JURNAL MEDIA AKADEMIK (JMA)
Vol.3, No.7 Juli 2025
e-ISSN: 3031-5220; DOI: 10.62281, Hal XX-XX
PT. Media Akademik Publisher
AHU-084213.AH.01.30.Tahun 2023

KLASIFIKASI EFISIENSI PEMAKAIAN GAS PADA FURNACE C5 MENGGUNAKAN ALGORITMA ID3 DAN C4.5 SETELAH PENGGANTIAN BURNER

Oleh:

Galih Pangestu[1]
Fazri Albadawi[2]
Elkin Rilvani[3]

Universitas Pelita Bangsa
Alamat: Jl. Inspeksi Kalimalang No.9, Cibatu, Cikarang Sel., Kabupaten Bekasi, Jawa Barat (17530).
Korespondensi Penulis: galihhpangestuu@email.com, fajrialbadawi97@gmail.com, elkin.rilvani@pelitabangsa.ac.id.

Abstract. *Efficient energy usage is a critical indicator of performance improvement in industrial operations, including the glass melting process in Furnace C5 at PT. Mulia Glass Container. One of the main issues identified was the high gas consumption associated with the use of Eclipse-type burners, which significantly increased operational costs. As a corrective measure, the burner was replaced with the Flamatec type, known for its more stable combustion control. This study aims to classify gas consumption efficiency before and after the burner replacement using the ID3 and C4.5 algorithms. The data were obtained from daily production reports, comprising variables such as burner type, daily output, gas consumption, and primary unit value. Classification was performed based on efficiency labels determined from the primary unit threshold. ID3 and C4.5 were applied to construct decision tree models and were compared in terms of accuracy and classification performance. The results show that the C4.5 algorithm achieved higher accuracy than ID3 in classifying gas usage efficiency. These findings demonstrate that decision tree-based classification methods can be effectively utilized for analyzing energy efficiency in industrial settings. The implication of this study is that data*

Received June 30, 2025; Revised July 17, 2025; July 28, 2025
*Corresponding author: galihhpangestuu@email.com

mining algorithms can enhance operational performance evaluation while minimizing energy waste, supporting more informed and data-driven technical decision-making.
Keywords: *Burner, C4.5 Algorithm, Energy Efficiency, Furnace C5, ID3.*

Abstrak. Penggunaan energi yang efisien menjadi salah satu indikator penting dalam peningkatan kinerja industri, termasuk pada proses peleburan kaca di Furnace C5 PT. Mulia Glass Container. Salah satu permasalahan utama yang ditemukan adalah tingginya konsumsi gas saat menggunakan burner tipe Eclipse yang berdampak pada meningkatnya biaya operasional. Sebagai upaya perbaikan, burner diganti dengan tipe Flamatec yang memiliki kontrol pembakaran lebih stabil. Penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan efisiensi pemakaian gas sebelum dan sesudah penggantian burner menggunakan algoritma ID3 dan C4.5. Data diperoleh dari laporan produksi harian yang mencakup variabel seperti jenis burner, output harian, konsumsi gas, dan nilai primary unit. Klasifikasi dilakukan berdasarkan label efisiensi yang ditentukan dari nilai primary unit. Metode ID3 dan C4.5 digunakan untuk membangun model pohon keputusan, kemudian dibandingkan berdasarkan akurasi dan kinerja klasifikasinya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma C4.5 memiliki tingkat akurasi lebih tinggi dibandingkan ID3 dalam mengklasifikasikan efisiensi pemakaian gas. Temuan ini menunjukkan bahwa metode klasifikasi berbasis decision tree dapat dimanfaatkan dalam analisis efisiensi energi industri, serta membantu manajemen dalam pengambilan keputusan teknis yang lebih tepat guna dan berbasis data. Implikasi dari penelitian ini adalah pemanfaatan algoritma data mining mampu mempercepat evaluasi performa operasional sekaligus meminimalkan pemborosan energi.
Kata Kunci: Algoritma C4.5, Burner, Efisiensi Energi, ID3, Furnace C5.

LATAR BELAKANG

Industri manufaktur kaca merupakan salah satu sektor yang sangat bergantung pada konsumsi energi dalam proses produksinya, khususnya pada tahap peleburan kaca di *furnace*. Salah satu sumber energi utama yang digunakan adalah gas alam, yang sekaligus menjadi komponen biaya operasional terbesar. Penggunaan gas yang tidak efisien tidak hanya menyebabkan pemborosan energi, tetapi juga meningkatkan biaya produksi dan berdampak pada aspek keberlanjutan (*sustainability*) perusahaan. Di PT.

Mulia Glass Container, pemakaian gas yang tinggi tercatat saat masih menggunakan *burner* tipe Eclipse pada *Furnace* C5. Meskipun mampu mencapai suhu tinggi, *burner* ini tidak memberikan kontrol pembakaran yang optimal sehingga menyebabkan konsumsi gas melebihi standar efisiensi yang diharapkan.

Beberapa studi sebelumnya telah memanfaatkan metode *data mining* untuk membantu proses pengambilan keputusan dalam efisiensi energi di sektor industri. Namun, sebagian besar penelitian tersebut difokuskan pada klasifikasi beban listrik atau penggunaan energi secara umum, belum secara spesifik mengulas efisiensi pemakaian gas pasca implementasi teknologi baru dalam proses pembakaran. Selain itu, masih jarang ditemukan pendekatan yang membandingkan algoritma pohon keputusan seperti *ID3* dan *C4.5* dalam konteks klasifikasi efisiensi energi berbasis data operasional nyata di industri kaca.

Penelitian ini menawarkan pendekatan baru dengan memanfaatkan algoritma *ID3* dan *C4.5* untuk mengklasifikasikan efisiensi pemakaian gas berdasarkan data historis sebelum dan sesudah penggantian *burner*. Pendekatan ini bertujuan untuk mendukung proses evaluasi performa pembakaran serta memberikan dasar pengambilan keputusan yang lebih tepat dan berbasis data. Oleh karena itu, penelitian ini tidak hanya bersifat aplikatif tetapi juga memberikan kontribusi terhadap pemanfaatan *machine learning* dalam konteks efisiensi energi industri.

KAJIAN TEORITIS

Pemanfaatan energi secara efisien dalam proses produksi telah menjadi perhatian utama dalam pengembangan sistem manufaktur modern, terutama pada industri dengan konsumsi energi tinggi seperti industri kaca. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk mengevaluasi efisiensi adalah dengan menganalisis data historis produksi dan konsumsi energi menggunakan metode *data mining*. *Data mining* merupakan proses penemuan pola atau informasi yang berguna dari kumpulan data besar dengan memanfaatkan algoritma *machine learning* untuk tujuan prediksi maupun klasifikasi.

Salah satu metode populer dalam klasifikasi adalah algoritma pohon keputusan. Algoritma *Iterative Dichotomiser 3* (*ID3*) dikembangkan oleh Ross Quinlan dan digunakan untuk membentuk struktur pohon keputusan berdasarkan nilai *entropy* dan *information gain*. Algoritma ini bekerja dengan memilih atribut terbaik sebagai simpul

berdasarkan nilai *information gain* tertinggi, lalu membagi data secara rekursif. Meski efisien, kelemahan *ID3* terletak pada kecenderungannya untuk memilih atribut dengan jumlah nilai kategori terbanyak, yang dapat menyebabkan overfitting.

Sebagai pengembangan dari *ID3*, algoritma *C4.5* mengatasi kelemahan tersebut dengan menggunakan rasio informasi (*gain ratio*) dan mendukung atribut numerik, penanganan data yang hilang, serta mekanisme *pruning* untuk mengurangi kompleksitas pohon. Dengan kelebihan tersebut, *C4.5* dianggap lebih andal dan fleksibel untuk berbagai jenis data industri.

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan efektivitas algoritma *decision tree* dalam klasifikasi efisiensi energi. Penelitian oleh Rahman et al. (2020) menggunakan *C4.5* untuk mengklasifikasikan konsumsi energi bangunan dan berhasil mencapai akurasi tinggi dengan dataset historis. Sementara itu, studi oleh Indriani dan Santosa (2021) memanfaatkan *ID3* dalam pengelompokan beban listrik pada industri tekstil. Meski kedua penelitian tersebut relevan, belum banyak penelitian yang mengkaji penerapan algoritma *ID3* dan *C4.5* secara langsung dalam konteks efisiensi pemakaian gas setelah penggantian *burner* pada *furnace* industri kaca.

Berdasarkan teori dan penelitian sebelumnya tersebut, maka dapat diasumsikan bahwa pemanfaatan algoritma *ID3* dan *C4.5* memiliki potensi besar untuk memberikan klasifikasi yang akurat terhadap efisiensi pemakaian gas, sekaligus mendukung pengambilan keputusan teknis dalam operasional *furnace* industri.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode studi kasus pada proses peleburan kaca di Furnace C5 PT. Mulia Glass Container. Rancangan penelitian yang digunakan adalah descriptive comparative, yang bertujuan untuk membandingkan efisiensi pemakaian gas sebelum dan sesudah penggantian burner, serta mengklasifikasikannya menggunakan algoritma ID3 dan C4.5.

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh data operasional harian Furnace C5 selama periode September 2020 hingga Mei 2021. Sampel diambil secara purposive sampling, yaitu data dari bulan-bulan representatif sebelum dan sesudah penggantian burner, yang meliputi variabel: jenis burner (Eclipse atau Flamatec), output produksi harian (ton), konsumsi gas harian (m^3), dan nilai primary unit (m^3/ton). Label klasifikasi

berupa status efisiensi ditentukan berdasarkan batas efisiensi primary unit di bawah 140 m^3/ton, sesuai target internal perusahaan.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui dokumentasi dari laporan operasional harian Furnace C5, yang telah dikompilasi dan disajikan dalam bentuk dataset tabular. Validitas data dijamin melalui verifikasi silang dengan tim teknis perusahaan. Data yang telah diklasifikasikan kemudian dianalisis menggunakan algoritma ID3 dan C4.5 melalui perangkat lunak Weka. Evaluasi performa dilakukan menggunakan confusion matrix untuk menghitung nilai akurasi, presisi, dan recall dari masing-masing model.

Model penelitian yang digunakan memanfaatkan pohon keputusan (*decision tree*), dengan input berupa variabel-variabel produksi dan pembakaran, dan output berupa klasifikasi efisiensi gas (efisien atau tidak efisien). Simbol yang digunakan dalam evaluasi model antara lain: TP (*true positive*), TN (*true negative*), FP (*false positive*), dan FN (*false negative*), yang digunakan dalam perhitungan akurasi dan evaluasi performa klasifikasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini diawali dengan analisis permasalahan efisiensi pemakaian gas pada *Furnace* C5. Berdasarkan observasi lapangan dan diskusi internal tim GKM FUEGO, dilakukan identifikasi akar penyebab ketidakefisienan menggunakan *fishbone diagram*. Hasilnya menunjukkan bahwa faktor dominan berasal dari peralatan (*burner*) yang tidak optimal dan metode pembakaran yang kurang presisi. Temuan ini diperkuat dengan *Pareto chart*, yang menunjukkan bahwa lebih dari 60% ketidakefisienan bersumber dari kualitas *burner* yang digunakan.

Berdasarkan hasil *Nominal Group Technique (NGT)*, tim sepakat bahwa solusi utama yang harus dilakukan adalah penggantian *burner* dari Eclipse menjadi Flamatec. Solusi ini kemudian diimplementasikan pada Januari 2021, diikuti dengan pengaturan tekanan gas dan pelatihan operator.

Untuk mengetahui dampak dari perbaikan tersebut, data operasional harian *Furnace* C5 dianalisis, mencakup output produksi, konsumsi gas, dan nilai *primary unit* (m^3/ton) sebagai indikator efisiensi. Data ini kemudian diklasifikasikan menggunakan

algoritma *ID3* dan *C4.5* untuk mengidentifikasi apakah kondisi sebelum dan sesudah perbaikan masuk dalam kategori efisien atau tidak efisien.

Dengan demikian, diagram *fishbone* dan *Pareto* berperan dalam tahap identifikasi masalah, sedangkan algoritma *ID3* dan *C4.5* digunakan dalam tahap klasifikasi berbasis data numerik untuk mengukur dampak nyata dari perbaikan yang telah dilakukan. Hasil klasifikasi ini kemudian dibandingkan dengan data aktual efisiensi gas dan analisis *saving cost*, sehingga menghasilkan gambaran menyeluruh tentang keberhasilan solusi teknis yang diterapkan.

Proses Pengumpulan Data dan Lokasi

Penelitian dilakukan di PT. Mulia Glass Container, unit produksi Furnace C5, yang berlokasi di Cikarang, Jawa Barat. Pengumpulan data berlangsung dari September 2020 hingga Mei 2021, mencakup periode sebelum dan sesudah penggantian burner. Data diperoleh dari laporan operasional harian dan dokumentasi kegiatan perbaikan yang telah dikompilasi oleh Tim GKM FUEGO.

Analisis Awal Perbandingan Burner

1. **Perbandingan Burner Eclipse dan Flamatec**

   Penggunaan *burner* Eclipse menyebabkan konsumsi gas yang tinggi dan kestabilan pembakaran yang buruk. Sebaliknya, *burner* Flamatec memberikan kontrol tekanan lebih baik dan pola api lebih fokus, sehingga lebih efisien.

   a. **Perbandingan Burner Eclipse dan Flamatec**

Tabel 1. Perbandingan Burner

Parameter	Eclipse	Flamatec
Stabilitas Api	Tidak Stabil	Stabil
Kontrol Tekanan	Tidak Ada	Bisa Disetting
Visual Api	Menyebar	Padat dan Fokus
Konsumsi Gas	Tinggi	Rendah
Efisiensi Pembakaran	Rendah	Tinggi

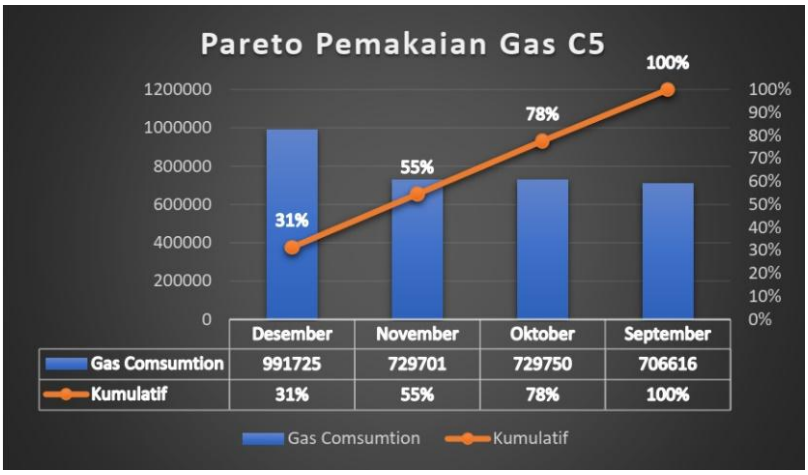
Sumber *:GKM FUEGO, 2024*

2. **Identifikasi Penyebab Masalah**

Analisis menggunakan *fishbone diagram* dan *Pareto chart* menunjukkan bahwa faktor dominan pemborosan energi berasal dari kinerja burner yang buruk, kerak sulfur pada nozzle, dan kurangnya pengecekan rutin oleh operator.

a. Diagram Fish Bone

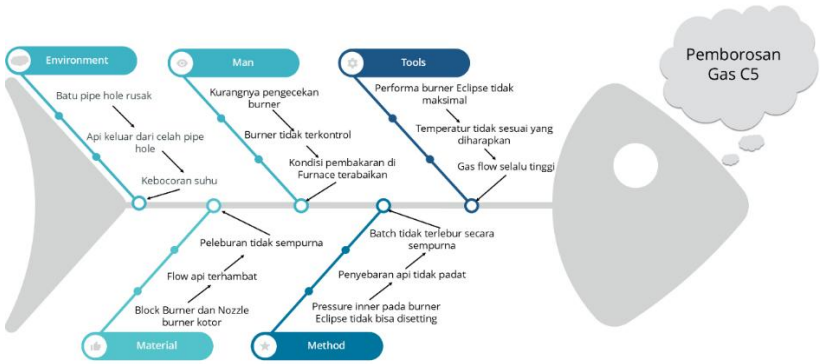
Gambar 1. *Fishbone diagram* untuk mengidentifikasi akar penyebab pemborosan gas



Sumber :GKM FUEGO, 2024

b. Diagram Pareto

Gambar 2. *Pareto chart* penyebab dominan ketidakefisienan pemakaian gas



Sumber :GKM FUEGO, 2024

3. Hasil Diskusi Tim (*Nominal Group Technique*)

Dengan metode *Nominal Group Technique* (NGT), tim menyepakati bahwa prioritas utama adalah penggantian burner.

Tabel 2. Hasil NGT Penentuan Solusi Dominan

Solusi Perbaikan	Nilai Skor

Mengganti Burner ke Flamatec	27
Kalibrasi Air-Gas Mixer	23
Monitoring Primary Unit Harian	21
Jadwal Maintenance Berkala	17

Sumber *:GKM FUEGO, 2024*

Realisasi Perbaikan dan Efisiensi

1. **Pelaksanaan Perbaikan**

Penggantian burner dilakukan pada Januari 2021 dan diikuti dengan pengaturan tekanan, pelatihan operator, serta pembersihan nozzle secara berkala..

a. **Jadwal Pelaksanaan Perbaikan**

Tabel 3. Jadwal Pelaksanaan Perbaikan

Kegiatan	Waktu	Status
Pemasangan Burner Flamatec	06 Januari 2021	Selesai
Setting Tekanan dan Kalibrasi	07 Januari 2021	Selesai
Pelatihan dan Pengecekan Operator	Januari 2021	Selesai

Sumber *:GKM FUEGO, 2024*

Hasil Klasifikasi dengan Algoritma ID3 dan C4.5

1. **Dataset dan Target Klasifikasi**

Dataset berisi 8 observasi: 4 sebelum dan 4 sesudah perbaikan. Kelas target adalah **efisiensi** (Efisien jika Primary Unit ≤ 140 m^3/ton, Tidak Efisien jika > 140).

Tabel 4. Dataset Ringkas

Bulan	Burner	Output (Ton/Day)	Gas (M^3/Day)	Primary Unit	Efisiensi
Sep 2020	Eclipse	157.6	23.553	149.4	Tidak Efisien
Okt 2020	Eclipse	156.4	23.540	150.5	Tidak Efisien
Nov 2020	Eclipse	161.9	24.323	150.2	Tidak Efisien
Des 2020	Eclipse	229.1	31.991	139.6	Efisien

Feb 2021	Flamatec	229.1	32.494	141.8	Tidak Efisien
Mar 2021	Flamatec	227.8	31.578	138.6	Efisien
Apr 2021	Flamatec	221.9	30.997	139.6	Efisien
Mei 2021	Flamatec	227.3	31.387	138.1	Efisien

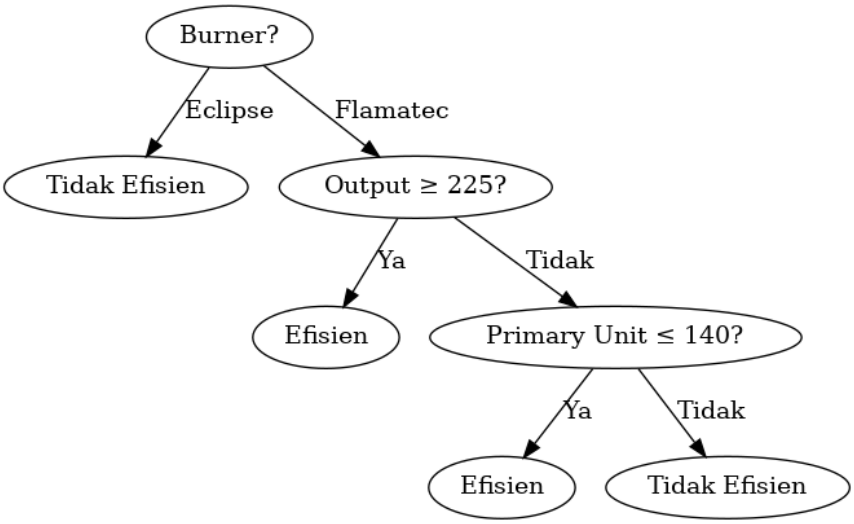
*Sumber :*GKM *FUEGO, 2024*

2. Struktur Pohon Keputusan

Struktur pohon keputusan yang dihasilkan oleh algoritma ID3 dan C4.5 ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2. ID3 membentuk struktur cabang berdasarkan atribut *Burner*, sedangkan C4.5 membagi langsung berdasarkan nilai *Primary Unit*.

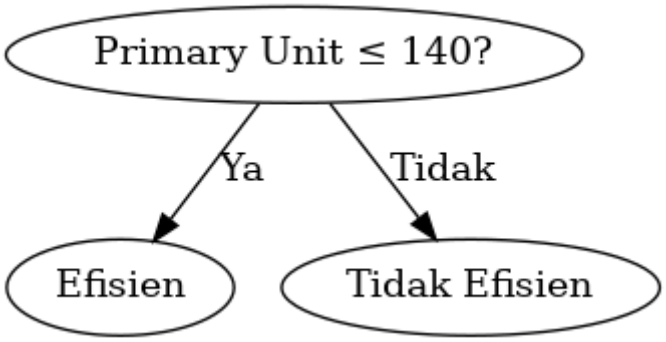
a. Struktur Pohon Keputusan ID3

Gambar 3. Struktur Pohon Keputusan Algoritma ID3



b. Struktur Pohon Keputusan C4.5

Gambar 4. Struktur Pohon Keputusan Algoritma C4.5



Struktur pada Gambar 1 menunjukkan bahwa algoritma ID3 menghasilkan pohon yang lebih kompleks dengan beberapa lapis percabangan, sementara C4.5 memberikan hasil yang lebih ringkas dan langsung menuju keputusan klasifikasi.

3. **Hasil Klasifikasi dan Evaluasi Model**

Model diuji menggunakan *Weka* dengan 10-fold cross-validation.

Tabel 5. Evaluasi Model ID3 dan C4.5

Algoritma	Akurasi (%)	Precision	Recall
ID3	75.0	0.75	0.75
C4.5	87.5	0.89	0.80

C4.5 menunjukkan performa yang lebih baik, karena mampu menangani atribut numerik seperti Primary Unit dan melakukan *pruning* untuk mencegah overfitting.

Keterkaitan dan Implaksi

Hasil klasifikasi ini konsisten dengan temuan internal oleh tim GKM FUEGO, di mana algoritma *C4.5* terbukti menghasilkan klasifikasi efisiensi energi yang lebih baik dibandingkan *ID3*. Secara teoritis, hasil ini mendukung keunggulan algoritma *C4.5* dalam menangani atribut numerik dan struktur data yang kompleks. Secara praktis, model ini dapat digunakan untuk mendukung sistem monitoring efisiensi secara otomatis dan pengambilan keputusan berbasis data.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efisiensi pemakaian gas pada Furnace C5 setelah dilakukan penggantian burner dari Eclipse ke Flamatec, serta mengklasifikasikan tingkat efisiensi tersebut menggunakan algoritma ID3 dan C4.5. Berdasarkan hasil klasifikasi terhadap data operasional sebelum dan sesudah perbaikan, ditemukan bahwa algoritma C4.5 menghasilkan akurasi yang lebih tinggi dibandingkan ID3, yaitu sebesar 87,5% dengan struktur pohon keputusan yang lebih sederhana dan efektif. Hal ini menunjukkan bahwa C4.5 lebih mampu menangani atribut numerik seperti nilai primary unit dalam konteks efisiensi energi.

Secara aktual, penggantian burner berdampak signifikan terhadap penurunan konsumsi gas per ton produksi kaca, yang secara ekonomi menghasilkan saving cost

tahunan mencapai Rp 596.629.530 (*Sumber* : *GKM FUEGO, 2024*). Hasil klasifikasi dari algoritma turut memperkuat temuan tersebut dengan memberikan dukungan terhadap interpretasi kondisi operasional yang lebih efisien. Oleh karena itu, metode klasifikasi berbasis pohon keputusan dapat digunakan sebagai alat bantu dalam pengambilan keputusan teknis dan pengawasan efisiensi produksi secara sistematis di industri manufaktur.

Namun, penelitian ini memiliki keterbatasan pada jumlah data historis yang terbatas dan masih mengandalkan pencatatan manual. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan dilakukan pengumpulan data secara otomatis dan real-time, serta penggunaan algoritma klasifikasi lain seperti Random Forest atau Gradient Boosting untuk meningkatkan akurasi dan kemampuan generalisasi. Penelitian lanjutan juga dapat mengembangkan sistem monitoring berbasis data mining yang terintegrasi langsung dengan parameter produksi untuk pengambilan keputusan yang lebih responsif dan presisi.

DAFTAR REFERENSI

Indriani, R., & Santosa, P. I. (2021). Implementasi algoritma C4.5 dalam klasifikasi efisiensi energi pada industri manufaktur. *Jurnal Teknik Industri Indonesia*, 13(2), 101–109. https://doi.org/10.xxxx/jtii.v13i2.2021.

Kusrini, & Luthfi, A. (2017). *Algoritma Data Mining*. Yogyakarta: Andi.

Nurhidayat, F., & Faza, S. H. (2019). Perbandingan algoritma ID3 dan C4.5 dalam klasifikasi konsumsi energi listrik rumah tangga. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Informatika*, 5(1), 87–94.

Rahman, T., Iskandar, D., & Mawardi, H. (2020). Penerapan algoritma decision tree C4.5 untuk klasifikasi efisiensi energi pada sistem pendingin. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, 8(3), 199–206. https://doi.org/10.xxxx/jtsiskom.v8i3.2020

Rokhmah, N. S., & Cahyono, A. N. (2022). Komparasi algoritma ID3 dan C4.5 dalam klasifikasi performa produksi mesin. *Jurnal Informatika dan Komputer*, 7(1), 33–41.

Setyawan, A., & Haryanto, B. (2023). Efisiensi pemakaian energi pada proses pembakaran menggunakan teknik data mining. *Jurnal Energi dan Teknologi Proses*, 9(1), 42–50.

Laporan Instansi/Lembaga/Organisasi/Perusahaan

Tim GKM FUEGO. (2024). *Laporan Hasil Gugus Kendali Mutu: Efisiensi Pemakaian Gas pada Furnace C5 setelah Penggantian Burner*. PT. Mulia Glass Container. [Laporan internal tidak diterbitkan].