

## PERBAIKAN SISTEM TERPADU PENGENDALIAN ASAP PADA PROSES PEMBAKARAN ARANG TEMPURUNG KELAPA

\*Yogi Saputra<sup>1</sup>, Muh. Rizky Pratama Sintae<sup>2</sup>, Prima Al Fatikhah<sup>3</sup>, Zulkifli<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Prodi S1 Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo

\*e-mail: [yogi\\_s1industri@mahasiswa.ung.ac.id](mailto:yogi_s1industri@mahasiswa.ung.ac.id)

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan memperbaiki sistem pengendalian asap pada proses pembakaran arang tempurung kelapa melalui pendekatan sistem terpadu. Fokus penelitian mencakup analisis kegagalan sistem dan perancangan solusi teknis serta operasional. Metode yang digunakan adalah *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk mengidentifikasi akar masalah, dilanjutkan dengan *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) untuk menentukan prioritas perbaikan. Berdasarkan perhitungan Risk Priority Number (RPN), ditemukan tiga permasalahan utama: penerimaan bahan baku RPN=576, proses pembakaran RPN=294, dan fasilitas pembakaran RPN=270. Akar masalah meliputi tidak adanya standar kualitas bahan baku, penggunaan tungku tradisional terbuka tanpa sistem kontrol, serta proses produksi manual yang menghasilkan emisi asap pekat dan mengganggu kesehatan. Sebagai solusi strategis, penelitian mengusulkan penerapan metodologi DMAIC dalam kerangka *Quality and Reliability Engineering*. Pada tahap Improve, direkomendasikan standardisasi bahan baku melalui *incoming Quality Control* (IQC) dengan parameter kadar air dan kebersihan yang ketat, serta penyusunan Standar Operasional Prosedur (SOP) yang komprehensif. Dari perspektif *Facilities Engineering*, dirancang transformasi fasilitas melalui *Facility Design Improvement* (FDI) dengan memodifikasi tungku tradisional menjadi sistem retort semi-tertutup yang dilengkapi saluran udara (air inlet/outlet) dan cerobong vertikal terukur. Implementasi perbaikan ini diharapkan meningkatkan efisiensi suhu pembakaran, meminimalisir polusi asap secara signifikan, serta menciptakan pola kerja operasional yang lebih sehat, terukur, dan berkelanjutan.

**Kata kunci:** Arang Tempurung, Asap, DMAIC, *Facility Design Improvement*, FMEA

Diterima : 17-8-2025  
Disetujui : 05-9-2025  
Dipublikasi : 30-11-2025

©2025 Yogi Saputra, dkk

### PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil kelapa terbesar di dunia, sehingga menghasilkan limbah kelapa dalam jumlah yang sangat besar, salah satunya adalah tempurung kelapa. Selama ini, tempurung kelapa masih sering dianggap sebagai limbah yang kurang bernilai dan hanya dibuang atau dibakar secara langsung. Padahal, berbagai penelitian menunjukkan bahwa tempurung kelapa memiliki potensi besar untuk diolah menjadi arang dengan nilai ekonomis yang tinggi. Pemanfaatan tempurung kelapa sebagai bahan baku arang tidak hanya mampu mengurangi limbah, tetapi juga memberikan alternatif energi biomassa yang lebih ramah lingkungan dibandingkan kayu bakar (Gobel & Arief, 2021).

Arang tempurung kelapa memiliki sejumlah keunggulan dibandingkan arang kayu, antara lain kadar air yang lebih rendah, nilai kalor yang tinggi, serta menghasilkan asap dan bau yang relatif lebih sedikit. Keunggulan tersebut menjadikan

arang tempurung kelapa banyak dimanfaatkan baik untuk kebutuhan rumah tangga maupun industri kecil. Selain itu, arang tempurung kelapa juga menjadi bahan baku utama dalam pembuatan briket arang dan karbon aktif yang banyak digunakan pada industri makanan, farmasi, hingga sistem penyaringan air (Angga Septiyanto et al., 2024). Hal ini menunjukkan bahwa tempurung kelapa tidak hanya berpotensi sebagai bahan bakar, tetapi juga sebagai produk industri bernilai tambah.

Pengelolaan sumber daya tempurung kelapa secara optimal membutuhkan pendekatan sistem terpadu yang mencakup seluruh tahapan proses, mulai dari pengumpulan bahan baku, proses karbonisasi, pengolahan lanjutan, hingga distribusi produk. Sistem terpadu memungkinkan setiap tahapan produksi saling terhubung dan berjalan lebih efisien, sehingga kualitas arang yang dihasilkan dapat lebih terkontrol. Penelitian tentang perancangan sistem proses produksi arang briket menunjukkan bahwa pendekatan sistematis mampu meningkatkan efisiensi proses, menurunkan tingkat cacat produk, serta menghasilkan arang dengan emisi asap yang lebih rendah (Iman & Ginantaka, 2022).

Selain memberikan keuntungan teknis, penerapan sistem terpadu dalam produksi arang tempurung kelapa juga memberikan manfaat dari aspek lingkungan, sosial, dan ekonomi. Dari sisi lingkungan, pemanfaatan limbah tempurung kelapa menjadi arang dapat mengurangi pencemaran dan menekan ketergantungan terhadap kayu sebagai bahan bakar (Nugroho & Nurhayati, 2024). Dari sisi sosial, sistem ini membuka peluang kerja baru dan meningkatkan pendapatan masyarakat di sekitar sentra produksi kelapa. Menurut Sementara dari sisi ekonomi, produk arang dan briket tempurung kelapa memiliki peluang besar untuk menembus pasar ekspor seiring meningkatnya permintaan global terhadap energi alternatif dan produk ramah lingkungan (Putri Rahayu et al., 2025).

## **METODE**

Menurut (Vebrianto et al., 2020) Penelitian *mixed methods* merupakan jenis penelitian yang mengintegrasikan pengumpulan, penganalisisan, serta pengombinasian metode kuantitatif dan kualitatif dalam satu rangkaian penelitian. Pendekatan ini bertujuan untuk memberikan pemahaman yang lebih komprehensif dan mendalam terhadap permasalahan penelitian yang sedang dikaji. Metode ini dilakukan melalui beberapa cara, salah satunya adalah Observasi, yaitu teknik pengumpulan data yang memberikan pemahaman lebih mendalam dibandingkan metode lainnya (Qomaruddin & Sa'diyah, 2024), karena melibatkan pengamatan langsung terhadap objek penelitian. Dalam penelitian ini, observasi dilakukan secara langsung di lokasi perusahaan produksi arang di PT.XYZ.

Tahapan penelitian ini diawali dengan studi literatur, kemudian studi lapangan yaitu dengan observasi dan wawancara dengan seorang leader bagian produksi di perusahaan tersebut. Setelah data terkumpul, dilakukan identifikasi permasalahan yang ada di perusahaan tersebut menggunakan FTA. Fault Tree Analysis (FTA) merupakan diagram yang menggambarkan risiko yang berperan terhadap terjadinya kegagalan. FTA mengidentifikasi hubungan antara faktor penyebab dan ditampilkan dalam bentuk pohon kesalahan. Diagram ini dapat digunakan untuk melihat semua kemungkinan penyebab dan menemukan penyebab sebenarnya dari masalah tersebut. Ketika masalah dan penyebabnya diketahui dengan pasti, maka akan lebih mudah untuk mengambil tindakan perbaikan.

Selanjutnya menganalisis permasalahan dengan metode FMEA. FMEA ialah metode yang digunakan untuk menentukan penyebab dan akibat dari setiap mode kegagalan potensial yang dapat terjadi pada komponen peralatan dengan menjelaskan tingkat kegagalan secara sistematis dan rinci, sehingga dapat diambil tindakan pencegahan/perbaikan yang tepat. FMEA berguna untuk mengidentifikasi kemungkinan kesalahan, pengaruhnya terhadap pengoperasian dan langkah-langkah untuk memecahkan masalah. FMEA pada akhirnya mengarah pada perhitungan Risk Priority Number (RPN). Semakin besar nilai RPN, maka semakin besar pula kebutuhan untuk mengambil tindakan pencegahan. RPN dihitung menggunakan rumus.

$$RPN = S \times O \times D$$

Keterangan:

S: severity

O occurrence

D: detection

Tahapan selanjutnya yaitu memperbaiki sistem dengan menggunakan FMEA untuk memprioritaskan perbaikan masalah setelah itu usulan perbaikan menggunakan metode DMAIC untuk memperbaiki quality control bahan baku 5W+1H. Metode 5W+1H ialah metode analisis yang mengambil tindakan pencegahan untuk setiap akar penyebab. Metode 5W+1H berupa beberapa pertanyaan, yaitu: what, who, where, when, why, dan how (apa, siapa, di mana, kapan, mengapa, dan bagaimana).

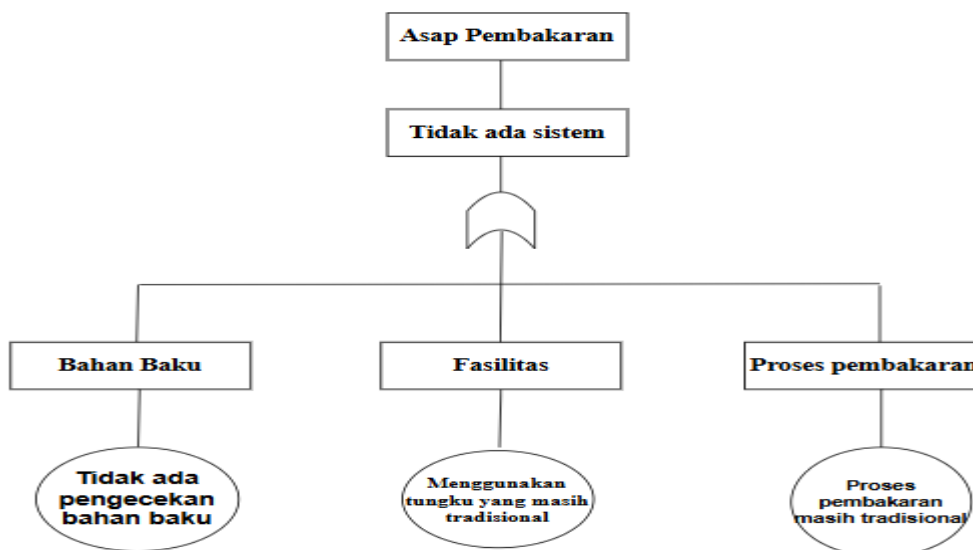
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian pada PT XYZ Gorontalo ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan untuk mengidentifikasi kegagalan dalam sistem produksi arang. Proses pengambilan data dimulai dengan melakukan wawancara mendalam serta diskusi langsung bersama pemilik PT XYZ Gorontalo dan pihak terkait yang memiliki pemahaman teknis

terhadap operasional perusahaan. Teknik wawancara ini difokuskan pada penggalian informasi yang relevan mengenai kendala sistem pembakaran yang menjadi objek utama penelitian.

**HASIL**

Berdasarkan hasil observasi dan wawancara di dapatkan beberapa permasalahan yang di sajikan dalam *Fault Tree Analysis* (FTA).



**Gambar 1.** permasalahan yang di sajikan dalam *Fault Tree Analysis* (FTA)

Dari diagram FTA di atas di dapatkan beberapa permasalahan di antaranya tidak adanya sistem, tidak ada pengecekan bahan baku, proses pembakaran yang masih tradisional dan tungku yang masih tradisional.

**Identifikasi Menggunakan FMEA**

Analisis yang dilakukan adalah menggunakan metode FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) dengan menghitung Risk Priority Number (RPN) untuk setiap masalah

**Tabel 1.** Nilai Bobot SOD

| Masalah               | Severity (S) | Occurance (O) | Detection (D) | Total |
|-----------------------|--------------|---------------|---------------|-------|
| Penerimaan bahan baku | 9            | 8             | 8             | 576   |
| Fasilitas pembakaran  | 9            | 6             | 5             | 270   |
| Proses pembakaran     | 7            | 7             | 6             | 294   |

Saat ini PT XYZ menghadapi permasalahan utama dalam proses penerimaan bahan baku, proses pembakaran dan tungku yang masih tradisional masih tradisional juga membuat asap yang di timbulkan pekat karena tidak memiliki sistem control selain itu proses produksi yang masih tradisional membuat proses pembakaran di lakukan secara manual.

---

## **Quality Control**

### **Define**

Permasalahan utama yang terjadi pada proses pembakaran. Permasalahan yang dihadapi adalah tingginya intensitas asap pembakaran yang dihasilkan selama proses berlangsung. Kondisi ini disebabkan oleh tidak diterapkannya pengendalian kualitas (*Quality Control*) terhadap bahan baku sebelum digunakan. Bahan baku yang memiliki kadar air tinggi tetap digunakan dalam proses pembakaran

### **Measure**

Pada tahap Measure dilakukan pengukuran terhadap kondisi proses pembakaran yang sedang berjalan. Pengukuran difokuskan pada variabel yang berpengaruh terhadap kualitas pembakaran, seperti kondisi bahan baku. Objek yang diamati meliputi kondisi fisik bahan baku (kering atau lembab)

### **Analyze**

Analisis mendalam untuk mengidentifikasi akar penyebab terjadinya masalah asap pembakaran berlebih yang disebabkan oleh lemahnya penerapan Quality Control terhadap bahan baku dan proses pembakaran. Analisis dilakukan berdasarkan hasil observasi lapangan, FTA

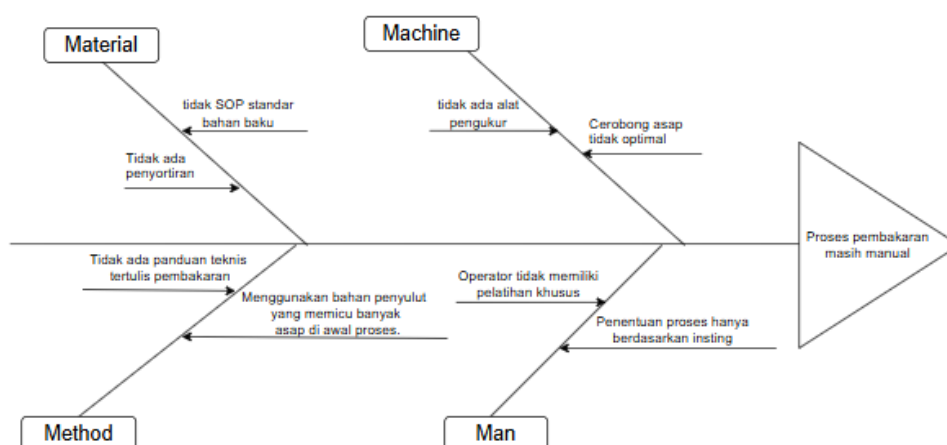
- Tidak adanya standar kualitas bahan baku
- Kondisi penyimpanan bahan baku yang tidak terkendali
- Kurangnya pemahaman operator terhadap Quality Control
- Keterbatasan fasilitas pendukung pengendalian kualitas

### **Improve**

Pada tahap Improve dirancang usulan perbaikan untuk mengatasi permasalahan yang telah diidentifikasi. Perbaikan difokuskan pada penerapan Quality Control melalui *Incoming Quality Control* (IQC) terhadap bahan baku. Langkah perbaikan yang diusulkan meliputi penetapan standar kualitas bahan baku, khususnya batas maksimum kadar air, pelaksanaan pemeriksaan bahan baku sebelum digunakan, penyortiran bahan baku layak dan tidak layak, serta pencatatan hasil pemeriksaan.

### **Control**

*Control* bertujuan untuk memastikan bahwa perbaikan yang telah dilakukan dapat berjalan secara berkelanjutan. Pada tahap ini dilakukan pengawasan terhadap pelaksanaan *Incoming Quality Control* dan kepatuhan operator terhadap SOP yang telah ditetapkan. Pengendalian dilakukan melalui pencatatan rutin hasil pemeriksaan bahan baku, pemantauan kondisi proses pembakaran, serta evaluasi berkala terhadap intensitas asap yang dihasilkan



Gambar 2. Work Design

## Analisis 5W1H

### 1. *What*

Masalah utama yang diidentifikasi adalah ketidakefektifan proses pembakaran yang masih dilakukan secara manual, yang berakibat pada munculnya asap pekat. Hal ini disebabkan oleh kombinasi dari kurangnya alat kontrol, metode yang belum terstandarisasi, serta kondisi bahan baku yang tidak ideal.

### 2. *Who*

Pihak yang paling terdampak dan terlibat langsung adalah operator pembakaran yang saat ini bekerja tanpa pelatihan khusus dan hanya mengandalkan insting dalam menentukan jalannya proses. Selain itu, pihak manajemen atau supervisor bertanggung jawab atas ketiadaan panduan teknis tertulis dan alat pengukur yang seharusnya tersedia di area kerja.

### 3. *Where*

Masalah ini berpusat di area ruang bakar atau tungku operasional, di mana sistem cerobong asap yang ada saat ini dinilai tidak optimal dalam membuang sisa gas hasil pembakaran. Ketidakefisienan ini juga ditemukan pada tempat penyimpanan material di mana bahan baku berisiko terkontaminasi atau memiliki kadar air yang tinggi.

### 4. *When*

Proses bermasalah ini terjadi sejak tahap awal, yaitu saat penggunaan bahan penyulut yang tidak tepat memicu banyak asap di awal proses pembakaran. Masalah berlanjut selama proses berlangsung karena penentuan parameter pembakaran dilakukan secara subjektif tanpa pemantauan dari alat ukur yang akurat.

### 5. Why

Penyebab utama masalah ini adalah ketergantungan pada proses manual yang tidak didukung oleh sistem monitoring (alat pengukur) dan prosedur kerja yang jelas (SOP). Dari sisi material, adanya bahan baku dengan kadar air tinggi dan terkontaminasi semakin memperburuk kualitas pembakaran, sementara dari sisi SDM, kurangnya pelatihan membuat operator tidak memiliki standar teknis yang baku.

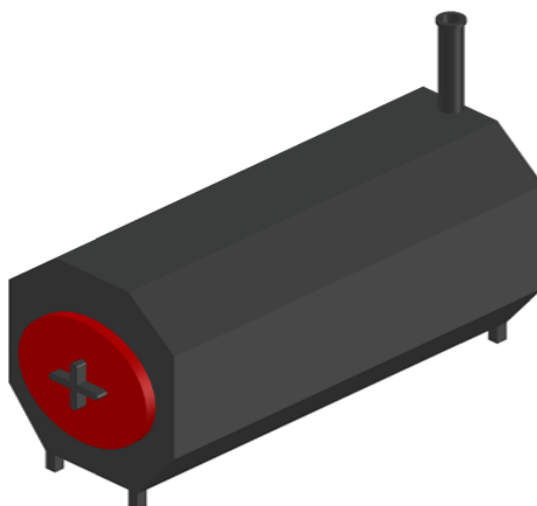
### 6. How

Solusi dapat dilakukan dengan melakukan standardisasi bahan baku agar bebas kontaminasi serta melengkapi mesin dengan alat pengukur suhu atau tekanan yang memadai. Secara organisasi, perlu disusun panduan teknis tertulis dan pemberian pelatihan khusus bagi operator agar mereka dapat beralih dari penggunaan insting ke metode kerja yang lebih terukur dan efisien.

**Tabel 2.** Usulan Perbaikan

| NO | Usulan perbaikan                  | Tujuan   |
|----|-----------------------------------|--|
| 1  | Pengecekan bahan baku             | Memastikan kualitas dan kuantitas bahan sesuai dengan spesifikasi produksi.                  |
| 2  | Pemisahan Bahan Baku (Sortir)     | Mencegah kontaminasi silang antar jenis bahan agar kualitas produk terjaga.                  |
| 3  | Sterilisasi dan Kebersihan Tungku | Menjamin tungku bebas dari sisa pembakaran sebelumnya sebelum proses dimulai.                |
| 4  | Pengendalian Penyulut Api         | Menghindari penggunaan bahan pemicu yang menghasilkan asap berlebih (ramah lingkungan).      |
| 5  | Kepatuhan Protokol Pembakaran     | Memastikan seluruh proses berjalan sesuai dengan <i>Standard Operating Procedure (SOP)</i> . |

### **Facility Design Improvement**



**Gambar 3.** Facility Design Improvement

Untuk mengatasi masalah asap berfokus pada transformasi tungku dari sekadar alat pembakar menjadi sebuah sistem pengolahan energi yang terintegrasi. Secara mendasar, desain fasilitas diperbaiki dengan mengubah aliran proses dari sistem

terbuka yang tidak terkontrol menjadi sistem retort tertutup, Melalui penambahan komponen ruang bakar sekunder atau *afterburner*, gas-gas sisa yang biasanya terlepas sebagai asap tebal dialirkan kembali ke titik api untuk dibakar habis, sehingga emisi yang keluar melalui cerobong menjadi jauh lebih transparan dan ramah lingkungan

## PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa PT XYZ mengalami banyak permasalahan yang disebabkan oleh tidak adanya system yang jelas, membuat proses produksi tidak berjalan maksimal mulai dari penerimaan bahan baku sampai pada proses produksi PT XYZ masih memiliki banyak kekurangan terutama untuk faktor lingkungan. Asap yang dihasilkan dari proses pembakaran lama kelamaan bukan hanya akan memberi dampak negatif terhadap lingkungan tapi juga terhadap karyawan, temuan ini sejalan dengan penelitian (Mencarelli et al., 2023) yang menekankan bahwa asap memiliki beberapa zat kimia yang berbahaya untuk kesehatan.

Selain itu pengecekan bahan baku sebelum proses produksi juga harus diperhatikan karena bahan baku menjadi bagian penting dalam produksi arang perusahaan harus memiliki standar kualitas bahan baku *incoming quality control* bisa menjadi solusi, sebagaimana juga disarankan oleh (Bidol et al., 2025) tentang pengujian kualitas bahan baku.

Untuk mengatasi masalah asap berfokus pada transformasi tungku dari sekadar alat pembakar menjadi sebuah sistem pengolahan energi yang terintegrasi. Secara mendasar, desain fasilitas diperbaiki dengan mengubah aliran proses dari sistem terbuka yang tidak terkontrol menjadi sistem retort tertutup menambahkan cerobong asap yang terarah, serta mengatur aliran udara masuk dan keluar secara terkontrol. Perbaikan desain ini bertujuan untuk menciptakan proses pembakaran yang lebih stabil, meningkatkan efisiensi fasilitas, dan mengurangi dampak asap terhadap lingkungan kerja secara berkelanjutan temuan ini sejalan dengan penelitian (Khusaini et al., 2021) sebagai dasar perancangan tungku atau reaktor pembakaran arang yang lebih ramah lingkungan dan efisien, terutama pada sistem pembakaran tradisional yang belum menerapkan kontrol udara secara optimal..

## KESIMPULAN

Intensitas asap pada proses produksi arang di PT XYZ Gorontalo disebabkan oleh interaksi antara penggunaan teknologi tungku tradisional yang terbuka, tidak adanya standar kualitas bahan baku, serta metode operasional yang masih mengandalkan insting. Berdasarkan analisis risiko menggunakan metode FMEA, tahap

penerimaan bahan baku menjadi prioritas perbaikan utama karena risiko kadar air yang tinggi memicu pembakaran tidak sempurna dan asap pekat. Sebagai solusi terpadu, penelitian ini mengusulkan penerapan *Incoming Quality Control* (IQC) untuk menyeleksi bahan baku, penyusunan SOP yang terstandarisasi, serta melakukan perbaikan desain fasilitas melalui transformasi tungku menjadi sistem semi-tertutup yang dilengkapi cerobong asap dan saluran udara terkontrol. Implementasi dari rangkaian perbaikan ini diharapkan tidak hanya mampu menurunkan emisi asap secara signifikan guna menjaga kesehatan lingkungan kerja, tetapi juga meningkatkan efisiensi proses pembakaran dan nilai ekonomi produk arang yang dihasilkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Angga Septiyanto, Ahmad Roziqin, Sudiyono, Ahmad Kholilur Rohman, & Siti Fatimah. (2024). Efektifitas Temperatur Aktivasi Arang Berbahan Tempurung Kelapa terhadap Kualitas Emisi Gas Buang Kendaraan. *J-Proteksion: Jurnal Kajian Ilmiah Dan Teknologi Teknik Mesin*, 9(1), 66–71. <https://doi.org/10.32528/jp.v9i1.1675>
- Bidol, A. C., Medel, A. M. S. J., Sta Ana, I. U., Alfaro, J. C. O., & Ramil, C. C. (2025). Development of coconut shell-based in-house quality control material for proximate analysis in solid fuels. *Measurement: Sensors*, 38. <https://doi.org/10.1016/j.measen.2024.101727>
- Gobel, A. P., & Arief, A. T. (2021). 5370-17854-1-Pb. *Jmel*, 5(1), 48–54.
- Iman, M., & Ginantaka, A. (2022). Analisis dan Desain Sistem Proses Produksi Arang Briket Rendah Asap dari Tempurung Kelapa. 4, 4422–4439.
- Khusaini, F., Ridwan, R., Ridhuan, K., & Irawan, D. (2021). Pengaruh jumlah pipa udara pada reaktor pembakaran pirolisis terhadap hasil arang dan asap cair. *ARMATUR: Artikel Teknik Mesin & Manufaktur*, 2(2), 106–114. <https://doi.org/10.24127/armatur.v2i2.1450>
- Mencarelli, A., Greco, R., Balzan, S., Grigolato, S., & Cavalli, R. (2023). Charcoal-based products combustion: Emission profiles, health exposure, and mitigation strategies. *Environmental Advances*, 13(August), 100420. <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2023.100420>
- Nugroho, M. C., & Nurhayati, S. F. (2024). 6\_Jurnal+Produksi+Pembuatan+Briket+Arang. 2(2), 47–55.
- Putri Rahayu, D., Arif Musthofa, M., Dewi, H., & Kartika Devi, E. (2025). Charcoal from Coconut Shells: An Innovation in Agricultural Waste Management for Local Economic Development. *Journal of Economics and Social Sciences (JESS)*, 4,

---

592–599. <https://doi.org/10.59525/jess.v4i2.874>

- Qomaruddin, & Sa'diyah, H. (2024). Kajian Teoritis tentang Teknik Analisis Data dalam Penelitian Kualitatif : اما يهو قدالما هج نم لولوا ينتهج نم نوكي ءاطلخاو سايفلا في إطلخا نع زاترحلا : Qomaruddin, & Sa'diyah, H. (2024). Kajian Teoritis tentang Teknik Analisis Data dalam Peneli. *Journal of Management, Accounting and Administration*, 1(2), 77–84.
- Vebrianto, R., Thahir, M., Putriani, Z., Mahartika, I., Ilhami, A., & Diniya. (2020). Mixed Methods Research: Trends and Issues in Research Methodology. *Bedelau: Journal of Education and Learning*, 1(2), 63–73. <https://doi.org/10.55748/bjel.v1i2.35>