Pengembangan Sistem Konversi Berkelanjutan Sampah Organik ITB menjadi Briket Biomassa untuk Aplikasi Energi

Riset ITB 2026

Aghietyas Choirun Az Zahra[1], Jenny Rizkiana [1], Antonius Indarto [1], Dicka Ar Rahim [1], Arief Hariyanto [2], Indria Herman [2], Girindra Wardhana Pristyo [1], Shalli Nurhawa [1], Muhammad Abdul Hakam [1], Rifan Suryadi [1]

[1] Fakultas Teknologi Industri (FTI), Institut Teknologi Bandung (ITB)

[2] Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara (FTMD), Institut Teknologi Bandung (ITB)

Abstract

Penelitian ini mengevaluasi potensi dan integrasi pengolahan limbah daun dan ranting di ITB menjadi briket biomassa bernilai kalori tinggi melalui proses torefaksi. Karakterisasi awal menunjukkan tingginya kadar abu 39,14% dan fixed carbon (5,87%) yang sangat rendah pada biomassa daun, sehingga optimasi termal melalui torefaksi dibutuhkan untuk meningkatkan kualitasnya.

Eksperimen reaksi torefaksi biomassa dilakukan dengan rasio umpan-bahan bakar 1:5 hingga 1:10 dengan variasi pengumpanan bahan bakar 1-2 kali. Kondisi optimum tercapai pada variasi 1;7,5 dengan suhu puncak 473℃. Pengumpanan bahan bakar dua tahap terbukti mampu menekan laju pemanasan dan menstabilkan suhu reaksi, sehingga menaikkan yield biochar sebesar 4% dibanding metode satu-tahap. Sebagai landasan proses *scale up*, dirancang reaktor torefaksi-pirolisis batch berkapasitas 10 kg berspesifikasi metrik dengan sistem purging N_2 dan cyclone terintegrasi.

Riset ini menghasilkan roadmap sirkular ekonomi untuk tata kelola sampah kampus yang mandiri dan berkelanjutan

Keyword: biochar, briket biomassa, ekonomi sirkular, pirolisis, sampah kampus.

Introduction

Pengelolaan sampah perkotaan dan institusional merupakan tantangan strategis dalam upaya mencapai pembangunan Institut Teknologi Bandung (ITB) sebagai institusi pendidikan tinggi berperan sebagai penghasil limbah sekaligus tempat pengemangan solusi inovatif berbasis sains dan teknologi. Pengelolaan sampah yang dilakukan di ITB optimal untuk limbah *food waste*, namun terdapat limbah lain yang berpotensi dimanfaatkan, yaitu limbah taman.



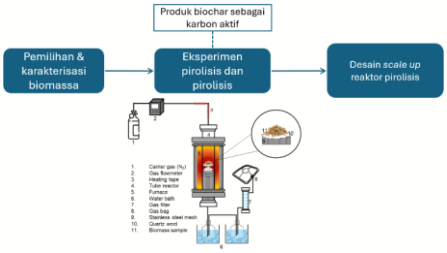
Gambar 1. Potensi pemanfaatan biomassa untuk bahan bakar

Salah satu potensi pengolahannya adalah konversi fraksi biomassa ini menjadi bio-briket. Namun, kadar karbon harus ditingkatkan terlebih dahulu melalui proses pirolisis.

Penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan solusi pengelolaan sampah berbasis riset sekaligus menciptakan produk bernilai tambah melalui konversi sampah organik ITB menjadi briket biomassa dengan ko-pirolisis biomassa dan mengembangkan sistem pengelolaan sampah organik yang terintegrasi ke sistem existing di IPST ITB.

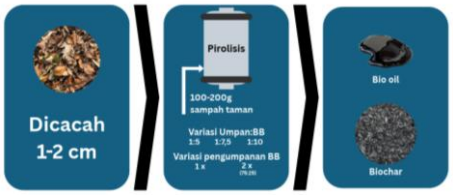
Research Method

Penelitian ini terbagi menjadi 3 tahap, yaitu karakterisasi dan pemetaan potensi biomassa berbasis sampah di ITB, studi pirolisis dan ko-pirolisis biomassa berbasis sampah, dan desain scaling up reaktor pirolisis.



Gambar 1. Diagram alir percobaan

Karakterisasi dan pemetaan potensi biomassa organik berbasis sampah dilakukan dengan menentukan sifat fisik dan kimia sampah organik di ITB. Dilakukan analisis proksimat untuk menentukan *moisture content* (MC), *volatile matter* (VM), kadar abu / *ash*, dan *fixed carbon* (FC). Selain itu, dilakukan analisis ultimat untuk mengetahui kandungan elemental sampah organik



Gambar 2. Diagram proses pirolisis

Desain reaktor pirolisis dilakukan dengan basis jumlah umpan pirolisis 10kg dan bahan baku merupakan bahan biomassa padat.

Discussion & Result

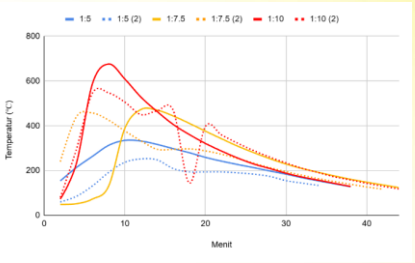
Berdasarkan analisis yang dilakukan, sampah taman kampus berpotensi untuk digunakan sebagai briket biomassa. Tingginya kandungan abu dan rendahnya *fixed carbon* menuntut penerapan ko-pirolisis dengan biomassa berkarbon tinggi untuk mencegah slagging dan meningkatkan nilai kalor produk akhir.

Tabel 1. Analisis sampel sampah taman

Analisis Proksimat		Analisis Ultimat	
MC	10.53%	C	23.29%
VM	44.47%	H	2.46%
Ash	39.14%	N	1.97%
FC	5.87%	S	0%

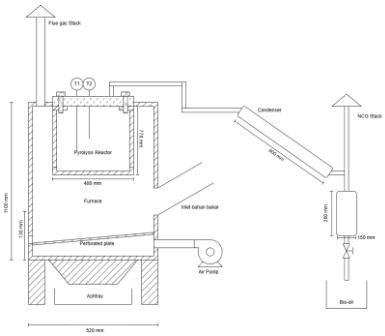
Dari percobaan pirolisis, terlihat efek jumlah bahan bakar terhadap hasil pirolisis. Peningkatan bahan bakar menyebabkan tingginya temperatur operasi maksimum dan menurunkan perolehan biochar.

Efisiensi optimal dicapai pada rasio umpan terhadap bahan bakar 1:7,5 yang menghasilkan suhu puncak 473℃ dengan perolehan biochar stabil di kisaran 33%-37%.



Gambar 2. Log Temperatur Pirolisis

Pengumpanan bahan bakar dua tahap juga terbukti secara signifikan mampu mereduksi laju pemanasan (*heating rate*). Akibatnya, temperatur maksimum operasi tidak setinggi pengumpanan 1 tahap, namun waktu biomassa berada di zona suhu optimum meningkat. Sehingga, yield biochar naik sebesar 4% dibandingkan metode pengumpanan bahan bakar 1 tahap.



Gambar 3. Desain reaktor pirolisis

Untuk mendukung proses scale up, penelitian ini telah menghasilkan rancangan reaktor pirolisis batch skala pilot berkapasitas 10 kg. Reaktor bervolume total 93L ini dirancang dengan integrasi cyclone separator untuk memisahkan partikulat di uap produk pirolisis, Pada jalur outlet gas, sistem purging N_2 menjamin kondisi anaerobik selama proses pirolisis.

Conclusion

Penelitian ini menunjukkan bahwa limbah daun dan ranting di lingkungan Kampus ITB dapat dikonversi menjadi briket biomassa berkualitas melalui proses ko-pirolisis, dengan kondisi operasional optimum tercapai pada rasio umpan-bahan bakar 1:7,5 di suhu puncak 473 ℃. Pengumpanan bahan bakar 2 tahap dapat menstabilkan suhu reaksi dan meningkatkan yield biochar sebesar 4% dibandingkan pengumpanan satu tahap. Untuk mendukung proses *scale up,* dilakukan perancangan reaktor pirolisis batch berkapasitas 10 kg yang dilengkapi *cyclone* dan kondensor untuk mendukung tata kelola sampah mandiri.