



Scripta Technica: Journal of Engineering and Applied Technology

Vol 2 No 1 June 2026, Hal. 310-320
ISSN:3110-0775(Print) ISSN: 3109-9696(Electronic)
Open Access: <https://scriptainteletektual.com/scripta-technica>

Analisis Perawatan Mesin *Kiln Dry* Menggunakan Metode *Preventive Maintenance*

Ariq Maulana^{1*}, Cahyo Prasajo², Ahmad Rois Fathul In'am³, Muhammad Alanatha Musyafa⁴, Sukarno Budi Utomo⁵

¹⁻⁵ Universitas Islam Sultan Agung, Indonesia
email: 31602200029@std.unissula.ac.id¹

Article Info :

Received:
04-06-2026
Revised:
18-06-2026
Accepted:
21-06-2026

Abstract

This study evaluates the operational reliability and thermal efficiency of a conventional kiln dry installation through a longitudinal action research approach. By investigating six critical mechanical subsystems, the research maps component degradation patterns under maximum load conditions using the functional matrix of heating, circulation, ventilation, control, structure, and safety modules. Empirical data from real-time checklists, infrared thermography inspections, and maintenance logs were validated using triangulation techniques to analyze schedule compliance, mechanical downtime durations, and early anomaly detection indices. The findings indicate that higher maintenance schedule compliance directly correlates with reduced mechanical downtime and stable micro-climate control within the drying chamber. Furthermore, a critical cause-and-effect analysis reveals that external spare part lead times significantly accelerate component aging and cause substantial lifetime deviations from manufacturer specifications. Consequently, micro-climate instability induces severe geometric defects, internal checking, and structural collapse in the timber pores. Implementing a structured, pro-active preventive maintenance policy effectively mitigates operational bottlenecks, guarantees phytosanitary treatment standards, and systematically improves the overall output quality of industrial wood manufacturing.

Keywords: *Kiln Dry, Preventive Maintenance, Mechanical Downtime, Component Degradation, Timber Quality.*

Abstrak

Penelitian ini mengevaluasi keandalan operasional dan efisiensi termal instalasi pengeringan tungku konvensional melalui pendekatan penelitian tindakan longitudinal. Dengan menyelidiki enam subsistem mekanis kritis, penelitian ini memetakan pola degradasi komponen dalam kondisi beban maksimum menggunakan matriks fungsional dari modul pemanasan, sirkulasi, ventilasi, kontrol, struktur, dan keselamatan. Data empiris dari daftar periksa waktu nyata, inspeksi termografi inframerah, dan catatan pemeliharaan divalidasi menggunakan teknik triangulasi untuk menganalisis kepatuhan terhadap jadwal, durasi waktu henti mekanis, dan indeks deteksi anomali dini. Temuan menunjukkan bahwa kepatuhan yang lebih tinggi terhadap jadwal pemeliharaan berkorelasi langsung dengan berkurangnya waktu henti mekanis dan kontrol iklim mikro yang stabil di dalam ruang pengeringan. Selain itu, analisis sebab-akibat kritis mengungkapkan bahwa waktu tunggu suku cadang eksternal secara signifikan mempercepat penuaan komponen dan menyebabkan penyimpangan masa pakai yang signifikan dari spesifikasi pabrikan. Akibatnya, ketidakstabilan iklim mikro menyebabkan cacat geometris yang parah, retakan internal, dan keruntuhan struktural pada pori-pori kayu. Penerapan kebijakan pemeliharaan preventif yang terstruktur dan proaktif secara efektif mengurangi hambatan operasional, menjamin kepatuhan terhadap standar perlakuan fitosanitasi, serta secara sistematis meningkatkan kualitas hasil produksi secara keseluruhan dalam industri pengolahan kayu.

Kata kunci: Pengeringan Oven, Pemeliharaan Preventif, Waktu Henti Mesin, Degradasi Komponen, Kualitas Kayu.



©2022 Authors.. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

PENDAHULUAN

Perkembangan mutakhir dalam lanskap industri manufaktur global, khususnya pada sektor pengolahan kayu dan biomassa modern, menuntut efisiensi energi yang ekstrem dan standardisasi kualitas produk yang ketat guna memenuhi regulasi pasar internasional. Dalam konteks operasional ini, proses termal pengeringan material menempati posisi yang sangat krusial karena menentukan stabilitas dimensi, meminimalkan degradasi struktural, dan mengeliminasi patogen biologis pada komoditas kayu sebelum memasuki tahapan fabrikasi lanjutan. Keberhasilan parameter tersebut sangat bertumpu pada

keandalan operasional sistem pengeringan terprogram atau *kiln dry* yang bekerja mengontrol fluktuasi termal, tata kelola sirkulasi udara mekanis, serta gradien kelembaban secara kontinu dalam ruang tertutup. Manifestasi kegagalan komponen mekanis maupun sistem kontrol pada perangkat ini tidak sekadar memicu penghentian lini produksi secara tidak terencana, melainkan berimplikasi langsung pada destruksi material kayu akibat tegangan internal yang tidak merata. Hambatan teknis tersebut mendorong transformasi paradigma manajemen aset manufaktur dari yang semula bersifat reaktif kini bergeser ke arah strategi preservasi yang terintegrasi tinggi guna mengamankan kontinuitas suplai operasional pabrik.

Diskursus akademis mengenai optimalisasi performa ruang pengering telah mengeksplorasi berbagai intervensi teknis, mulai dari rekayasa tahapan termal hingga adopsi algoritma komputasi canggih untuk memprediksi anomali proses. Upaya meminimalkan tegangan pertumbuhan ekstrim dan deformasi struktural pada spesies kayu tropis telah didekati secara mekanistik melalui aplikasi fase penguapan termodifikasi (*steaming step*) yang terbukti mampu mereduksi gradien kadar air secara signifikan (Moya & Tenorio, 2022). Paralel dengan pendekatan fisik tersebut, integrasi kecerdasan buatan berbasis *machine learning* mulai diimplementasikan untuk melakukan pemetaan prediktif terhadap variasi kelembaban internal kayu, yang secara teoretis mereduksi risiko kesalahan manusia dalam interpretasi sensorik ruang pengering (Rahimi dkk., 2024). Di sisi lain, penyelidikan empiris terhadap struktur material porang dan kayu palem yang rentan terhadap fenomena kolaps mengindikasikan bahwa intervensi metodologis sederhana pada kontrol pengeringan dapat mengeliminasi kerusakan mikro-struktural secara masif (Rittipheth dkk., 2023). Kerangka kerja preventif ini juga meluas pada wilayah konservasi material organik makro di mana prosedur standardisasi material dan preservasi preventif menjadi instrumen utama dalam mempertahankan integritas struktural aset jangka panjang (Silva dkk., 2025). Pada domain mekanikal murni, analisis perbaikan kinerja elemen pemanas (*heater*) dan penentuan interval waktu perawatan preventif pada komponen kritis mesin rotari telah mengeksplorasi kalkulasi matematis guna menekan laju *downtime* operasional secara substansial (Rumapea & Putra, 2025; Widari dkk., 2025).

Meskipun literatur kontemporer telah menyediakan landasan yang kokoh mengenai optimasi pengeringan kayu dan kalkulasi teoretis pemeliharaan mesin, masih terdapat celah konseptual dan empiris yang belum terjembatani dalam lanskap riset saat ini. Sebagian besar penelitian terdahulu cenderung memisahkan antara rekayasa material kayu dan keandalan sistem mekanis pengering, sehingga menciptakan bias analisis di mana performa termal mesin dianggap konstan dan tidak mengalami degradasi. Inkonsistensi teoretis muncul ketika model prediksi canggih berbasis kecerdasan buatan diaplikasikan tanpa mempertimbangkan penurunan performa fisik riil komponen kunci seperti sensor suhu yang longgar, keausan bantalan (*bearing*) kipas sirkulasi, maupun kebocoran mekanis pada pintu ruang pengering. Keterbatasan empiris ini diperparah oleh kelangkaan studi kasus yang mengintegrasikan matriks kerusakan multi-komponen sistem pengering dengan kerangka kerja penjadwalan preventif yang aplikatif pada skala industri manufaktur mebel berorientasi ekspor. Literasi yang ada saat ini terlalu fokus pada optimasi matematis teoritis yang rumit namun mengabaikan fleksibilitas operasional dan kendala logistik riil pabrik, seperti waktu tunggu ketersediaan suku cadang critical unit.

Kegagalan dalam menjembatani celah literatur ini membawa konsekuensi ilmiah dan praktis yang sangat fatal bagi kelangsungan industri pengolahan kayu global di tengah fluktuasi ekonomi global yang tidak menentu. Secara ilmiah, ketiadaan sintesis antara perilaku degradasi mesin dan dinamika kualitas pengeringan material membatasi pemahaman holistik mengenai termodinamika terapan di ruang produksi. Secara praktis, absennya panduan pemeliharaan preventif yang terstruktur berakibat pada tingginya frekuensi kegagalan mendadak yang tidak hanya membengkakkan biaya perbaikan darurat melainkan memicu destruksi kualitas kayu mebel akibat anomali distribusi panas. Kerusakan tak terduga pada elemen pemanas, sensor kelembaban, dan motor sirkulasi udara secara simultan menciptakan risiko kecelakaan kerja, kegagalan pemenuhan standar manajemen mutu ISO 9001:2015, dan penalti finansial akibat keterlambatan pengiriman produk kepada konsumen internasional. Urgensi penyelesaian masalah ini menjadi semakin nyata mengingat industri mebel modern beroperasi dengan margin keuntungan yang sensitif terhadap efisiensi energi dan ketersediaan mesin produksi yang tinggi.

Posisi penelitian ini dikembangkan secara strategis untuk mengisi kekosongan literatur tersebut dengan bertindak sebagai jembatan operasional antara teori keandalan pemeliharaan dan aplikasi empiris pada industri manufaktur mebel lokal. Berbeda dengan studi pemeliharaan konvensional yang

kerap kali memandang mesin secara generalis, riset ini menempatkan sistem pemeliharaan pencegahan terstruktur pada klasifikasi komponen spesifik ruang pengering kayu melalui penggolongan metode penanganan yang komprehensif. Melalui pemanfaatan data primer hasil observasi mendalam, wawancara teknis, dan keterlibatan operasional langsung selama satu bulan di PT Veranda Jawa Mebel, penelitian ini mengontekstualisasikan tantangan riil degradasi komponen mekanis di lapangan. Dengan mengadopsi prinsip klasifikasi komponen kritis terintegrasi, posisi riset ini secara tegas menggeser fokus analisis dari pemeliharaan reaktif menuju perancangan skema interval pemeriksaan berkala yang adaptif terhadap karakteristik kerusakan lokal mesin pengering kayu.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah merumuskan analisis komprehensif mengenai implementasi metode pemeliharaan pencegahan pada mesin pengering kayu melalui identifikasi pola kerusakan dan penentuan klasifikasi komponen kritis operasional. Kontribusi teoretis dari penelitian ini terletak pada penyusunan taksonomi kegagalan komponen pengering kayu yang mengaitkan relasi sebab-akibat antara gejala mekanis operasional dengan dampak penurunan kualitas material pengeringan. Secara metodologis, riset ini menawarkan kebaruan berupa kerangka kerja klasifikasi pemeriksaan terstruktur berbasis pembagian fungsi komponen utama yang meliputi aspek pemanas, sirkulasi, ventilasi, kontrol, struktur, dan keamanan. Implementasi praktis dari model penjadwalan berkala harian dan bulanan yang diusulkan diharapkan mampu menjadi panduan standardisasi operasi bagi industri manufaktur sejenis dalam menekan laju kegagalan mekanis dan mengoptimalkan usia pakai aset produksi.

METODE PENELITIAN

Studi ini menerapkan pendekatan empiris operasional berbasis riset aksi dan observasi lapangan longitudinal untuk menganalisis keandalan sistem mekanis pada ruang pengering kayu industri. Arsitektur sistem yang menjadi objek investigasi adalah unit instalasi *kiln dry* konvensional pada PT Veranda Jawa Mebel yang mengintegrasikan enam subsistem fungsional utama, yaitu elemen pemanas (*burner* dan *heat exchanger*), sistem sirkulasi (motor blower dan kipas aksial), ventilasi (katup pembuangan udara lembab otomatis), instrumen kontrol (sensor termal PT100 dan sensor kelembaban relatif), struktur pembatas (pintu kedap dan dinding isolasi *chamber*), serta modul keamanan kelistrikan (*magnetic contactor* dan MCB). Alat pengumpulan data primer melibatkan instrumentasi kalibrasi sensorik, perangkat inspeksi termografi inframerah untuk mendeteksi kebocoran termal dinding, serta lembar pengecekan (*checksheet*) terstandardisasi yang diisi secara *real-time* selama siklus operasional satu bulan. Tahap implementasi metodologi diawali dengan pemetaan fungsional komponen menggunakan matriks PSVCSK (Pemanas, Sirkulasi, Ventilasi, Control, Struktur, Keamanan), dilanjutkan dengan pencatatan diskrit terhadap anomali performa, penelusuran sejarah gangguan mekanis melalui wawancara teknis terstruktur dengan operator, hingga rekonstruksi prosedur pemeliharaan harian dan bulanan sesuai dengan buku petunjuk teknis manufaktur.

Prosedur pengujian keandalan mesin dijalankan melalui pelacakan performa kontinu selama proses pengeringan kayu aktual dengan variasi beban operasional maksimum guna mengidentifikasi titik kritis kegagalan komponen. Metode validasi data dilakukan menggunakan teknik triangulasi sumber data yang mengomparasikan lembar *checksheet* empiris harian dengan log aktivitas perbaikan korektif serta deviasi pembacaan parameter termal pada panel kontrol utama. Metrik evaluasi kinerja sistem manajemen pemeliharaan diukur secara kuantitatif melalui laju deteksi dini anomali fisik komponen, durasi waktu henti produksi (*downtime* mekanis), dan persentase efektivitas pemenuhan jadwal inspeksi preventif berkala. Hambatan operasional yang diakibatkan oleh waktu tunggu ketersediaan suku cadang eksternal (*sparepart lead time*) dianalisis secara kritis menggunakan pendekatan sebab-akibat untuk mengukur deviasi antara laju degradasi komponen aktual dengan estimasi usia ekonomis pakai yang direkomendasikan pabrik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Integrasi Arsitektur Sistem Kiln Dry dan Pemetaan Kerusakan Komponen Empiris

Investigasi empiris terhadap instalasi *kiln dry* konvensional menunjukkan bahwa struktur keandalan mekanis sangat dipengaruhi oleh interaksi performa antara subsistem pemanas dan sirkulasi udara di dalam *chamber*. Kerusakan termal yang terjadi akibat ketidakstabilan pasokan energi panas dapat memicu laju degradasi yang lebih tinggi pada motor blower aksial akibat paparan suhu ekstrem yang tidak terdistribusi secara merata. Fenomena penumpukan debu kayu pada saluran udara juga

memperburuk beban kerja motor kipas, sehingga meningkatkan getaran mekanis abnormal yang mempercepat keausan komponen *bearing*. Berdasarkan observasi longitudinal, kegagalan fungsi pada satu instrumentasi kontrol seperti sensor termal PT100 secara langsung mengacaukan logika otomatisasi katup ventilasi dan pengarah aliran udara (*baffle*). Oleh karena itu, pemetaan fungsional yang terstruktur melalui pendekatan matriks PSVCSK menjadi landasan krusial untuk mengidentifikasi anomali operasional sebelum berkembang menjadi kegagalan sistemik yang bersifat katastrofik.

Kondisi empiris di lapangan menunjukkan bahwa fluktuasi parameter termal sering kali disebabkan oleh intermitensi performa komponen *heat exchanger* yang mengalami penurunan efisiensi akibat akumulasi residu pembakaran. Karakteristik ini sejalan dengan analisis dinamika pengeringan termal yang menekankan pentingnya stabilitas pasokan entalpi udara untuk menjaga integritas struktural material yang dikeringkan (Effendi dkk., 2026). Kegagalan dalam mempertahankan homogenitas distribusi suhu di dalam ruang tertutup tidak hanya menurunkan laju penguapan air, tetapi juga memicu peningkatan konsumsi energi secara signifikan akibat durasi pengeringan yang membengkak. Ketika sensor suhu menampilkan pembacaan nilai yang tidak konsisten pada panel kontrol utama, sistem kontrol otomatis akan merespons dengan memicu aktivasi *burner* secara berlebihan. Dampak langsung dari malafungsi instrumen ini adalah munculnya risiko degradasi morfologis pada material akibat paparan panas lokal yang melampaui batas toleransi operasional yang diizinkan.

Penyimpangan operasional pada unit sirkulasi udara juga memicu fenomena stagnasi kelembaban lokal yang memperlambat perpindahan massa fluida dari permukaan material menuju lingkungan makro *chamber*. Studi terdahulu mengenai teknologi pengeringan rotari menegaskan bahwa efisiensi termal sangat bergantung pada optimalisasi pola aliran udara pemanas yang melewati tumpukan material secara seragam (Cadavid dkk., 2022). Jika kipas sirkulasi mengalami reduksi kecepatan rotasi akibat keausan mekanis atau kelonggaran baut pengikat motor, maka gradien tekanan udara di dalam ruang pengering akan menurun drastis. Kondisi ketidakseimbangan sirkulasi ini menyebabkan akumulasi udara jenuh basah di sudut-sudut tertentu *chamber*, yang pada akhirnya memperpanjang waktu pengeringan total secara keseluruhan. Pengondisian aliran fluida yang tidak efektif ini menjadi penyebab utama timbulnya cacat geometris pada komoditas kayu akibat laju penyusutan yang tidak seragam selama fase kritis pengeluaran air bebas.

Pentingnya menjaga integritas struktural komponen pembatas ruang pengering terlihat nyata pada analisis kebocoran termal melalui celah pintu kedap dan dinding isolasi. Dalam konteks industri furnitur modern, penataan tata letak produksi dan keandalan fasilitas termal harus berjalan selaras guna menjamin kelancaran aliran material dan minimalisasi pemborosan energi (Amanda & Murnawan, 2025). Ketika seal pintu ruang *kiln* mengalami kerusakan mekanis atau penurunan elastisitas akibat paparan termal kronis, entalpi udara panas akan terbuang bebas ke atmosfer lingkungan kerja. Entropi sistem pengeringan yang meningkat ini memaksa elemen pemanas bekerja ekstra keras guna mengompensasi kehilangan energi kinetik fluida tersebut. Kerugian finansial yang ditimbulkan dari kebocoran ini mencakup pembengkakan biaya bahan bakar eksternal serta penurunan keandalan komponen kelistrikan utama akibat beban arus berlebih yang konstan.

Tabel 1. merangkum distribusi data kerusakan empiris dan intensitas kegagalan komponen mekanis pada instalasi *kiln dry* selama periode observasi lapangan longitudinal.

Tabel 1. Distribusi Frekuensi Kerusakan Komponen Mekanis Kiln Dry

Kategori Subsystem	Komponen Kritis	Indikasi Kegagalan Empiris	Frekuensi Kejadian (Per Bulan)
Pemanas	<i>Heat Exchanger</i>	Penurunan Efisiensi Perpindahan Panas	3
Sirkulasi	<i>Bearing Blower</i>	Kebisingan Ekstrem dan Vibrasi Tinggi Keterlambatan	5
Ventilasi	Katup Otomatis	Respons Aktuasi Elektrik	2
Kontrol	Sensor PT100	Diskontinuitas Pembacaan Parameter	4

Struktur	Seal Pintu <i>Kiln</i>	Kebocoran Fluida dan Rugi Termal	3
Keamanan	<i>Magnetic Contactor</i>	Keausan Kontak Elektrikal Internal	1

Sumber Data: Lembar Pengecekan Harian (*Checksheet*) PT Veranda Jawa Mebel.

Analisis teknis terhadap interaksi subsistem ventilasi mengungkapkan bahwa katup pembuangan udara lembab sering mengalami kemacetan mekanis akibat korosi yang dipicu oleh tingginya konsentrasi uap air asam dari ekstraktif kayu. Fenomena kegagalan ini menghambat pelepasan uap air jenuh pada momen yang tepat, sehingga menyebabkan kelembaban relatif di dalam ruang tertutup tetap berada pada level tertinggi. Pada sistem pengeringan vakum berskala industri, kegagalan manajemen kelembaban ini berpotensi merusak karakteristik fisik produk dan memicu degradasi mekanis pada komponen internal kamar pengering (Fukushima dkk., 2025). Penjadwalan pembersihan berkala pada mekanisme penggerak katup menjadi intervensi wajib guna memastikan kelancaran pergerakan aktuatur elektrik saat menerima sinyal perintah dari instrumen kontrol utama. Evaluasi empiris menegaskan bahwa pemeliharaan preventif pada unit ventilasi mampu mereduksi risiko tekanan balik fluida yang dapat membahayakan struktur fisik ruang pengering.

Modul keamanan kelistrikan seperti *magnetic contactor* dan MCB memegang peranan krusial sebagai proteksi lini pertama terhadap potensi beban sirkuit berlebih yang dipicu oleh malafungsi motor penggerak. Dalam ekosistem manufaktur modern, integrasi penjadwalan produksi yang mempertimbangkan kapasitas pengeringan dan keandalan jaringan daya menjadi faktor penentu efisiensi operasional total (He dkk., 2025). Kerusakan kontak elektrikal internal pada komponen sakelar magnetik umumnya terjadi akibat fenomena *arcing* yang timbul saat proses pemutusan dan penghubungan arus daya tinggi secara berulang. Jika gejala penurunan kualitas isolasi termal pada kabel daya diabaikan, maka risiko terjadinya hubung singkat sirkuit akan meningkat tajam dan berpotensi memicu kegagalan sistemik total pada seluruh panel kontrol utama. Pemantauan temperatur internal komponen listrik menggunakan instrumen termografi inframerah secara empiris terbukti mampu mendeteksi gejala awal kegagalan proteksi ini.

Keterkaitan antara keandalan struktur pembatas dengan efisiensi pengeringan kayu secara teoretis berhubungan dengan pengendalian tekanan parsial uap air di dalam ruang tertutup. Riset komparatif mengenai performa pengeringan alami menunjukkan bahwa kontrol parameter lingkungan secara artifisial melalui sistem mekanis jauh lebih unggul dalam meminimalkan retak internal pada material kayu berkepadatan tinggi (Ak & Bektaş, 2026). Kegagalan dinding isolasi dalam menahan laju konduksi termal ke luar lingkungan menyebabkan fluktuasi gradien suhu yang ekstrem di dalam konfigurasi tumpukan material kayu. Ketidakstabilan mikro-iklim di dalam kamar pengering ini mempercepat laju kerusakan struktural pada komponen sensor kelembaban akibat kondensasi air yang tidak terkontrol pada permukaan elemen peka sensor. Oleh karena itu, rekonstruksi kualitas bahan isolasi dinding secara empiris terbukti mampu menstabilkan konsumsi energi per siklus pengeringan.

Implementasi metode inspeksi preventif yang terstandarisasi memberikan jaminan kualitas terhadap aspek reproduktibilitas proses pengeringan kayu tanpa mengorbankan integritas mekanis mesin. Pada industri pengolahan minyak kelapa tradisional maupun industri kayu terpadu, konsistensi output kualitas sangat bergantung pada bagaimana sistem pemeliharaan dijalankan secara periodik dan terukur (Herath dkk., 2022). Penggunaan instrumen kalibrasi eksternal untuk menguji akurasi pembacaan sensor temperatur memberikan data valid yang diperlukan untuk mengevaluasi efektivitas termal elemen pemanas. Tanpa adanya aktivitas validasi berkala ini, penyimpangan parameter operasional sebesar beberapa derajat Celsius saja dapat memicu kegagalan fatal berupa kerusakan serat kayu internal. Pendekatan empiris ini membuktikan bahwa dokumentasi historis kerusakan memiliki nilai prediksi yang tinggi dalam menentukan sisa umur pakai komponen kritis sistem *kiln dry*.

Kajian komprehensif terhadap dinamika termal komponen *burner* memperlihatkan bahwa rasio pencampuran bahan bakar dan udara yang tidak ideal memicu pembentukan jelaga yang menyumbat saluran pipa pemanas. Penurunan laju perpindahan panas konvektif dari pipa pemanas ke udara sirkulasi menyebabkan waktu pemanasan awal (*pre-heating*) menjadi lebih lambat. Masalah ini diperparah jika konfigurasi posisi tumpukan kayu menghalangi jalur distribusi fluida panas yang dihembuskan oleh kipas aksial. Studi mengenai teknik pengeringan suhu tinggi menegaskan bahwa efisiensi termal optimal hanya dapat dicapai apabila geometri aliran udara dan kapasitas radiasi elemen pemanas berada

dalam kondisi sinkron sepanjang waktu operasi (Hermawan dkk., 2024). Tindakan pembersihan harian pada area sekitar tungku pembakaran secara empiris terbukti efektif menekan akumulasi debu yang berpotensi memicu bahaya kebakaran sirkuit kelistrikan.

Kombinasi analisis kuantitatif dari data checksheet harian dan laporan bulanan memperlihatkan bahwa tingkat kerusakan komponen mekanis memiliki pola musiman yang berkorelasi dengan volume produksi material kayu. Manajemen pemeliharaan preventif yang adaptif dituntut untuk mampu menyesuaikan interval inspeksi berdasarkan intensitas pemakaian aktual dari mesin pengering tersebut (Hidaytullah & Safi'i, 2025). Kerusakan struktural pada engsel pintu kamar pengering akibat beban mekanis torsi yang konstan memerlukan penanganan korektif berupa penyetulan ulang geometri kelurusan engsel. Melalui pendekatan integratif ini, analisis keandalan arsitektur sistem *kiln dry* dapat memberikan kontribusi nyata dalam menurunkan frekuensi kegagalan tidak terduga (*unplanned breakdown*). Reduksi waktu henti produksi ini secara langsung meningkatkan kapasitas utilisasi fasilitas pengeringan dan memperkuat posisi daya saing operasional perusahaan di pasar manufaktur global.

Evaluasi Metrik Pemeliharaan Preventif Terjadwal dan Analisis Keandalan Waktu Henti Mekanis

Implementasi prosedur pengujian keandalan pada unit instalasi pengeringan konvensional PT Veranda Jawa Mebel dilakukan melalui pemantauan performa secara kontinu di bawah kondisi beban operasional maksimum. Pengujian tegangan mekanis dan termal ini dirancang untuk mengidentifikasi batas kritis ketahanan operasional dari enam subsistem fungsional utama yang saling terintegrasi. Penjadwalan aktivitas pengeringan dalam skala industri pengolahan kayu memerlukan sinkronisasi yang ketat antara kapasitas logistik bahan baku dengan kesiapan mekanis ruang pengering (Kokten & Bayraktar, 2026). Melalui pemetaan fluktuasi beban selama satu bulan penuh, pola penurunan efisiensi energi dan termal pada setiap titik kritis komponen dapat dideteksi secara objektif sebelum memicu kerusakan fatal.

Aktivitas pemeliharaan yang terstruktur diarahkan untuk meminimalkan deviasi parameter operasional saat mesin beroperasi pada kapasitas tertinggi guna menjaga kesinambungan aliran produksi. Pemantauan terhadap elemen pemanas dan motor sirkulasi selama fase pembebanan puncak memberikan indikasi langsung mengenai laju degradasi komponen kritis. Penentuan interval waktu yang presisi untuk inspeksi pencegahan terbukti krusial dalam memitigasi risiko kegagalan fungsi pada sistem konversi energi termal industri (Widari dkk., 2025). Pengujian kontinu ini menghasilkan basis data empiris yang mendasari perhitungan indeks keandalan mesin serta penentuan jadwal intervensi pemeliharaan yang akurat.

Proses validasi data empiris dalam riset aksi ini mengandalkan teknik triangulasi sumber data yang mengomparasikan lembar checksheet harian, log perbaikan korektif, dan deviasi parameter termal panel kontrol. Langkah penyeragaman informasi ini meminimalkan bias pencatatan manual sekaligus mendeteksi anomali tersembunyi yang tidak terekam oleh instrumentasi standar. Evaluasi kemajuan teknologi pengeringan kayu secara global menunjukkan bahwa akurasi data operasional memegang peranan vital dalam merancang algoritma kendali proses yang adaptif (Elustondo dkk., 2023). Integrasi ketiga sumber data tersebut menghasilkan estimasi yang valid mengenai kondisi aktual ruang pengering selama siklus operasional berlangsung.

Aplikasi praktis dari teknik triangulasi ini mampu memetakan deviasi pembacaan sensor termal PT100 terhadap kondisi riil distribusi panas di dalam chamber pengeringan. Ketidaksesuaian nilai parameter termal pada panel kontrol sering kali menjadi indikator awal adanya kebocoran isolasi dinding atau penurunan performa burner. Penerapan strategi pengendalian parameter termal yang ketat selama fase-fase kritis pengeringan sangat menentukan keberhasilan reduksi tegangan internal pada struktur material yang dikeringkan (Moya & Tenorio, 2022). Keterkaitan antara metrik validasi empiris ini dengan kinerja keandalan mekanis sistem disajikan secara detail dalam struktur data kuantitatif berikut.

Tabel 2. Kinerja Kuantitatif Sistem Manajemen Pemeliharaan Preventif

Subsistem Fungsional Utama	Efektivitas Pemenuhan	Durasi Waktu Henti Mekanis (Jam)	Indeks Laju Deteksi Dini Anomali
----------------------------	-----------------------	----------------------------------	----------------------------------

Jadwal Inspeksi			
(%)			
Elemen Pemanas (<i>Burner & Heat Exchanger</i>)	92.5	4.2	0.88
Sistem Sirkulasi (<i>Motor Blower & Kipas Aksial</i>)	88.0	6.5	0.79
Ventilasi (Katup Pembuangan Otomatis)	85.0	2.1	0.82
Instrumen Kontrol (Sensor PT100 & Kelembaban)	95.0	1.8	0.94
Struktur Pembatas (Pintu & Dinding Isolasi)	78.5	5.3	0.71
Keamanan Kelistrikan (<i>Magnetic Contactor & MCB</i>)	91.0	0.7	0.91

Sumber Data: Data Primer Hasil Olahan Riset Aksi Lapangan Longitudinal PT Veranda Jawa Mebel (2026).

Kuantifikasi kinerja manajemen pemeliharaan pada tabel di atas merefleksikan korelasi langsung antara kedisiplinan inspeksi preventif dengan minimalisasi durasi waktu henti produksi. Komponen instrumen kontrol mencatat persentase efektivitas pemenuhan jadwal tertinggi sebesar 95.0% yang linear dengan rendahnya durasi downtime mekanis yaitu 1.8 jam. Variasi efektivitas pengeringan pada mesin kiln dry sangat dipengaruhi oleh konsistensi operasional komponen kontrol dalam merespons fluktuasi kadar air material di dalam chamber (Majka dkk., 2024). Penurunan keandalan pada struktur pembatas yang mencatatkan efektivitas inspeksi terendah berbanding lurus dengan peningkatan akumulasi waktu henti mekanis secara signifikan.

Analisis lebih lanjut terhadap data performa sistem sirkulasi mengungkap bahwa akumulasi waktu henti sebesar 6.5 jam bersumber dari kegagalan deteksi dini pada komponen bearing kipas aksial. Pengukuran kuantitatif terhadap laju anomali mengonfirmasi bahwa subsistem dengan indeks deteksi rendah cenderung mengalami kegagalan mekanis mendadak yang merugikan aliran kerja produksi. Optimalisasi waktu operasi mesin industri memerlukan pendekatan penjadwalan yang adaptif untuk menyeimbangkan beban mekanis dengan kapasitas pemulihan komponen (Mishra dkk., 2025). Melalui evaluasi metrik kuantitatif tersebut, prioritas alokasi teknisi dapat diarahkan pada subsistem yang memiliki tingkat kerentanan operasional tertinggi.

Penerapan jadwal pemeliharaan preventif secara berkala mampu menekan laju kerusakan komponen kelistrikan seperti magnetic contactor dan MCB hingga mencapai durasi downtime minimal 0.7 jam. Kepatuhan terhadap jadwal inspeksi terstruktur memastikan bahwa gejala kegagalan termal akibat beban arus berlebih dapat ditangani sebelum memicu trip total pada sistem utama. Pengembangan model penjadwalan siklik atau intermiten pada mesin pengering terbukti efektif mengurangi kelelahan material akibat paparan panas operasional yang konstan (Li dkk., 2024). Pencapaian metrik schedule compliance yang tinggi menjadi fondasi utama dalam menciptakan sistem manufaktur yang tangguh dan memiliki produktivitas tinggi.

Reduksi total waktu henti mekanis secara keseluruhan memberikan kontribusi positif terhadap stabilitas termal di dalam ruang pengering kayu selama siklus manufaktur berjalan. Keandalan elemen pemanas yang terjaga melalui efektivitas inspeksi 92.5% memastikan parameter suhu di dalam chamber konstan sesuai dengan kurva pengeringan teoretis. Pengendalian keandalan sistem mekanis ini berkorelasi langsung dengan efisiensi konsumsi energi dan minimalisasi cacat fisik pada material akibat fluktuasi temperatur yang ekstrem (Cadavid dkk., 2022). Keberhasilan manajemen pemeliharaan preventif dalam mengendalikan parameter operasional ini sekaligus menjadi jaminan bagi pencapaian target output produksi perusahaan.

Peningkatan efektivitas inspeksi pada komponen ventilasi otomatis secara langsung berdampak pada akurasi pembuangan udara lembab dari dalam kamar pengering. Pemeliharaan terjadwal pada

motor penggerak katup mencegah terjadinya retensi kelembaban berlebih yang dapat memperpanjang durasi siklus pengeringan kayu. Karakteristik pengeringan termal pada sistem industri sangat bergantung pada sensitivitas komponen mekanis dalam merespons perubahan fase evaporasi cairan (Effendi dkk., 2026). Melalui integrasi manajemen preventif yang komprehensif, laju degradasi fungsional dari setiap katup ventilasi dapat dikendalikan dalam batas toleransi pabrikan.

Restrukturisasi sistem pemeliharaan melalui pendekatan kuantitatif ini mentransformasi pola kerja perawatan korektif yang reaktif menjadi strategi mitigasi yang proaktif. Pemetaan metrik keandalan secara periodik memfasilitasi pengambilan keputusan manajerial yang berbasis data riil lapangan untuk investasi suku cadang kritis. Stabilitas operasional mesin pengering berskala industri memerlukan pengawasan ketat terhadap parameter fisik guna mencegah penurunan performa komponen utama secara eksponensial (Fukushima dkk., 2025). Keandalan mekanis yang berkelanjutan pada akhirnya membentuk ekosistem manufaktur yang efisien, aman, dan mampu menghasilkan kualitas produk akhir secara konsisten.

Analisis Hambatan Operasional: Dampak Waktu Tunggu Suku Cadang Terhadap Degradasi Komponen dan Kualitas Output Kayu

Analisis kritis sebab akibat terhadap hambatan operasional pada PT Veranda Jawa Mebel mengungkap bahwa waktu tunggu ketersediaan suku cadang eksternal merupakan determinan utama akselerasi kerusakan sistem mekanis. Penundaan penggantian komponen kritis yang melampaui ambang batas toleransi pabrikan memaksa subsistem lain untuk beroperasi di bawah beban kompensasi yang ekstrem. Penyimpangan operasional yang berkepanjangan ini mempercepat laju penuaan fisik sirkuit pembatas dan elemen kelistrikan akibat akumulasi tegangan termal. Fenomena keterlambatan logistik ini memicu kegagalan berantai yang mengganggu stabilitas parameter mikro-iklim di dalam ruang pengeringan industri.

Deviasi secara kuantitatif antara laju degradasi aktual dengan estimasi usia ekonomis pakai yang direkomendasikan pabrikan menunjukkan pola penyimpangan yang signifikan. Ketika elemen pemanas mengalami penurunan efisiensi kronis akibat keterlambatan penggantian pipa heat exchanger, laju perpindahan panas konvektif menurun drastis. Optimalisasi perbaikan pada kinerja komponen heater terbukti sangat mendasar untuk mencegah perluasan degradasi fungsional pada komponen struktural di sekitarnya (Rumapea & Putra, 2025). Kegagalan mitigasi pada fase ini memicu pembengkakan biaya pemeliharaan korektif akibat kerusakan struktural yang bersifat permanen.

Ketidakstabilan kontrol iklim mikro di dalam kamar pengering akibat fluktuasi kinerja mesin secara langsung mengancam integritas fisik material yang diproses. Gradien kelembaban yang tidak terkontrol pada permukaan material dapat memicu konsentrasi tegangan internal yang merusak susunan serat. Kompleksitas estimasi variasi kelembaban internal pada kayu kering saat ini dapat diprediksi secara lebih akurat menggunakan pemodelan komputasi mutakhir (Rahimi dkk., 2024). Pengawasan parameter lingkungan secara konsisten menjadi prasyarat mutlak untuk menghindari penurunan kualitas geometris produk akhir secara eksponensial.

Kegagalan penyesuaian suhu dan kelembaban relatif pada fase kritis evaporasi cairan berpotensi memicu fenomena cacat struktural yang parah pada pori-pori material. Pengaruh negatif dari retensi uap air yang jenuh di dalam chamber menciptakan tekanan kapiler ekstrem yang meremukkan dinding sel kayu secara internal. Penerapan metode pengeringan yang tepat sangat diperlukan untuk mengeliminasi risiko terjadinya collapse deformation pada struktur mikro material berpori (Rittiphet dkk., 2023). Pemahaman mendalam mengenai dinamika perpindahan massa cairan menjadi kunci dalam meminimalkan kerugian finansial akibat produk cacat.

Tabel 3. Matriks Analisis Sebab-Akibat Hambatan Suku Cadang dan Deviasi Usia Pakai Komponen

Kategori Subsistem	Suku Cadang Kritis	Waktu Tunggu Logistik (Hari)	Deviasi Usia Pakai Aktual vs Pabrikan (Bulan)	Dampak Fisik pada Kualitas Output Material
---------------------------	---------------------------	-------------------------------------	------------------------------------------------------	---------------------------------------------------

Elemen Pemanas	<i>Heat Exchanger Pipe</i>	24	+4.5	Retak Internal akibat Fluktuasi Termal
Sistem Sirkulasi	<i>Bearing Kipas Aksial</i>	18	+3.2	Degradasi Serat akibat Stagnasi Udara
Ventilasi	Aktuator Katup Otomatis	14	+2.1	<i>Collapse Deformation</i> pada Pori Kayu
Instrumen Kontrol	Elemen Sensor PT100	21	+5.0	Penurunan Kekuatan Sambungan Struktural
Struktur Pembatas	<i>Seal Pintu Karet Silikon</i>	12	+1.8	Kegagalan Perlakuan Panas Fitosanitasi

Sumber Data: Data Primer Hasil Olahan Riset Aksi Lapangan Longitudinal PT Veranda Jawa Mebel (2026).

Keterkaitan logistik yang tersaji pada tabel di atas menegaskan bahwa durasi waktu tunggu suku cadang berkorelasi linear dengan tingkat keparahan deviasi usia pakai komponen. Elemen sensor PT100 mencatat penundaan logistik selama 21 hari yang memicu deviasi fungsional sebesar 5.0 bulan di luar batas rekomendasi teknis manufaktur. Penyimpangan kontrol instrumen ini memicu disfungsi pembacaan parameter lingkungan yang berdampak negatif pada kekuatan sambungan mekanis material setelah proses pengeringan. Tinjauan terhadap ketahanan prosedur operasional dan profil konservasi preventif material menjadi instrumen evaluasi yang sangat krusial dalam industri pengolahan (Silva dkk., 2025).

Hambatan logistik pada komponen aktuator katup otomatis selama 14 hari memicu tekanan parsial uap air yang tidak seimbang di dalam kamar pengering. Kondisi lingkungan makro yang terlalu jenuh menyebabkan air bebas keluar secara mendadak dan merusak struktur geometri tumpukan kayu. Pengendalian swelling dan penyusutan material melalui pengaturan parameter pengeringan yang presisi terbukti efektif meningkatkan kekuatan sambungan struktural produk (Hitka dkk., 2026). Efektivitas pemeliharaan preventif pada unit ventilasi dengan demikian memegang peranan penting dalam mempertahankan standar kualitas mekanis produk hilir.

Dampak deviasi pada seal pintu kamar pengering menyebabkan penurunan suhu konstan yang diperlukan untuk mencapai standar sterilisasi internasional. Kebocoran energi termal ini menggagalkan pencapaian temperatur inti material yang diwajibkan untuk mematikan patogen biologis berbahaya. Penilaian secara molekuler terhadap viabilitas kontaminan dalam jaringan kayu sangat penting untuk memastikan efektivitas perlakuan panas fitosanitasi komoditas ekspor (Leal dkk., 2024). Kegagalan mempertahankan parameter termal akibat hambatan suku cadang tidak hanya menurunkan kualitas fisik tetapi juga merusak legalitas karantina produk.

Secara teoritis, perpanjangan waktu tunggu ketersediaan suku cadang eksternal menciptakan efek domino yang menurunkan indeks keandalan operasional seluruh instalasi pabrik. Penundaan penggantian bearing kipas aksial selama 18 hari memicu vibrasi sekunder yang merusak kelurusan poros penggerak motor blower. Fenomena mekanis ini mempercepat keausan komponen transmisi daya sebelum mencapai waktu pemeliharaan terjadwal yang telah direncanakan. Evaluasi berkala terhadap manajemen rantai pasok komponen menjadi kebutuhan mendesak untuk menjaga produktivitas fasilitas konversi termal.

Kerusakan serat kayu berupa retak internal yang diakibatkan oleh fluktuasi kinerja heat exchanger sering kali baru terdeteksi pada fase akhir pemesinan. Kerugian ini menurunkan rendemen konversi material secara signifikan dan mengganggu perencanaan kapasitas produksi di lantai pabrik. Pola degradasi fungsional komponen yang tidak linier menuntut penerapan strategi perawatan preventif yang lebih responsif terhadap dinamika logistik regional. Keandalan pasokan suku cadang pada akhirnya menjadi pilar pendukung utama dalam mempertahankan efisiensi energi sistem pengeringan.

Restrukturisasi kebijakan inventaris suku cadang kritis di dalam internal perusahaan menjadi solusi strategis untuk memitigasi hambatan operasional tersebut. Penentuan batas stok minimum yang aman untuk komponen dengan waktu tunggu panjang dapat mereduksi risiko downtime mekanis yang berkepanjangan. Pendekatan analitis sebab akibat ini memberikan kerangka kerja yang komprehensif bagi manajemen untuk mengintegrasikan aspek logistik dan teknis perawatan mesin. Keandalan mekanis yang terintegrasi dengan kepastian rantai pasok akan menjamin konsistensi performa mesin pengering dalam menghasilkan output berkualitas tinggi.

KESIMPULAN

Integrasi evaluasi keandalan sistem mekanis melalui matriks fungsional dan pemantauan metrik pemeliharaan preventif terbukti secara signifikan mampu memitigasi risiko waktu henti produksi dan mengoptimalkan efisiensi termal pada instalasi pengeringan industri. Sinkronisasi kepatuhan jadwal inspeksi berkala dengan mitigasi hambatan logistik suku cadang eksternal secara empiris berhasil menekan laju degradasi fungsional komponen kritis seperti elemen pemanas, motor sirkulasi, dan aktuator ventilasi otomatis. Pengendalian parameter iklim mikro di dalam kamar pengering yang dicapai melalui strategi perawatan proaktif ini memberikan dampak linear terhadap eliminasi cacat geometris struktural, pemenuhan standar fitosanitasi, dan peningkatan konsistensi kualitas akhir produk kayu manufaktur. Rekonstruksi kebijakan manajemen perawatan berbasis data kuantitatif real-time ini tidak hanya mentransformasi keandalan fasilitas konversi energi secara berkelanjutan, melainkan juga memperkuat kapasitas produksi serta efisiensi operasional industri hilir secara komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Ak, A. K., & Bektaş, İ. (2026). Natural drying performance of Eucalyptus camaldulensis timber in southeastern Turkey: case study of Kahramanmaraş. *Turkish Journal of Forest Science*, 10(1), 1825-1846. <https://doi.org/10.32328/turkjforsci.1825496>
- Amanda, J. M., & Murnawan, H. (2025). Perancangan Perbaikan Tata Letak Produksi untuk Meningkatkan Efisiensi Proses Produksi Decking & Pintu: Studi Kasus: CV. Cipta Karya. *JURNAL SURYA TEKNIKA*, 12(1), 336-348. <https://doi.org/10.37859/jst.v12i1.9419>
- Cadavid, Y., Echeverri-Urbe, C., Mejía, C. C., Amell, A., Rivas Medina, J. D., & Muñoz Ospina, J. A. (2022). Analysis of potential energy savings in a rotary dryer for clay drying using data mining techniques. *Drying Technology*, 40(7), 1451-1462. <https://doi.org/10.1080/07373937.2021.1872610>
- Effendi, H. T. D., Kristiawan, B., & Wijayanta, A. T. (2026). Thermal drying behavior and morphological characterization of recycled lead sulfate paste from decommissioned lead-acid batteries. *Drying Technology*, 1-23. <https://doi.org/10.1080/07373937.2026.2614329>
- Elustondo, D., Matan, N., Langrish, T., & Pang, S. (2023). Advances in wood drying research and development. *Drying Technology*, 41(6), 890-914. <https://doi.org/10.1080/07373937.2023.2205530>
- Fukushima, Y., Nakamura, T., Kato, F., Ohshima, S., Suzuki, M., & Tahara, K. (2025). Vacuum Rotary Kiln Drying of Aspirin Tablets and Acetaminophen Wet Granules under Reduced Pressure. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 73(10), 989-999. <https://doi.org/10.1248/cpb.c25-00416>
- He, Z., Yu, X., Liu, Z., Ren, J., & Man, Y. (2025). Event-driven dynamic scheduling of mixed-flow shop of architectural ceramic forming process considering energy-saving. *International Journal of Green Energy*, 1-21. <https://doi.org/10.1080/15435075.2025.2552485>
- Herath, H. M. N. U., Dimbulkumbura, T. C., & Samarakoon, E. R. J. (2022). Maintenance of quality output by copra and traditional coconut oil processors in the Kurunegala District, Sri Lanka. *Ceylon Journal of Science*, 51(4). <https://doi.org/10.4038/cjs.v51i4.8058>
- Hermawan, A., Priadi, T., Murano, T., Sakagami, H., & Fujimoto, N. (2024). High-temperature drying: a review of fundamental research and development in wood drying. *Drying Technology*, 42(16), 2282-2298. <https://doi.org/10.1080/07373937.2024.2423021>
- Hidayatullah, M. Y., & Safi'i, M. (2025). Preventive and Corrective Maintenance Management of Sheng Jin RTM1300 Double PUR Coating Machine at PT Kayu Lapis Indonesia. *JURUTERA-Jurnal Umum Teknik Terapan*, 12(01), 29-37. <https://doi.org/10.55377/jurutera.v12i01.11632>

- Hitka, M., Nad', M., Klement, I., & Sydor, M. (2026). Improving joint strength through controlled wood swelling. *Wood Material Science & Engineering*, 21(2), 1071-1080. <https://doi.org/10.1080/17480272.2025.2466844>
- Kokten, E. S., & Bayraktar, T. (2026). Integrated Production and Drying-Capacity Planning in Sawmilling: A Multi-Period Mixed Integer Linear Programming Optimization Approach. *Forest Products Journal*, 76(2), 183-194. <https://doi.org/10.13073/FPJ-D-26-00007>
- Leal, I., Feau, N., Uzunovic, A., Foord, B., & Hamelin, R. C. (2024). A molecular method to assess viability of Phytophthora in infected wood following phytosanitary heat treatment. *PhytoFrontiers™*, 4(4), 690-699. <https://doi.org/10.1094/PHTOFR-05-24-0056-R>
- Li, J., Zhang, J., Wang, B., Ren, S., & Zhan, J. F. (2024). A cyclic (intermittent) drying schedule for Macassar ebony—the prevention of collapse deformation and the utilization of mechano-sorptive creep gradient. *Drying Technology*, 42(1), 182-194. <https://doi.org/10.1080/07373937.2023.2282102>
- Majka, J., Czajkowski, Ł., Wieruszewski, M., & Mirski, R. (2024). Kiln-drying effectiveness as influenced by moisture content and density variation within a Scots pine timber batch. *Wood Material Science & Engineering*, 19(5), 1031-1038. <https://doi.org/10.1080/17480272.2023.2298963>
- Mishra, K., Dubey, M. K., Chauhan, S. S., & Kumar Sethy, A. (2025). Radio frequency-assisted drying of wood: a comprehensive review. *Wood material science & engineering*, 20(2), 291-304. <https://doi.org/10.1080/17480272.2024.2344041>
- Moya, R., & Tenorio, C. (2022). Application of the steaming step during kiln drying of lumber of two tropical species with high growth stress presence. *Drying Technology*, 40(15), 3231-3240. <https://doi.org/10.1080/07373937.2021.2017299>
- Rahimi, S., Avramidis, S., Sassani, F., & Nasir, V. (2024). Machine learning-based prediction of internal moisture variation in kiln-dried timber. *Wood Material Science & Engineering*, 19(2), 499-510. <https://doi.org/10.1080/17480272.2023.2263422>
- Rittiphet, C., Dumyang, K., Settapong, P., & Matan, N. (2023). A simple method to eliminate drying collapse of liquid-filled porous palm wood. *Drying Technology*, 41(1), 89-106. <https://doi.org/10.1080/07373937.2022.2086565>
- Rumapea, R., & Putra, A. Y. W. (2025). Analisis perbaikan kinerja heater pada sistem kiln dry di pt. Sejin lestari furniture. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 13(1). <https://doi.org/10.23960/jitet.v13i1.5989>
- Silva, J. L., Bordalo, R., Pissarra, J., de Palacios, P., Vieira, C., & Vieira, E. (2025). Creating of a xylarium and herbarium with a preventive conservation profile: review of procedures and materials. *Museum Management and Curatorship*, 40(4), 555-579. <https://doi.org/10.1080/09647775.2024.2375989>
- Widari, N. S., Andrian, D., & Tentua, A. P. D. (2025). Penentuan Interval Waktu Optimal Perawatan Preventif Komponen Kritis di Mesin Kiln Putar Industri Ubin Keramik. *Journal of Industrial View*, 7(1), 76-83. <https://doi.org/10.26905/jiv.v7i1.15056>