

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bumi menyediakan berbagai sumber energi yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan manusia. Akan tetapi, tidak semua sumber energi dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan. Menurut Irawati et al (2021) sumber energi dibedakan menjadi dua kategori utama, yaitu energi terbarukan dan energi tak terbarukan. Sumber energi tak terbarukan merupakan jenis sumber energi dengan cadangan terbatas karena memerlukan waktu geologis yang cukup lama untuk terbentuk, sehingga dapat habis apabila dieksploitasi secara terus-menerus. Contoh sumber energi tak terbarukan antara lain gas alam, minyak bumi, dan batu bara. Sebaliknya, sumber energi terbarukan merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui secara alami dengan jangka waktu relatif singkat, sehingga ketersediaan sumber energi terbarukan melimpah dan lebih berkelanjutan. Contoh sumber energi terbarukan antara lain energi gelombang air laut, energi matahari, energi angin, energi dari biomassa, energi panas bumi, dan lain-lain.

Energi berperan sebagai komoditas esensial dalam kehidupan manusia, terutama dalam aktivitas sehari-hari seperti memasak. Badan Pusat Statistik BPS (2024) mencatat penggunaan bahan bakar *Liquidied Petroleum Gas* (LPG) sekitar 86,91% oleh masyarakat Indonesia sebagai bahan bakar utama rumah tangga untuk memasak, sementara sekitar 12,27% diantaranya masih mengandalkan bahan bakar minyak tanah dan kayu bakar. Bahan bakar LPG masih banyak yang menggunakan karena sifatnya praktis dan bersih, akan tetapi LPG tergolong energi tak terbarukan dan keberadaannya sangat bergantung pada regulasi subsidi pemerintah republik Indonesia. Beberapa waktu lalu sempat terjadi kelangkaan pasokan LPG subsidi di berbagai daerah, terutama di wilayah pelosok dan pedesaan yang mengakibatkan terganggunya aktivitas rumah tangga dan meningkatnya beban ekonomi masyarakat (Sagita, 2025). Sehingga diperlukan pengembangan teknologi energi agar dapat mengurangi ketergantungan masyarakat terhadap penggunaan bahan bakar fosil tersebut.

Indonesia merupakan negara agraris dengan 28,2% mata pencaharian masyarakatnya bergerak di bidang pertanian Sakernas (2024). Letak geografi Indonesia yang dilewati pegunungan yang subur dan beriklim tropis mendukung pelapukan batuan yang baik. Badan pusat statistik BPS (2024) mencatat padi sebagai komoditas pangan terbesar di Indonesia. Petani Indonesia mampu memproduksi padi sebanyak 53,143 juta ton pada tahun 2024. Akan tetapi, di balik hasil panen yang melimpah menyimpan permasalahan lain. Setiap

penggilingan padi menghasilkan limbah sekam padi sebanyak 20% dari massa awal padi. Sekam padi yang merupakan lapisan terluar dari bulir padi umumnya hanya dimanfaatkan masyarakat dengan cara dibakar secara terbuka, ditumpuk, sebagai alas ternak, atau dibang tanpa pengolahan lebih lanjut dapat menimbulkan emisi gas berbahaya seperti NO_x dan CO_x. Namun, sekam padi memiliki nilai energi kalor yang cukup tinggi dan berpotensi sebagai sumber energi terbarukan. Sekam padi memiliki nilai *bulk density* sebesar 125 kg/m dengan nilai kalor sekitar 330 Kkal/kg. Komposisi senyawa kimia sekam padi terdiri dari karbon 32,31%, hidrogen 5,49%, oksigen 39,86%, dan sulfur 0,11%% Rosani et al., (2024).. Kandungan karbon yang tinggi dapat memberikan kontribusi terhadap nilai kalor dan pembentukan gas seperti CO, CH₄, dan CO₂, serta kandungan hidrogen dapat memperkaya kualitas komponen bahan bakar gas (H₂), sementara kandungan nitrogen dan sulfur yang rendah menghasilkan emisi lebih bersih sehingga sekam padi menjadi bahan bakar yang layak. Salah satu pemanfaatan sekam padi skala rumah tangga melalui teknologi kompor biomassa dengan sistem gasifikasi (Yuliza et al., 2013) (Noviyarsi et al., 2015) (Dutt et al., 2020)

Gasifikasi adalah proses termokimia konversi bahan bakar padat berkarbon seperti biomassa menjadi bahan bakar gas. Reaksi gasifikasi termasuk reaksi endotermis yang melepaskan kalor ke lingkungan dengan oksidator berupa udara atau oksigen dalam jumlah terbatas. Proses gasifikasi berbeda dengan pembakaran sempurna. Pembakaran sempurna memerlukan rasio stokiometri tinggi sekitar 6:1 hingga 6,5:5, sedangkan proses gasifikasi berlangsung dalam kondisi suplai oksigen terbatas dengan rasio stoikometri berkisar 1,5:1-2:1 untuk bahan bakar biomassa (Rathore & Panwar, 2021). Proses tersebut meliputi pembakaran parsial, pirolisis, dan pengeringan. Produk gas hasil proses gasifikasi terdiri atas hidrogen (H₂), metana (CH₄), karbon dioksida (CO₂), serta beragam partikulat kecil seperti tar, *char* (arang), abu, alkali, dan senyawa sejenisnya (Alwan, 2019).

Kompor gasifikasi terdiri dari berbagai jenis, salah satunya adalah *Top-Lit Updraft* (T-LUD). Kompor T-LUD merupakan jenis kompor gasifikasi yang paling umum digunakan karena desainnya sederhana dan memiliki *thermal performance* tertinggi hingga 42% dibandingkan dengan tipe *gasifier fixed-bed* lainnya (Rabby et al., 2023). Proses gasifikasi pada sistem T-LUD dapat berjalan optimal dalam kondisi oksigen terbatas. Akan tetapi, suplai udara primer sering kali tidak mencukupi untuk memastikan pembakaran sempurna hasil pirolisis yang terbentuk di zona atas reaktor, sehingga diperlukan suplai udara tambahan (sekunder). Menurut (De La Hoz C. & González, 2024) suplai udara sekunder dibutuhkan sebagai agen pengoksidasi dari gas hasil pembentukan reaktor dengan tujuan

mencapai oksidasi sempurna dari *producer gas*, sesuai dengan kondisi operasi yang telah ditetapkan berdasarkan keseimbangan massa dan energi. Menurut penelitian (Deng et al., 2020), penggunaan suplai udara primer secara penuh tanpa penambahan udara skunder dapat meningkatkan kinerja emisi CO dan PM_{2.5} serta gasifier memiliki durasi operasi dan efisiensi termal yang rendah. Proses pembakaran tambahan (*re-combustion*) dengan menambahkan injeksi udara skunder di zona penegetingan atau diatas reaktor. Penambahan udara skunder untuk pembakaran kedua dapat menghasilkan nyala api yang lebih bersih dan meningkatkan efisiensi termal kompor.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis variasi pemasukan aliran udara total dan rasio distribusi udara primer dan sekunder terhadap konsumsi bahan bakar sekam padi, temperatur api, serta efisiensi termal melalui pengujian *water boiling test* (WBT) sebagai parameter kinerja kompor gasifikasi TLUD berbahan bakar sekam padi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang di atas, maka dibuat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi pemasukan debit udara total terhadap nilai konsumsi bahan bakar, efisiensi termal, dan temperatur api pada kompor gasifikasi
2. Bagaimana pengaruh pemasukan rasio pemasukan udara primer-sekunder terhadap nilai konsumsi bahan bakar, efisiensi termal, dan temperatur api pada kompor gasifikasi?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan penjelasan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh variasi pemasukan debit udara total terhadap nilai konsumsi bahan bakar, efisiensi termal, dan temperatur api
2. Mengetahui pengaruh pemasukan rasio pemasukan udara primer-sekunder terhadap nilai konsumsi bahan bakar, efisiensi termal, dan temperatur api

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini perlu diberikan agar penelitian dapat berjalan dengan lancar. Berikut merupakan beberapa batasan masalah yang ditetapkan.

1. Penelitian tidak membahas rancang bangun kompor gasifikasi tipe *top-lit updraft* (TLUD)

2. *Gasifying agent* yang digunakan adalah udara
3. Faktor lingkungan eksternal seperti curah hujan, angin, dan polusi diasumsikan dalam kondisi konstan sehingga diabaikan dalam penelitian ini

1.5 Sistemstika Penelitian

BAB I PENDAHULUAN

Bab satu pendahuluan menguraikan landasan pelaksanaan penelitian yang mencakup latar belakang pemanfaatan biomassa sekam padi sebagai bahan bakar alternatif melalui teknologi kompor gasifikasi tipe *Top-Lit Updraft* (TLUD). Bab pendahuluan juga memaparkan identifikasi masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan skripsi. Tujuan utama pemaparan dari bab pendahuluan adalah memberikan gambaran umum mengenai arah dan ruang lingkup penelitian secara komprehensif.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab dua tinjauan pustaka memuat kajian teori dan penelusuran literatur terdahulu sebagai landasan ilmiah penelitian. Inti pembahasan mencakup prinsip dasar disiplin ilmu pendukung seperti perpindahan panas, mesin konversi energi, mekanika fluida, dan kimia dasar. Pemaparan tinjauan pustaka dilanjutkan dengan penjabaran teori spesifik mengenai biomassa sekam padi, prinsip kerja gasifikasi, kompor TLUD, teori pembakaran (*Air Fuel Ratio* dan *Equivalence Ratio*), hingga prosedur *Water Boiling Test* (WBT) dan pengujian statistik ANOVA dua arah. Bab tinjauan pustaka diakhiri dengan pemetaan posisi penelitian yang bertujuan untuk menegaskan hipotesis penelitian dari studi yang dilakukan.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab tiga metodologi penelitian menjelaskan secara rinci tahapan dan tata cara pelaksanaan eksperimen. Pokok pembahasan meliputi penentuan jenis penelitian, identifikasi variabel (bebas, terikat, dan terkontrol), persiapan alat dan bahan, perancangan percobaan (*Design of Experiment*), serta penetapan lokasi dan waktu pelaksanaan. Prosedur operasional pengujian kompor menggunakan metode WBT diuraikan secara sistematis, diikuti dengan metode pengumpulan data serta teknik analisis menggunakan ANOVA dua arah untuk mengevaluasi pengaruh variasi perlakuan terhadap performa kompor.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab empat hasil dan pembahasan menampilkan data kuantitatif dari pengujian eksperimental beserta interpretasi dari hasil eksperimen. Evaluasi difokuskan pada pengamatan pengaruh variasi debit udara total dan rasio udara primer-sekunder terhadap laju

konsumsi bahan bakar, temperatur api, dan efisiensi termal kompor gasifikasi TLUD. Pengujian statistik melalui ANOVA dua arah digunakan untuk menguji signifikansi data eksperimen. Pembahasan komprehensif dikembangkan melalui elaborasi landasan teori dan komparasi dengan riset terdahulu untuk menghasilkan interpretasi ilmiah yang rasional mengenai dinamika proses gasifikasi yang terjadi.

BAB V PENUTUP

Bab lima penutup merangkum kesimpulan akhir dari seluruh proses pengujian dan pembahasan eksperimen yang secara langsung menjawab tujuan penelitian. Bagian penutup juga menyatakan sejumlah saran sebagai masukan bagi penyempurnaan desain, optimasi pengoperasian kompor gasifikasi tipe TLUD, serta acuan arah pengembangan penelitian selanjutnya.