

## Limbah Ampas Kopi Sebagai Alternatif Bahan Bakar Industri Untuk Menggantikan Penggunaan Batubara

Albert Yansen<sup>1,\*</sup>, Danny Indra Satya<sup>2</sup>, Thom Deutmar Londo Doaly<sup>3</sup>, Dokman Marulitua Situmorang<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Dosen STIE Bhakti Pembangunan, Jakarta

<sup>2</sup>Peneliti Independen, Jakarta

<sup>3</sup>Dosen Universitas Pamulang, Jakarta

<sup>4</sup>Dosen Institut Teknologi & Bisnis Kristen Bukit Pengharapan, Jawa Tengah

\*) *Corresponding author:* albert.yansen@gmail.com

### Abstract

*Present, it is important to limit using and burning of fossil fuels such as coal because it is not renewable and expensive, then switch to biomass. Indonesia potential to produce abundant biomass as renewable energy and can be used to replace coal due to favorable geography and climate. Biomass used is coffee grounds waste. It comes from one of a company wastes engaged in the processing of coffee drinks (Arabica and Robusta types) located in Tangerang, Indonesia. The research purpose is to obtain the utilization of coffee grounds waste as a cheap and potential alternative fuel for industry, and reduce coffee grounds waste itself. Coffee grounds waste is spread out and monitored for several days in an open area but under the roof so that water content is maintained (water content & calories are tested). The results show that the calorie content of coffee grounds waste can reach 4840 kcal/kg, total water content reaches 11.86%, ash content reaches 2.01% and sulfur content reaches 0.27%. Calorific value of coffee grounds waste is higher than that of husks and almost the same as coal. Thus, coffee grounds waste is ready to be used as fuel either directly or mixed with coal.*

### Abstrak

Saat ini penting untuk membatasi penggunaan dan pembakaran bahan bakar fosil seperti batu bara karena bukan energi terbarukan dan mahal, lalu beralih ke biomassa. Indonesia memiliki potensi untuk menghasilkan biomassa yang melimpah sebagai energi terbarukan dan dapat dimanfaatkan untuk menggantikan batubara karena geografis dan iklim yang mendukung. Biomassa yang digunakan adalah limbah ampas kopi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh pemanfaatan limbah ampas kopi sebagai bahan bakar alternatif yang murah dan potensial untuk industri, serta mengurangi limbah ampas kopi itu sendiri. Limbah ampas kopi berasal dari salah satu limbah perusahaan yang bergerak di bidang pengolahan minuman kopi (jenis Arabika dan Robusta) yang berada di Tangerang, Indonesia. Limbah ampas kopi dihampar dan dimonitor selama beberapa hari di area terbuka tetapi di bawah atap agar kadar air tetap terjaga (kadar air serta kalornya di tes). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan kalor limbah ampas kopi bisa mencapai 4840 kcal/kg, total kadar air bisa mencapai 11.86%, kadar ash mencapai 2.01% serta kadar sulfur mencapai 0.27%. Nilai kalor limbah ampas kopi lebih tinggi dari sekam dan hampir sama dengan batubara. Dengan demikian limbah ampas kopi ini siap dijadikan bahan bakar baik langsung maupun di campur dengan batubara.

**Kata kunci :** *coffee grounds, alternative fuels, biomass, renewable energy, heat*

## PENDAHULUAN

Batubara terus memainkan peran penting dalam sektor energi global dan dengan meningkatnya perdagangan internasional, pasar global untuk batubara uap telah berkembang. Tahun 2021 ini pemerintah Indonesia melalui Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) resmi menaikkan target produksi batu bara pada 2021 ini sebesar 75 juta ton menjadi 625 juta ton dari target awal 550 juta ton [1]. Produksi batubara di Indonesia juga setiap tahun cenderung meningkat terus [2]. Adapun dasar pertimbangan keputusan ini antara lain karena dampak pandemi Covid-19 terhadap sektor pertambangan pada 2020 mengakibatkan penurunan keekonomian kegiatan pertambangan secara global, sehingga perlu adanya dukungan pemerintah melalui penambahan jumlah produksi batu bara 2021 untuk penjualan ke luar negeri. Lalu, alasan lainnya yaitu pandemi Covid-19 telah ditetapkan oleh pemerintah sebagai bencana nasional non alam sesuai dengan ketentuan Keputusan Presiden No.12 tahun 2020 tentang Penetapan Bencana Non Alam Penyebaran Covid-19 sebagai Bencana Nasional [3]. Sedangkan harga batubara di Indonesia menurut Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) cenderung meningkat dimana harga batubara bulan Juli 2021 mencapai 115.35 USD/ton [4]. Penyebab harga batubara naik pesat karena pertumbuhan konsumsi yang tinggi di China melampaui pasokan batu bara domestik. Mengingat batubara memiliki sifat tak terbarukan dan dihasilkan dari proses geologi selama puluhan bahkan ratusan juta tahun, maka sangatlah disayangkan apabila pemanfaatannya tidak memiliki nilai tambah. Industri yang menggunakan batubara sebagai bahan bakar adalah pembangkit listrik, industri semen dan agregat, industri karet, industri tekstil, industri makanan-minuman dan sebagainya. Selain itu, pembakaran batubara untuk salah satu keperluan industri yakni pembangkit listrik juga menghasilkan limbah padat. Saat ini kualitas batubara Indonesia pada umumnya didominasi oleh batubara peringkat rendah (low rank coal), yaitu sekitar 70% dari total sumber daya yang tersedia. Batubara jenis ini mempunyai kandungan air (moisture content) yang cukup tinggi yaitu sekitar 15 – 35% dan nilai kalor yang rendah yaitu kurang dari 5000 kcal/kg [5]. Saat ini banyak sektor industri mengambil langkah inisiatif untuk menekan biaya produksi yakni dengan menekan biaya bahan bakar yang menggunakan batubara tersebut. Caranya dengan menggunakan alternatif bahan bakar lainnya yang lebih murah dari batubara, ramah lingkungan dan terbarukan.

Sebagian besar bahan bakar alternatif yang dipertimbangkan untuk aplikasi masa depan sudah yang dikenal untuk produk/bahan kimia, saat ini digunakan untuk tujuan lain [6]. Biomassa adalah sumber daya yang hadir dalam berbagai bahan yang berbeda: kayu, serbuk gergaji, ampas kopi, jerami, limbah biji, pupuk kandang, limbah kertas, limbah rumah tangga, air limbah, dan lain-lain. Sumber daya biomassa telah digunakan secara tradisional, dan penggunaannya menjadi semakin penting karena potensi ekonomi mereka, karena ada volume produksi pertanian tahunan yang signifikan, yang produk sampingannya dapat digunakan sebagai sumber energi dan bahkan dipromosikan sebagai apa yang disebut tanaman energi, khususnya untuk tujuan ini. Menurut laporan penelitian Universitas Auburn tentang Alternative Fuel For Portland Cement Processing, biomassa menyumbang 14% dari konsumsi energi dunia dan digunakan sebagai sumber energi utama oleh lebih dari setengah populasi dunia [7]. Negara-negara utama yang menyelidiki subjek biomassa sebagai energi terbarukan, yang diukur dengan produksi ilmiah, adalah Amerika Serikat, diikuti oleh Cina, India, Jerman dan Italia. Institusi paling produktif di bidang ini adalah Chinese Academy of Sciences, diikuti oleh National Renewable Energy Laboratory, Danmarks Tekniske Universitet dan Kementerian Pendidikan di China [8]. Menurut Moreno dan timnya, biomassa mengacu pada semua bahan organik yang ada di biosfer, baik yang berasal dari tumbuhan atau hewan, serta bahan-bahan yang diperoleh melalui transformasi alami atau buatanya [8]. Menurut peneliti lainnya biomassa adalah fraksi

biodegradable dari produk, limbah dan residu dari pertanian (termasuk zat tumbuhan dan hewan), kehutanan dan industri terkait serta fraksi biodegradable dari limbah industri dan kota [9]. Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 150 Tahun 2000 Tentang Pengendalian Kerusakan Tanah Untuk Produksi, Biomassa adalah tumbuhan atau bagian-bagiannya yaitu bunga, biji, buah, daun, ranting, batang, dan akar, termasuk tanaman yang dihasilkan oleh kegiatan pertanian, perkebunan, dan hutan tanaman [10]. Produksi biomassa adalah bentuk-bentuk pemanfaatan sumber daya tanah untuk menghasilkan biomassa. Peneliti lainnya menyatakan bahwa biomassa adalah bahan yang dapat diperoleh dari tanaman baik secara langsung maupun tidak langsung dan dimanfaatkan sebagai energi atau bahan dalam jumlah yang besar [11]. Secara tidak langsung mengacu pada produk yang diperoleh melalui peternakan dan industri makanan. Penggunaan biomassa sebagai sumber energi adalah sangat menarik sebab merupakan sumber energi dengan jumlah bersih CO<sub>2</sub> yang nol, oleh karenanya tidak berkontribusi pada peningkatan emisi gas rumah kaca. Hal ini berarti biomassa adalah netral karbon. Menurut peneliti lainnya, biomassa adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan semua bahan organik yang dihasilkan oleh fotosintesis, yang ada di permukaan bumi. Mereka mencakup semua vegetasi dan pohon berbasis air dan darat, dan semua biomassa limbah seperti limbah padat kota (MSW), biosolid kota (limbah), dan kotoran hewan (pupuk kandang), residu kehutanan dan pertanian, dan jenis limbah industri tertentu [12]. Dari penjelasan beberapa peneliti sebelumnya maka dapat disintesis bahwa biomassa adalah semua bahan organik yang ada di permukaan bumi, baik yang berasal dari tumbuhan atau hewan secara langsung maupun tidak langsung yang dihasilkan oleh kegiatan pertanian, perkebunan, hutan tanaman maupun jenis limbah tertentu (limbah padat kota (MSW), dan biosolid kota (limbah)). Biomassa sebagai alternatif bahan bakar yang pembakarannya memberikan emisi CO<sub>2</sub> netral sehingga harus menjadi pembawa utama energi primer. Pada umumnya biomassa digunakan sebagai bahan bakar alternatif dinilai karena memiliki nilai ekonomis yang relatif murah karena berasal dari limbah yang ada di sekitar masyarakat. Keuntungan dalam pemanfaatan biomassa menjadi energi adalah meningkatkan efisiensi energi karena banyaknya limbah yang ada dan akan terbuang serta dapat berdampak negatif jika tidak dimanfaatkan [13]. Untuk menghilangkan kadar air dalam biomassa biasanya dilakukan pengeringan. Pada tahap pirolisis terjadi proses devolatilisasi yang akan mereduksi zat-zat volatil. Sedangkan untuk mengurangi karbon yang terikat dengan pembakaran arang dan sisa pembakaran ini akan menghasilkan abu.

Bahan bakar alternatif dapat bervariasi berdasarkan asal dan proses produksinya, tetapi yang umum untuk semuanya adalah bahwa mereka diproduksi melalui prosedur yang berkelanjutan dan bersih, tanpa tambahan emisi Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) [14]. Energi alternatif atau energi terbarukan adalah semua sumber energi yang bertujuan menggantikan bahan bakar konvensional. Tujuannya untuk mengurangi penggunaan bahan bakar hidrokarbon yang mengakibatkan kerusakan lingkungan akibat emisi karbon dioksida yang tinggi sehingga berkontribusi besar terhadap pemanasan global [15]. Menurut peneliti lainnya, bahan bakar alternatif adalah bahan bakar yang dapat digunakan sebagai energi alternatif dalam rangka pemenuhan kebutuhan masyarakat dalam menjalankan roda kehidupannya [16]. Menurut Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 Tentang Kebijakan Energi Nasional, sumber energi alternatif tertentu adalah jenis sumber energi tertentu pengganti Bahan Bakar Minyak [17]. Peraturan Presiden ini menetapkan target bauran energi yang optimal pada tahun 2025, di mana energi terbarukan berkontribusi lebih dari 15% dari total bauran energi. Ini memiliki 5% biofuel, 5% terbarukan lainnya, termasuk jenis lain dari energi biomassa, nuklir, mikro-hidro, surya, dan angin, dan 5% energi panas bumi. Sedangkan untuk pemakaian sekam untuk industri semen, peneliti menyatakan bahwa sekam sebagai bahan bakar alternatif pabrik semen mampu menghemat sekitar 3,4 ton batubara per jam, sebagai bahan bakar pengganti dengan rata-rata penggunaan 6,65 ton per jam serta sebagai bahan bakar substitusi sekitar 10,72% dibandingkan dengan total bahan bakar yang digunakan pada pembakaran klinker [18].

Menurut peneliti lainnya bahan bakar alternatif (energi terbarukan) merupakan energi atau bahan bakar yang dihasilkan oleh sumber daya alam seperti sinar matahari, angin, hujan, ombak, pasang surut, dan panas bumi yang secara alami terisi kembali dalam rentang waktu beberapa tahun. Energi terbarukan mencakup teknologi yang mengubah sumber daya alam menjadi layanan energi yang bermanfaat: angin, ombak, pasang surut, dan tenaga air (termasuk tenaga air mikro dan sungai), tenaga surya (termasuk fotovoltaik), panas matahari, dan panas bumi, teknologi biomassa dan bahan bakar nabati (termasuk biogas) serta fraksi terbarukan dari limbah (limbah rumah tangga dan industri) [19]. Dari beberapa penelitian di atas dapat disintesis bahwa bahan bakar alternatif (energi terbarukan) adalah energi atau bahan bakar yang dihasilkan oleh sumber daya alam secara berkelanjutan dalam rentang beberapa tahun, dan bersih tanpa tambahan emisi karbondioksida yang bertujuan menggantikan bahan bakar konvensional. Sumber energi terbarukan atau bahan bakar alternatif merupakan sarana untuk mengurangi gas rumah kaca. Penelitian ini menggunakan salah satu bahan bakar yang berasal dari biomassa yakni Limbah Ampas Kopi (*Coffee Grounds Waste*).

Limbah ampas kopi dapat menjadi sumber potensial untuk produksi biodiesel (bahan bakar). Kopi merupakan salah satu produk pertanian terbesar yang terutama digunakan untuk minuman. Menurut organisasi kopi internasional, produksi kopi dunia sekitar 120 miliar karung (60 kg per karung) per tahun [20][21]. Hasil penelitian Deligiannis, A, menunjukkan bahwa minyak limbah ampas kopi diekstraksi dan dapat diubah secara kimia melalui reaksi transesterifikasi basa menjadi metil ester asam lemak. Limbah padat yang tersisa setelah ekstraksi minyak dapat dimanfaatkan sebagai kompos (nilai kalor 21,16 MJ/kg-1). Walaupun demikian, biodiesel kopi memiliki stabilitas oksidasi yang sangat tinggi dan kopi minyak diubah menjadi biodiesel dengan hasil yang tinggi [21]. Limbah ampas kopi merupakan sejumlah besar organik senyawa (lebih dari 1000 individu senyawa) seperti protein, karbohidrat, tanin, serat, kafein, selulosa, nitrogen non protein, asam lemak, asam amino, polifenol, mineral lignin dan polisakarida [22]. Nilai kalor Limbah ampas kopi basah menyumbang sekitar 8,4 MJ.kg<sup>-1</sup> ( $\pm$  2006 kcal/kg), sedangkan nilai kalor limbah ampas kopi kering berkisar antara 19,3–24,9 MJ.kg<sup>-1</sup> ( $\pm$  4610–5947 kcal/kg). Hasil penelitian menurut Atabani dan tim menunjukkan bahwa biorefinery yang terintegrasi dengan limbah ampas kopi dilakukan yang menghasilkan berbagai jenis biofuel dan produk bernilai tambah yang hal ini tentu saja merupakan pendekatan yang sangat menjanjikan yang akan lebih diteliti secara ekonomis di masa mendatang [22]. Sedangkan hasil penelitian Dwi Khusna dan Joko Susanto menyatakan bahwa limbah ampas kopi dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar sebagai energi alternatif dalam bentuk bricket biomass, dilihat dari kalor yang dihasilkan yaitu ampas kopi 5764 cal/gr, dan arang kopi 6779 cal/g dibandingkan dengan batubara yang digunakan PT.Santos Jaya Abadi 3 sebesar 5141 cal/g. Kualitas kalor dari bricket kopi rata-rata lebih besar dari bricket biomass yang sudah ada [23]. Awal mulanya, limbah ampas kopi ini diolah menjadi pupuk tanaman, biogas, ataupun pakan ternak. Namun ternyata, setelah diproses menjadi biopelet, limbah ampas kopi ini memiliki nilai kalor yang tinggi. Hasil uji peneliti Pusat Penelitian Biomaterial LIPI, Suryanegara, Lisman (2018), menunjukkan bahwa biopelet buatan peneliti LIPI ini memiliki nilai kalor 5.000 – 5.100 cal/g atau setara dengan kualitas kalor batubara energi rendah [24]. Lain halnya peneliti Yeongsu, Kim, Park, Tusan, Hong, Donghyuck (2021), menyimpulkan hasil penelitiannya bahwa pembakaran limbah ampas kopi berupa pelet dicampur dengan bahan bakar batubara menghasilkan tidak hanya bahan biomassa dengan kandungan nitrogen yang rendah tetapi juga metode yang efektif untuk mengurangi emisi NOx karena efek sinergis pada pembakaran [25]. Penelitian ini juga akan menggunakan limbah ampas kopi dicampur dengan sekam padi. Untuk itu diperlukan perbandingan dengan penelitian yang menggunakan sekam padi sebagai bahan bakar. Menurut penelitian Maryoto, Agus dan Sudiby, Gathot Heri, (2019) bahwa sekam padi dapat menggantikan batubara yang digunakan dalam industri semen karena perbandingan nilai kalor sekam padi dengan nilai kalor batubara adalah 1 banding 2 [18]. Tatan Zakaria, dan Ade

Ariesmayana, dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa simulasi blending fuel antara bahan bakar 100% medium kalori batubara dengan ekstrak ampas kopi (80% : 20%) pada ketel uap, maka akan didapatkan penghematan biaya bahan bakar sebesar 18% / bulan [26]. Saat ini limbah ampas kopi juga dijadikan peluang untuk alternatif bahan bakar di industri semen.

Pasar semen memainkan peran sentral dalam pertumbuhan ekonomi negara-negara berkembang. Kontribusi ini dapat ditunjukkan dengan nilai tambah produksi semen terhadap produksi dalam negeri nasional dan kesempatan kerja [27]. Permintaan semen dalam konstruksi mendorong produksi dan tanpa hambatan dari sisi permintaan, produksi semen diperkirakan akan terus tumbuh. Dalam dekade terakhir, produksi tahunan rata-rata di dunia meningkat [28]. Sedangkan harga semen di Indonesia tidak mengalami kenaikan signifikan pada tahun 2021 bahkan cenderung turun di tahun ini. Hal ini mendorong sektor industri semen mengambil langkah inisiatif untuk menekan biaya produksi yakni dengan menekan biaya bahan bakar yang menggunakan batubara tersebut. Caranya dengan menggunakan alternatif bahan bakar lainnya yang lebih murah dari batubara, ramah lingkungan dan terbarukan. Industri semen di seluruh dunia menghadapi tantangan yang semakin besar dalam melestarikan sumber daya material dan energi, serta mengurangi emisi CO<sub>2</sub> [29][30]. Peran industri semen dalam konservasi sumber daya dan perlindungan lingkungan telah meningkat dalam beberapa tahun terakhir karena pertumbuhan ekonomi yang cepat di kawasan besar, seperti Cina, India, dan Asia Tenggara. Industri semen adalah industri padat energi dengan energi biasanya menyumbang 30–40% dari biaya produksi. Konsumsi energi diperkirakan sekitar 2% dari total dunia, dan 5% dari total industri. Campuran bahan bakar di industri ini padat karbon, dan proses kalsinasi itu sendiri menghasilkan CO<sub>2</sub>, sehingga secara total industri semen menyumbang 5%-7% dari emisi CO<sub>2</sub> global. Sedangkan batubara menyumbang faktor emisi CO<sub>2</sub> sebesar 2,819 kg CO<sub>2</sub> pers short ton [31].

Dari rumusan masalah di atas maka dilakukan penelitian yang dihasilkan melalui prosedur yang berkelanjutan dan bersih, serta dapat mereduksi nilai CO<sub>2</sub> dalam bahan bakar industri yakni dengan menggunakan limbah ampas kopi. Penelitian dibatasi pada penggunaan bahan bakar alternatif untuk industri semen. Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh manfaat yakni manfaat ekologis (penerapan bahan bakar alternatif yang terbuat dari limbah memungkinkan seseorang untuk mengurangi jumlah sampah yang harus dibuang hingga 50%), manfaat teknologi (interaksi gas buang dan bahan baku yang ada di kiln memastikan bahwa bagian yang tidak mudah terbakar, jika ada, berkurang, dimana hal ini lebih unggul dibandingkan dengan insinerator khusus atau mode lainnya), serta manfaat ekonomi (rata-rata energi yang dibutuhkan untuk produksi satu ton semen berjumlah sekitar 3,3 GJ, yang setara dengan sekitar 120 kg batu bara, biaya energi sekitar 30-40% dari total biaya produksi semen, sehingga akan memungkinkan seseorang untuk mengurangi biaya produksi). Residu (abu) Limbah Ampas Kopi memiliki 0,24% volumenya [32]. Ini merupakan kategori residu yang sangat kecil dibandingkan batubara. Sekitar 0,91 g limbah ampas kopi diproduksi per 1 g kopi bubuk, dan sekitar dua kilogram limbah ampas kopi basah diproduksi untuk setiap kilogram kopi instan yang dibuat [33]. Hipotesis penelitian ini adalah : ampas kopi yang dicampur dengan sekam padi atau yang dicampur batubara dapat dijadikan bahan bakar alternatif industri semen.

## METODE PENELITIAN

Limbah kopi berasal dari salah satu limbah perusahaan yang bergerak di bidang pengolahan minuman kopi jenis Arabika (*Coffea arabica L*) dan Robusta (*Coffea canephora*) [34], yang berada di Cikupa (Tangerang, Indonesia). Limbah ini ditampung oleh pihak lainnya dimana volume limbah ini bisa mencapai 200 ton/hari. Limbah ampas kopi ini berasal dari pengolahan biji kopi menjadi minuman kopi. Biji kopi ini (seperti pada gambar 1) diproses menjadi minuman kopi dan sisa/limbah proses pengolahan biji kopi tadi ada yang berbentuk

ampas kopi (Coffee Grounds), kulit ari kopi (Coffee Silverskin), dan sebagainya. Tentu saja studi atau penelitian ini menitikberatkan pada ampas kopi (seperti pada gambar 2). Penelitian dilakukan dari Nopember 2019 sampai dengan April 2021 termasuk proses pengolahan dan proses trial penggunaan limbah ini sebagai bahan bakar di industri.



Gambar 1. Penampang Bagian Biji Kopi

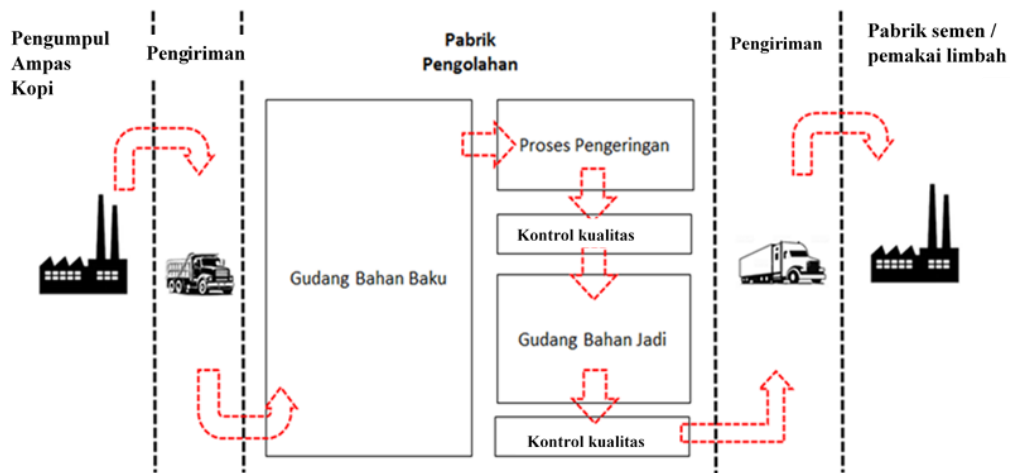


Gambar 2. Ampas kopi dari sisa pabrik minuman kopi

Proses penggunaan limbah ampas kopi sebagai alternatif bahan bakar industri dilakukan di salah satu pabrik semen yang berada di daerah Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Sebelum dilakukan proses pengolahan limbah ampas kopi untuk alternatif bahan bakar maka material ini (fresh material) terlebih dahulu di tes di laboratorium. Dan hasilnya menunjukkan bahwa kadar air dari ampas kopi mencapai 60% (menggunakan metode rapid moisture). Nilai kadar air ini juga sesuai penelitian yang dilakukan oleh Luísa Cruz-Lopes, dan timnya [35]. Penelitian Luísa Cruz-Lopes, dan timnya (2017) tentang ampas kopi menyatakan bahwa material ini mengandung bahan lignoselulosa kaya gula (sekitar 30.4%) dan serat makanan yang cukup tinggi (hemicelluloses sekitar 28.4%, dan cellulose sekitar 10.8 %). Hal inilah yang menyebabkan ampas kopi ini memiliki nilai kalor yang cukup untuk proses pembakaran. Alur proses penelitian limbah ampas kopi (pengiriman ampas kopi dari pabrik pengolahan minuman kopi sampai dengan penggunaan ampas kopi sebagai bahan bakar industri) dapat di lihat pada gambar 3.

Untuk memperoleh nilai kalor limbah ampas kopi yang baik maka limbah ampas kopi harus memiliki kadar air yang sedikit. Menurut penelitian, kadar air ampas kopi yang sedikit dapat diperoleh dengan melakukan metode pengeringan (*steam*) [36]. Pada penelitian ini, metode pengeringan dilakukan dengan 2 cara juga yakni pertama dengan menggunakan proses pembakaran dan pengeringan dengan alat hisap motor (kiln system → seperti pada gambar 4), dan kedua dengan menggunakan proses pengeringan manual sinar matahari (manual system → seperti pada gambar 5). Proses pengeringan ampas kopi harus dilakukan dengan hati-hati karena sifat material ampas kopi yang adsorben [37], sehingga ketika proses pengepakan dan pengangkutan ampas kopi yang sudah dikeringkan ini harus ditutup dengan terpal yang kedap

udara untuk mempertahankan kadar airnya. Proses pembakaran dengan system kiln dilakukan pada suhu sekitar 220 °C lalu dikeringkan dengan alat pengeringan (blower).



Gambar 3. Alur proses pengolahan ampas kopi menjadi bahan bakar alternatif

Setelah itu dilakukan tes kadar airnya dengan portable moister tester. Sedangkan metode pengeringan dengan menggunakan sistem manual dilakukan dengan menghampar ampas kopi itu selama beberapa hari di dalam sebuah lapangan terbuka yang memiliki atap supaya tidak kena hujan atau lembab. Setelah itu ampas kopi dibolak balik agar proses pengeringan menjadi cepat, dan dilakukan juga tes kadar airnya dengan portable moister tester. Pada penelitian ini maksimum kadar air ampas kopi dengan menggunakan moisture portable tester adalah 20% (baik menggunakan pengolahan kiln system maupun manual). Setelah memenuhi syarat kadar air yang maksimum maka sampel ampas kopi yang sudah dikeringkan dibawa ke laboratorium pabrik semen untuk di cek kembali kadar air dan nilai kalor yang terkandung dalam sampel limbah ampas kopi tersebut.

Biomassa ini dapat digunakan di pabrik semen melalui dua mode utama, yaitu pembakaran langsung dan transformasi menjadi gas produser. Pembakaran langsung biomassa di pre-heaters / precalciners dan di kiln dengan mengganti sebagian bahan bakar fosil yang digunakan dalam menaikkan suhu makanan mentah. Hal ini dapat terjadi dengan dua metode: pertama, dengan mencampurkan biomassa yang dihancurkan dan dihaluskan dengan batubara atau petcoke untuk digunakan dalam kiln, dan kedua, dengan pemberian langsung biomassa dalam bentuk gumpalan padat (seperti pelet atau briket) ke dalam rotary kiln dan / atau ruang bakar pra-pemanas / pra-kalsiner. Biomassa juga dapat diubah menjadi gas produser (juga dikenal sebagai 'gas sintesis' atau 'syngas') dan membakarnya bersama di kiln menggunakan kompor gas [38]. Dalam hal ini penelitian menggunakan metode pertama yakni sistem pencampuran (mixing).

Adapun metode pertama ini terbagi menjadi 2 cara yakni :

- a). Mencampurkan ampas kopi dengan sekam padi di dalam area dan sistem pencampuran biomass (feeding) tersendiri. Ampas kopi di campur dengan sekam padi dengan perbandingan 1: 3. Model ini dilakukan secara bertahap dan jika memungkinkan serta tidak ada dampak negatif maka pencampuran material bisa dilakukan 1:1. Standar feeding dilakukan rata-rata 6 ton/jam.
- b). Memasukkan ampas kopi saja dalam area dan sistem pencampuran biomass (feeding) tersendiri. Ampas kopi langsung dijadikan bahan bakar (tidak dilakukan pencampuran dengan material apapun). Standar feeding dilakukan rata-rata 6 ton/jam.

Metode kedua juga dapat dilakukan dengan cara :

Mencampurkan ampas kopi dengan batubara dalam area dan sistem pencampuran batubara (feeding) tersendiri, bertahap sampai mencapai volume optimal. Ampas kopi dicampur dengan batubara dengan perbandingan 1 : 5. Feeding ini dilakukan di area batubara feeding. Standar feeding dilakukan rata-rata 25 ton/jam.



Gambar 4. Proses pengeringan dengan kiln system

Pada proses metode pengeringan limbah ampas kopi dengan menggunakan sistem tanur/kiln (seperti terlihat pada gambar 4) sangat mendukung penelitian ini karena menggunakan alih teknologi yang mumpuni, bahan bakar tanur/kiln ini juga menggunakan limbah ampas kopi itu sendiri serta dapat menghasilkan produksi ampas kopi yang sudah kering (siap digunakan sebagai bahan bakar) sebesar 100 ton per hari.



Gambar 5. Proses pengeringan dengan manual system

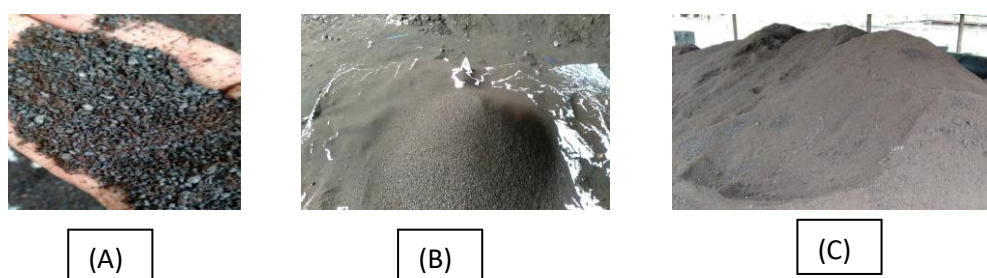


Gambar 6. Proses pengolahan limbah ampas kopi sampai dengan pemakaian limbah ini menjadi bahan bakar di industri semen



## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian (sesuai gambar 7) diperoleh data bahwa setelah melalui proses pengeringan baik menggunakan kiln system maupun manual system maka secara visual terlihat butiran ampas kopi awal adalah kasar dan basah (A). Untuk yang sudah melalui proses pengeringan kiln system terlihat butiran halus dan kering (B), sedangkan yang sudah melalui proses pengeringan manual system terlihat butiran agak halus dan agak kering (C).



Gambar 7. Sampel limbah ampas kopi : A (sebelum pengeringan), B (pengeringan menggunakan kiln system), dan C (pengeringan menggunakan manual system)

Dengan menggunakan proses pengeringan manual system (selama 14 hari dikeringkan) maka diperoleh volume limbah ampas kopi siap untuk di jadikan bahan bakar alternatif sebesar maksimum 2 ton/hari. Sedangkan jika menggunakan pengeringan kiln system maka diperoleh limbah ampas kopi siap untuk di jadikan bahan bakar alternatif sebesar maksimum 15 ton/hari. Berdasarkan hal di atas maka pada penelitian ini dipilih proses pengeringan yang menggunakan kiln system.

Menurut peneliti sebelumnya Maryoto, Agus dan Sudibyo, Gathot Heri (2019), nilai kalor rata-rata sekam padi adalah 2790 kcal/kg. Jika dibandingkan dengan nilai kalor batubara, nilai kalor sekam padi adalah setengah dari batubara. Dan kadar air sekam padi maksimum 30%. Hal ini berarti bahwa rendahnya nilai kalor sekam padi dipengaruhi oleh tingginya kadar air [18]. Sedangkan saat ini industri semen menggunakan nilai kalor batubara yang digunakan sebagai bahan bakar (fine coal) adalah berkisar 4700 kcal/kg, kadar airnya maksimum 23%, kandungan sulfur (S) maksimum 0.25%, serta kandungan Ash maksimum 10%. Sehingga pada penelitian ampas kopi ini, batas maksimum kadar air yang dianalisa di laboratorium adalah 30%, dan memiliki nilai minimum kalor adalah 3000 kcal/kg. Jika nilai kadar air, kalor, kadar ash dan sulfurnya sudah sesuai dengan minimum standar maka ampas kopi ini siap dilakukan trial dijadikan bahan bakar (feeding) kiln dalam industri semen (seperti pada gambar 6). Setelah itu dilakukan pengamatan apakah ada dampak negatif dan positif yang timbul akibat feeding ampas kopi sebagai bahan bakar alternatif tersebut. Sisa pembakaran limbah ampas kopi juga dapat digunakan lagi untuk bahan bakar kembali dengan cara mengolah sisa pembakaran itu dalam bentuk pellet [33].

Hasil laboratorium pengujian limbah ampas kopi (sesuai tabel 1) menunjukkan bahwa karakteristik proses pengeringan limbah ampas kopi setelah dilakukan pengeringan dengan menggunakan kiln system memiliki kualitas karakteristik material yang lebih baik dibandingkan dengan sebelum pengeringan, serta memiliki nilai kalor yang lebih tinggi juga. Sedangkan jika

dibandingkan dengan batubara dan sekam (sesuai tabel 2) terlihat bahwa ampas kopi ini juga memiliki nilai kalor yang lebih tinggi dari sekam dan batubara (fine coal).

Tabel 1. Karakteristik Material Hasil Pengujian Limbah Ampas Kopi di Laboratorium

Karakteristik	Sebelum Pengeringan	Sesudah Pengeringan (kiln system)
Heat content/kalor (kcal/kg)	2247	4840
Moisture (%)	30.69	11.86
Sulphur (%)	0.04	0.27
Ash (%)	0.57	2.01

Tabel 2. Perbandingan Karakteristik Material Hasil Pengujian di Laboratorium antara Limbah Ampas Kopi, Sekam Padi, dan Batubara.

Karakteristik	Limbah Ampas Kopi (sesudah pengeringan-kiln system)	Batubara (existing-fine coal) low rank	Sekam Padi (existing)
Heat content/kalor (kcal/kg)	4840	4180	2551
Moisture (%)	11.86	22	18.48
Ash (%)	2.01	12.3	18.22

Tabel 3. Dampak Penggunaan Limbah Ampas Kopi yang dijadikan Bahan Bakar di Pabrik Semen.

Deskripsi	Limbah Ampas Kopi di campur Sekam Padi
Dampak yang terjadi	Tidak Ada

Dari tabel 3 menunjukkan bahwa limbah ampas kopi yang dicampur dengan sekam padi yang dijadikan bahan bakar di pabrik semen berjalan dengan baik. Pada saat proses feeding material ini untuk bahan bakar maka hal utama yang harus diperhatikan secara kontinyu adalah kadar air (moisture) karena jika kadar air melebihi dari 30% maka kemungkinan besar akan terjadi plug/material lengket di wadah saluran bahan bakar tersebut.

Tabel 4. Volume Limbah Ampas Kopi yang dijadikan Bahan Bakar di Pabrik Semen.

Deskripsi	Limbah Ampas Kopi di campur Sekam Padi
Volume (ton/jam)	Maksimum 6.5 (limbah ampas kopi 1 : sekam 3)

Dari tabel 4 menunjukkan bahwa limbah ampas kopi sebagai bahan bakar alternatif yang dicampur dengan sekam dengan perbandingan 1 (sekam) : 3 (limbah ampas kopi) tidak menimbulkan dampak yang buruk pada alat feeding kiln, dan hal ini saat ini akan ditingkatkan volume pencampuran sampai dengan perbandingan 1:1 terhadap sekam. Dan juga karena sifat limbah ampas kopi ini adsorber maka limbah ampas kopi yang siap difeeding ini terlebih dahulu harus ditutup dengan rapat dengan terpal atau material lainnya yang kedap udara supaya kadar airnya tidak naik.

Harga satuan untuk material siap pakai limbah ampas kopi (yang dicampur sekam padi) yang digunakan untuk bahan bakar alternatif pabrik semen ini berkisar Rp. 390.000,00 per ton. Ini berarti harga ini sekitar 30% dari harga batubara (fine coal). Sedangkan biaya produksi bahan bakar alternatif limbah ampas kopi ini sekitar 50% dari batubara (asumsi : perbandingan harga beli batubara (low rank) saat ini terhadap harga beli limbah ampas kopi)

Dari penjelasan di atas, maka diperoleh uji hipotesis :

Ampas kopi yang dicampur dengan sekam padi (*rice husk*) terbukti dapat dijadikan bahan bakar alternatif industri semen.

Tabel 5. Karakteristik Material Hasil Pengujian Abu dari Limbah Ampas Kopi di Laboratorium

Karakteristik	Abu Limbah Ampas Kopi
Heat content/kalor (kal/kg)	4675
Moisture (%)	6.33

Dari tabel 5 menunjukkan bahwa abu limbah ampas kopi dapat dijadikan kembali bahan bakar kembali.

Tabel 6. Kelebihan Penggunaan Limbah Ampas Kopi yang dijadikan Bahan Bakar di Pabrik Semen Terhadap Batubara

Deskripsi	Limbah Ampas Kopi
Kelebihan	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Harga produksi lebih murah</li> <li>- Ramah Lingkungan (tidak ada dampak CO<sub>2</sub>)</li> <li>- Mengurangi nilai CO<sub>2</sub>, bisa mencapai 40 ton per hari.</li> <li>- Kualitas kalor sama dengan batubara bahkan bisa lebih baik</li> <li>- Mengurangi limbah pabrik kopi</li> <li>- Pengolahan yang mudah</li> <li>- Stock tersedia</li> <li>- Bau/aroma kopi (tidak berbau sulfur) ketika dibakar</li> <li>- Kemudahan terbakar paling baik</li> <li>- Sisa abu (ash) sedikit dan dapat dimanfaatkan kembali.</li> </ul>

Dari tabel 6 menunjukkan bahwa limbah ampas kopi merupakan bahan bakar alternatif agro biomass yang sangat potensial untuk menggantikan batubara untuk industri semen terutama untuk wilayah Indonesia yang memiliki struktur geografis dan iklim yang mendukung. Sisa pembakaran limbah ampas kopi juga dapat digunakan kembali sebagai bahan bakar (diolah dalam bentuk pellet atau lainnya).

## KESIMPULAN

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kegunaan limbah ampas kopi sebagai bahan bakar alternatif baru yang berbiaya rendah dan ramah lingkungan untuk menggantikan batubara terutama dibandingkan dengan tipe batubara. Limbah Ampas kopi diolah dan diubah secara kimia melalui proses pengeringan menjadi bahan bakar siap pakai di industri semen. Limbah ampas kopi ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif (nilai kalor 4840 kcal/kg). Dan abu yang berasal dari sisa pembakaran limbah ampas kopi ini juga dapat digunakan kembali sebagai bahan bakar.

Metode pengeringan limbah ampas kopi menjadi bahan bakar juga menggunakan alih teknologi yang mumpuni (menggunakan tanur/kiln) dimana bahan bakar mesin pengering tersebut juga menggunakan limbah ampas kopi (murah dan terbarukan) dengan kapasitas produksi bahan bakar alternatif bisa mencapai 100 ton per hari.

Tentu saja penulis sangat menyarankan agar limbah ampas kopi ini juga dapat dijadikan alternatif bahan bakar pengganti batubara untuk pabrik semen lainnya serta baik sekali digunakan sebagai bahan bakar industri lainnya. Penelitian ini dapat menawarkan perspektif baru dalam produksi biofuel atau alternatif bahan bakar pengganti batubara.

Penelitian ini juga membuktikan hasilnya sama dengan hasil penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa limbah ampas kopi dapat menggantikan batubara sebagai bahan bakar dan ramah lingkungan. Bahkan penelitian ini memiliki nilai kebaruan (novelty) dibandingkan hasil penelitian sebelumnya yakni limbah ampas kopi ini dapat dijadikan dengan batubara tanpa di olah menjadi pellet atau bricket terlebih dahulu dan harga limbah ampas kopi ini lebih murah biaya produksinya dibandingkan dengan pellet atau bricket ampas kopi.

Untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat menitikberatkan penggunaan limbah ampas kopi sebagai bahan bakar dengan langsung memasukkan material ini (tanpa campuran material lainnya) dan dicampur dengan batubara serta melakukan penelitian pada industri lainnya yang menggunakan batubara sebagai bahan bakar seperti PLTU, pabrik pupuk, pabrik tekstil dan sebagainya.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada pihak pengumpul limbah ampas kopi, pihak angkutan (*transporter*), teman-teman di laboratorium, bagian tehnik/analisis, bagian produksi/pengolahan material di pabrik semen, atasan saya, serta teman-teman yang berada di departemen saya, yang telah membantu baik langsung maupun tidak langsung sehingga penelitian dan makalah ini dapat diselesaikan dengan baik. Serta tak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada perusahaan tempat penulis bekerja karena sudah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian dan memberikan dana untuk kepentingan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No.66.K/HK.02/MEM.B/2021, *Perubahan Atas Keputusan Menteri ESDM No.255.K/30/MEM/2020 tentang Pemenuhan Kebutuhan Batu Bara Dalam Negeri Tahun 2021*. 2021.
- [2] Tim Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional RI, “Indonesia Energy Outlook 2019,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2019.
- [3] Keputusan Presiden (KEPPRES) RI Nomor 12, *Penetapan Bencana Nonalam Penyebaran Corona Virus Disease 2019 (COVID-19) Sebagai Bencana Nasional*. 2020.
- [4] Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral RI No.121.K/HK.02/MEM.B/2021, *Harga Mineral Logam Acuan dan Harga Batubara Acuan untuk bulan Juli tahun 2021*. 2021.
- [5] L. Al Baaqy, G. Arias, M. Rachimoellah, and R. K. T. Nenu, “Pengeringan Low Rank Coal dengan Menggunakan Metode Pemanasan tanpa Kehadiran Oksigen,” *J. Tek. Pomits*, vol. 2, no. 2, pp. 228–233, 2013.
- [6] H. Stančin, H. Mikulčić, X. Wang, and N. Duić, “A review on alternative fuels in future energy system,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 128, no. August, 2020.
- [7] A. K. Schindler *et al.*, “Alternative Fuel for Portland Cement processing,” Alabama, 2012.
- [8] M. A. Perea-Moreno, E. Samerón-Manzano, and A. J. Perea-Moreno, “Biomass as renewable energy: Worldwide research trends,” *Sustain.*, vol. 11, no. 3, pp. 1–21, 2019.
- [9] D. Koruba, J. Z. Piotrowski, and J. Latosińska, “Alternative renewable energy source to the fossil fuels,” *E3S Web Conf.*, vol. 14, no. March 2016, pp. 1–10, 2017.
- [10] Peraturan Pemerintah RI nomor 150, *Pengendalian Kerusakan Tanah untuk Produksi Biomassa*. 2000.
- [11] M. S. Susila Herlambang, Susanti Rina N, AZ. Purwono, Budi Santosa, M.P, Heru Tri Sutiono, *Biomassa sebagai sumber energi masa depan*. Yogyakarta: Gerbang Media Aksara, Bantul Yogyakarta, 2017.
- [12] S. Khan, V. Paliwal, V. V. Pandey, and V. Kumar, “Biomass as Renewable Energy,” no. September, 2017.
- [13] H. Prasetya, N. Annisa, and L. F. Santosa, “Biomass Conversion For Renewable Alternative Energy,” vol. 1, no. 1, pp. 6–9, 2018.
- [14] S. Abolhosseini, A. Heshmati, and J. Altmann, “A Review of Renewable Energy Supply and Energy Efficiency Technologies,” *IZA Discuss. Pap. No. 8145*, no. 8145, 2014.
- [15] D. Gielen, F. Boshell, D. Saygin, M. D. Bazilian, N. Wagner, and R. Gorini, “The role of

- renewable energy in the global energy transformation,” *Energy Strateg. Rev.*, vol. 24, no. January, pp. 38–50, 2019.
- [16] Khaidir, “Pengolahan Limbah Pertanian Sebagai Bahan Bakar Alternatif,” *J. Agrium 13(2), Sept. 2016. Hlm.63-68*, vol. 13, no. September, pp. 63–68, 2016.
- [17] Peraturan Presiden nomor 5, *Kebijakan Energi Nasional*. 2006.
- [18] A. Maryoto and G. H. Sudiby, “Rice husk as an alternative energy for cement production and its effect on the chemical properties of cement,” vol. 01009, pp. 0–7, 2018.
- [19] Elsevier, *Renewable Energy Systems*. 2014.
- [20] ICO, “The upward trend in coffee prices continued in June 2021,” 2021.
- [21] A. Deligiannis, A. Papazafeiropoulou, G. Anastopoulos, and F. Zannikos, “Waste Coffee Grounds as an Energy Feedstock,” 2014.
- [22] A. E. Atabani *et al.*, “Valorization of spent coffee grounds into biofuels and value-added products : Pathway towards integrated bio-refinery,” *Fuel*, vol. 254, no. February, p. 115640, 2019.
- [23] D. Khusna and J. Susanto, “Pemanfaatan Limbah Padat Kopi Sebagai Bahan Bakar Alternatif Dalam Bentuk Bricket Berbasis Biomass,” *J. Inst. Teknol. Adi Tama*, pp. 247–260, 2015.
- [24] LIPI, “<http://inkubator.inovasi.lipi.go.id/layanan/frontendberita/detail/xs87qdhz07>,” 2018.
- [25] Y. Kim, T. Park, and D. Hong, “Heating and emission characteristics of briquettes developed from spent coffee grounds,” pp. 0–2, 2021.
- [26] T. Zakaria and A. Ariesmayana, “Studi Kelayakan Penerapan Blending Fuel Batubara-Ekstraks Ampas Kopi pada Ketel UAP DZL-20 di PT . DDD,” *J. JURNALIS*, vol. 2, no. 2, pp. 147–159, 2019.
- [27] A. Najabat, “The Role of Cement Industry in the Economic Development of Pakistan,” *J. Hamdard Inst. Educ. Soc. Sci.*, vol. 5, no. 3, pp. 75–86, 2015.
- [28] US Geological Survey, “Mineral Commodity Summaries 2020,” 2020.
- [29] C. S. Psomopoulos and N. J. Themelis, “Use of alternative fuels in cement industry,” no. July, 2014.
- [30] O. M. Fadayini *et al.*, “Energy and Economic Comparison of Different Fuels in Cement Production,” *Web Sci.*, 2021.
- [31] A. Perumal and D. Timmons, “Contextual Density and US Automotive CO2 Emissions across the Rural–Urban Continuum,” *Int. Reg. Sci. Rev.*, vol. 40, no. 6, pp. 590–615, 2017.
- [32] M. Elmously, N. Jäger, A. Apfelbacher, R. Daschner, and A. Hornung, “Thermo-Catalytic Reforming of spent coffee grounds,” *Bioresour. Bioprocess.*, vol. 6, no. 1, pp. 1–12, 2019.
- [33] L. Blinová, M. Sirotiak, A. Bartošová, and M. Soldán, “Review : Utilization of Waste From Coffee Production,” *J. Slovak Univ. Technol. Bratislava 10.1515/rput-2017-0011*, vol. 25, no. 40, pp. 91–101, 2017.
- [34] C. Silverskin, L. F. Ballesteros, J. A. Teixeira, and S. I. Mussatto, “Chemical , Functional , and Structural Properties of Spent Coffee Grounds and Chemical , Functional , and Structural Properties of Spent Coffee Grounds and Coffee Silverskin,” no. May, 2014.
- [35] I. Domingos and B. Esteves, “A new way of using spent coffee ground,” no. July, 2017.
- [36] S. Saloko, Y. Sulastri, Murad, and M. A. Rinjani, “The effects of temperature and roasting time on the quality of ground Robusta coffee (*Coffea rabusta*) using Gene Café roaster,” *AIP Conf. Proc.*, vol. 2199, pp. 1–14, 2019.
- [37] M. Kim and J. Gyu Kim, “Environments Adsorption Characteristics of Spent Coffee Grounds as an Alternative Adsorbent for Cadmium in Solution,” *J. Environ.*, pp. 1–12, 2020.
- [38] M. P. M. Chinyama, “Alternative Fuels in Cement Manufacturing,” *J. Intechopen*, no. x, 2011.