

Analisis Performansi Kompor Biomassa Berbahan Dasar Semen dan Pengaruh Laju Aliran Udara Terhadap Performansi Kompor Menggunakan Metode WBT

1st Faisal Haldoko
Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia
faisalhaldoko0803@gmail.com

2nd M. Ramdhan K., M.Si
Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia
mramdhan@telkomuniversity.
ac.id

3rd Tri Ayodha A., S.T., M.Eng.,
Ph.D
Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia
triyodha@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Penggunaan gas LPG di kalangan Masyarakat semakin meningkat. Hal tersebut menyebabkan ketersediaan energi fosil semakin menipis. Salah satu Upaya untuk masalah penggunaan bahan bakar fosil khususnya LPG adalah dengan menggunakan energi biomassa. Indonesia yang merupakan negara tropis dan memiliki perkembangan industri agrikultur yang berkembang pesat menjadikan Indonesia sebagai salah satu negara yang memiliki ketersediaan sumber daya biomassa dan bio-energi yang cukup banyak. Kompor biomassa berbahan semen dapat menjadi salah satu teknologi untuk memanfaatkan ketersediaan biomassa yang melimpah di Indonesia dan menekan penggunaan gas LPG di kalangan Masyarakat. Pada penelitian ini dilakukan dua pengujian, pengujian pertama adalah menguji performansi kompor biomassa berbahan semen dengan kompor biomassa konvensional, serta mengkaji pengaruh laju aliran udara pada kompor biomassa berbahan semen. Kedua pengujian tersebut dilakukan menggunakan metode WBT. Hasil menunjukkan bahwa kompor biomassa berbahan semen mampu mendidihkan air lebih cepat daripada kompor konvensional, meskipun efisiensi termalnya lebih rendah, yaitu 22,98% dibandingkan dengan 24,61% pada kompor konvensional. Penggunaan laju aliran udara primer yang lebih tinggi mempercepat waktu mendidih, tetapi meningkatkan konsumsi bahan bakar. Efisiensi termal tertinggi dicapai pada laju aliran udara 2,5 m/s dengan efisiensi rata-rata 21,63%.

Kata kunci— Biomassa, Efisiensi Termal, LPG, WBT

I. PENDAHULUAN

Meskipun Indonesia adalah negara agraris yang memiliki banyak limbah pertanian yang dapat digunakan sebagai bahan bakar, masyarakat di Indonesia masih bergantung pada bahan bakar fosil sebagai sumber energi mereka. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS), 82,78% rumah tangga Indonesia menggunakan gas LPG untuk memasak pada tahun 2021. Dibandingkan dengan jenis bahan bakar lainnya, angka ini adalah yang tertinggi. Jumlah rumah tangga di Indonesia yang menggunakan gas LPG untuk memasak lebih tinggi di daerah perkotaan daripada di pedesaan. Sebagai contoh, 88,93% rumah tangga di kota

menggunakannya untuk memasak, sementara 74,68% rumah tangga di pedesaan [8]. Energi fosil semakin menipis karena penggunaan gas petroleum cair (LPG) yang meningkat di masyarakat. Salah satu upaya untuk mengatasi masalah penggunaan bahan bakar fosil khususnya LPG adalah dengan menggunakan energi biomassa.

Biomassa adalah bahan bakar yang berasal dari limbah pertanian dan perkebunan, dan saat ini menjadi salah satu energi alternatif yang sedang dikembangkan. Beberapa contoh biomassa yang sering digunakan antara lain tanaman, pohon, rumput, ubi, limbah pertanian, limbah hutan, dan kotoran hewan. Selain sebagai bahan bakar, biomassa juga memiliki berbagai manfaat lain seperti untuk pangan dan pakan ternak. Energi biomassa termasuk sumber energi terbarukan, sehingga dapat diakses secara terus-menerus dan mudah diperoleh. Biomassa dalam bentuk padat bisa digunakan sebagai bahan bakar pengganti bahan bakar fosil pada kompor, di mana biomassa diubah menjadi gas melalui proses pirolisis dan gasifikasi. Penggunaan biomassa sebagai pengganti bahan bakar fosil dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, khususnya di daerah pedesaan. Ini karena desa-desa memiliki potensi biomassa yang melimpah, diperoleh dari limbah pertanian, perkebunan, serta sisa-sisa tanaman dan pepohonan yang mudah ditemukan. Dengan begitu, masyarakat pedesaan dapat lebih mudah memanfaatkan biomassa sebagai bahan bakar alternatif pengganti LPG yang jumlahnya terbatas.

Sebagai negara tropis dengan sektor agrikultur yang terus berkembang, Indonesia memiliki ketersediaan sumber daya biomassa dan bioenergi yang melimpah. Berdasarkan data dari Layanan Informasi dan Informasi Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi (LINTAS EBTK) tahun 2023, dari 38 provinsi di Indonesia, 28 provinsi diketahui memiliki potensi energi biomassa yang berasal dari limbah agroindustri dengan total kapasitas mencapai 14.289 MW [5]. Penggunaan kompor biomassa dapat menjadi salah satu upaya untuk menekan penggunaan gas LPG dan pemanfaatan ketersediaan biomassa yang melimpah di Indonesia.

II. KAJIAN TEORI

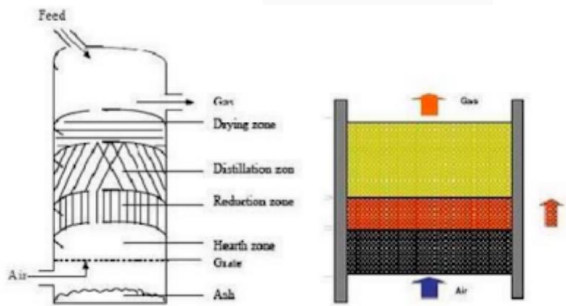
A. Biomassa

Biomassa adalah bahan bakar yang berasal dari limbah pertanian dan perkebunan, dan saat ini menjadi salah satu energi alternatif yang sedang dikembangkan. Beberapa contoh biomassa yang sering digunakan antara lain tanaman, pohon, rumput, ubi, limbah pertanian, limbah hutan, dan kotoran hewan. Selain sebagai bahan bakar, biomassa juga memiliki berbagai manfaat lain seperti untuk pangan dan pakan ternak. Energi biomassa termasuk sumber energi terbarukan, sehingga dapat diakses secara terus-menerus dan mudah diperoleh. Biomassa dalam bentuk padat bisa digunakan sebagai bahan bakar pengganti bahan bakar fosil pada kompor, di mana biomassa diubah menjadi gas melalui proses pirolisis dan gasifikasi.

B. Gasifikasi Updraft

Pada kompor biomassa berbahan dasar semen ini, digunakan sistem tungku gasifikasi updraft, di mana udara dari kipas masuk melalui bagian bawah reaktor dan melewati grate, sedangkan bahan bakar dimasukkan dari bagian atas reaktor. Aliran udara dan bahan bakar bergerak dalam arah berlawanan (counter current). Gasifikasi secara sederhana dapat diartikan sebagai proses pembakaran bertahap, di mana biomassa padat dibakar dengan jumlah oksigen terbatas, sehingga gas yang dihasilkan masih memiliki potensi untuk dibakar lebih lanjut. Tujuan gasifikasi adalah memecah molekul kompleks menjadi gas sederhana seperti H_2 dan CO yang dapat dimanfaatkan untuk pembakaran. Proses gasifikasi terdiri dari beberapa tahap, yaitu pengeringan, pirolisis, oksidasi, dan reduksi.

Kompor biomassa berbahan semen adalah sebuah sistem pembakaran yang dirancang untuk menghasilkan gas buang yang kaya akan karbon monoksida (CO) dan hidrogen (H_2) melalui reaksi termokimia dengan bahan bakar padat seperti biomassa. Cara kerja tersebut merupakan referensi dari mushilin riadi (2023) menjelaskan cara kerja sistem kompor biomassa.



GAMBAR 1
(Skema Tungku Gasifikasi Updraft)

III. METODE

Pada percobaan ini dilakukan dua pengujian, yaitu uji performansi kompor biomassa berbahan dasar semen dengan kompor biomassa konvensional dan pengaruh laju aliran udara terhadap performa kompor. Pengujian performansi kompor biomassa dilakukan dengan cara membandingkan kompor biomassa konvensional dan kompor biomassa berbahan dasar semen dalam keadaan tanpa menggunakan fan. Kompor biomassa konvensional yang dimaksud adalah kompor biomassa prime pelet. Pengujian ini bertujuan untuk melihat performa masing-masing tungku dalam mentransfer

panas dan menaham rugi kalor yang terjadi pada proses pembakaran.

Pengujian yang kedua adalah menguji pengaruh laju aliran udara primer terhadap performa kompor biomassa berbahan dasar semen, pengujian ini dilakukan dengan memvariasikan kecepatan udara yang dihasilkan dengan kecepatan 1 m/s, 2,5 m/s, dan 5 m/s. Kedua pengujian tersebut menggunakan metode yang sama yaitu *Water Boiling Test* (WBT)

A. Water Boiling Test

Metode WBT merupakan suatu proses pemasakan yang digunakan untuk mengetahui seberapa baik energi panas berpindah pada alat masak jika menggunakan kompor masak. Penggunaan WBT memiliki tujuan untuk mengetahui efisiensi performa tungku dan jumlah energi yang dihasilkan bahan bakar kedalam panci. WBT memiliki keunggulan yang dapat mengukur parameter performa kompor seperti konsumsi spesifik bahan bakar, pengukuran laju pembakaran, serta penghematan bahan bakar. Metode WBT ini memiliki 3 tahapan, yaitu:

1. Cold Start

Tahapan pertama pada metode WBT adalah *Cold Start*, tahap ini adalah pengujian mendidihkan air pada panci dengan menggunakan bahan bakar yang sudah ditimbang sebelumnya yang dilakukan pada saat kompor masih dalam keadaan suhu ruangan.

2. Hot Start

Tahap kedua pada metode WBT merupakan tahap lanjutan dari tahap *Cold Start* saat kompor masih dalam keadaan panas. Pada tahap ini menggunakan bahan bakar yang telah ditimbang untuk memanaskan air pada panci dengan mengganti air didalam panci baru yang berisi air dengan suhu normal. Pengujian ini dilakukan untuk membandingkan performa kompor pada saat keadaan suhu ruangan dan performa kompor saat keadaan suhu tinggi atau panas

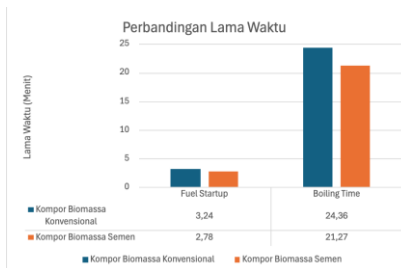
3. Simmering

Tahap terakhir adalah tahap pengujian kompor dengan merebus air pada panci yang digunakan pada tahap *Hot Start* yang telah mencapai titik didih selama 45 menit. Bahan bakar yang digunakan pada tahap simmering adalah bahan bakar sisa yang sudah digunakan pada tahapan *Hot Start* yang sudah ditimbang. Tahap simmering bertujuan untuk menguji kemampuan kompor untuk memasak menggunakan bahan bakar dengan jumlah minimal.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Uji Perfromasi Kompor Biomassa dengan Kompor Biomassa Konvensional

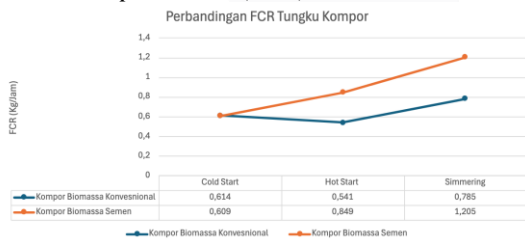
1. Fuel Start dan Boiling Time



GAMBAR 2
(Grafik Perbadingan Lama Waktu)

Pada gambar 1 menunjukkan grafik perbandingan lama waktu kompor biomassa berbhan semen dengan kompor biomassa konvensional. Pada grafik tersebut menunjukkan kompor biomassa berbhan semen memiliki *fuel start up* yang lebih cepat dibandingkan dengan kompor biomassa konvensional. Hal tersebut menandakan kompor biomassa berbhan semen dapat menyala dengan optimal lebih cepat dibandingkan dengan kompor biomassa konvensional. Dari grafik juga dapat diketahui *boiling time* pada kompor biomassa berbhan semen memiliki waktu yang lebih cepat. Hal tersebut menunjukkan bahwa kompor biomassa berbhan semen dapat mendidihkan air lebih cepat yaitu dengan rata-rata 21,27 menit dibandingkan kompor biomassa konvensional dengan rata-rata 24,36 menit. Hal tersebut menandakan kompor biomassa berbhan semen mampu mentransfer panas ke dalam air lebih baik dibandingkan dengan kompor biomassa konvensional.

2. Fuel Consumption Rate (FCR)



GAMBAR 3
(Grafik FCR Tungku Kompor)

Pada gambar 2 menunjukkan grafik perbandingan FCR (*Fuel Consumption Rate*). Pada grafik tersebut menunjukkan nilai FCR kompor biomassa konvensional memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan nilai masing-masing FCR pada setiap tahapan WBT adalah 0,614 Kg/Jam, 0,541 Kg/Jam, dan 0,785 Kg/Jam dibandingkan kompor biomassa berbhan semen yang memiliki nilai FCR pada masing-masing tahapan WBT adalah 0,609 Kg/Jam, 0,849 Kg/Jam, dan 1,205 Kg/Jam. Hal tersebut menandakan bahan bakar yang digunakan selama proses pembakaran pada kompor biomassa konvensional lebih sedikit dibandingkan kompor biomassa semen.

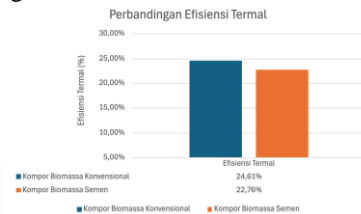
3. Perbandingan Laju Kalor Rata-Rata



GAMBAR 4
(Grafik Laju Kalor Rata-Rata)

Pada gambar 3 menunjukkan grafik laju kalor rata-rata pada masing-masing kompor. Pada grafik tersebut menunjukkan nilai laju kalor kompor biomassa yaitu 991,07 Kkal/Jam lebih tinggi dibandingkan dengan kompor biomassa konvensional dengan nilai 816,17 Kkal/jam. Hal tersebut menandakan kompor biomassa berbhan semen memiliki kemampuan yang lebih baik untuk mendidihkan dan menguapkan air lebih selama proses pengoperasian lebih baik dibandingkan dengan kompor biomassa konvensional.

4. Perbandingan Efisiensi Termal

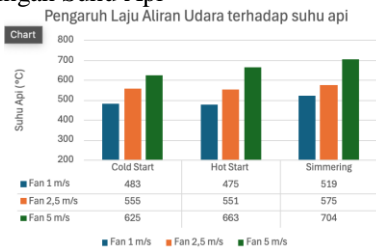


GAMBAR 5
(Grafik Laju Kalor Rata-Rata)

Efisiensi termal merupakan perbandingan antara energi total yang diterima oleh air (Q_{total}) dengan energi yang tersedia pada bahan bakar (Q_f) Pada gambar 4 terlihat perbandingan efisiensi termal antara kompor biomassa konvensional dan kompor biomassa berbhan semen. Nilai efisiensi termal kompor biomassa konvensional sebesar 24,61% lebih tinggi 1,83% dibandingkan dengan efisiensi termal kompor biomassa berbhan semen yang mencapai 22,76%. Walaupun kompor biomassa berbhan semen memiliki nilai laju kalor yang lebih besar dan *boiling time* serta *fuel start up* yang lebih cepat dibandingkan dengan kompor biomassa konvensional, namun bahan bakar yang digunakan pada proses pembakaran kompor biomassa semen lebih banyak dibandingkan dengan kompor biomassa konvensional, hal tersebut mengakibatkan nilai Q_f akan semakin besar yang mengakibatkan nilai efisiensi termalnya menjadi rendah. bebrbahan semen lebih banyak dibandingkan dengan kompor

B. Pengaruh Laju Aliran Udara Primer Terhadap Performa Kompor

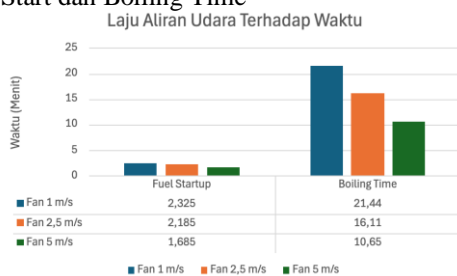
1. Perbandingan Suhu Api



GAMBAR 6
(Grafik Pengaruh Laju Aliran Udara Terhadap Suhu Api)

Pada gambar 5 menunjukkan grafik pengaruh laju aliran udara terhadap suhu api. Grafik tersebut menunjukkan suhu api pada kecepatan fan 5 m/s memiliki nilai suhu api pada setiap tahapan WBT lebih tinggi dibandingkan dengan fan kecepatan 1 m/s dan 2,5 m/s dengan suhu 625 °C pada tahapan *Cold Start*, 663 °C pada tahap *Hot Start*, dan *Simmering* 704 °C. Hal tersebut menunjukkan semakin cepat laju aliran udara primer maka akan semakin tinggi suhu api yang dihasilkan. Hal tersebut dikarenakan semakin cepat aliran udara yang dihasilkan fan maka suplai oksigen (O₂) yang dihasilkan akan semakin banyak juga.

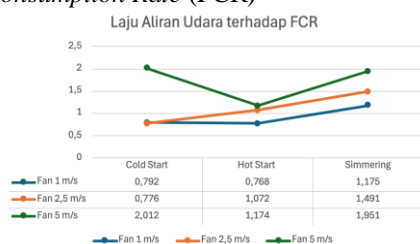
2. Fuel Start dan Boiling Time



GAMBAR 7
(Grafik Pengaruh Laju Aliran Udara Terhadap Waktu)

Grafik tersebut menunjukkan pengaruh laju aliran udara terhadap waktu *fuel startup* dan *Boiling Time*. *Fuel Start Up* merupakan kondisi pada saat kompor baru dinyalakan hingga kompor tersebut memiliki nyala api yang optimal. *Boiling Time* adalah waktu yang dibutuhkan oleh kompor untuk menaikkan suhu air hingga mencapai titik didih. Pada grafik tersebut menunjukkan bahwa semakin cepat laju aliran udara primer maka waktu yang dibutuhkan untuk *Fuel Star Up* dan *Boiling Time* lebih cepat. Hal tersebut dikarenakan semakin cepat laju aliran udara primer maka akan semakin tinggi suhu api.

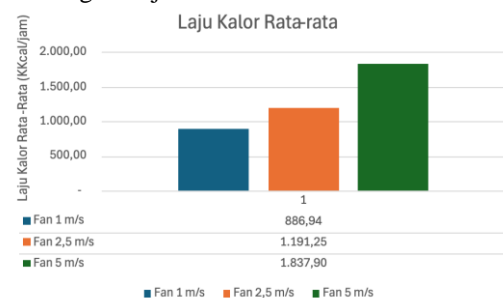
3. Fuel Consumption Rate (FCR)



GAMBAR 8
(Grafik Pengaruh Laju Aliran Udara Terhadap FCR)

Grafik menunjukkan perbandingan laju aliran udara terhadap laju konsumsi bahan bakar spesifik atau *Fuel Consumption Rate* (FCR) pada setiap tahapan WBT, yaitu *Cold Start*, *Hot Start*, dan *Simmering*. Nilai FCR pada kecepatan aliran udara 5 m/s lebih tinggi dibandingkan dengan kecepatan aliran udara 1 m/s dan 2,5 m/s. Pada kondisi *Cold Start*, FCR untuk kecepatan aliran udara 5 m/s mencapai 2,012, lebih tinggi dibandingkan dengan FCR pada kecepatan aliran udara 1 m/s yang hanya 0,792. Pada kondisi *Hot Start*, FCR untuk kecepatan 5 m/s sebesar 1,174, juga lebih tinggi dibandingkan dengan kecepatan 1 m/s yang hanya 0,768. Sedangkan pada kondisi *Simmering*, FCR pada kecepatan 5 m/s mencapai 1,951, lebih tinggi dibandingkan dengan kecepatan aliran udara 1 m/s yang sebesar 1,175. Hal ini menunjukkan bahwa semakin cepat laju aliran udara, semakin banyak bahan bakar yang terbakar dalam proses pembakaran, sehingga menyebabkan FCR meningkat. Meskipun kecepatan aliran udara yang lebih tinggi dapat suhu api yang lebih tinggi sehingga waktu yang dibutuhkan untuk mendidihkan air lebih cepat, namun hal ini juga menyebabkan bahan bakar lebih cepat habis selama proses pembakaran.

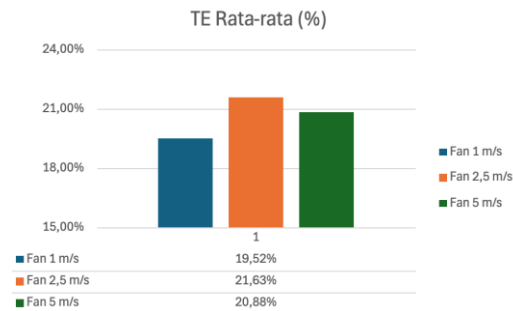
4. Perbandingan Laju Kalor Rata-Rata



GAMBAR 9
(Grafik Pengaruh Laju Aliran Udara Terhadap Laju Kalor)

Laju kalor merupakan kemampuan suatu kompor untuk mendidihkan air dan menguapkan air selama proses pengoperasian kompor. Pada grafik tersebut menggambarkan pengaruh kecepatan aliran udara primer yang dihasilkan fan terhadap laju kalor rata-rata dalam satuan Kkal/jam. Laju kalor yang tertera pada grafik merupakan laju kalor rata-rata pada setiap tahapan WBT. Pada grafik tersebut terlihat bahwa peningkatan kecepatan fan dari 1 m/s, 2,5 m/s, hingga 5 m/s berbanding lurus dengan peningkatan laju kalor rata-rata. Pada kecepatan fan 1 m/s, laju kalor yang dihasilkan mencapai 886,94 Kkal/jam. Sementara itu, pada kecepatan fan 2,5 m/s, laju kalor meningkat menjadi 1.191,25 Kkal/jam. Pada kecepatan fan tertinggi, yaitu 5 m/s, laju kalor mencapai nilai maksimal sebesar 1.837,90 Kkal/jam. Pada grafik tersebut menunjukkan semakin tinggi kecepatan aliran udara yang diberikan maka semakin besar pula perpindahan energi melalui kalor pada proses pengoperasian kompor biomassa.

5. Perbandingan Efisiensi Termal



GAMBAR 10

(Grafik Pengaruh Laju Aliran Udara Terhadap Efisiensi Termal)

Efisiensi Termal merupakan perbandingan antara energi total yang diterima oleh air dengan nilai kalor yang tersedia pada bahan bakar. Pada grafik tersebut menunjukkan nilai efisiensi pada kecepatan aliran udara 2,5 m/s lebih besar daripada kecepatan aliran udara lainnya yaitu 21,63%. Berdasarkan parameter laju kalor pada kecepatan aliran udara 5 m/s lebih besar dibandingkan dengan 2,5 m/s, namun dikarenakan penggunaan bahan bakar pada kecepatan aliran udara 5 m/s jauh lebih besar dibandingkan dengan 2,5 m/s menyebabkan nilai efisiensi termal pada kecepatan 5 m/s hanya 20,68% lebih rendah dibandingkan dengan kecepatan aliran udara 2,5 m/s yang bisa mencapai 21,63%.

V. KESIMPULAN

Pada penelitian ini dilakukan dua pengujian, yaitu pengujian kompor biomassa konvensional dan kompor biomassa berbahan dasar semen, serta pengujian pengaruh laju aliran udara primer terhadap performa kompor. Hasil menunjukkan bahwa kompor biomassa berbahan semen mampu mendidihkan air lebih cepat daripada kompor konvensional, meskipun efisiensi termalnya lebih rendah, yaitu 22,98% dibandingkan dengan 24,61% pada kompor konvensional. Penggunaan laju aliran udara primer yang lebih tinggi mempercepat waktu mendidih, tetapi meningkatkan konsumsi bahan bakar. Efisiensi termal tertinggi dicapai pada laju aliran udara 2,5 m/s dengan efisiensi rata-rata 21,63%.

REFERENSI

- [1] Abdullah, "Modifikasi Kompor Biomassa Menggunakan Teknologi Fan", *Skripsi Universitas Borneo Tarakan*, 2023.
- [2] C. Fadilah, Suwandi, dan R. Fauzi, "Pengaruh Jenis Biomassa dan Kecepatan Aliran Udara Terhadap Kinerja Kompor Gasifikasi Biomassa", 2019
- [3] E. Karmiza, S. Helianty, dan Zulfansyah, "Evaluasi Kinerja Kompor UB-03-1 Berbahan Bakar Limbah Industri Kayu Olahan, Tempurung Kelapa, Pelepah Sawit, dan Ranting Kayu Akasia", *Jom FTEKNIK*, vol. 1, no. 2, 2014.
- [4] H. C. F. Ming, H. Santoso, dan M. F. Nurdin, "Rancang Bangun Kompor Biomassa Menggunakan Bahan Dasar Plat Galvanis Dilengkapi Dengan Teknologi Blower", *Journal Borneo Mechanical Engineering and Science*, vol. 01, no. 01, 2022.
- [5] Potensi Pengembangan Bioenergi di Indonesia, Layanan Informasi dan Investigasi Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi (LINTAS EBTKE). [Online]. Tersedia : <https://ebtke.esdm.go.id/lintas/id/investasi-ebtke/sektor-bioenergi/potensi> . [Accessed Desember 2023].
- [6] R. Anggara, Suwandi, dan R. Fauzi, "Pengaruh Jumlah Lubang Udara Pada Tungku Pembakaran Serta Variasi Kecepatan Aliran Udara Terhadap Kinerja Kompor Gasifikasi Dengan Bahan Bakar Pelet Kayu Jati", *e-Proceeding of Engineering*, vol. 6, no. 2, 2019.
- [7] S. A. Rohman, Abdurrahman, dan S. Amrullah, "Pengaruh Kecepatan Udara Primer dan Sekunder terhadap Kinerja Kompor Biomassa Berbahan Bakar Cangkang Kemiri", *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, vol. 4, no. 1, 2022.
- [8] V. A. Dhini, "Mayoritas Rumah Tangga Indonesia Gas Elpiji Untuk Memasak," *databoks*, 2021. [Online]. Tersedia : <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2021/11/22/mayoritas-rumah-tangga-indonesia-menggunakan-gas-elpiji-untuk-memasak> . [Accessed Desember 2023].

