

Pengaruh Laju Aliran Udara Primer Terhadap Performa Kompor Biomassa Berbahan Dasar Semen Dengan Campuran Tanah Liat dan Perlit Menggunakan Metode WBT

1st Leony Anastasya Shaloom
Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia
leonyshaloom@gmail.com

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

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

Abstrak — 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. Penelitian ini menggunakan metode WBT yang bertujuan untuk mengetahui efisiensi performa tungku dan jumlah energi yang dihasilkan bahan bakar kedalam panci, dengan menguji pengaruh laju aliran udara primer terhadap performa kompor berbahan dasar semen. Pengujian ini dilakukan untuk menguji apa pengaruh dari laju aliran udara primer terhadap performa dari kompor dengan memvariasikan kecepatan udara yang dihasilkan dengan kecepatan 1 m/s, 2,5 m/s, dan 5 m/s. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa semakin cepat laju aliran udara primer maka akan semakin cepat juga *fuel startup* dan *boiling time* pada kompor, namun bahan bakar yang digunakan juga semakin banyak.

Kata kunci— Biomassa, Fan, LPG, water boiling test.

I. PENDAHULUAN

Meskipun Indonesia, sebagai negara agraris, memiliki banyak limbah pertanian yang bisa dimanfaatkan sebagai bahan bakar, masyarakat masih sangat bergantung pada bahan bakar fosil. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), pada tahun 2021, 82,78% rumah tangga di Indonesia menggunakan gas LPG untuk memasak, menjadikannya sebagai bahan bakar dengan angka penggunaan tertinggi. Penggunaan gas LPG lebih dominan di daerah perkotaan (88,93%) dibandingkan di pedesaan (74,68%). Ketergantungan yang tinggi pada LPG turut mempercepat penipisan energi fosil. Untuk mengatasi masalah ini, salah satu solusinya adalah memanfaatkan energi biomassa. Biomassa, yang berasal dari limbah pertanian dan perkebunan, kini menjadi alternatif energi yang berkembang pesat. Contoh biomassa yang sering digunakan mencakup tanaman, pohon, rumput, ubi, limbah pertanian, limbah hutan, dan kotoran hewan. Selain untuk bahan bakar, biomassa juga memiliki kegunaan lain seperti untuk pangan dan pakan ternak. Sebagai sumber energi terbarukan,

biomassa dapat tersedia secara berkelanjutan dan mudah diperoleh. Biomassa dalam bentuk padat bisa digunakan untuk menggantikan bahan bakar fosil pada kompor, di mana biomassa diubah menjadi gas melalui proses pirolisis dan gasifikasi. Pemanfaatan biomassa sebagai alternatif bahan bakar fosil dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, terutama di daerah pedesaan, di mana limbah pertanian dan sisa tanaman melimpah. Dengan demikian, masyarakat pedesaan dapat lebih mudah memanfaatkan biomassa sebagai pengganti LPG yang semakin terbatas. Sebagai negara tropis dengan sektor pertanian yang terus berkembang, Indonesia memiliki potensi biomassa dan bioenergi yang sangat besar. Berdasarkan informasi dari LINTAS EBTKE tahun 2023, dari 38 provinsi di Indonesia, 28 provinsi memiliki potensi energi biomassa dari limbah agroindustri dengan kapasitas total mencapai 14.289 MW. Oleh karena itu, penggunaan kompor biomassa bisa menjadi langkah strategis untuk mengurangi konsumsi LPG dan memanfaatkan sumber biomassa yang melimpah di Indonesia.

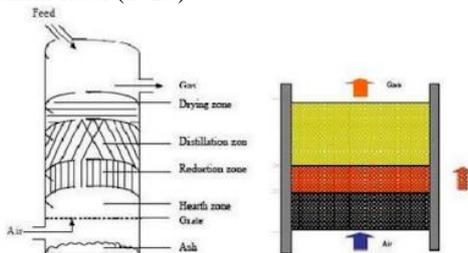
A. KAJIAN TEORI

A. Biomassa

Biomassa merupakan jenis bahan bakar yang diperoleh dari limbah pertanian dan perkebunan, dan saat ini sedang mengalami perkembangan sebagai salah satu sumber energi alternatif. Biomassa meliputi berbagai bahan organik yang sering digunakan, seperti tanaman, pohon, rumput, ubi, serta berbagai jenis limbah pertanian, limbah hutan, dan kotoran hewan. Selain perannya sebagai bahan bakar, biomassa juga menawarkan manfaat tambahan, termasuk penggunaannya dalam pangan dan pakan ternak. Sebagai salah satu sumber energi terbarukan, biomassa memiliki keunggulan dalam hal ketersediaannya yang terus-menerus dan kemudahan akses. Dalam bentuk padat, biomassa dapat dipergunakan sebagai alternatif bahan bakar fosil pada kompor, dengan cara diubah menjadi gas melalui teknik pirolisis dan gasifikasi. Proses ini memungkinkan biomassa untuk berfungsi sebagai pengganti bahan bakar fosil, sehingga mendukung keberlanjutan energi dan mengurangi ketergantungan pada sumber daya fosil.

B. Gasifikasi *Updraft*

Pada kompor biomassa yang terbuat dari bahan dasar semen, diterapkan sistem tungku gasifikasi jenis updraft. Dalam sistem ini, udara yang disuplai oleh kipas masuk melalui bagian bawah reaktor dan melewati grate, sementara bahan bakar dimasukkan dari bagian atas reaktor. Dengan metode ini, aliran udara dan bahan bakar bergerak dalam arah yang berlawanan atau counter current. Secara sederhana, gasifikasi dapat diartikan sebagai proses pembakaran bertahap, di mana biomassa padat dibakar dengan jumlah oksigen yang terbatas, menghasilkan gas yang masih memiliki potensi untuk dibakar lebih lanjut. Tujuan dari proses gasifikasi adalah untuk memecah molekul-molekul kompleks menjadi gas-gas sederhana seperti hidrogen (H₂) dan karbon monoksida (CO), yang kemudian dapat digunakan untuk proses pembakaran. Proses gasifikasi itu sendiri melibatkan beberapa tahap, yakni pengeringan, pirolisis, oksidasi, dan reduksi. Kompor biomassa yang menggunakan bahan dasar semen ini merupakan sebuah sistem pembakaran yang dirancang untuk memproduksi gas buang yang kaya akan karbon monoksida (CO) dan hidrogen (H₂) melalui reaksi termokimia dengan bahan bakar padat seperti biomassa. Penjelasan mengenai cara kerja sistem kompor biomassa ini dapat ditemukan dalam referensi dari mushilin riadi (2023).



Gambar 1. Skema tungku gasifikasi *updraft*

a. METODE

Pada percobaan ini menggunakan dua pengujian yaitu uji performa kompor biomassa konvensional UB-03 dengan kompor biomassa berbahan dasar semen menggunakan metode *Water Boiling Test* (WBT) dengan kondisi keduanya tanpa menggunakan *fan*. Pengujian ini bertujuan untuk membandingkan performa dari kompor yang sudah ada di pasaran. Pengujian kedua yaitu menguji pengaruh laju aliran udara primer terhadap performa kompor dengan metode WBT. Pengujian ini dilakukan untuk menguji apa pengaruh dari laju aliran udara primer terhadap performa dari kompor dengan memvariasikan kecepatan udara yang dihasilkan dengan kecepatan 1 m/s, 2,5 m/s, dan 5 m/s.

Metode *Water Boiling Test* (WBT) adalah sebuah teknik yang digunakan untuk mengevaluasi seberapa efektif energi panas berpindah pada alat masak saat menggunakan kompor. Tujuan dari penggunaan metode WBT adalah untuk menilai efisiensi kinerja tungku serta jumlah energi yang disalurkan dari bahan bakar ke dalam panci. Metode ini memiliki keunggulan dalam mengukur berbagai parameter performa kompor, termasuk konsumsi bahan bakar spesifik, laju pembakaran, dan efisiensi bahan bakar. Metode WBT terdiri dari tiga tahap utama, 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 dalam metode *Water Boiling Test* (WBT) adalah pengujian kompor dengan cara merebus air menggunakan panci yang sama seperti yang digunakan pada tahap *Hot Start*, di mana panci tersebut telah mencapai titik didih dan dipertahankan selama 45 menit. Pada tahap ini, bahan bakar yang digunakan adalah bahan bakar sisa dari tahap *Hot Start*, yang telah diukur beratnya sebelumnya. Tujuan dari tahap *simmering* ini adalah untuk menguji kemampuan kompor dalam memasak dengan memanfaatkan bahan bakar yang jumlahnya minimal. Dengan kata lain, tahap *simmering* dirancang untuk mengevaluasi efisiensi kompor ketika hanya tersedia bahan bakar yang tersisa setelah tahap perebusan awal. Ini memberikan gambaran tentang seberapa baik kompor dapat berfungsi dengan bahan bakar yang terbatas dan memastikan bahwa kompor dapat tetap efektif dalam kondisi tersebut.

II. HASIL DAN PEMBAHASAN

Ada beberapa parameter yang diamati dalam Pengaruh Laju Aliran Udara Primer Terhadap Performa Kompor antara lain: air, bahan bakar, waktu, dan parameter pendukung.

1. Air

Pengujian	Tahapan WBT	Air					
		Jumlah Awal Air (Kg)	Massa Akhir Air (Kg)	Air yang menguap (Kg)	Suhu Awal Air	Suhu Akhir Air	Perubahan Suhu Air
Fan 1 m/s	<i>Cold Start</i>	3	2,757	0,243	26,2	98	71,80
	<i>Hot Start</i>	3	2,826	0,174	30	97	67,00
	<i>Simmering</i>	2,826	1,683	1,143	86,8	98,5	11,70
Fan 2.5 m/s	<i>Cold Start</i>	3	2,791	0,209	27,3	98	70,70
	<i>Hot Start</i>	3	2,807	0,193	28,2	98	69,80
	<i>Simmering</i>	2,807	1,237	1,57	82	98,5	16,50
Fan 5 m/s	<i>Cold Start</i>	3	2,715	0,285	27,6	98	70,40
	<i>Hot Start</i>	3	2,839	0,161	27	98	71,00
	<i>Simmering</i>	2,839	0,507	2,332	82,7	98,2	15,50

Dari ketiga data yang menunjukkan dampak laju aliran udara primer pada kompor biomassa berbahan semen, terlihat bahwa semakin tinggi laju aliran udara, semakin banyak jumlah air yang menguap. Hal ini dapat diobservasi melalui pengujian *Water Boiling Test* (WBT) pada tahap *simmering*. Pada kecepatan aliran udara 5 m/s, jumlah air yang menguap adalah yang paling banyak. Sebaliknya, pada kecepatan 2,5 m/s, jumlah air yang menguap lebih sedikit dibandingkan dengan kecepatan 5 m/s. Sedangkan pada kecepatan aliran udara 1 m/s, jumlah air yang menguap merupakan yang paling rendah jika dibandingkan dengan kecepatan 5 m/s dan 2,5 m/s. Temuan ini menunjukkan bahwa semakin banyak udara primer yang masuk ke ruang

pembakaran, semakin efektif kompor dalam mentransfer panas ke air.

2. Bahan Bakar

Penguujian	Tahapan WBT	Bahan Bakar		
		Jumlah Awal (Kg)	Bahan Bakar Tersisa (Kg)	Jumlah Bahan Bakar yang digunakan (Kg)
Fan 1 m/s	Cold Start	3,1	2,786	0,314
	Hot Start	3,1	2,796	0,304
	Simmering	2,796	1,915	0,881
Fan 2.5 m/s	Cold Start	3,1	2,851	0,249
	Hot Start	3,1	2,79	0,31
	Simmering	2,79	1,672	1,118
Fan 5 m/s	Cold Start	3,1	2,696	0,404
	Hot Start	3,1	2,853	0,247
	Simmering	2,853	1,39	1,463

Ketiga data tersebut menunjukkan pengaruh dari laju kecepatan udara primer dalam proses pembakaran dapat mempengaruhi jumlah bahan bakar yang digunakan. Hal tersebut dikarenakan udara primer pada proses pembakaran kompor biomassa dapat mempengaruhi laju pembakaran bahan bakar sehingga semakin banyak udara primer maka semakin cepat bahan bakar terbakar dan membuat bahan bakar lebih banyak yang terbakar dalam waktu yang sama dari ketiga data kecepatan aliran udara primer yang berbeda.

3. Waktu

Penguujian	Tahapan WBT	Waktu			
		Fuel Start Up (Menit)	Boiling Time (Menit)	Boiling Time (Jam)	Total Operating Time (Jam)
Fan 1 m/s	Cold Start	2,33	21,45	0,36	0,40
	Hot Start	2,32	21,43	0,36	0,40
	Simmering	-	45	0,75	0,75
Fan 2.5 m/s	Cold Start	2,16	17,09	0,28	0,32
	Hot Start	2,21	15,14	0,25	0,29
	Simmering	-	45	0,75	0,75
Fan 5 m/s	Cold Start	2	10,05	0,17	0,20
	Hot Start	1,37	11,25	0,19	0,21
	Simmering	-	45	0,75	0,75

Dari data tersebut dapat diketahui pada kecepatan 5 m/s memiliki *boiling time* lebih cepat dibandingkan dengan kecepatan aliran udara 2,5 m/s dan 1 m/s. Hal tersebut menandakan aliran udara primer dapat mempengaruhi *boiling time* pada proses pengujian *water boiling test* (WBT). Semakin banyak aliran udara primer maka semakin cepat waktu yang dibutuhkan untuk mendidihkan air.

4. Parameter Pendukung

Penguujian	Tahapan WBT	Parameter Pendukung				
		Minyak tanah yang digunakan (g)	Suhu Dinding Awal	Suhu Dinding Akhir	Suhu Lingkungan	Suhu Api
Fan 1 m/s	Cold Start	20	28,7	54	28,3	483
	Hot Start	20	67,9	85	29,3	475
	Simmering	-	82,7	120,3	30,6	519
Fan 2.5 m/s	Cold Start	20	32	52,2	23,8	555
	Hot Start	20	47,6	64,6	27	551
	Simmering	-	66,7	120,3	26,3	575
Fan 5 m/s	Cold Start	20	33,3	52	28,4	625
	Hot Start	20	53,5	60	28,5	663
	Simmering	-	63	109	29	704

Pada *fan* kecepatan 1 m/s didapatkan suhu tertinggi dinding kompor berada 120,3 derajat celsius, dengan rata-rata suhu api berada pada 480 sampai 510 derajat celsius. Pada *fan* kecepatan 2,5 m/s didapatkan suhu tertinggi dinding kompor berada 120,3 derajat celsius, dengan rata-rata suhu api berada pada 555 sampai 575 derajat celsius. Dan *fan* kecepatan 5 m/s ataupun kecepatan maksimum didapatkan suhu tertinggi kompor berada 109 derajat celsius, dengan rata-rata suhu api berada pada 575 sampai 704 derajat celsius. Dari hasil tabel tersebut dapat dilihat pengaruh kecepatan *fan* semakin tinggi kecepatan dari *fan* semakin tinggi suhu api tersebut.

III. KESIMPULAN

Laju aliran udara primer memiliki dampak signifikan terhadap kinerja kompor biomassa yang terbuat dari semen. Dalam percobaan yang dilakukan dengan tiga variasi laju aliran udara, yaitu 1 m/s, 2,5 m/s, dan 5 m/s, ditemukan perbedaan yang mencolok dalam waktu rata-rata untuk mencapai titik didih pada tahap cold start dan hot start. Waktu rata-rata *boiling time* adalah 21,44 menit pada kecepatan aliran udara 1 m/s, 16,11 menit pada kecepatan 2,5 m/s, dan 10,65 menit pada kecepatan 5 m/s. Selain itu, rata-rata konsumsi bahan bakar (Fuel Consumption Rate/FCR) yang tercatat adalah 0,912 kg/jam pada kecepatan 1 m/s, 1,113 kg/jam pada kecepatan 2,5 m/s, dan 1,712 kg/jam pada kecepatan 5 m/s. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi laju aliran udara primer, semakin cepat proses fuel startup dan *boiling time* pada kompor, meskipun penggunaan bahan bakar juga meningkat seiring dengan laju aliran udara yang lebih tinggi. Berdasarkan analisis yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa efisiensi termal tertinggi dicapai pada percobaan dengan kecepatan blower 2,5 m/s, yang menghasilkan nilai efisiensi termal rata-rata sebesar 21,63%.

REFERENSI

- [1] M. Riadi, "Biomassa - Pengertian, Jenis Kompor dan Gasifikasi", KAJIANPUSTAKA.COM, 2023. [Online]. Tersedia : <https://www.kajianpustaka.com/2023/03/biomassa.html> . [Accessed September 2024].
- [2] 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.
- [3] Abdullah, “Modifikasi Kompor Biomassa Menggunakan Teknologi Fan”, *Skripsi Universitas Borneo Tarakan*, 2023.
- [4] 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/sektorbioenergi/potensi> . [Accessed Desember 2023].
- [5] 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].

