

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kopi merupakan komoditas kedua yang paling populer dan diperdagangkan di dunia setelah minyak (Pancsira, 2022). Kopi memiliki beberapa keunggulan yang membuatnya lebih diminati dibandingkan komoditas lainnya (Zacharie dan Denny, 2024). Kopi juga memiliki banyak variasi produk yang disebabkan oleh perbedaan varietas tanaman, ketinggian lokasi penanaman (Wilujeng dkk., 2021), dan metode pengolahannya (Abubakar dkk., 2019). Namun, ada masalah negatif perdagangan ekspor kopi di pasar Internasional yang bebas dan liberal serta kapitalis seperti monopoli harga pada jenis produk tertentu (Lerner dkk., 2021). Polusi dan jejak karbon juga menjadi permasalahan industri pemanggangan kopi, baik dari sumber energi yang digunakan maupun dari gas buang (Choirun, 2024). Akhir-akhir ini, konsumen kopi harus membayar lebih untuk produk yang mereka nikmati sebagai kompensasi atas mitigasi netralitas karbon karena jejak karbon yang dihasilkan oleh industri pengolahan.

Berdasarkan tahapan proses pengolahan kopi, nilai tambah dari produk kopi meningkat hingga 400 % setelah tahapan dipanggang (Susanto, 2023). Nilai tambah tersebut tidak dinikmati oleh negara produsen karena kopi harus diekspor dalam bentuk *green bean* ke negara roaster dengan alasan untuk menjamin ketersediaan dan menjaga kestabilan harga di pasar internasional serta lebih dekat dengan konsumen. Kopi harus segera dinikmati setelah dipanggang agar kualitas aroma dan rasa tidak menurun (Mubarak dan Mulyadi, 2024). *Green bean* selama ini diekspor dengan kapal laut yang menempuh waktu yang lama sampai berbulan-bulan yang menghasilkan jejak karbon yang besar. Menurut Nab dan Maslin, (2020) menyatakan bahwa kemajuan teknologi informasi, transportasi udara yang cepat dan kemasan saat ini memungkinkan kopi untuk diekspor setelah *diroasting*, sehingga nilai tambah dapat meningkatkan pendapatan negara produsen dan lebih ringkas untuk meningkatkan kesejahteraan petani kopi. Memperkaya varian

merupakan salah satu solusi dalam mengatasi permasalahan ekspor produk kopi ke pasar internasional.

Torefaksi biji kopi dapat digunakan untuk menggantikan proses penyangraian (Mukherjee dkk., 2021), dan dapat memvariasikan produk. Torefaksi merupakan proses eksotermik dengan penggunaan suhu yang lebih rendah dibandingkan dengan pirolisis, biasanya $<260\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Vakalis dkk., 2019). Proses ini dibagi menjadi dua berdasarkan fluida atmosfer yang digunakan, yaitu torefaksi basah dan torefaksi kering. Torefaksi basah menggunakan media uap air bertekanan tinggi sebagai fluida atmosfernya, sedangkan torefaksi kering terdiri dari torefaksi non-oksidatif dan torefaksi oksidatif (Safar dkk., 2024). Torefaksi non-oksidatif menggunakan gas inert seperti nitrogen, argon, dan lain-lain sebagai fluida atmosfernya, sedangkan torefaksi oksidatif menggunakan udara atau oksigen (Holzer dkk., 2018). Penggunaan media udara atau oksigen pada proses torefaksi dimungkinkan karena proses berlangsung dibawah temperatur *ignition point* dari bahan yang ditorefaksi, sehingga diyakini tidak terjadi proses oksidasi (Soria-Verdugo dkk., 2022), namun beberapa ahli lainnya mengemukakan ada terjadi reaksi oksidasi pada bagian terluar produk biomassa hasil torefaksi. Torefaksi juga dapat divariasikan laju aliran media atmosfer, dan temperatur sebagaimana pada *roasting* untuk menghasilkan varian produk (Soria-Verdugo dkk., 2022).

Penelitian terdahulu yang telah dilakukan oleh Li dkk., (2012) untuk mengetahui kinerja suatu alat melalui simulasi proses torefaksi. menunjukkan bahwa torefaksi dapat menjadi opsi teknis untuk rasio substitusi yang tinggi, dalam sistem pembakaran. Tanpa penurunan efisiensi suatu alat dan fluktuasi beban yang nyata. Selain itu, emisi CO_2 dan NO_x bersih berkurang secara signifikan dengan peningkatan substitusi dalam sistem torefaksi, yang dilakukan secara simulasi. Penelitian terdahulu lainnya yang dilakukan oleh Faisal dkk., (2023) menunjukan bahwa variasi media atmosfer dalam torefaksi kopi mengakibatkan perubahan karakteristik produk padatan, *liquid* (Husin dan Abubakar, 2022) dan gas. Namun penelitian ini menggunakan temperatur dan laju aliran fluidanya tetap. Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Suryadi dkk., (2024), mempertimbangkan tiga

ketebalan, dan tiga kecepatan putaran yang berbeda pada drum *roaster*. Peneliti menyimpulkan analisa pengaruh ketebalan dan putaran drum terhadap laju distribusi suhu menggunakan simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) menunjukkan bahwa pada putaran rpm yang lebih tinggi memiliki distribusi suhu yang lebih merata (homogen). Dibandingkan dengan rpm yang rendah tetapi memiliki distribusi suhu yang tidak merata. Penelitian terdahulu lainnya yang dilakukan oleh Alonso-Torres dkk., (2013), fokus terhadap perpindahan panas dan massa yang terjadi pada 1 biji kopi selama proses pemanggangan telah berhasil disimulasikan menggunakan *Computational Fluid Dynamics* (CFD).

Proses torefaksi menggunakan fluida atmosfer seperti udara, oksigen, nitrogen, dan argon untuk mengatur reaksi termal yang memengaruhi kualitas produk (Parker, 2015). Udara dan oksigen mendukung reaksi oksidasi, yang dapat mempercepat perubahan aroma dan warna, namun berisiko menurunkan mutu jika berlebihan. Sementara itu, nitrogen dan argon berfungsi sebagai gas inert yang mencegah oksidasi. Nitrogen banyak dipilih karena ekonomis, sedangkan argon lebih stabil secara kimia dan efektif menjaga senyawa volatil agar aroma dan kualitas produk tetap terjaga (David dkk., 2015). Pemilihan gas disesuaikan dengan tujuan torefaksi dan karakteristik hasil yang diinginkan.

Penelitian ini akan berfokus melakukan torefaksi kering, dengan variasi laju aliran media atmosfer yaitu udara, oksigen, nitrogen dan argon, serta variasi temperatur. Penelitian akan dilakukan secara simulasi menggunakan *Software Ansys Fluent*. Dengan melihat seberapa mampu fluida melindungi biji kopi dari temperatur berlebih yang memicu terjadinya reaksi oksidasi (hangus). Hasil dari penelitian ini diharapkan berkontribusi pada pengembangan teknologi, menciptakan variasi produk yang mendukung tujuan pembangunan berkelanjutan atau *Sustainable Development Goals* (SDGs), karena mengurangi jejak karbon pada proses produksi kopi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dari penelitian tugas akhir ini, maka dapat diambil rumusan masalah yaitu sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh variasi media atmosfer udara, oksigen, nitrogen, dan argon terhadap proses torefaksi kopi?
2. Bagaimana pengaruh variasi laju aliran 0,5; 1; dan 1,5 L/s terhadap proses torefaksi kopi?
3. Bagaimana pengaruh variasi temperatur 160, 200, dan 240°C terhadap proses torefaksi kopi?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian ini, Tujuan penelitian ini secara spesifik meliputi:

1. Menganalisis pengaruh variasi media atmosfer udara, oksigen, nitrogen, dan argon terhadap proses torefaksi kopi.
2. Menganalisis pengaruh variasi laju aliran media atmosfer 0,5, 1, dan 1,5 L/s terhadap proses torefaksi kopi.
3. Untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur 160, 200, dan 240°C terhadap proses torefaksi kopi.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang bisa diambil dari penelitian proposal tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat mengetahui fenomena aliran secara fisis dari analisa aliran 3D di sekitar reaktor torefaksi kopi melalui visualisasi aliran dengan menggunakan *Software Ansys Fluent*.
2. Mengetahui karakteristik perpindahan panas pada reaktor dan biji kopi terhadap beberapa variasi, agar meningkatkan nilai jual yang tinggi dengan rasa yang unik.
3. Menciptakan variasi produk yang mendukung tujuan pembangunan berkelanjutan atau *Sustainable Development Goals (SDGs)*.

1.5 Batasan Masalah

Agar pembahasan lebih terperinci maka peneliti memberikan batasan-batasan masalah. Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Berfokus pada torefaksi kering, variasi atmosfer yang digunakan adalah udara, oksigen, nitrogen, dan argon.
2. Variasi laju aliran media atmosfer 0,5, 1, dan 1,5 L/s
3. Variasi temperatur yang digunakan 160, 200, dan 240°C.
4. Komputasi menggunakan *Software Ansys Fluent Student Version*.
5. Tidak meneliti reaksi termokimia terhadap proses torefaksi kopi.