

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Biomassa merupakan sumber energi terbarukan yang berasal dari material organik seperti limbah pertanian, residu kehutanan, dan limbah agroindustri yang berpotensi dimanfaatkan sebagai alternatif pengganti bahan bakar fosil (Bi et al., 2020; Mularski and Li, 2023; Sikarwar et al., 2016; Syrodoy et al., 2021; Wang et al., 2025). Berbagai jenis biomassa yang banyak tersedia antara lain biomassa kayu (*wood biomass*), residu pertanian seperti jerami dan sekam, biomassa non-kayu seperti rumput energi dan mikroalga, serta limbah agroindustri seperti kulit kopi yang memiliki kandungan lignoselulosa berupa hemiselulosa, selulosa, dan lignin (Guo and Wang, 2023; Manrique et al., 2019; Nazos et al., 2022; Pecate et al., 2019; Rodriguez and Gordillo, 2011; Sonjaya et al., 2025). Biomassa kulit kopi memiliki potensi energi yang cukup tinggi karena kandungan *fixed carbon* dan *volatile matter* yang relatif besar sehingga berpotensi dikonversi menjadi bahan bakar alternatif. Potensi tersebut menjadikan kulit kopi menarik untuk dikembangkan sebagai bahan baku energi alternatif melalui berbagai teknologi konversi, salah satunya adalah proses gasifikasi (Manrique et al., 2019; Rodriguez and Gordillo, 2011; Sikarwar et al., 2016; Wang et al., 2025).

Gasifikasi merupakan proses konversi termokimia biomassa menjadi gas mampu bakar (*syngas*) melalui oksidasi parsial pada temperatur tinggi sehingga menghasilkan gas utama seperti CO dan H₂ yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi (Couto et al., 2013; Mularski and Li, 2023; Qin et al., 2012; Wang et al., 2025). Berdasarkan tipenya, *gasifier* diklasifikasikan menjadi beberapa tipe yaitu *fixed bed*, *fluidized bed*, dan *entrained flow* yang masing-masing memiliki karakteristik proses yang berbeda (Akbarian et al., 2022; El-Sayed et al., 2024; Lan et al., 2019; Pecate et al., 2019; Qin et al., 2012; Wang et al., 2025). *Fluidized bed gasifier* sendiri memiliki keunggulan berupa distribusi temperatur yang lebih homogen serta perpindahan panas yang lebih baik sehingga mampu meningkatkan efisiensi konversi biomassa. Karakteristik ini menjadikan *fluidized bed* sesuai untuk biomassa seperti kulit kopi yang memiliki kandungan

fixed carbon dan *volatile matter* yang tinggi (Lan et al., 2019; Pecate et al., 2019; Wang et al., 2025).

Walaupun *fluidized bed gasifier* memiliki keunggulan dalam homogenisasi temperatur dan perpindahan panas yang baik, sistem ini masih menghadapi kendala pada tahap awal proses (*starter*), terutama terkait kestabilan pembakaran biomassa dan dinamika kenaikan temperatur *bed*. Ketidakstabilan energi awal pembakaran dapat menyebabkan keterlambatan *ignition*, perubahan temperatur, serta memperlambat transisi menuju proses gasifikasi (Badawy et al., 2022; Baron et al., 2018; Deore et al., 2023; Fierro et al., 2023; Jaganathan et al., 2017; Mularski and Li, 2023; Syrodoy et al., 2021). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa parameter proses seperti temperatur *bed* memengaruhi pembakaran biomassa (*initial ignition*), kadar *syngas* dan *burning rate* (Baron et al., 2018; Deng et al., 2019; Fierro et al., 2023; Kirsanovs et al., 2016; Rodriguez & Gordillo, 2011), namun kajian yang mengaitkan dinamika pembakaran dengan pengaturan *Air-Fuel Ratio (AFR)* pada sistem *premix* udara-LPG masih terbatas.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengkarakterisasi dinamika pembakaran biomassa kulit kopi menggunakan *starter premix* udara-LPG dengan variasi *Air-Fuel Ratio (AFR)* pada *moving fluidized bed gasifier*. Parameter yang diamati meliputi *ignition time*, temperatur *bed*, kadar *syngas* (H_2 , CO , dan CH_4) dan *burning rate*. Melalui pendekatan ini, penelitian diharapkan mampu memberikan pemahaman menyeluruh mengenai kontrol energi awal pembakaran terhadap kestabilan *starter gasifier* serta kontribusinya terhadap optimasi proses awal gasifikasi biomassa secara keseluruhan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, didapati rumusan masalah adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi *Air-Fuel Ratio (AFR)* *starter premix* udara-LPG terhadap dinamika pembakaran biomassa kulit kopi pada sistem *moving fluidized bed gasifier*, khususnya *ignition time* dan temperatur *bed*?

2. Bagaimana pengaruh variasi *Air-Fuel Ratio (AFR) starter premix* udara–LPG terhadap kestabilan *syngas* menuju proses gasifikasi (*starter-off*) berdasarkan parameter kadar *syngas* (H_2 , CO, dan CH_4)?
3. Bagaimana pengaruh variasi *Air-Fuel Ratio (AFR) starter premix* udara–LPG terhadap *burning rate* selama proses pembakaran biomassa?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan tipe reaktor gasifikasi jenis *moving fluidized bed*
2. Penelitian difokuskan pada fase *initial ignition* hingga tercapai kondisi *starter-off*
3. Biomassa yang digunakan sebagai bahan bakar gasifikasi yaitu kulit kopi
4. Persentase kadar air pada biomassa kulit kopi dianggap sama dengan rentang $\leq 5\%$
5. Kandungan *syngas* selain (H_2 , CO, dan CH_4) diabaikan
6. Nyala api tidak diteliti
7. Kadar gas CH_4 minimal 15% sebagai parameter *starter-off*.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijabarkan, didapati tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh variasi *Air-Fuel Ratio (AFR) starter premix* udara–LPG terhadap dinamika pembakaran biomassa kulit kopi pada sistem *moving fluidized bed gasifier*, khususnya *ignition time* dan temperatur *bed*
2. Menganalisis kestabilan *syngas* (H_2 , CO, dan CH_4) yang dihasilkan menuju proses gasifikasi (*starter-off*) berdasarkan pengaruh *Air-Fuel Ratio (AFR)*.
3. Mengidentifikasi hubungan *Air-Fuel Ratio (AFR)* dengan *burning rate* untuk melihat efektifitas energi awal selama proses pembakaran biomassa.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan setelah dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan pemahaman lebih mendalam mengenai dinamika pembakaran biomassa pada sistem *moving fluidized bed gasifier*, khususnya pengaruh variasi *Air-Fuel Ratio (AFR)* terhadap perubahan temperatur *bed*, *burning rate*, dan transisi menuju proses gasifikasi (*starter-off*)
2. Menjadi dasar dalam menentukan kondisi *AFR starter* yang optimal untuk mempercepat *ignition*, meningkatkan kestabilan temperatur *bed*, serta mempersingkat waktu *starter-off burner*
3. Melengkapi literatur gasifikasi yang umumnya berfokus pada kondisi tunak (*steady state*) dengan analisis pembakaran biomassa (*starter*), sehingga memperkaya dasar teoritis pengendalian proses gasifikasi
4. Mendorong pemanfaatan kulit kopi sebagai sumber energi terbarukan, sehingga berkontribusi pada pengurangan limbah pertanian dan pengembangan sistem energi berkelanjutan
5. Dapat dijadikan sumber rujukan, referensi, maupun sumber informasi untuk penelitian selanjutnya.