

STUDI KONSENTRASI PM_{2,5}, CO, DAN CO₂ DARI PENGGUNAAN BRIKET BIOMASSA SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF

Fadjar Goembira^{1,2)}, Fauzi Oktafianto²⁾, Khairul Hakim²⁾,
Amalia Husna²⁾, Afifah Nazir²⁾, Hendri Sawir³⁾

¹Pusat Studi Lingkungan Hidup, Universitas Andalas

²Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Andalas

³Jurusan Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Industri Padang

Email korespondensi: fgoembira@ft.unand.ac.id

Abstract

This study was aimed to analyze indoor PM_{2,5}, CO, and CO₂ concentrations due to utilization of biomass stove, and to calculate fuel consumption efficiency of some biomass fuels. Both briquette and non-briquette biomass fuels from coconut shell and firewood were used in this study. Water boiling test (WBT) method was conducted to simulate cooking process. The measurement of PM_{2,5} was done by using low volume sampler, while gas analyzer was utilized for measuring CO and CO₂. Measurement results show that the concentrations of those three pollutants were still in compliance with national indoor air quality standard based on the Minister of Health Regulation No. 1077/2011, when the briquette fuels were used in the biomass stove. On the other hand, the use of non-briquette fuels resulted in higher air pollutant concentrations than the indoor air quality standard, particularly for PM_{2,5} and CO parameters. The comparison between coconut shell and firewood briquettes showed that pollutant concentrations from both biomass fuels were not significantly different, although the firewood briquettes exhibited slightly lower pollutant concentrations. Furthermore, the measurement of fuel consumption efficiency indicated that briquette fuels had higher efficiency than that of non-briquette ones. In this study, the highest fuel consumption efficiency was identified for firewood briquette utilization. From these lines of evidence, it can be concluded that the use of biomass briquette can reduce indoor air pollution and increase fuel consumption efficiency that more or less will contribute to the increase of natural resource utilization, particularly related to the management of a watershed.

Keywords: biomass, biomass cook stove, air pollution concentration, fuel consumption efficiency

PENDAHULUAN

Berbagai biomassa merupakan salah satu energi alternatif yang terus dikembangkan penggunaannya karena dapat mensubstitusi energi dari fosil seperti batu bara, minyak, dan gas. Hal yang terpenting dari biomassa ini ialah bahan bakarnya yang dapat diperbaharui atau dalam istilah populernya terbarukan (*renewable*) [1]. Penggunaan biomassa sebagai sumber energi sudah lama dilakukan tetapi penggunaan bahan bakar ini berdampak pada penambahan emisi karbon di atmosfer dan pemanasan global karena pembakaran energi biomassa selain melepaskan energi juga melepaskan karbon dioksida dalam bentuk asap, di samping itu dapat menyebabkan lingkungan penikmatan terganggu [2].

Alternatif lain yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar adalah briket. Briket adalah salah satu cara yang digunakan untuk mengkonversi sumber energi biomassa ke

bentuk biomassa lain dengan cara dimampatkan sehingga bentuknya menjadi lebih teratur. Briket yang terkenal adalah briket batubara namun tidak hanya batubara saja yang dapat diolah menjadi briket. Biomassa lain seperti tempurung kelapa, sekam, serbuk gergaji, serbuk kayu dan limbah-limbah biomassa yang lainnya. Pembuatan briket tidak terlalu sulit, alat yang digunakan juga tidak terlalu rumit [3].

Pembakaran yang tidak sempurna ditambah dengan perpindahan panas yang tidak efisien mengakibatkan efisiensi termal yang rendah. Selain efisiensi energi yang rendah, pembakaran terbuka menimbulkan emisi polutan seperti CO, H₂S, NO_x, SO_x dan partikel debu. Gas-gas yang dihasilkan dari pembakaran selama kegiatan memasak tidak hanya mengotori ruangan tetapi juga atmosfer yang dapat memicu pemanasan global [4]. Berdasarkan penjelasan di atas perlu dilakukan penelitian mengenai potensi tingkat pencemaran udara PM_{2,5}, CO dan CO₂ di

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber.
2. Dilarang menggunakan gambar, foto, atau video yang dilindungi hak cipta dalam media elektronik atau cetak.
3. Dilarang menyalin, menduplikasi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun, termasuk elektronik dan cetak, tanpa izin tertulis dari penerbit.
4. Dilarang mengutip, menduplikasi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun, termasuk elektronik dan cetak, tanpa izin tertulis dari penerbit.
5. Dilarang mengutip, menduplikasi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun, termasuk elektronik dan cetak, tanpa izin tertulis dari penerbit.
6. Dilarang mengutip, menduplikasi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun, termasuk elektronik dan cetak, tanpa izin tertulis dari penerbit.
7. Dilarang mengutip, menduplikasi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun, termasuk elektronik dan cetak, tanpa izin tertulis dari penerbit.
8. Dilarang mengutip, menduplikasi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun, termasuk elektronik dan cetak, tanpa izin tertulis dari penerbit.
9. Dilarang mengutip, menduplikasi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun, termasuk elektronik dan cetak, tanpa izin tertulis dari penerbit.
10. Dilarang mengutip, menduplikasi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun, termasuk elektronik dan cetak, tanpa izin tertulis dari penerbit.



dalam ruangan akibat penggunaan kompor

METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan penelitian yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Studi Literatur

Studi literatur bertujuan untuk memberikan dasar teori yang berhubungan dengan pelaksanaan penelitian tugas akhir. Studi literatur penelitian tugas akhir ini membahas jenis dan sumber pencemar udara dalam ruangan, kompor biomassa dan bahan bakar, metode pengambilan sampel PM_{2,5}, CO dan CO₂ di dalam ruangan, metode analisis kuantitatif, analisis perbandingan polutan yang dihasilkan antara bahan bakar biomassa briket dan non briket, serta efisiensi pembakaran dan efisiensi penggunaan bahan bakar yang terjadi akibat penggunaan kompor biomassa dengan bahan bakar briket dan non briket.

Pengumpulan Data Sekunder

Data sekunder yang dibutuhkan pada penelitian ini merupakan gambaran umum mengenai kompor biomassa dan jenis bahan bakar yang digunakan pada penelitian ini. Kompor biomassa yang digunakan adalah kompor biomassa yang diproduksi oleh Sawir dengan bahan bakar tempurung kelapa dan kayu bakar dalam bentuk briket dan non briket.



Gambar 1. Kompor Biomassa

sebesar 6.788,8 kal/g. Kalor merupakan kuantitas atau jumlah panas baik yang diserap maupun dilepaskan oleh suatu benda [5]. Pengujian nilai kalor menggunakan alat *bomb calorimeter* seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Bomb Calorimeter

3. Pengambilan Data Primer

A. Pengukuran PM_{2,5}

Pengambilan data dilakukan selama 1 jam sebelum penggunaan kompor biomassa sebagai data *background* dan selama waktu pengukuran efisiensi kompor biomassa untuk masing-masing perlakuan bahan bakar. Alat yang digunakan pada *sampling* PM_{2,5} yaitu *Low Volume Air Sampler* (LVS) yang menggunakan filter *fiber glass* dengan metode gravimetri. Laju aliran udara untuk *sampling* PM_{2,5} sebesar 3,5 L/menit.



Gambar 3. Low Volume Sampler (LVS)

B. Pengukuran CO dan CO₂

Pengukuran CO dan (CO₂) dilakukan untuk pengambilan data primer. Pengujian CO dan CO₂ menggunakan alat *Hygrometer Air Quality* yang dapat dilihat pada Gambar 4. *Hygrometer Air Quality* memiliki rentang pengukuran karbon monoksida (CO) sebesar 0 – 500 ppm dan ketelitian ±3 ppm dan memiliki rentang pengukuran 0 – 5.000 ppm dan ketelitian ±50 ppm untuk CO. Alat *Hygrometer Air Quality* menggunakan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritikan atau tulisan lain yang bersifat kritis.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar di Universitas Riau.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyaknya.



prinsip *electro-chemical sensor* untuk mengukur karbon monoksida dan prinsip *non-diversive infrared sensor* untuk mengukur CO₂.



Gambar 4. *Hygrometer Air Quality*

Prosedur kerja alat untuk pengukuran CO dan CO₂ sebagai berikut.

Persiapan Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain:

- a. bahan bakar briket;
- b. Air dengan temperatur ruang;
- c. Panci alumunium;
- d. Kompor biomassa;
- e. Timbangan digital dengan ketelitian 1 gram;
- f. Termokopel tipe K;
- g. *Hygrometer Air Quality*;
- h. *Low Volume Air Sampler (LVS)*.

Prosedur Pengujian

Pengujian kompor biomassa dilakukan menggunakan metode *water boiling test* (WBT). WBT merupakan simulasi dari proses memasak yang dimaksudkan untuk membantu memahami seberapa energi dapat ditransfer dari bahan bakar ke panci masak. Waktu pengukuran pada fase *cold start* dan *hot start* yaitu selama pemanasan air hingga mencapai titik didih, sedangkan untuk fase *simmering* dilakukan selama 45 menit. Pengukuran dilakukan sebanyak 3 kali (1 foto).

Konsentrasi PM_{2,5}

Prosedur kerja alat LVS untuk PM_{2,5} sebagai berikut:

Tahap Persiapan

- a. Filter yang akan digunakan disimpan di dalam desikator selama 24 jam;
- b. Filter kosong ditimbang hingga didapatkan berat konstan kemudian berat filter dicatat;
- c. Filter tersebut diletakkan ke dalam *file box* yang berisi *silica gel* setelah diberi label.

2. Tahap Pengambilan Sampel

- a. Filter dimasukkan ke *filter holder*, lalu LVS dihubungkan dengan pompa penghisap udara dengan menggunakan selang silikon kemudian disambungkan dengan arus listrik;
- b. LVS diletakkan pada titik pengukuran (di lokasi sampling) dan setinggi 1 meter dari permukaan kompor menggunakan tripod;
- c. Pompa penghisap udara dihidupkan dan lakukan *sampling* dengan kecepatan laju aliran udara (*flow rate*) 3,5 l/menit untuk parameter PM_{2,5}. Lama pengambilan sampel dilakukan selama pengukuran efisiensi bahan bakar dilaksanakan;
- d. Filter dikeluarkan dari *filter holder* dengan menggunakan pinset dan dimasukkan ke dalam desikator selama 24 jam;
- e. Ulangi pengambilan sampel sebanyak 3 kali.

3. Tahap Penimbangan

- a. Filter yang telah didiamkan selama 24 jam di dalam desikator ditimbang dengan menggunakan neraca analitik hingga didapatkan berat yang stabil;
- b. Catat hasil penimbangan berat filter pada *form*.

b) Konsentrasi CO dan CO₂

Prosedur pengujian adalah sebagai berikut:

- Persiapkan *stopwatch* untuk pengukuran waktu, tunggu sampai dimulai penyalaan kompor;
- Atur perletakan tungku;
- Masukkan bahan bakar ke dalam tungku sampai 2/3 tinggi ruang pembakaran;
- Letakkan panci berisi air di atas tungku;
- Nyalakan api, hidupkan *stopwatch*. Catat waktu ketika api mulai hidup;
- Hidupkan alat *Hygrometer Air Quality*;
- Amati dan catat angka konsentrasi CO dalam ppm yang ditunjukkan pada alat ukur dalam satuan ppm setiap 1 menit pengukuran;
- Amati dan catat angka konsentrasi CO₂ dalam ppm yang ditunjukkan pada alat ukur dalam satuan ppm setiap 1 menit pengukuran;

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merujuk ke sumber asli.
 c. Dilarang mengutip dan menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Riau.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Ar-Raniry.

- Catat waktu ketika air mulai mendidih setiap menit sampai temperatur air mencapai titik didih. Hentikan pengujian. Titik didih tidak harus 100 °C, tetapi mengikuti formula sebagai berikut;

$$t_D = \left(100 - \frac{h}{300}\right) \quad (3.1)$$

Keterangan:

t_D = titik didih (°C)

h = ketinggian lokasi dari permukaan laut (meter);

- Fase *simmering* dilakukan pengujian selama 45 menit dengan mempertahankan titik didih air;
- Matikan kompor dengan memasukan pasir ke dalam ruang pembakaran, kemudian pisahkan abu yang terbakar dengan bahan bakar yang belum terbakar;
- Matikan Alat Ukur.

Pengukuran Efisiensi Bahan Bakar Briket

Efisiensi pembakaran merupakan perbandingan antara jumlah total energi untuk memanaskan air (kal) dengan nilai kalor dari berat briket yang digunakan (kal). Efisiensi briket dipengaruhi oleh jumlah energi, nilai kalor dan temperatur

Perhitungan

$$\text{Efisiensi bahan bakar} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} \times 100\% \quad (3.2)$$

$$\text{Output} = Q = m \times C \times \Delta T \quad (3.3)$$

$$\text{Input} = \text{massa briket} \times \text{nilai kalor} \quad (3.4)$$

Dimana:

Q = nilai kalor (kal/g)

m = Massa air rata-rata (g)

C = panas jenis air (1 kal/g.°C)

ΔT = Perbedaan suhu rata-rata (°C)

selanjutnya pengukuran efisiensi penggunaan bahan bakar yang dilakukan adalah perhitungan laju konsumsi spesifik bahan bakar terhadap kompor biomassa berbahan bakar briket.

Perhitungan laju konsumsi spesifik bahan

$$SC = \frac{f_{cd}}{P_{cf} - P} \quad (3.5)$$

Keterangan:

SC = konsumsi spesifik bahan bakar (g);

f_{cd} = konsumsi rata-rata bahan bakar kering (g);

P_{cf} = massa panci berisi air setelah pengujian (g).

P = massa panci kosong (g)

4. Analisis Data Konsentrasi PM_{2,5}, CO dan CO₂

Setelah dilakukan pengukuran PM_{2,5}, CO dan CO₂ data konsentrasi dianalisis sehingga diperoleh gambaran konsentrasi PM_{2,5}, CO dan CO₂ dari penggunaan kompor biomassa.

Perhitungan konsentrasi PM_{2,5}

$$C = \frac{(W_s - W_o) \times 10^6}{V_{stp}} \quad (3.6)$$

Keterangan:

C = konsentrasi partikel tersuspensi (µg/Nm³)

W_s = berat filter *fiber glass* setelah *sampling* (g)

W_o = berat filter *fiber glass* sebelum *sampling* (g)

10^6 = konversi dari g menjadi µg

Kemudian konsentrasi yang diperoleh tersebut dikonversi ke persamaan model konversi Canter untuk mendapatkan konsentrasi yang setara dengan konsentrasi gas emisi di udara dengan waktu pencuplikan atau pengukuran selama 8 jam. Berikut adalah persamaan konversi Canter untuk CO dan CO₂ [6]:

$$C_{8jam} = C_{sampling} \times \left[\frac{n}{8}\right]^P \quad (3.7)$$

Keterangan:

C_{8jam} = Konsentrasi 8 jam gas (ppm)

C = Konsentrasi gas rata-rata yang terukur saat *sampling* n jam (ppm)

n = Lama waktu *sampling* (jam)

P = Konversi Canter (0,17-0,2) → 0,185 [7]

Konsentrasi CO dan CO₂ 8 jam dibandingkan dengan baku mutu udara dalam rumah menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 1077 Tahun 2011 tentang Pedoman Penyehatan Udara dalam Ruang Rumah. Konsentrasi CO dan CO₂ dianalisis dengan membuat rasio CO/CO₂ sebagai acuan untuk efisiensi pembakaran kompor. Rasio CO / CO₂ harus kurang dari 0,02 [8].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN



Konsentrasi Pengukuran PM_{2,5}, CO dan CO₂

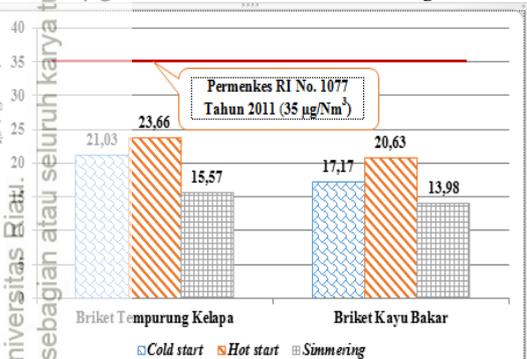
Konsentrasi Sebelum Pengujian (Background)

Pengujian *background* dilakukan selama 1 jam untuk mendapatkan konsentrasi dari ruangan uji kompor biomassa sebelum dilakukannya penelitian. Konsentrasi PM_{2,5} *background* yang didapatkan sebesar 7,70 µg/Nm³, konsentrasi CO yang didapatkan sebesar 0 ppm, dan pada pengujian konsentrasi CO₂ sebesar 514,29 ppm.

Konsentrasi Selama Pengujian

Konsentrasi PM_{2,5}

Konsentrasi rata-rata PM_{2,5} dengan konversi 24 jam dari penggunaan briket tempurung kelapa yaitu sebesar 21,03 µg/Nm³ pada fase *cold start*, 23,66 µg/Nm³ pada fase *hot start*, dan 15,57 µg/Nm³ pada fase *simmering* sedangkan konsentrasi PM_{2,5} menggunakan bahan bakar briket kayu bakar dengan konversi 24 jam sebesar 17,17 µg/Nm³ untuk fase *cold start*, 20,63 µg/Nm³ untuk fase *hot start*, dan 13,98 µg/Nm³ untuk fase *simmering*.



Gambar 5. Konsentrasi PM_{2,5} Rata-rata Setiap Fase Bahan Bakar Briket

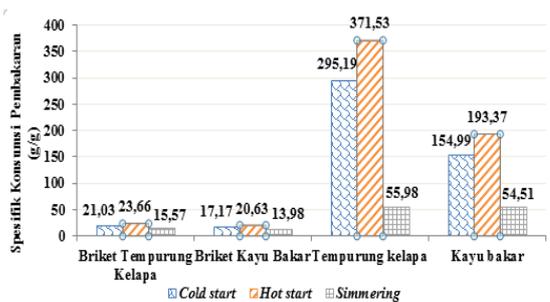
Konsentrasi dari pembakaran briket tempurung kelapa tidak terlalu tinggi, hal ini disebabkan karena asap yang dihasilkan dari pembakaran briket tempurung kelapa sangat sedikit, sehingga partikel yang terbawa angin selama pengukuran tidak banyak, sedangkan konsentrasi PM_{2,5} pada briket kayu bakar yang rendah disebabkan karena selama pengujian tidak terdapat asap. Briket kayu bakar yang diujikan memiliki kualitas yang baik dengan kadar yang rendah dan tidak kedap air, sehingga selama proses pembakaran tidak menghasilkan asap. Kondisi udara saat pengujian briket kayu bakar terlihat lebih bersih daripada saat pengujian briket

tempurung kelapa, sehingga pencemar PM_{2,5} yang terukur pada LVS saat pembakaran briket kayu bakar lebih sedikit. Secara keseluruhan konsentrasi rata-rata PM_{2,5} pada pengujian kompor biomassa masing-masing bahan bakar masih memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan di dalam Permenkes RI No. 1077 Tahun 2011 sebesar 35 µg/Nm³.

Selain itu kualitas briket juga mempengaruhi emisi yang dihasilkan. Briket kayu bakar yang diujikan memiliki kualitas yang baik karena memiliki permukaan yang halus dan rata, tidak meninggalkan bekas hitam di tangan bila digenggam, tidak mengeluarkan asap bila dibakar, memiliki sifat kedap air, dan tidak mengeluarkan bau. Berbeda dengan briket tempurung kelapa, apabila digenggam meninggalkan bekas hitam, mengeluarkan sedikit asap, dan jika direndam ke dalam air berat briket langsung bertambah yang menunjukkan bahwa briket tempurung kelapa tidak kedap air.

Adapun faktor lain yang mempengaruhi hasil pengujian PM_{2,5} yaitu kondisi ruangan yang memiliki sedikit ventilasi, sehingga asap dari pembakaran kompor terakumulasi di udara dalam ruangan. Upaya penyehatan yang dapat dilakukan menurut Permenkes RI No. 1077 Tahun 2011 dalam pengendalian PM_{2,5} adalah dengan memasang ventilasi dapur untuk mengurangi polusi yang muncul dari penggunaan kompor. Selain itu, ventilasi harus memiliki bukaan sekurang-kurangnya 40% dari luas lantai dengan sistem silang.

Hasil perbandingan antara konsentrasi PM_{2,5} dari bahan bakar briket dengan bahan bakar non briket menunjukkan konsentrasi rata-rata PM_{2,5} yang terukur memiliki perbedaan yang sangat signifikan.



Gambar 6. Perbandingan Konsentrasi PM_{2,5} Bahan Bakar Briket dengan Bahan Bakar

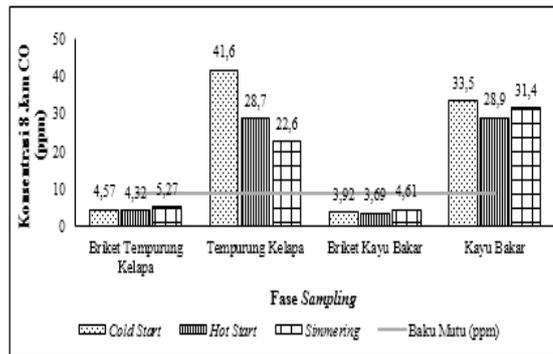


Biomassa yang Belum Diolah

Konsentrasi rata-rata PM_{2,5} yang dihasilkan dari pembakaran briket tempurung kelapa memiliki nilai 21,03 µg/Nm³ pada fase *cold start*, 23,66 µg/Nm³ pada fase *hot start*, dan 15,57 µg/Nm³ pada fase *simmering*, pembakaran bahan bakar non briket berupa tempurung kelapa didapatkan konsentrasi rata-rata yang lebih besar dengan nilai 295,19 µg/Nm³ pada fase *cold start*, 371,53 µg/Nm³ pada fase *hot start*, dan 54,51 µg/Nm³ pada fase *simmering*. Briket kayu bakar dengan kayu bakar memiliki perbandingan yang juga signifikan dengan nilai konsentrasi rata-rata untuk briket kayu bakar yaitu 17,17 µg/Nm³ pada fase *cold start*, 20,63 µg/Nm³ pada fase *hot start*, dan 12,17 µg/Nm³ pada fase *simmering*, sedangkan konsentrasi rata-rata yang diperoleh saat pembakaran kayu bakar yaitu 15,99 µg/Nm³ pada fase *cold start*, 193,37 µg/Nm³ pada fase *hot start*, dan 54,51 µg/Nm³ pada fase *simmering*.

Konsentrasi CO

Berdasarkan hasil pengujian didapatkan bahwa konsentrasi CO dengan bahan bakar briket tidak melebihi baku mutu yang telah ditetapkan untuk ketiga fase pengujian dan masing-masing bahan bakar briket. Sedangkan pembakaran bahan bakar biomassa non briket berupa tempurung kelapa dan kayu bakar menunjukkan bahwa konsentrasi emisi CO berada di atas baku mutu yang telah ditetapkan. Hal ini membuktikan bahwa pengolahan biomassa menjadi briket efektif menurunkan konsentrasi emisi CO pada proses pembakaran. Bahan bakar briket telah mengalami proses karbonisasi atau pengarangan terlebih dahulu yang menyebabkan kadar karbon pada briket meningkat. Kadar karbon terikat yang tinggi akan menyebabkan tingginya nilai kalor [9]. Sehingga pembakaran pada bahan briket lebih baik daripada bahan bakar yang tidak diolah menjadi briket. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh [10] bahwa semakin besar persentase biomassa pada briket maka kandungan emisi polutan CO semakin berkurang.



Gambar 7. Perbandingan Konsentrasi CO dengan Baku Mutu Udara

Dari hasil pengukuran CO dan perbandingan dengan Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 1077 Tahun 2011 untuk ketiga fase didapatkan bahwa penggunaan kompor biomassa dengan bahan bakar briket tempurung kelapa dan briket kayu bakar telah memenuhi persyaratan baku mutu yang berlaku. Hal ini sesuai dengan hasil uji penelitian yang dilakukan oleh Qistina dkk [11] yang menyatakan gas emisi dari pembakaran pada briket masih di bawah baku mutu yang dipersyaratkan.

Apabila konsentrasi CO memenuhi baku mutu dapat mengakibatkan turunnya berat janin dan meningkatkan jumlah kematian bayi serta kerusakan otak. Selain itu gas CO dapat mengikat hemoglobin darah mengganti posisi oksigen (COHb) bila terhisap masuk ke paru-paru, mengakibatkan fungsi vital darah sebagai pengangkut oksigen terganggu karena ikatan gas CO dengan hemoglobin darah lebih kuat 140 kali dibandingkan dengan oksigen. Keadaan ini menyebabkan darah menjadi lebih mudah menangkap gas CO dan menyebabkan fungsi vital darah sebagai pengangkut oksigen terganggu. Keracunan gas CO dapat ditandai dari keadaan yang ringan berupa pusing, sakit kepala dan mual. Keadaan yang lebih berat seperti menurunnya kemampuan gerak tubuh, gangguan pada sistem kardiovaskuler, serangan jantung hingga pada kematian [12].

c) Konsentrasi CO₂

Perbandingan konsentrasi CO₂ kompor biomassa dengan baku mutu udara dalam ruang untuk fase *cold start* dapat dilihat pada Gambar 8 berikut ini.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

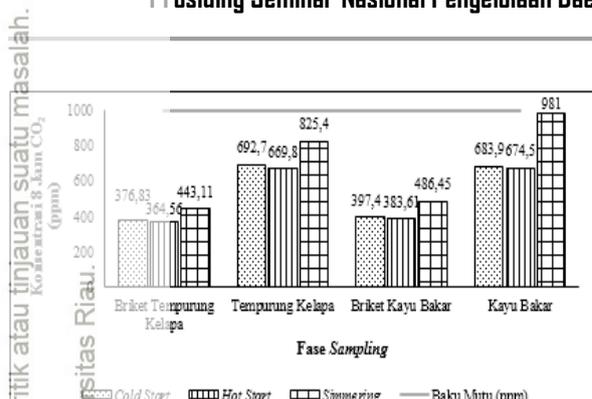
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan ini dilarang dipertanggungjawabkan oleh Universitas Riau.

2. Dilarang menyalin, menduplikasi, mengoleksi, mengunggah, mengunduh, atau melakukan tindakan lain yang merugikan dengan menggunakan perangkat lunak atau sistem otomatisasi.





Gambar 8. Perbandingan Konsentrasi CO₂ dengan Baku Mutu Udara

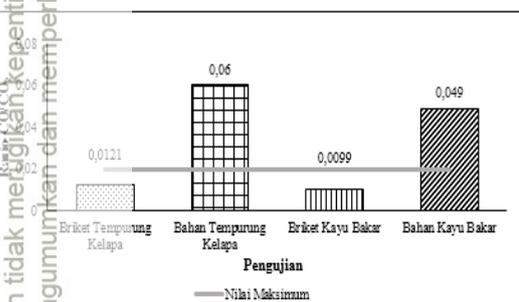
Berdasarkan Gambar 8 dapat dilihat konsentrasi CO₂ setelah dibandingkan dengan baku mutu udara di dalam ruang untuk parameter CO₂, masing-masing pengujian pada bahan briket telah memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan. Begitu pula hasil pengujian yang dilakukan pada bahan bakar tempurung kelapa dan kayu bakar non briket juga masih memenuhi baku mutu untuk parameter CO₂ pada setiap fasenya.

Rasio CO/CO₂

Rasio CO/CO₂ digunakan sebagai metode untuk menentukan tingkat pembakaran pada setiap pembakaran kompor. Kompor yang memiliki nilai rasio CO/CO₂ yang baik tidak mengeluarkan karbon yang terbakar dengan sempurna yang berlebihan. Rasio CO/CO₂ digunakan sebagai acuan untuk efisiensi pembakaran kompor dengan syarat CO/CO₂ harus kurang dari 0,02 [8].

Rasio CO/CO₂ Fase Cold Start

Nilai rasio CO/CO₂ pada pengujian fase *cold start* dapat dilihat pada **Gambar 9**.



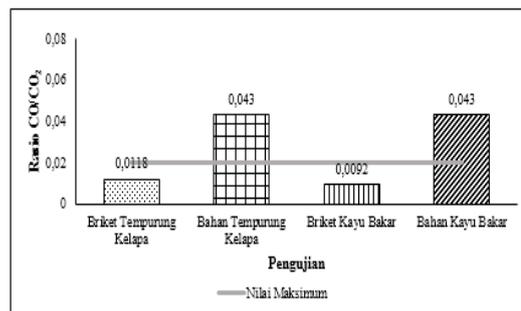
Gambar 9. Perbandingan Rasio CO/CO₂ untuk Fase Cold Start

Berdasarkan hasil perhitungan rasio CO/CO₂ untuk fase *cold start* menunjukkan bahwa efisiensi pembakaran kompor biomassa dengan bahan bakar

briket di bawah nilai 0,02 yaitu dengan nilai 0,0121 untuk briket tempurung kelapa dan 0,0099 untuk briket kayu bakar. Sedangkan pengujian pada bahan bakar tempurung kelapa dan kayu bakar non briket diperoleh nilai rasio yang lebih tinggi yaitu sebesar 0,06 dan 0,049 untuk masing-masingnya.

2. Rasio CO/CO₂ Fase Hot Start

Rasio CO/CO₂ Pada pengujian fase *hot start* dapat dilihat pada Gambar 10.

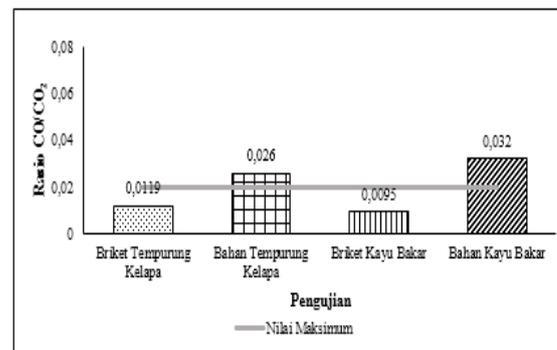


Gambar 10. Perbandingan Rasio CO/CO₂ untuk Fase Hot Start

Berdasarkan hasil perhitungan rasio CO/CO₂ untuk fase *hot start* menunjukkan bahwa efisiensi pembakaran kompor biomassa dengan bahan bakar briket di bawah nilai 0,02 yaitu dengan nilai 0,0118 untuk briket tempurung kelapa dan 0,0092 untuk briket kayu bakar. Sedangkan pada pengujian bahan bakar tempurung kelapa dan kayu bakar non briket didapatkan nilai rasio yang lebih tinggi yaitu sebesar 0,0430.

3. Rasio CO/CO₂ Fase Simmering

Rasio CO/CO₂ Pada pengujian fase *simmering* dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Perbandingan Rasio CO/CO₂ untuk Fase Simmering

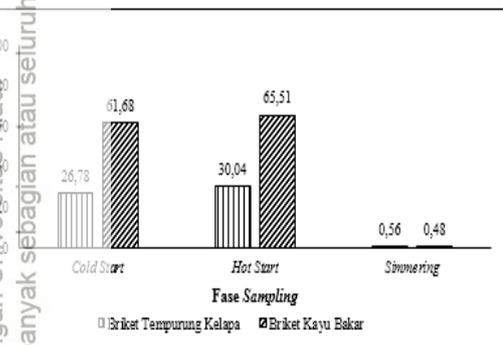
Berdasarkan hasil perhitungan rasio CO/CO₂ untuk fase *simmering* menunjukkan bahwa efisiensi pembakaran kompor biomassa dengan



bahan bakar briket di bawah nilai 0,02 yaitu dengan nilai 0,0119 untuk briket tempurung kelapa dan 0,0095 untuk briket kayu bakar. Sedangkan pada bahan bakar tempurung kelapa dan kayu bakar non briket diperoleh nilai rasio yang lebih tinggi yaitu sebesar 0,0266 dan 0,0320 untuk masing-masingnya.

Efisiensi Pembakaran Bahan Bakar

Efisiensi merupakan perbandingan antara jumlah total energi untuk memanaskan air (kal) dengan nilai kalor dari berat briket yang digunakan (kal). Efisiensi pembakaran dipengaruhi oleh jumlah energi, nilai kalor dan temperatur [5]. Berdasarkan hasil pengujian, nilai kalor yang dimiliki oleh briket kayu bakar sebesar 6.788,8 kal/g sedangkan nilai kalor briket tempurung kelapa sebesar 2.857,7 kal/g. Bahan baku yang memiliki nilai kalor yang tinggi akan menghasilkan bakar briket arang yang kadar karbon terikatnya tinggi pula [9]. Menurut Winarni [13], semakin tinggi kadar karbon terikat akan semakin tinggi pula nilai kalor, karena setiap ada reaksi oksidasi akan menghasilkan kalori. Efisiensi bahan bakar briket tempurung kelapa dan briket kayu bakar pada tiap fase dapat dilihat pada Gambar 12. berikut.



Gambar 12 Efisiensi Pembakaran Bahan Bakar Briket

Berdasarkan hasil perhitungan efisiensi pembakaran diketahui bahwa nilai efisiensi yang terjadi pada bahan bakar briket kayu bakar yaitu sebesar 61,68 % pada fase cold start dan 65,51 % pada fase hot start sedangkan pada bahan bakar briket tempurung kelapa didapatkan efisiensi sebesar 26,78 % pada fase cold start dan 30,04 % pada fase hot start. Perbedaan nilai efisiensi pada kedua bahan bakar ini disebabkan karena waktu penguapan pada bahan bakar briket kayu bakar yang lebih singkat untuk mendidihkan air. Hal ini disebabkan karena nilai kalor yang terkandung pada briket kayu bakar lebih tinggi

dibandingkan briket tempurung kelapa. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Jalal [14] bahwa semakin besar nilai kalor briket, maka semakin cepat waktu yang dibutuhkan untuk mendidihkan satu liter air.

Sedangkan nilai efisiensi jauh lebih kecil pada fase *simmering* disebabkan karena pengujian dilakukan dengan waktu yang lebih lama yaitu 45 menit sehingga bahan bakar yang digunakan untuk mempertahankan titik didih tersebut lebih besar. Selain itu dengan mempertahankan suhu air mendidih maka rentang suhu awal pengujian dan akhir tidak besar, hal ini juga mempengaruhi pada perhitungan nilai efisiensi pembakaran bahan bakar.

Briket merupakan bahan bakar yang mengalami proses pengarangan terlebih dahulu. Proses pengarangan akan mempengaruhi kualitas briket, yaitu nilai kalornya yang akan mempengaruhi nilai efisiensi pembakaran. Dimana semakin baik proses pengarangan maka semakin baik nilai kalor yang dimiliki briket sehingga akan menghasilkan bahan bakar yang optimum [15]. Nilai kalor yang tinggi akan membuat pembakaran menjadi lebih efisien dan dapat menghemat kebutuhan briket yang digunakan [16].

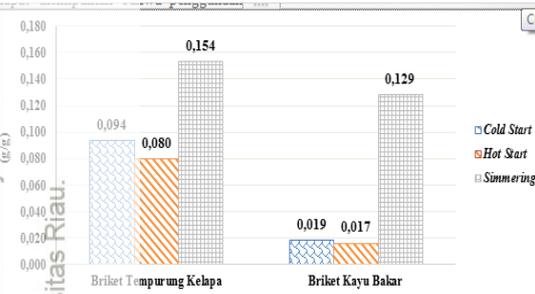
D. Efisiensi Penggunaan Bahan Bakar

Laju spesifik konsumsi bahan bakar menggunakan briket kayu bakar diperoleh nilai sebesar 0,019 g/g pada fase *cold start*, nilai ini lebih rendah dari nilai laju spesifik briket tempurung kelapa yaitu 0,094 g/g. Kemudian pada fase *hot start* nilai laju spesifik briket kayu bakar lebih rendah daripada menggunakan briket tempurung kelapa dengan nilai berturut-turut sebesar 0,017 g/g dan 0,080 g/g. Begitupun untuk fase *simmering* menggunakan briket kayu bakar memiliki nilai laju spesifik yang lebih rendah daripada menggunakan briket tempurung kelapa dengan nilai sebesar 0,129 g/g dan 0,154 g/g. Bahan bakar dengan nilai laju konsumsi yang rendah lebih baik karena dapat menghemat penggunaan bahan bakar. Hal ini menunjukan bahwa penggunaan bahan bakar briket kayu bakar lebih hemat bahan bakar dibandingkan briket tempurung kelapa.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber.





Gambar 13 Efisiensi Penggunaan Bahan Bakar Briket

KESIMPULAN

kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

Hasil pengukuran konsentrasi PM_{2,5}, CO, CO₂ yang dihasilkan dari pembakaran briket kayu bakar lebih rendah dibandingkan briket tempurung kelapa berdasarkan baku mutu Permenkes RI No. 1077 Tahun 2011 untuk semua fase uji WBT;

Hasil perhitungan rasio CO/CO₂ kompor biomassa dengan bahan bakar briket menunjukkan bahwa pembakaran yang dilakukan dengan bahan bakar briket lebih sempurna dibandingkan dengan bahan bakar non briket, di mana konsentrasi CO yang lebih kecil dibandingkan konsentrasi

efisiensi penggunaan bahan bakar tertinggi pada kedua briket adalah pada fase *hot start* sedangkan nilai efisiensi terendah pada kedua briket pada fase *simmering*;

penggunaan briket kayu bakar lebih hemat daripada briket tempurung kelapa karena briket kayu bakar memiliki nilai laju konsumsi spesifik yang lebih rendah dibandingkan briket tempurung kelapa;

pembakaran briket menghasilkan emisi yang lebih rendah daripada biomassa non briket, dan penggunaan bahan bakar briket lebih efisien daripada biomassa non briket.

REFERENSI

1. Jayung M., Ludong, P.M., 2014, *Kompor Biomassa Menggunakan Bahan Bakar Kayu Cengkeh (Syzygium Aromaticum) Sebagai Sumber Energi*, Manado.

[2] Mamuja, C.F., Hunta, L.Y., 2012, Pemanfaatan Biomassa Kering (Kayu) sebagai Bahan Bakar untuk Menguji Kerja Prototype Kompor Biomassa, *Jurnal Buana Sains*, Vol 12, No 1, 75-82.

[3] Usman E., 2014., Karakterisasi Briket Campuran Arang Tempurung Kelapa Dan Serbuk Kayu Gergaji Sebagai Bahan Bakar Alternatif Ramah Lingkungan, *Skripsi*, Gorontalo, Universitas Negeri Gorontalo.

[4] Mac Carty N., Ogle D., Still D., Bond T, dan Roden C., 2008, *A Laboratory Comparison of the Global Warming Impact of Five Major Types of Biomass Cooking Stoves*, Energy for Sustainable Development XII, 5-14.

[5] Santosa, Mislaini R., Swara, P.A., 2010, Studi Variasi Komposisi Bahan Penyusun Briket dari Kotoran Sapi dan Limbah Pertanian, *Skripsi*, Padang, Universitas Andalas.

[6] Fildzah, A.Q., 2014, *Metode Gravimetri dalam Alat High Volume Air Sampler (HVAS) sebagai Cara Kuantitatif Mengukur Kualitas Debu dalam Ruangan*, Fakultas MIPA, Jakarta, Universitas Indonesia.

[7] Kamal, N.M., 2015, Studi Tingkat Kualitas Udara pada Kawasan Mall Panakukang Di Makassar, *Skripsi*, Makassar, Universitas Hasanudin.

[8] Kirumbi, M.R, dan Ondu, C.K.K., 2016, Comparative Analysis of Indoor Air Pollutants Emitted by the Advanced Stove Relative to the Conventional Bioethanol Gel Stoves. *IJAERT*, vol 4, ISSN Nomor 2348 – 8190.

[9] Hendra, Dj., 2007, *Pembuatan Briket Arang dari Campuran Kayu, Bambu, Sabut Kelapa dan Tempurung Kelapa sebagai Sumber Energi Alternatif*. Fakultas Teknologi Pertanian IPB: Bogor.

[10] Sulistyanto A., 2006, Karakteristik Pembakaran Biobriket Campuran Batubara dan Sabut Kelapa. *Media Mesin*, 7(2), hal 77-84.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan Universitas Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini di luar bentuk apa pun tanpa izin Universitas Riau.

- 1] Qistina I., Sukandar D., Trilaksono., 2016, *Kajian Kualitas Briket Biomassa dari Sekam Padi dan Tempurung Kelapa*, Banten.
- 2] Sugiarti, 2009, Gas Pencemar Udara dan Pengaruhnya bagi Kesehatan Manusia, *Jurnal Chemica*, Vol, 10 Nomor 50-58, Universitas Negeri Makassar.
- 3] Winarni I., 2003, Sifat Fisis dan Kimia Briket Arang Campuran Limbah Kayu Gergajian dan Sebetan Kayu, *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*.
- 4] Alal S., 2013, Perbandingan Karakteristik antara Briket-briket berbahan Dasar Sekam Padi sebagai Energi Terbarukan, *Skripsi*, Jurusan Fisika. Universitas Jember.
- 5] Riyadeyaka, R.R., 2008, Optimasi Kadar perekat pada Briket Limbah Biomassa, *Skripsi*, Bogor, Institut Pertanian Bogor.
- 6] Jamilatun S., 2008, Sifat-sifat Penyalaan dan Pembakaran Briket Biomassa, Briket Batubara dan Arang Kayu, *Jurnal Rekayasa Proses*, Vol 2, No. 2.

