

Rancang Ulang Alat Destilasi Limbah Batang Pisang Menjadi Bahan Bakar Bioetanol Menggunakan Metode *Reverse Engineering*

Muhammad Bayu Tesri Perdana^{1*}, Muhammad Ihsan Hamdy², Nazaruddin³, Harpito⁴, Nofirza⁵

Program Studi Teknik Industri-Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
JL. HR. Soebrantas No. 155, KM. 15, Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293 Riau, Indonesia.
12050212628@students.uin-suska.ac.id , bayu08perdana@gmail.com

INFO ARTIKEL

doi: 10.350587/Matrik
v25i1.7946

Jejak Artikel : (diisi editor)

Upload artikel
26 Juni 2024
Revisi oleh reviewer
29 September 2024
Publish
30 September 2024

Kata Kunci :

Alat Destilasi; Bioetanol;
Limbah Batang Pisang; *reverse engineering*

ABSTRAK

Limbah batang pisang merupakan sisa dari aktifitas pertanian, limbah batang pisang mengandung kadar pati yang tinggi sekitar 76% sangat potensial dijadikan bahan baku bioetanol sebagai pengganti energi fosil sebagai penopang energi utama saat ini. Energi fosil yang jumlahnya semakin terbatas harus mendapatkan penggantinya yakni energi alternatif salah satunya bioetanol. Penelitian ini bertujuan untuk merancang ulang alat destilasi bioetanol dari limbah batang pisang. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *reverse engineering* merupakan pengembangan suatu produk dengan mengekstrak informasi dari produk terdahulu agar mendapatkan produk yang lebih optimal. Hasil dari penelitian ini adalah sebuah alat destilasi yang memiliki volume sekitar 20 liter dan menghasilkan bioetanol sekitar 8-10 liter bioetanol dengan kondisi tabung reaktor penuh. Bioetanol yang dihasilkan memiliki kadar etanol (alkohol) sekitar 70-80% tergantung kualitas bahan baku serta lama waktu fermentasi.

ABSTRACT

Banana stem waste is leftover from agricultural activities. Banana stem waste contains high starch levels of around 76% and has the potential to be used as raw material for bioethanol as a substitute for fossil energy as the main energy support at this time. Fossil energy, which is increasingly limited, must find a replacement, namely alternative energy, one of which is bioethanol. This research aims to redesign a bioethanol distillation tool from banana stem waste. The method used in this research is reverse engineering, which is development of a product by extracting information from previous products in order to get a more optimal product. The result of this research is a distillation device which has a volume of around 20 liter and produces around 8-10 liters of bioethanol when the reactor tube is full. The bioethanol produced has an ethanol (alcohol) content of around 70-80% depending on the quality of the raw material and the length of fermentation time.



1. Pendahuluan

Energi adalah suatu kebutuhan yang sangat esensial bagi masyarakat dan memiliki peran yang signifikan dalam kehidupan manusia. Kebutuhan akan energi masih dominan oleh energi fosil, terutama bahan bakar minyak. Permintaan energi dari sumber-sumber fosil telah meningkat secara drastis di berbagai negara selama beberapa tahun terakhir, menunjukkan bahwa energi dari sumber-sumber fosil telah menjadi kebutuhan yang sangat penting bagi manusia [1]. Minyak bumi, gas alam, dan batu bara, masing-masing menyumbang sekitar 51,66%, 28,57%, dan 15,34% terhadap kebutuhan energi nasional saat ini. Stok bahan bakar fosil semakin menipis seiring penggunaannya yang terus berlanjut. Diperkirakan bahwa cadangan minyak bumi akan habis dalam kurun waktu sekitar 12 tahun ke depan, sementara gas alam dalam waktu sekitar 30 tahun, dan batu bara dalam waktu sekitar 70 tahun [2]. Hampir seluruh teknologi, bahkan Sebagian besar kendaraan, bergantung pada energi fosil sebagai penggerak utamanya. Untuk mengatasi kekurangan energi fosil kedepannya, telah banyak melakukan perkembangan terhadap energi hijau atau yang lebih dikenal dengan energi terbarukan yang lebih ramah lingkungan salah satunya bioetanol. Bioetanol merupakan energi terbarukan yang bisa didapatkan dengan cara melakukan pengolahan terhadap sumber hayati[3].

Bioetanol dapat dihasilkan dari bahan baku yang mengandung gula seperti tebu, singkong, sagu, batang pisang, nanas dan lainnya[4]. Secara keseluruhan, bahan yang memiliki kandungan pati diubah menjadi gula melalui proses penguraian menjadi gula kompleks, yang kemudian dipecah menjadi gula sederhana dengan tambahan air dan enzim [5]. Bioetanol memperlihatkan sifat-sifat seperti mudah menguap, mudah terbakar, larut dalam air, tidak bersifat karsinogenik, dan tidak memiliki dampak negatif terhadap lingkungan. Selain itu, bioetanol memiliki nilai tambah sebagai minuman beralkohol bagi manusia. Tidak hanya itu, bioetanol juga dapat digunakan sebagai bahan bakar dengan minimal 10% kandungan etanol. Biaya produksi bioetanol tergolong murah karena sumber bahan baku berasal dari limbah pertanian yang memiliki nilai ekonomis yang rendah [6].

Sisa batang pisang merupakan produk sampingan dari kegiatan pertanian yang sering diabaikan dan dibiarkan membusuk. Namun, batang pisang ini mengandung kadar pati yang signifikan, menyerupai komposisi tepung sagu dan tapioka, dengan 76% pati, 20% air, sebagian kecil protein dan vitamin selain itu batang pisang juga mengandung selulosa dan glukosa yang tinggi sekitar 60-65% [7]. Potensi besar dari kandungan pati dalam batang pisang dapat dimanfaatkan sebagai alternatif bahan bakar, yaitu bioetanol. Limbah batang pisang menyediakan sumber potensial etanol dengan metode produksi yang dapat terus diperbaiki dan biaya produksi yang rendah. Penelitian menunjukkan bahwa batang pisang memiliki kandungan karbohidrat sebesar 11,6% dan pati sebesar 76%. Kandungan karbohidrat dan pati yang melimpah dalam batang pisang memiliki potensi untuk dijadikan sebagai bahan bakar alternatif, yaitu bioetanol [8].

Pembuatan bioetanol dari batang pisang melalui proses distilasi melibatkan pemisahan larutan berdasarkan perbedaan titik didihnya dan kemampuan larutan untuk menguap. Larutan yang mudah menguap akan naik ke atas tabung distilasi dan kemudian didinginkan untuk diambil sebagai distilat, sementara campuran yang tidak menguap akan tetap berada sebagai residu. Proses distilasi dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yakni distilasi konvensional (sederhana), distilasi vakum, dan distilasi uap [9]. Proses ini bertujuan untuk memisahkan komponen-komponen campuran pada suhu yang lebih rendah daripada titik didih normalnya. Dengan demikian, pemisahan dapat dilakukan tanpa merusak komponen-komponen yang akan dipisahkan. Terdapat dua metode destilasi uap yang dapat digunakan: pertama, dengan mengalirkan uap secara kontinu di atas campuran yang sedang menguap; dan kedua, dengan mendidihkan senyawa sehingga dapat berinteraksi dengan pelarutnya [10].

Dalam penelitian ini, metode *reverse engineering* digunakan sebagai suatu strategi untuk mengembangkan data teknis yang mendukung efisiensi sumber daya dan peningkatan produktivitas[11]. Reverse engineering adalah metode yang cocok untuk merancang produk dengan menganalisis produk yang ada sesuai dengan kebutuhan konsumen untuk merancang produk serupa[12]. Cara kerja metode *reverse engineering* adalah mengambil data mengenai bentuk, ruang, dan bahan baku

dari suatu produk, yang dijadikan acuan untuk mengoptimalkan atau membuat suatu produk [13].

2. Metode Penelitian

Tujuan dari metode *reverse engineering* adalah untuk meningkatkan suatu barang terdahulu serta meningkatkan keunggulannya. Bisa dikatakan bahwa, teknik ini mengintegrasikan sejumlah aspek-aspek dalam menciptakan rancangan alat baru yang dijamin akan lebih unggul daripada produk sebelumnya. Terdapat tiga elemen kunci dalam proses ini: spesifikasi kebutuhan, analisis, dan desain [14].

Tahapan-tahapan dalam melakukan pengembangan produk dengan metode *reverse engineering* telah ditetapkan. Berikut adalah langkah-langkah dalam proses *reverse engineering* [15]:

1. *Disassembly*

Langkah ini bertujuan untuk mengidentifikasi komponen-komponen yang ada dalam produk. Kegiatan pemecahan komponen (*disassembly*) merupakan tahap dalam mendeteksi kelemahan dari aspek-aspek yang sedang diamati. Proses ini dapat memberikan data yang diperlukan untuk dalam merancang produk berikutnya.

2. Pemahaman Fungsi

Memeriksa struktur produk memberikan data tentang Kegunaan setiap elemen, karakteristik bentuk, manufaktur, dan pengetahuan yang lebih langsung tentang alat.

3. Pemeriksaan detail terhadap *disassembly* dan fungsi produk

Memberikan rincian informasi yang dapat digunakan dalam pengembangan produk. Data tersebut berguna untuk mengamati perbaikan Elemen desain serta menentukan indikator untuk proses pembuatan.

4. Menyusun kriteria produk

Proses pembuatan kriteria, *benchmarking*, dan menentukan sistem manufaktur yang akan dikembangkan.

5. Pemodelan dan Analisis desain

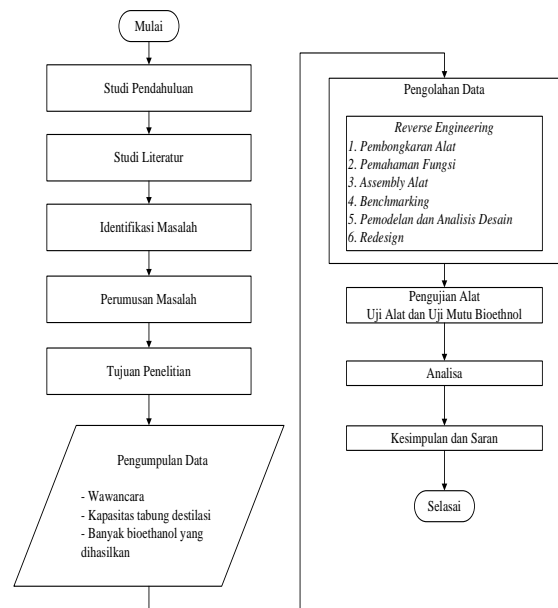
Alat baru direplikasi dalam bentuk desain atau sketsa yang nyata dengan bantuan *software* agar mendapatkan hasil optimal. Merancang alat melalui perangkat lunak CAD, dapat memudahkan kesesuaian

dengan kebutuhan dan preferensi pengguna.

6. *Redesign*

Fase ini merupakan, langkah lain dibuat untuk komponen produk yang terpilih, mengubah bagian fungsional produk, atau menambahkan bagian fungsional produk baru ke dalam produk.

Metode penelitian digunakan untuk menguraikan proses penelitian secara terperinci agar lebih terstruktur dan terorganisir, biasanya dalam bentuk diagram alir atau *flowchart*. Berikut adalah *flowchart* yang menggambarkan langkah-langkah penelitian ini:



Gambar 1. Flowchat Penelitian

Penelitian ini diawali dari kajian Pustaka bertujuan untuk mendapatkan referensi-referensi yang terkait sehingga dapat mempermudah dan mendukung dalam melakukan pemecahan suatu permasalahan. Selanjutnya melakukan identifikasi dari permasalahan yang ada sehingga dapat merumuskan suatu masalah. Pengumpulan data dilakukan melalui wawancara langsung terhadap peneliti sebelumnya sehingga mendapatkan data primer.

Pengolahan data dilakukan setelah melakukan pengumpulan data dan selanjutnya data diolah. Kemudian data diolah sesuai dengan metode yang hingga mendapat suatu rancangan baru dari alat sebelumnya.

Tahapan terakhir dari penelitian yang dilakukan yakni melakukan penarikan

kesimpulan dan saran berdasarkan metode *reverse engineering*.

3. Hasil dan Pembahasan

1. Pembongkaran Produk

Pembongkaran produk ini dilakukan pada produk sebelumnya yang serupa atau sejenis, merupakan bagian dari proses *reverse engineering*, dan hasilnya dicatat dalam tabel berikut:

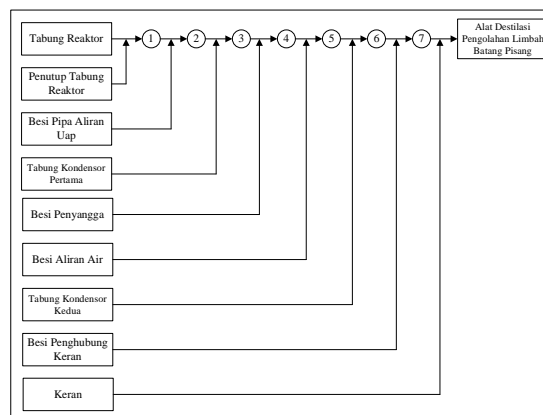
Tabel 1. Pengukuran Komponen

Part	Ukuran	Keterangan
Tabung reaktor 12 inch	- Tinggi 50 cm	Tempat pengolahan bahan baku
Penutup tabung reaktor	- Tinggi 13 cm	Tutup dari reaktor
Pipa Saluran uap satu 3 inch	- Panjang 30 cm	Penghubung aliran uap menuju kondensor
Pipa Saluran uap dua 3 inch	- Panjang 30 cm	Penghubung aliran uap menuju kondensor
Pipa Saluran uap satu pertama ³ / ₄ inch	- Panjang 180 cm	Penghubung aliran uap menuju kondensor
Pipa Saluran uap dua ³ / ₄ inch	- Panjang 180 cm	Penghubung aliran uap menuju kondensor
Kondensor Satu	- Tinggi 30 cm - Diameter 25 cm	Tempat pendinginan uap bioetanol
Kondensor dua	- Tinggi 30 cm - Diameter 25 cm	Tempat pendinginan uap bioetanol
Keran	- Panjang 10 cm	Tempat keluar hasil akhir bioetanol
Wadah penampung air	- Diameter 58 cm	Wadah penampungan air untuk kondensor
Selang air	- Panjang 250 cm	Untuk mengalirkan air ke kondensor
Pompa air	-	Sebagai pengalir air untuk kondensor
Kompor gas	-	Sebagai alat untuk pembakaran
Gas LPG	-	Bahan bakar

Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2024

2. Assembly Komponen

Proses penggabungan setiap komponen yang terdapat dalam produk yang dibongkar dilakukan untuk memahami prinsip kerjanya dan melakukan perbandingan (*benchmarking*). Berikut adalah susunan komponen untuk alat destilasi bioetanol:



Gambar 2. Assembly Komponen

Keterangan:

- Tabung reaktor *assembly* dengan penutupnya
Langkah awal dalam proses penggabungan adalah menyatukan tabung reaktor dengan penutupnya. Kerangka ini merupakan elemen krusial dalam konstruksi alat destilasi untuk memastikan jalannya proses destilasi dengan efisien.
- Tabung reaktor *assembly* dengan besi pipa aliran uap
Langkah penggabungan berikutnya adalah menghubungkan kembali tabung reaktor dengan pipa aliran uap sebagai mekanisme untuk mengarahkan aliran uap melalui proses destilasi.
- Besi pipa aliran uap *assembly* dengan tabung kondensor pertama
Langkah ini melibatkan menggabungkan pipa besi yang berfungsi sebagai jalur aliran uap dengan tabung kondensor pertama untuk mendinginkan uap yang melewatinya sebelum distilasi.
- Tabung kondensor pertama *assembly* dengan besi aliran air
Langkah penggabungan antara tabung kondensor dan pipa aliran air merupakan bagian dari sistem yang mengarahkan uap yang telah terdestilasi.
- Besi penyangga *assembly* dengan tabung kondensor pertama
Pada tahapan ini, besi penyangga digabungkan dengan tabung kondensor

- pertama untuk menyesuaikan ketinggian tabung reaktor yang ditempatkan di atas tungku.
- f. Tabung kondensor kedua *assembly* dengan penutupnya
Langkah menggabungkan tabung kondensor kedua dengan penutupnya dilakukan agar proses pendinginan tahap kedua dapat dilakukan oleh operator, sehingga proses destilasi dapat berlangsung dengan efisien.
 - g. Tabung kondensor kedua *assembly* dengan besi penghubung keran
Proses penggabungan tabung kondensor kedua dengan besi penghubung keran merupakan bagian dari sistem yang mengarahkan aliran uap yang telah terdestilasi.
 - h. Besi penghubung keran *assembly* dengan keran
Langkah menggabungkan besi penghubung keran dengan keran adalah bagian dari proses untuk mengalirkan uap yang sudah terdestilasi, sehingga dapat mengatur aliran masuk dan keluar minyak.

3. Benchmarking

Langkah ini merupakan proses membandingkan alat destilasi yang telah ada dengan tujuan untuk mengidentifikasi kelemahan dan keunggulan produk tersebut, sehingga data tersebut dapat digunakan sebagai referensi dalam perbaikan alat destilasi yang sedang dirancang untuk pengolahan limbah batang pisang. Alat destilasi yang digunakan sebagai patokan adalah sebagai berikut.

Tabel 2. *Bechmarking Produk*

Nama Alat	Komponen	Alat Destilasi Lama (Kekurangan)	Alat Destilasi Baru (Kelebihan)
Alat Destilasi	Tabung Reaktor	- Terdapat banyak celah udara - Untuk memasukan bahan baku terlalu rumit	- Tidak ada celah udara - Memasukan bahan baku mudah
	Tabung Kondensor	- Pendinginan kurang optimal	- Pendinginan lebih optimal
	Konsumsi Gas	- Biaya untuk bahan bakar Rp 50.000,-	- Biaya untuk bahan bakar Rp 0,- karena menggunakan kompor dari limbah minyak jelantah

	Suhu	- Pengujian menggunakan gas LPG suhu tabung hingga 170 ⁰ c	- Pengujian menggunakan kompor minyak jelantah suhu tabung hingga 100 ⁰ c
--	------	---	--

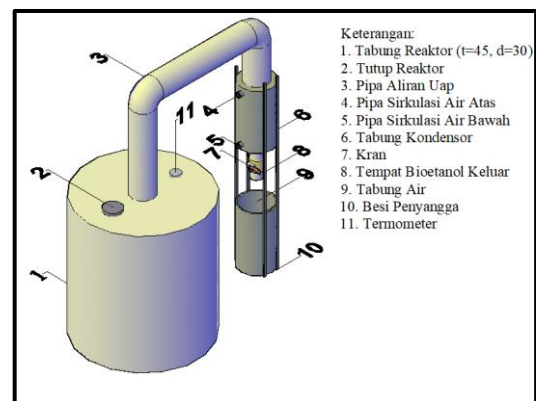
Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2024

4. Perancangan Alat Destilasi Limbah Batang Pisang Baru

Setelah proses *benchmarking* dengan alat destilasi sebelumnya dilakukan diperoleh data yang akan menjadi dasar dalam merancang alat destilasi baru, baik dalam hal desain maupun efektivitas penggunaannya. Berikut adalah langkah-langkah yang diikuti dalam merancang alat destilasi untuk pengolahan limbah batang pisang yang baru:

a. Alat Destilasi limbah batang pisang Baru

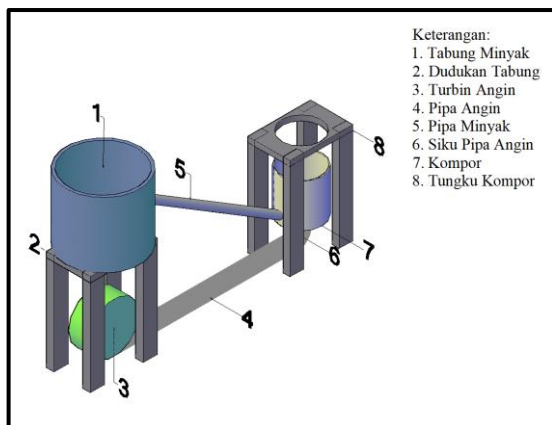
Setelah data diperoleh melalui pengolahan sebelumnya, dilakukan perbaikan dengan merancang alat destilasi baru. Berikut adalah desain yang telah dibuat:



Gambar 3. Alat Destilasi limbah batang pisang

Rancangan alat destilasi yang baru menggunakan tabung reaktor ukuran tinggi 45 cm dan diameter 30cm, besi pipa ukuran 1,2 inch sebagai wadah aliran uap, kondensor dengan ukuran 3 inch, tabung air pendingin kondensor 3 inch, serta kran sebagai tempat keluar bioetanol. Pada rancangan yang baru ini sanggup menampung bahan baku sebanyak 20 liter.

b. Kompor Dari Minyak Jelantah



Gambar 4. Kompor Minyak Jelantah

Kompor ini merupakan suatu pembaharuan dari desain sebelumnya dan juga lebih ramah lingkungan karena tidak lagi menggunakan gas sebagai bahan pembakarannya.

4. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan pada produk terdahulu yakni alat destilasi, memiliki beberapa kelemahan. Alat destilasi terdahulu memiliki kekurangan seperti banyaknya celah udara pada sambungan pipa aliran uap, tutup tabung kondensor yang memiliki banyak baut pengunci sehingga mengakibatkan sulitnya di buka saat ingin memasukkan bahan baku, kondensor yang kurang optimal, dan proses pembakaran yang kurang ramah lingkungan. Oleh karena itu, dilakukan perbaikan serta pengoptimalan dengan merancang ulang alat destilasi tersebut menjadi sumber energi alternatif menggunakan metode *reverse engineering* perbaikan yang dilakukan yakni mengoptimalkan pada penyambungan alat destilasi sehingga tidak ada lagi celah udara, tutup tabung yang di desain lebih simple dengan tujuan memudahkan saat ingin memasukkan bahan baku, kondensor yang di optimalkan dengan menggunakan pipa spiral melingkar sehingga membuang panas lebih optimal sehingga cukup menggunakan satu tabung kondensor, mengoptimalkan proses pembakaran yang semula masih bergantung pada gas, melakukan pengoptimalan pada kondensor sehingga pendinginan jadi lebih baik. Percobaan yang dilakukan pada alat destilasi bioetanol limbah batang pisang ini didapatkan dari 1 liter bahan baku menjadi 0,4-0,5 liter bioetanol maka alat destilasi limbah batang pisang dengan kapasitas 20 liter bisa menghasilkan 8-10 liter bioetanol dengan kadar

etanol (alkohol) sekitar 70-80% tergantung kualitas bahan baku dan waktu fermentasinya.

Saran untuk yang melakukan penelitian dengan bahan baku sejenis yakni limbah batang pisang. Disarankan untuk langsung mengolah batang pisang tersebut dikarenakan batang pisang rentan terkena jamur dan ini cukup berdampak pada kuliatas bioetanol.

5. Daftar Pustaka

- [1] Saragi, J. F. H. & Purba, J. S. (2020). "Pembuatan bioetanol dari tebu". *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro Dan Ilmu Komputer*, 11(2), 410-416.
- [2] Widyastuti, F. K., & Fitri, A. C. K. (2020, October). "Perbandingan Proses SHF & SSF dalam Produksi Bioetanol dari Bonggol Pisang Kepok". In *Prosiding SENTIKUIN (Seminar Nasional Teknologi Industri, Lingkungan dan Infrastruktur)* (Vol. 3, pp. C9-1).
- [3] Lovisia, E. (2022). "Bioetanol dari Singkong sebagai Sumber Energi Alternatif". *Science and Physics Education Journal (SPEJ)*, 6(1), 8-14.
- [4] Saputro, E. A., Bobsaid, A. A., Hutabarat, M. C., Ariyanti, D., & Panjaitan, R. (2023). "Pengembangan metode pemurnian bioetanol dari berbagai jenis bahan baku: Kajian Pustaka". *Jurnal Teknik Kimia*, 29(1), 19-28.
- [5] Latara, A., Mustofa, M., & Botutihe, S. (2021). "Destilasi Bioetanol dari Nira Aren dengan Variasi Waktu Pengadukan pada Proses Fermentasi". *Jurnal Teknologi Pertanian Gorontalo (JTPG)*, 6(2), 30-35.
- [6] Rahmi, D., Zulnazri, Dewi, R., Sylvia, N., & Bahri, S., (2022). "Pemanfaatan Limbah Kulit Nanas Menjadi Bioetanol dengan Menggunakan Ragi (*Saccharomyces Cerevisiae*)". *Chemical Engineering Journal Storage*, 2(5) 147-160.
- [7] Arjeni, R. Hasan, A. & Syarif, A. (2022). "Analisa Konsentrasi Naoh Dan Temperatur Pemanasan Terhadap Kadar Selulosa Dan Kadar Lignin Dari Batang Pisang Klutuk Menggunakan Alat

- Delignifikasi Sebagai Bahan Baku Pembuatan Bioetanol”. *Jurnal Inovator*, 5(1), 18-22.
- [8] Bakhor, M., & Muhaji, M. (2022). “Proses Pembuatan Dan Uji Karakteristik Bioetanol Dari Bonggol Pohon Pisang Raja (Musa Paradisiaca)”. *Jurnal Teknik Mesin*, 10(01), 99-108.
- [9] Saputro, E. A., Bobsaid, A. A., Hutabarat, M. C., Ariyanti, D., & Panjaitan, R. (2023). “Pengembangan metode pemurnian bioetanol dari berbagai jenis bahan baku: Kajian Pustaka”. *Jurnal Teknik Kimia*, 29(1), 19-28.
- [10] Latara, A., Mustofa, M., & Botutihe, S. (2021). “Destilasi Bioetanol dari Nira Aren dengan Variasi Waktu Pengadukan pada Proses Fermentasi”. *Jurnal Teknologi Pertanian Gorontalo (JTPG)*, 6(2), 30-35.
- [11] Moises, F. D. S. M., & Santoso, J. D. (2023). “Analisis Malware Android Menggunakan Metode Reverse Engineering”. *Jurnal Ilmiah Dan Karya Mahasiswa*, 1(2), 41-53.
- [12] Hidayat, H., Sidah, S., & Attin, N. M. (2023). “Redesain Kursi Operator Jahit Dengan Metode Reverse Engineering (Studi Kasus: Umkm Sidayu)”. *JUSTI (Jurnal Sistem dan Teknik Industri)*, 1(2), 164-170.
- [13] Annas, K., Efonda, D. N., Latif, F., & Islahudin, N. (2024). “Perancangan Alat Penyimpanan Rebung Ergonomis Menggunakan Metode Reverse Engineering Pada UMKM Pengolahan Rebung”. *Jurnal Optimasi Teknik Industri (JOTI)*, 6(1), 7-14.
- [14] Ibrahim, G. A., Putra, D. N. R., Burhanuddin, Y., Hamni, A., & Harun, S. (2023). “Perancangan Pahat Ulir Kortikal Menggunakan Metode Reverse Engineering”. *AME (Aplikasi Mekanika dan Energi): Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 9(2), 109-114.
- [15] Hery, Adiando, & Daywin, F. J. (2023). “Perancangan Dengan Menggunakan Metode Reverse Engineering Dan Vdi 2221 Pada Produk Meja Belajar Multifungsi”. *Jurnal Mitra Teknik Industri*, 2(3), 309-324.

Halaman ini sengaja dikosongkan

