya dipengaruhi oleh jumlah termoelektrik, tetapi juga oleh faktor lain seperti desain sistem pendingin, efisiensi perpindahan panas, kualitas pemasangan komponen, serta material box yang digunakan. Pada kasus ini, box kedua yang dimodifikasi menggunakan material plastik PP yang memiliki isolasi termal lebih baik, memungkinkan pendinginan yang lebih efisien meskipun dengan jumlah termoelektrik yang lebih sedikit.

Gambar 7 memperlihatkan grafik perubahan suhu air pada kedua box. Pada box pertama, suhu air awal sebesar 27,5 °C mengalami penurunan menjadi 22,9 °C. Sementara itu, pada box kedua yang telah dimodifikasi, suhu awal air adalah 26,1 °C dan turun menjadi 20,4 °C. Hasil ini kembali menunjukkan bahwa meskipun jumlah termoelektrik yang digunakan lebih sedikit pada box kedua, performa penurunan suhu air justru lebih baik. Ini semakin menguatkan bahwa desain sistem dan material box memiliki peran yang sangat signifikan dalam menunjang efisiensi pendinginan.



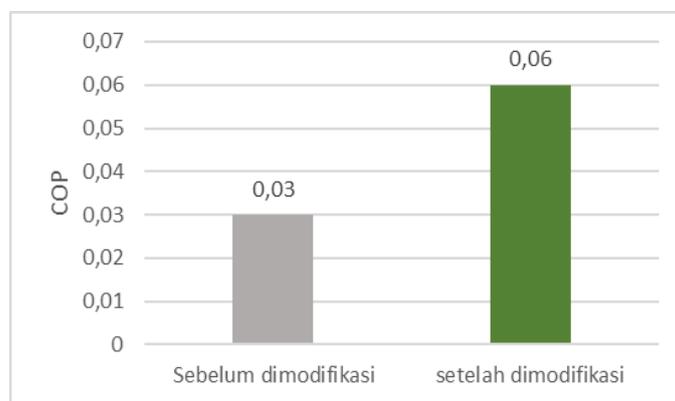
Gambar 7. Grafik Perubahan Temperatur Air Sebelum dan Sesudah Modifikasi

Gambar 8 menggambarkan perubahan daya input antara kondisi sebelum dan setelah modifikasi. Sebelum dilakukan modifikasi, daya input sistem sebesar 176 watt. Namun setelah dilakukan modifikasi, daya input menurun drastis menjadi hanya 99 watt. Penurunan ini sangat signifikan dan menunjukkan adanya peningkatan efisiensi energi. Meskipun suhu akhir dari proses pendinginan antara kedua box tidak terlalu berbeda secara signifikan, yaitu 19,65 °C sebelum modifikasi dan 17,62 °C setelah modifikasi, konsumsi energi sistem setelah modifikasi jauh lebih rendah. Ini menandakan bahwa sistem yang telah dimodifikasi tidak hanya efektif dalam hal pendinginan tetapi juga efisien dalam konsumsi energi, sehingga lebih ekonomis dalam jangka panjang.



Gambar 8. Grafik Daya Input Sebelum dan Sesudah Modifikasi

Efisiensi pendinginan pada kedua kondisi tersebut selanjutnya dianalisis melalui perhitungan Coefficient of Performance (COP). Semakin tinggi nilai COP, maka semakin efisien sistem dalam mengubah energi listrik menjadi pendinginan. Gambar 9 menunjukkan grafik perbandingan COP sebelum dan sesudah modifikasi. Nilai COP sebelum dilakukan modifikasi adalah sebesar 0,03, sedangkan setelah dilakukan modifikasi meningkat menjadi 0,06. Meskipun nilai ini masih berada jauh di bawah COP optimal dari sistem termoelektrik secara umum, yaitu berkisar antara 0,3 hingga 0,7 (Suarez, Maulana, dkk, 2024), peningkatan tersebut menunjukkan adanya perbaikan kinerja sistem.



Gambar 9. Grafik Nilai COP Sebelum dan Sesudah Modifikasi

Dengan demikian, berdasarkan hasil perhitungan dan pengujian, dapat disimpulkan bahwa modifikasi box pendingin, terutama dari segi material dan desain, mampu meningkatkan efisiensi sistem pendinginan termoelektrik secara signifikan. Nilai COP meningkat dua kali lipat dari 0,03 menjadi 0,06, sementara daya input menurun dari 176 watt menjadi 99 watt. Hasil ini menunjukkan bahwa penggantian material box dari kayu ke plastik PP dan pengurangan jumlah termoelektrik dari 5 menjadi

4 justru menghasilkan efisiensi yang lebih baik baik dalam hal kinerja pendinginan maupun konsumsi daya listrik.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, perhitungan, pengujian dan pembahasan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses modifikasi box pendingin termoelektrik dari bahan kayu menjadi plastik adalah sebagai berikut: Pertama, box kayu dibongkar kemudian dilakukan perancangan ulang. Selanjutnya, rangka dudukan box plastik dibuat untuk menampung box dan komponen-komponen pendingin. Setelah itu, dilakukan pelubangan pada box plastik tempat termoelektrik dipasang, kemudian termoelektrik dipasang pada tempat yang telah disediakan, dan terakhir, kabel-kabel setiap komponen disambungkan dengan baik untuk memastikan sistem berfungsi dengan optimal.
2. Telah dimodifikasi box pendingin termoelektrik dari box berbahan kayu menjadi box berbahan plastik dengan ukuran panjang 37 cm, lebar 25 cm dan tinggi 34,5 cm yang berkapasitas 16 liter.
3. Material plastik dapat mempengaruhi efisiensi pendinginan pada box pendingin termoelektrik yang dapat dilihat dari nilai COP yang dihasilkan sebelum dan sesudah dimodifikasi yang dimana nilai COP sebelum dimodifikasi sebesar 0,03 sedangkan nilai COP yang didapatkan setelah dimodifikasi sebesar 0,06.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Ahsani, A. P. Budijono, "Rancang Bangun Pendingin Ruang Portable Dengan Memanfaatkan Efek Perbedaan Suhu Pada Thermoelectric Cooler (TEC)," *JRM*, vol. 3, no. 1, pp. 100 – 109, 2015.
- [2] A. Mansyur, "Rancang Bangun Cooler Box Berbasis Termoelektrik Dengan Variasi Heatsink," *Jurnal Teknologi Terpadu*, vol. 9, no. 1, pp. 59 – 64, 2021.
- [3] I. Bisau, *Rancang Bangun Box Pendingin Minuman Berkapasitas 5 Liter Yang Dilengkapi Dengan Sistem Termoelektrik Dan Tenaga Surya*. [Skripsi]. Universitas Borneo Tarakan, Tarakan: Universitas Borneo Tarakan, 2023. [Online]. Available: Repository UBT.
- [4] B. H. N. Jambak, *Analisis Pengaruh Suhu Pada Bahan Plastik Terhadap Kekuatan Impact*. [Skripsi]. Universitas Medan Area, Medan: Universitas Medan Area, 2023. [Online]. Available: Digital Repository Universitas Medan Area.