

Studi Kelayakan dan Efektivitas Limbah Kayu sebagai Bahan Bakar Mesin Boiler di PT. Wonojati Wijoyo

Muhammad irvan izza syahputra¹

Program studi Teknik Mesin, Universitas Nusantara PGRI Kediri¹

Irvanizza86@gmail.com¹

Abstrak

Mesin boiler merupakan elemen penting dalam industri pengolahan kayu, khususnya dalam proses pengeringan dan pemanasan. Boiler berfungsi untuk menghasilkan uap panas yang digunakan dalam pengeringan kayu, yang pada gilirannya meningkatkan efisiensi produksi dan memanfaatkan limbah kayu sebagai sumber bahan bakar alternatif. Artikel ini mengulas cara kerja mesin boiler, komponen utama yang terlibat, pemanfaatan limbah kayu sebagai bahan bakar, serta aspek kelayakan teknis, ekonomi, dan lingkungan dari penggunaan boiler di pabrik kayu. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan pengumpulan data melalui observasi, wawancara, dan studi literatur. Hasil analisis kelayakan menunjukkan bahwa penggunaan limbah kayu sebagai bahan bakar boiler lebih ekonomis dan ramah lingkungan dibandingkan dengan bahan bakar fosil. Investasi pada mesin boiler yang menggunakan limbah kayu terbukti layak secara teknis dan finansial, serta mendukung pengelolaan limbah yang berkelanjutan.

Kata Kunci: limbah kayu, kelayakan ekonomi, kelayakan teknis, mesin boiler, pengeringan kayu,

A. PENDAHULUAN

Industri pengolahan kayu, khususnya dalam sektor furnitur berbahan baku jati, menghadapi tantangan signifikan terkait efisiensi energi dan pengelolaan limbah. Proses pengeringan kayu yang memerlukan energi panas dalam jumlah besar sering kali masih bergantung pada bahan bakar fosil, yang tidak hanya mahal tetapi juga berdampak negatif terhadap lingkungan. Selain itu, limbah kayu yang dihasilkan selama proses produksi sering kali tidak dimanfaatkan secara optimal, sehingga berpotensi menimbulkan masalah lingkungan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis solusi yang dapat meningkatkan efisiensi energi serta mengatasi permasalahan limbah dalam industri pengolahan kayu.



Gambar 1 - Mesin Boiler Di PT. Wonojati Wijoyo

Alternatifnya, pemanfaatan mesin boiler berbahan bakar limbah kayu menawarkan solusi yang menjanjikan. Pendekatan ini tidak hanya memanfaatkan limbah produksi sebagai sumber energi termal untuk proses pengeringan, tetapi juga mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Dengan menerapkan prinsip ekonomi sirkular, limbah kayu yang selama ini menjadi beban dapat diubah menjadi sumber energi yang bernilai tambah. Penelitian ini akan mengkaji kelayakan operasional dan ekonomi dari sistem boiler berbahan bakar limbah kayu, serta dampak lingkungan yang ditimbulkan dari penggunaannya.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kinerja operasional mesin boiler yang menggunakan limbah kayu sebagai bahan bakar dalam proses pengeringan kayu jati, menilai kelayakan ekonomi dari implementasi sistem boiler berbahan bakar limbah kayu dibandingkan dengan bahan bakar konvensional, serta melepaskan dampak lingkungan yang dihasilkan dari pemanfaatan limbah kayu sebagai bahan bakar alternatif. Berdasarkan kajian literatur, kayu jati (*Tectona grandis*) merupakan bahan baku unggulan yang memiliki karakteristik kekuatan dan keawetan yang ideal untuk produk furniture. Proses pengeringan kayu memegang peran krusial dalam menentukan kualitas akhir produk. Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa boiler berbahan bakar biomassa dapat menghasilkan energi termal yang stabil dengan efisiensi lebih dari 80%. Secara teoritis, pemanfaatan limbah kayu sebagai bahan bakar sejalan dengan prinsip industri hijau (*green industrial*) yang mendorong efisiensi sumber daya dan pengelolaan limbah yang terpadu. Temuan ini memperkuat dasar ilmiah bahwa pendekatan berbasis biomassa layak untuk dikembangkan sebagai solusi berkelanjutan dalam industri pengolahan kayu.

B. LANDASAN TEORI

Limbah Kayu dan Potensinya sebagai Biomassa

Limbah kayu merupakan hasil sampingan dari proses penggergajian, yang mencakup sisa potongan kayu dan kulit kayu. Limbah ini sering kali sulit untuk dikurangi dan memerlukan pemanfaatan yang optimal agar tidak menjadi beban lingkungan. Menurut (Aditya Ramadhan & Aldi Hendrawan, 2018), limbah kayu memiliki nilai kalor yang cukup tinggi, yaitu sekitar 145.081 kJ/kg. Nilai ini jauh melebihi bahan bakar fosil seperti solar, yang hanya memiliki nilai kalor sekitar 41.640 kJ/kg (ALFAN BAHRUL ALIM, 2022; Wahyudi, 2006). Dengan demikian, limbah kayu dapat menjadi sumber energi alternatif yang berpotensi menggantikan bahan bakar fosil.

Efisiensi Boiler Berbahan Bakar Biomassa

Efisiensi termal boiler yang menggunakan bahan bakar biomassa, khususnya limbah kayu, dipengaruhi oleh kualitas bahan bakar dan kondisi operasional. Penelitian menunjukkan bahwa efisiensi boiler berbahan bakar kayu berkisar antara 70% hingga 85% (RAHMAD BOBBY PRABOWO HASIBUAN, 2021; Umi Hanifah et al., 2019). Untuk menjaga efisiensi ini, pemeliharaan rutin dan pengaturan pasokan udara-bahan bakar sangat penting. Hal ini memastikan bahwa proses pembakaran berlangsung optimal dan menghasilkan energi yang maksimal.

Dampak Lingkungan

Penggunaan limbah kayu sebagai sumber energi dapat memberikan dampak positif terhadap lingkungan. Dengan memanfaatkan limbah kayu, emisi CO₂ dapat dikurangi secara signifikan dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar fosil. (Nabila Indah Wibisono dkk, 2024) mencatat bahwa emisi CO₂ dari pembakaran limbah kayu tercatat sekitar 1.207 ton/tahun, yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan emisi dari solar yang mencapai 6.808 ton/tahun (ALFAN BAHRUL ALIM, 2022). Dengan demikian, pemanfaatan limbah kayu tidak hanya mengurangi limbah yang menumpuk di lingkungan, tetapi juga berkontribusi pada pengurangan gas rumah kaca.

Perawatan Boiler

Perawatan boiler merupakan aspek penting dalam menjaga kinerja dan efisiensi sistem pembangkit energi. Proses perawatan ini meliputi pembersihan kerak pada pipa, pemeriksaan katup pengaman, penggantian suku cadang yang aus, serta kalibrasi sensor tekanan dan suhu. Menurut (Endik Wirawan dkk, 2022), pemeliharaan preventif terbukti dapat mengurangi downtime dan meningkatkan efisiensi termal boiler. Selain itu, pengendalian kualitas bahan bakar, seperti kadar udara dan kontaminasi, juga sangat penting untuk menjaga stabilitas pembakaran dan mencegah kerusakan pada mesin.

Pengoperasian Boiler

Pengoperasian boiler harus dilakukan dengan memperhatikan pengaturan level udara, tekanan uap, dan suhu agar sesuai dengan standar operasional yang telah ditetapkan. Penggunaan Standar Operasional Prosedur (SOP) yang ketat dan pelatihan bagi operator sangat diperlukan untuk mengurangi risiko kecelakaan dan menjaga kontinuitas produksi (ISMAIL THAMRIN et al., 2023). Dengan pengoperasian yang baik, efisiensi dan keamanan sistem boiler dapat terjaga, sehingga mendukung penghentian penggunaan limbah kayu sebagai sumber energi.

C. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan metode kualitatif dengan pendekatan studi kasus di sebuah pabrik pengolahan kayu yang memanfaatkan mesin boiler berbahan bakar limbah kayu. Pengumpulan data dilakukan melalui beberapa cara, yaitu:

- Pengamatan langsung terhadap proses operasional mesin boiler serta penggunaan limbah kayu sebagai bahan bakar.
- Wawancara mendalam dengan operator boiler, manajer produksi, dan teknisi untuk memperoleh informasi mengenai aspek teknis, ekonomi, dan lingkungan.
- Studi literatur yang mencakup jurnal ilmiah, buku teks, dan dokumen teknis yang berkaitan dengan prinsip kerja boiler, efisiensi energi, dan pengelolaan limbah biomassa.

Data yang telah dikumpulkan kemudian dianalisis secara deskriptif untuk menggambarkan kondisi yang ada dan menilai kelayakan teknis, ekonomi, serta lingkungan dari penggunaan mesin boiler berbahan bakar limbah kayu.

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

Prinsip Kerja Mesin Boiler

Mesin boiler berfungsi dengan cara memanaskan udara hingga mencapai titik didih, sehingga udara tersebut berubah menjadi uap panas. Proses perpindahan panas dalam boiler terjadi melalui tiga mekanisme utama:

- Radiasi : Panas dari nyala api dialirkan langsung ke permukaan pipa boiler.
- Konduksi : Panas merambat melalui material pipa menuju udara di dalamnya.
- Konveksi : Panas menyebar melalui pergerakan udara di dalam boiler.

Uap yang dihasilkan digunakan untuk menggerakkan mesin pengering kayu dan proses produksi lainnya. Efisiensi perpindahan panas dan kualitas uap sangat dipengaruhi oleh desain boiler serta kondisi operasional (Eonchemicals, 2024).

Komponen Utama Mesin Boiler

Beberapa komponen penting dalam sistem boiler di pabrik kayu meliputi:

- Tungku pembakaran : Tempat di mana bahan bakar (limbah kayu) dibakar.
- Pipa udara/uap : Tempat terjadinya pemanasan dan pembentukan uap.
- Fan/blower : Menyediakan pasokan udara untuk proses pembakaran.
- Panel control : mengatur dan mengoordinasikan operasi boiler.
- Dust collector : Menangkap partikel debu hasil pembakaran.
- Tangki air : Menyediakan udara baku untuk boiler.
- Cerobong asap (cerobong asap) : Saluran untuk membuang gas hasil pembakaran.

Pengoperasian Boiler

Pengoperasian boiler harus memperhatikan pengaturan level udara, tekanan uap, dan suhu agar sesuai dengan standar operasional. Penerapan prosedur standar operasional (SOP) yang ketat dan pelatihan bagi operator sangat penting untuk mengurangi risiko kecelakaan dan menjaga kelangsungan produksi (ISMAIL THAMRIN et al., 2023). Berikut adalah tahapan cara kerja mesin boiler:

Pemanasan Udara: Udara dari tangki dimasukkan ke dalam boiler dan dipanaskan hingga mencapai titik didih, menghasilkan uap panas.



Gambar 2 - Tangki Air

Distribusi Udara: Air panas yang dihasilkan dialirkan melalui pipa radiator ke ruang pengeringan atau *oven* tempat kayu diletakkan. Panas dari udara atau uap tersebut kemudian didistribusikan ke dalam ruangan *oven* menggunakan *blower*.



Gambar 3 - Pipa Radiator Yang Terhubung Dari Boiler Ke Ruang *Oven*

Pengeringan Kayu: Uap panas mengalir di sekitar kayu, menguapkan kelembaban yang ada di dalamnya. Proses ini berlangsung hingga kayu mencapai kadar kelembaban yang diinginkan, dengan waktu pengeringan bervariasi tergantung pada ketebalan kayu, biasanya sekitar 14 hari.



Gambar 4 - Ruang *Oven* Ketika Di Buka

Sirkulasi Ulang: Udara yang mengalir melalui pipa radiator akan bersirkulasi kembali ke dalam mesin boiler. Uap yang telah digunakan dapat dikondensasi kembali menjadi udara dan dipanaskan ulang. Jika jumlah udara berkurang, udara akan langsung mengalir dari tangki untuk proses pemanasan.

Alat Pengontrol: Setiap ruangan oven dilengkapi dengan alat pengontrol suhu masing-masing. Jika terdapat delapan ruangan oven, maka akan ada delapan pengontrol. Alat ini berfungsi untuk mempertahankan suhu di setiap ruangan. Batas suhu maksimum adalah 56°C jika suhu melebihi batas tersebut, panas akan dibuang melalui ventilasi yang otomatis terbuka saat suhu terlalu tinggi.



Gambar 5- Alat Pengontrol Setiap Ruang Oven

Penggunaan mesin boiler dalam proses pengeringan kayu berkontribusi pada peningkatan efisiensi produksi dan kualitas produk akhir. Kayu yang telah dikeringkan dengan baik akan lebih stabil, tidak mudah melengkung atau retak, dan memiliki daya tahan yang lebih tinggi.

Pemanfaatan Limbah Kayu sebagai Bahan Bakar



Gambar 6 - Limbah Kayu Untuk Bahan Bakar

Limbah kayu yang dihasilkan dari proses produksi, seperti serbuk gergaji, potongan kayu, dan kulit kayu, dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar untuk boiler. Kayu kering memiliki nilai kalor yang cukup tinggi, mendekati batu bara, sehingga efektif sebagai sumber energi terbarukan. Keuntungan pemanfaatan limbah kayu sebagai bahan bakar meliputi:

- Efisiensi ekonomi : Biaya bahan bakar lebih rendah karena limbah kayu merupakan hasil samping dari proses produksi.
- Ramah lingkungan : Emisi CO₂ dari pembakaran limbah kayu lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar fosil.
- Pengelolaan limbah : Mengurangi volume limbah produksi kayu dan mencegah pencemaran lingkungan.

Kelayakan Teknis dan Ekonomi

Studi kelayakan menunjukkan bahwa mesin boiler berbahan bakar limbah kayu dapat memenuhi kebutuhan uap dan panas dengan efisiensi tinggi. Investasi pada mesin boiler baru yang menggunakan limbah kayu memiliki payback period sekitar tiga tahun, yang menunjukkan kelayakan finansial yang baik. Dari segi lingkungan, penggunaan limbah kayu dapat mengurangi emisi CO₂ secara signifikan dibandingkan dengan tenaga surya, mendukung target pengurangan jejak karbon industri. Selain itu, pengoperasian boiler harus mematuhi standar regulasi yang berlaku untuk memastikan keselamatan dan kekekalan.

Hasil dan pembahasan dibuat sub judul sendiri. Dimana bagian ini merupakan bagian utama artikel. Pada hasil dapat disajikan dengan tabel atau grafik, untuk memperjelas hasil secara verbal. Sedangkan pada pembahasan merupakan bagian terpenting dari keseluruhan isi artikel ilmiah. Tujuan pembahasan adalah: Menjawab masalah penelitian, menafsirkan temuan-temuan, mengintegrasikan temuan dari penelitian ke dalam kumpulan pengetahuan yang telah ada dan menyusun teori baru atau memodifikasi teori yang sudah ada.

E. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa mesin boiler berbahan bakar limbah kayu di PT. Wonojati Wijoyo Kediri memiliki peran yang sangat penting dalam proses pengeringan kayu dan pemanfaatan limbah kayu sebagai sumber energi. Penggunaan limbah kayu sebagai bahan bakar terbukti lebih efisien secara ekonomi dan ramah lingkungan dibandingkan dengan bahan bakar fosil, dengan nilai kalor yang tinggi dan emisi CO₂ yang lebih rendah. Studi kelayakan teknis dan ekonomi menunjukkan bahwa mesin boiler ini dapat memenuhi kebutuhan uap dan panas dengan efisiensi tinggi, serta memiliki payback period yang menguntungkan sekitar tiga tahun.

Selain itu, pemanfaatan limbah kayu tidak hanya mengurangi volume limbah yang dihasilkan, tetapi juga berkontribusi pada pengurangan gas rumah kaca, mendukung upaya keberlangsungan industri pengolahan kayu. Dengan demikian, penerapan mesin boiler berbahan bakar limbah kayu merupakan langkah strategis yang tidak hanya meningkatkan efisiensi produksi, tetapi juga mendukung prinsip ekonomi sirkular dan industri hijau. Penelitian ini memberikan dasar yang kuat untuk pengembangan lebih lanjut dalam pemanfaatan limbah kayu sebagai sumber energi alternatif dalam industri pengolahan kayu.

Saran

Berdasarkan temuan penelitian ini, perusahaan disarankan untuk terus mengoptimalkan pengoperasian mesin boiler melalui penerapan perawatan preventif yang terjadwal dan pengawasan kondisi operasional secara berkala agar efisiensi dan keamanan sistem tetap terjaga. Selain itu, pengendalian kualitas bahan bakar limbah kayu perlu diperhatikan, terutama terkait kadar air dan ukuran bahan bakar, guna memastikan proses pembakaran berjalan optimal. Pelatihan berkelanjutan bagi operator boiler juga penting dilakukan agar pengoperasian mesin sesuai dengan standar operasional prosedur dan risiko gangguan teknis dapat diminimalkan. Untuk pengembangan selanjutnya, penelitian lanjutan disarankan untuk mengkaji analisis kuantitatif efisiensi energi dan emisi secara lebih rinci guna mendukung peningkatan kinerja sistem boiler berbasis biomassa.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya Ramadhan, & Aldi Hendrawan. (2018). PENGOLAHAN LIMBAH KAYU SENGON UNTUK DIJADIKANNYA PRODUK PERHIASAN. *e-Proceeding of Art & Design*, 5(3), 2525.
<http://www.tentangkayu.com/2007/12/limbah->
- ALFAN BAHRUL ALIM. (2022). *SKRIPSI Analisis Kelayakan Pemanfaatan Limbah Kayu Untuk Bahan Bakar Boiler (Studi Kasus di PT. Putra Albasia Mandiri)*.
- Endik Wirawan, & Nur Muflihah. (2022). *INTEGRASI FMEA DAN NEW SEVEN TOOLS UNTUK OPTIMALISASI PENGGUNAAN BAHAN BAKAR BOILER (Studi Kasus PT. XYZ)*.
- Eonchemicals. (2024). *Komponen Boiler dan Fungsinya | Prinsip Kerja Boiler Part II*.
<https://www.eonchemicals.com/artikel/fungsi-komponen-boiler-dan-prinsip-kerjanya/>
- ISMAIL THAMRIN, IRSYADI YANI, GUNAWAN, AMIR ARIFIN, NUKMAN, BARLIN, DEWI PUSPITASARI, ASTUTI, DIAH KUSUMA PRATIWI, & NURHABIBAH PARAMITHA EKA UTAMI. (2023). PEMANFAATAN BOILER MINI HEMAT ENERGI BERBAHAN BAKAR LIMBAH SERBUK GERGAJI DAN LIMBAH AMPAS TEBU UNTUK MEMASAK PADA INDUSTRI RUMAH TANGGA. *Pelita Sriwijaya*, 2.
- Nabila Indah Wibisono, & Novirina Hendrasarie. (2024). Kajian Beban Emisi SO₂, NO₂ dan Partikulat dari Cerobong Boiler dengan Bahan Bakar Kayu pada PT X. *jurnal serambi engineering*.
<https://jse.serambimekkah.id/index.php/jse/article/view/241/190>
- RAHMAD BOBBY PRABOWO HASIBUAN. (2021). ANALISIS PERBANDINGAN BAHAN BAKAR KAYU BAKAR DAN ARANG KAYU JATI PADA RUANG BAKAR BOILER SKALA MODEL DENGAN TEKANAN UAP 500 kPa. *Repository. Uma.Ac.Id*.
- Umi Hanifah, Novita Dwi Susanti, & Moeso Andrianto. (2019). Kinerja Mini Boiler Tipe Pipa Api 3 Pass Berbahan Bakar Biomassa Pelet Kayu dan Tempurung Kelapa Performance of The Mini Boiler Type of Fire Tube 3 Phase using Wood Pellet and Coconut Shells as Fuels. *AgriTECH*, 39(3), 188.
<https://doi.org/10.22146/agritech.44539>
- Wahyudi. (2006). PENELITIAN NILAI KALOR BIOMASSA : PERBANDINGAN ANTARA HASIL PENGUJIAN DENGAN HASIL PERHITUNGAN. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*, Vol. 9, No. 2, 2006: 208–220, 9. <https://journal.umy.ac.id/index.php/st/article/view/875/975>