

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam era industri modern, efisiensi energi menjadi salah satu aspek yang harus diperhatikan untuk mendukung keberlanjutan dan pengurangan biaya operasional. Boiler mini ini, sebagai salah satu komponen utama dalam sistem pemanas dan produksi uap dalam skala kecil, memegang peranan penting dalam proses industri kecil dan menengah. Namun, banyak pembuatan boiler mini yang masih beroperasi dengan desain ruang bakar yang kurang optimal, sehingga mengakibatkan pemborosan energi dan menurunnya efisiensi produksi uap yang dihasilkan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan menganalisis desain ulang dan optimasi ruang bakar boiler mini tipe pipa api, dengan fokus pada meningkatkan efisiensi bahan bakar dan mengurangi pemborosan energi.

Boiler mini tipe pipa api yang digunakan di Politeknik Negeri Bengkalis memiliki kapasitas produksi uap 100 kg/jam dan dimanfaatkan untuk proses destilasi serai wangi. Boiler ini dilengkapi 17 pipa api berdiameter 40 mm dengan diameter badan boiler 500 mm (Oktaviani, 2021). Permasalahan yang sering terjadi adalah suhu api di ruang bakar tidak mencapai tingkat optimal, sehingga produksi uap menjadi terbatas dan kurang stabil. Kondisi ini dipengaruhi oleh desain ruang bakar yang memungkinkan masuknya udara luar secara berlebihan dan bercampur dengan gas hasil pembakaran. Udara berlebih tersebut menurunkan suhu pembakaran karena sebagian energi panas terbuang untuk memanaskan udara yang tidak berperan langsung dalam proses pembakaran. Akibatnya, rasio bahan bakar dan udara tidak sesuai stoikiometri ideal, pembakaran menjadi kurang efisien, suhu api rendah, waktu pemanasan lebih lama, konsumsi bahan bakar meningkat, dan produksi uap menurun.

Hal ini disebabkan oleh desain ruang bakar yang memungkinkan banyaknya udara luar bercampur dengan gas pembakaran. Campuran udara berlebih dapat menurunkan suhu pembakaran karena sebagian energi panas dari bahan bakar digunakan untuk memanaskan udara tambahan yang tidak berkontribusi langsung terhadap proses pembakaran. Perbandingan bahan bakar dan udara tidak sesuai dengan rasio stoikiometri ideal, maka pembakaran akan menjadi tidak efisien, menghasilkan suhu rendah, waktu pemanasan yang lama, suhu api yang tidak stabil, konsumsi bahan bakar yang boros, serta pemborosan energi. Akibatnya, temperatur api menurun dan transfer panas ke pipa-pipa boiler menjadi kurang efektif, sehingga produksi uap yang dihasilkan rendah.

Dalam aplikasi proses destilasi serai wangi, uap yang dihasilkan tidak berlangsung secara kontinu, dengan 1 bar uap bertahan sekitar 2 menit dan waktu pemanasan boiler mencapai 95 menit untuk mencapai suhu 100°C (Oktaviani, 2021). Hal ini menunjukkan perlunya perancangan ulang ruang bakar agar lebih sesuai dengan kebutuhan operasional dan kapasitas yang diharapkan. Dengan mendesain ulang ruang bakar, diharapkan proses pemanasan dapat dipercepat, pembakaran dapat berlangsung lebih efisien, dan penggunaan bahan bakar dapat diminimalkan.

Dalam penelitian terdahulu menunjukkan bahwa desain ruang bakar yang tidak efisien dapat menyebabkan masalah serius, seperti distribusi panas yang tidak merata dan emisi gas buang yang tinggi. Peneliti (Bambang 2017) energy panas dari reaksi yang dihasilkan akan turun mengingat kelebihan udara akan menyerap energi yang dihasilkan karena suhu udara masuk lebih kecil dari suhu pembakaran. Dalam studi yang dilakukan oleh Hasibuan dan Jufrizal (2023), ditemukan bahwa pemodelan numerik pada ruang bakar boiler menunjukkan bahwa distribusi temperatur yang tidak merata dapat mengurangi efisiensi pembakaran. Selain itu, Aprijal (2024) melaporkan bahwa penambahan elemen desain tertentu dapat meningkatkan efisiensi hingga 3,2%.

Melakukan analisis masukan udara pada ruang bakar untuk mencapai efisiensi energi yang lebih baik, untuk mendapatkan pemanasan uap yang ada di boiler perlunya desain tungku pembakaran yang efektif untuk meningkatkan

efisiensi termal agar api didalam tungku menjadi stabil dengan melakukan modifikasi desain tungku ruang bakar dengan material yang memiliki ketahanan panas yang tinggi, yaitu campuran semen, batu bata, dan pasir sebagai isolasi. Penggunaan batu bata, semen, dan pasir dalam desain ruang bakar telah menunjukkan potensi yang signifikan dalam meningkatkan efisiensi pembakaran.

Penelitian Prasetyo (2023) mengungkapkan bahwa kombinasi material ini dapat menghasilkan struktur yang lebih tahan terhadap suhu tinggi dan memiliki kapasitas penyimpanan panas yang lebih baik, sehingga meningkatkan efisiensi pembakaran. Penelitian Sari dan Rahman (2022) menunjukkan bahwa penggunaan batu bata sebagai material insulasi dalam ruang bakar dapat mengurangi kehilangan panas dan meningkatkan efisiensi energi secara keseluruhan. Penelitian lain seperti Santoso (2023) menekankan pentingnya desain geometris ruang bakar yang memanfaatkan material lokal seperti batu bata dan semen untuk menciptakan struktur yang tidak hanya efisien tetapi juga ekonomis. Mereka menemukan bahwa desain yang mengoptimalkan aliran gas panas dan distribusi suhu dapat meningkatkan efisiensi pembakaran hingga 5%.

Dengan meningkatnya kebutuhan energi dan pentingnya efisiensi energi, penelitian ini bertujuan mendesain ulang ruang bakar boiler mini agar lebih sesuai dengan kapasitas dan kebutuhan produksi uap sebesar 100 kg/jam juga mempercepat proses pemanasan, dan mengurangi pemborosan energy dan meningkatkan efisiensi bahan bakar Penelitian ini memanfaatkan material yang tersedia secara lokal dan menerapkan prinsip-prinsip desain yang efisien, Penelitian ini akan dimulai dengan pengumpulan data dan analisis kondisi ruang bakar saat ini. Selanjutnya, perancangan ruang bakar baru akan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak desain teknik untuk memodelkan ukuran dan komponen yang sesuai. Desain baru ini akan mengoptimalkan ukuran ruang bakar, penempatan burner, dan jalur aliran gas panas agar menghasilkan pembakaran yang lebih efisien dan panas yang lebih merata.

Uji coba prototipe ruang bakar akan dilakukan untuk memvalidasi hasil desain dan memastikan bahwa boiler dapat menghasilkan uap secara kontinu dan

stabil sesuai kapasitas yang diharapkan. Dengan desain ruang bakar yang baru, diharapkan Proses pembakaran dapat berlangsung lebih efisien, menghasilkan panas yang lebih tinggi dalam waktu yang lebih singkat. Produksi uap menjadi lebih kontinu dan sesuai dengan kapasitas 100 kg/jam. Pemakaian bahan bakar lebih hemat karena proses pembakaran yang lebih sempurna. Boiler di Politeknik Negeri Bengkalis dapat dijadikan sarana pembelajaran yang lebih efektif bagi mahasiswa teknik, karena lebih mendekati standar industri.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi masukan udara terhadap suhu gas buang pada ruang bakar boiler pipa api kapasitas 100 kg/jam?
2. Apa saja faktor-faktor lain yang mempengaruhi efisiensi energi pada boiler pipa api selain masukan udara?
3. Bagaimana hubungan antara perbandingan stoikiometri bahan bakar dan udara dengan emisi gas buang yang dihasilkan selama proses pembakaran?

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, peneliti membatasi masalah agar pembahasan lebih fokus pada objek yang akan dilakukan penelitian. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Penelitian ini fokus pada boiler pipa api dengan kapasitas produksi uap sebesar 100 kg/jam yang digunakan untuk proses destilasi serai wangi.
2. Analisis akan dilakukan pada variasi masukan udara yang berbeda, dengan kecepatan udara di bawah 5 m/s, di bawah dan atas 10 m/s, dan di atas 15m/s.
3. Parameter yang diukur pada penelitian ini akan membatasi pengukuran pada konsumsi bahan bakar, suhu uap, suhu air, suhu ruang bakar, lama pemanasan, efisiensi , dan kecepatan udara.
4. Penelitian ini akan dilakukan di Politeknik Negeri Bengkalis.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian adalah sebagai berikut :

1. Mendesain ulang ruang bakar boiler pipa api kapasitas 100 kg/jam agar sesuai dengan kebutuhan produksi uap, mempercepat proses pemanasan, dan meminimalkan kehilangan panas.
2. Menganalisis pengaruh variasi masukan udara pembakaran (kecepatan dan jumlah udara) terhadap efisiensi energi, kualitas pembakaran, dan stabilitas nyala api pada ruang bakar.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

- 1 Memberikan solusi desain ruang bakar yang lebih efisien, sehingga mampu meningkatkan efisiensi termal boiler, menghemat bahan bakar, dan mengurangi emisi gas buang.
- 2 Menjadi referensi teknis bagi industri kecil dan menengah dalam mengoptimalkan pengoperasian boiler pipa api kapasitas kecil, khususnya terkait pengaturan masukan udara pembakaran.
- 3 Menambah wawasan dan pengalaman praktis bagi mahasiswa di Politeknik Negeri Bengkalis dalam menganalisis dan memodifikasi desain ruang bakar boiler yang mendekati standar industri.
- 4 Menunjukkan faktor-faktor yang memengaruhi kinerja boiler, seperti kualitas bahan bakar, pengaturan udara pembakaran, pemasangan economizer, dan isolasi termal, sehingga dapat menjadi acuan dalam perbaikan sistem.