

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ketahanan pangan merupakan salah satu prioritas utama pemerintah Indonesia, terutama dalam menghadapi pertumbuhan penduduk dan perubahan iklim. Salah satu tantangan utama dalam rantai pasok beras adalah penanganan pasca panen, khususnya pengeringan gabah. Gabah hasil panen memiliki kadar air sekitar 20–27% (basis basah), sedangkan standar penyimpanan yang aman memerlukan kadar air $\pm 14\%$ (Lestari & Kurniawan, 2021).

Setelah panen, gabah umumnya memiliki kadar air yang relatif tinggi, sekitar 20-23% pada basis basah selama musim kemarau dan mencapai 24-27% pada basis basah selama musim hujan (Putri et al., 2025). Pada kadar air ini, gabah tidak cocok untuk disimpan karena rentan terhadap infeksi jamur dan kerusakan. Dalam kondisi kelembaban tinggi, proses respirasi dalam gabah terjadi lebih cepat, yang dapat menyebabkan gabah membusuk, berjamur, berkecambah, dan reaksi enzimatik yang menyebabkan beras berubah warna menjadi kuning atau coklat. Oleh karena itu, penanganan pasca panen, terutama pengeringan, sangat penting untuk menjaga kualitas beras selama penyimpanan.

Pengeringan adalah proses mengurangi kadar air dalam bahan, yang penting untuk meminimalkan aktivitas enzimatik dan mikrobiologis yang merusak (Sholihah et al., 2022). Dengan mengurangi kadar air menjadi sekitar 14% pada basis basah, beras dapat disimpan dengan aman untuk jangka waktu lama atau disiapkan untuk dipasarkan. Di Indonesia, sebagian besar proses pengeringan gabah masih melibatkan paparan sinar matahari langsung. Metode ini relatif

sederhana dan praktis, tetapi sangat bergantung pada kondisi cuaca, membutuhkan lahan yang luas, mengakibatkan kehilangan hasil yang signifikan, membutuhkan waktu pengeringan yang lama, rentan terkontaminasi benda asing, dan menghasilkan kadar air yang tidak merata. Karena tantangan ini, para petani mulai menggunakan pengering buatan untuk mengeringkan gabah (Putu Hetty 2024).

Kondensor merupakan salah satu komponen penting pada suatu mesin pendingin yang berfungsi sebagai alat penukar kalor (*heat exchanger*) dimana prinsip kerjanya adalah mengubah fase refrigeran dari wujud gas menjadi wujud cair (Susana & Putra, 2024). Kerja kondensor dalam melakukan pelepasan kalor ke lingkungan akan berlangsung dengan lebih optimal jika menggunakan media pendingin yang mempunyai nilai kalor jenis tinggi (Wiratmaja et al., 2021). Salah satu alat yang dapat digunakan untuk mengeringkan gabah yaitu pendingin udara (AC). AC merupakan perangkat yang dirancang untuk menjaga kestabilan suhu dan kelembapan udara di dalam ruangan. Di Indonesia, AC umumnya hanya dimanfaatkan sebagai alat pengkondisian udara karena kondisi iklim tropis. Pada sistem AC, khususnya pada bagian kondensor, terdapat energi panas yang terbuang dan belum dimanfaatkan secara optimal. Panas buangan dari kondensor tersebut sebenarnya memiliki potensi untuk dimanfaatkan kembali, misalnya sebagai sumber panas pada proses pengeringan produk pertanian maupun sebagai pemanas air. Kondensor yang digunakan pada penelitian ini adalah kondensor AC tipe split. Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Elisa et al., 2022), performa perpindahan panas pada kondensor AC split dipengaruhi oleh desain dan material sirip kondensor sehingga panas yang dihasilkan berpotensi dimanfaatkan kembali sebagai sumber energi alternatif. Selain itu, penelitian oleh (Wiratmaja et al., 2022)

menunjukkan bahwa sistem pengkondisian udara tipe split memiliki kemampuan perpindahan panas yang baik pada kondensor sehingga dapat mendukung pemanfaatan energi panas buang untuk kebutuhan lain misalnya, sebagai sumber panas pada pengering, seperti untuk mengeringkan produk pertanian dan pakaian, serta sebagai pemanas air. Kondensor yang dimaksud adalah kondensor AC tipe Split.

Pada AC tipe split, udara yang membawa energi panas dari kondensor dapat mengalami peningkatan mencapai 53°C , meningkat sekitar 15°C hingga 20°C dibandingkan suhu ruangan. Lebih lanjut, AC biasanya beroperasi dalam waktu yang lama setiap hari. Energi panas yang dilepaskan kondensor berasal dari energi yang diserap oleh evaporator ditambah energi yang dihasilkan oleh kompresor (Wiratmaja et al., 2021). Oleh karena itu, udara panas yang keluar dari kondensor memiliki potensi signifikan untuk digunakan sebagai sumber panas bagi peralatan pengering .

Pengeringan sendiri adalah proses menghilangkan kadar air hingga tingkat tertentu untuk mengurangi laju kerusakan material (Amanda & Rahmadhia, 2024). Pengeringan dengan pengering mekanis umumnya membutuhkan waktu lebih singkat dibandingkan pengeringan konvensional. Proses pengeringan mekanis membutuhkan sumber panas buatan, biasanya bahan bakar minyak, gas, biomassa, elemen pemanas listrik, atau panas buangan yang saat ini terbuang di lingkungan. Salah satu sumber panas buangan yang berpotensi signifikan sebagai sumber panas bagi pengering mekanis adalah panas buangan dari kondensor AC. Mengingat potensi panas kondensor yang signifikan ini, penelitian terhadap model desain pengering yang dapat memanfaatkan panas buangan dari kondensor AC

menjadi sangat penting.

Pemanfaatan panas kondensor saat ini umumnya hanya difokuskan pada pemanasan air (Putu, 2021). Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memanfaatkan panas kondensor sebagai sumber energi alternatif yang dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, salah satunya sebagai sumber kalor alat pengering gabah. Dalam proses pengeringan gabah, alat pengering memanfaatkan prinsip perpindahan panas, terutama melalui konveksi, di mana udara panas dari sumber pemanas didistribusikan secara merata ke seluruh permukaan gabah (Rahman dkk., 2018). Panas merupakan faktor krusial dalam mengurangi kadar air gabah selama proses pengeringan. Agar proses pengeringan efektif dan tidak merusak struktur gabah, suhu dan laju aliran udara harus tetap stabil. Dibandingkan dengan metode pengeringan tradisional yang mengandalkan sinar matahari langsung, alat pengering menawarkan beberapa keunggulan, seperti kemampuan untuk mengatur suhu dan durasi pengeringan secara lebih akurat, menghasilkan gabah yang lebih seragam dan mengurangi risiko kerusakan seperti retak atau patah (Fitriani & Sari, 2019).

Pada alat pengering konvensional, sumber panas biasanya berupa bahan bakar fosil atau listrik, sehingga mengakibatkan konsumsi energi yang tinggi dan dampak negatif terhadap lingkungan (Sari dkk., 2020). Selain itu, penggunaan sumber panas ini seringkali mahal dan tidak efisien dalam pengoperasiannya. Oleh karena itu, diperlukan sumber panas alternatif yang lebih hemat biaya dan ramah lingkungan, misalnya dengan memanfaatkan panas buang dari kondensor AC atau panas buang industri lainnya untuk mengurangi biaya energi pengeringan padi tanpa mengurangi kualitas hasil pengeringan.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Sodikin et al., 2024), dikembangkan alat pemanas air dengan memanfaatkan panas buang dari kondensor AC menggunakan heat exchanger tipe double pipe. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem tersebut mampu memanaskan air dari suhu awal 29°C hingga mencapai 37,5°C dalam waktu 120 menit. Penelitian ini menunjukkan bahwa energi panas yang terbuang dari sistem AC masih dapat dimanfaatkan kembali sebagai sumber energi alternatif yang lebih hemat dan efisien. Selain itu, Sebayang (2019) melakukan penelitian tentang pemanfaatan panas dari kondensor AC jendela $\frac{3}{4}$ PK untuk pemanas air, di mana didapatkan bahwa suhu pipa awal adalah 35°C dan meningkat menjadi 59°C, sedangkan suhu air dari kondisi awal 29°C naik menjadi 46°C setelah proses pemanasan berlangsung.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Syam et al., 2019) Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi potensi panas limbah dari kondensor pendingin udara sebagai sumber panas untuk pengering dan membandingkannya dengan penggunaan aktualnya dalam pengeringan kunyit. Penelitian ini terdiri dari dua fase pengujian: satu dengan pengering kosong dan satu dengan kunyit. Pengujian tanpa bahan berfungsi untuk menentukan kisaran suhu panas limbah kondensor sebagai fungsi dari tingkat pengisian pengering. Pengujian dengan kunyit yang telah dipotong menyelidiki kinerja sumber panas dalam mengeringkan bahan tersebut. Penelitian ini mencakup pengukuran suhu keluaran kondensor di saluran antara kondensor dan pengering, di ruang tekanan, dan pada rak pengering, serta pengurangan massa bahan kering, kadar airnya, dan kelembapannya. Hasil menunjukkan bahwa panas limbah kondensor memiliki potensi besar untuk mengeringkan herba, karena proses pengeringan berlangsung pada suhu yang relatif

rendah. Keluaran panas dari kondensor mencapai 42,4 °C pada kelembapan relatif 31%. Menurut SNI, pengeringan herba kunyit dapat memakan waktu hingga 6 jam sampai bahan tersebut mencapai kadar air 5-6%.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Petro et al., 2022) Pendingin ruangan berfungsi untuk menstabilkan suhu dan kelembapan di dalam ruangan. Panas buangan yang dipancarkan oleh kondensor pendingin ruangan tetap tidak terpakai dan dilepaskan ke lingkungan. Namun, energi termal ini memiliki potensi yang cukup besar dan dapat digunakan untuk pengeringan. Pengeringan adalah proses mengurangi kadar air suatu bahan uji dan dengan demikian aktivitas airnya. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan pengering yang secara optimal memanfaatkan panas buangan dari kondensor pendingin ruangan, serta untuk menentukan laju aliran volumetrik udara panas yang keluar dari kondensor. Selanjutnya, distribusi suhu pada masing-masing tingkat ruang pengering dan laju pengeringan bahan uji pada setiap tingkat akan ditentukan. Penelitian ini didasarkan pada pendekatan eksperimental yang dilakukan melalui pengujian langsung. Suhu udara panas yang keluar dari kondensor setelah memasuki ruang pengering menunjukkan bahwa panas buangan dari kondensor pendingin ruangan memiliki potensi besar untuk mengeringkan daun kratom, jagung, dan butir beras. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, suhu udara panas tertinggi yang pernah diukur di saluran keluar kondensor setelah memasuki ruang pengering adalah 54,30 °C pada kelembapan relatif 19%, sedangkan suhu udara panas terendah yang diukur di saluran keluar kondensor setelah memasuki ruang pengering adalah 47,00 °C pada kelembapan relatif 30%. Suhu udara panas rata-rata yang dihasilkan oleh kondensor pendingin udara setelah memasuki ruang pengering berkisar antara

30,27 °C dan 42,93 °C.

Pada penelitian terdahulu yang memanfaatkan panas dari sisi kondensor ac khususnya pada penelitian yang di lakukan oleh (Petro et al., 2022) dan (Syam et al., 2019) yang sama-sama membuat alat pengering belum terdapat pengontrol suhu serta katup udara panas yang masuk dan katup udara yang keluar sehingga panas pada ruang pengering belum maksimal. Berdasarkan penelitian ini, penulis tertarik untuk meneliti upaya penghematan energi listrik dengan memanfaatkan panas yang terbuang pada sisi kondensor unit AC split dan menambahkan pengontrol suhu pada alat pengering yang akan di buat untuk memaksimalkan pengontrolan suhu di dalam ruang pengering supaya lebih optimal. Berdasarkan hal yang sudah dijelaskan, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul “Pengembangan Prototipe Alat Pengering Gabah Dengan Pemanfaatan Kalor Pada Sisi Kondensor Ac Split”.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas ada beberapa masalah yang dapat diidentifikasi, yaitu :

1. Kadar air gabah pasca panen di Indonesia umumnya masih berada di atas standar penyimpanan aman (14%), sehingga rentan terhadap kerusakan dan penurunan kualitas..
2. Proses pengeringan gabah sangat diperlukan untuk menurunkan kadar air hingga mencapai standar penyimpanan yang aman.
3. Metode pengeringan tradisional dengan sinar matahari memiliki banyak keterbatasan, antara lain sangat bergantung pada cuaca, memerlukan

lahan yang luas, membutuhkan waktu lama, serta menghasilkan kadar air yang tidak merata.

4. Kalor buangan pada sisi kondensor unit pendingin udara (AC split) selama ini masih terbuang ke lingkungan tanpa dimanfaatkan.
5. Kalor buangan pada sisi kondensor unit pendingin udara (AC split) dapat mencapai suhu $\pm 53^{\circ}\text{C}$ dan berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi panas untuk proses pengeringan gabah.
6. Produk pengering gabah berbasis pemanfaatan kalor kondensor yang ada saat ini belum mampu mengontrol suhu pelepasan secara optimal.

1.3 Pembatasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah di atas, batasan-batasan masalah yang dapat dirumuskan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini difokuskan pada pengembangan prototipe Alat pengering gabah dengan memanfaatkan kalor buangan dari sisi kondensor AC split sebagai sumber panas pengeringan.
2. Unit pendingin udara yang digunakan dalam penelitian ini adalah AC split dengan kapasitas 1/2 PK, sehingga hasil penelitian hanya berlaku untuk karakteristik panas kondensor pada kapasitas tersebut.
3. Proses pengeringan yang dikaji dalam penelitian ini dibatasi pada aspek suhu pengeringan dan kestabilan suhu, tanpa membahas secara mendalam laju penurunan kadar air gabah secara kuantitatif.
4. Pengujian prototipe dilakukan pada skala laboratorium.
5. Penelitian ini tidak membahas secara rinci analisis ekonomi, efisiensi energi

secara numerik, maupun perbandingan biaya operasional dengan alat pengering konvensional

6. Penelitian ini tidak membahas pengaruh pemanfaatan kalor kondensor AC split terhadap kinerja utama sistem pendingin (AC) secara mendalam, selain memastikan AC tetap beroperasi secara normal.
7. Bahan uji yang digunakan dalam penelitian ini dibatasi pada gabah, sehingga hasil penelitian belum dapat digeneralisasikan untuk produk pertanian lainnya.
8. Tahap development pada penelitian pengembangan alat pengering gabah ini di batasi hanya berupa penilaian kelayakan oleh ahli desain dan ahli manufaktur.
9. Tahap disseminate pada penelitian pengembangan alat pengering gabah ini di batasi hanya berupa publikasi dan pembuatan modul haki.
10. Penelitian ini dibatasi sampai dengan waktu, 1,5 jam (90 menit) pada saat proses pengeringan gabah, dengan pemanfaatan kalor yang dihasilkan dari sisi kondensor ac split sebagai sumber panas untuk proses pengeringan dengan range temperatur ($37^{\circ}\text{C} - 39^{\circ}\text{C}$).

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah dan batasan masalah diatas, penelitian ini memiliki rumusan masalah yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana proses pengembangan prototipe alat pengering gabah dengan pemanfaatan kalor dari sisi kondensor AC split?
2. Bagaimana tingkat kelayakan prototipe alat pengering gabah hasil pengembangan tersebut?

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang sudah diuraikan, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui dan mendeskripsikan proses pengembangan prototipe alat pengering gabah dengan pemanfaatan kalor dari sisi kondensor AC split.
2. Untuk mengetahui tingkat kelayakan prototipe alat pengering gabah hasil pengembangan tersebut.

1.6 Spesifikasi Produk Yang diharapkan

Produk penelitian ini adalah alat pengering gabah yang sudah dikembangkan, Adapun spesifikasi produk ini seperti berikut ini :

1. Produk hasil penelitian ini berupa alat pengering gabah dengan pemanfaatan kalor dari sisi kondensor AC split.
2. Produk alat pengering gabah dilengkapi dengan komponen seperti *power supply*, esp 32, dan sensor suhu.
3. Produk Alat pengering gabah ini bisa digunakan di dalam laboratorium sebagai media nyata untuk mengajarkan tentang sistem alat tepat guna.
4. Produk Alat pengering gabah dirancang sebagai alat bantu produk pengering gabah bagi petani.

1.7 Pentingnya Pengembangan

Pengembangan penelitian dilakukan agar dapat menghasilkan sebuah

produk yang bermanfaat untuk petani. Oleh karena itu pentingnya pengembangan produk ini dapat dijelaskan :

1. Pengembangan alat pengering gabah membantu petani dalam meningkatkan kualitas penyimpanan dan penggilingan.
2. Pengembangan alat pengering gabah memperpanjang masa simpan gabah dengan mengurangi kadar air pada gabah.

Pengembangan alat pengering gabah meningkatkan nilai jual gabah dan memperpanjang masa simpan.

1.8 Asumsi dan Keterbatasan Pengembangan

Penelitian ini menghasilkan sebuah produk berupa alat pengering gabah yang dikembangkan dengan memanfaatkan kalor dari sisi kondensor AC split sebagai sumber panas. Pengembangan alat ini dilakukan berdasarkan sejumlah asumsi dan keterbatasan yang telah ditetapkan sebagai berikut :

1. Asumsi Pengembangan

Beberapa asumsi yang digunakan dalam pengembangan alat pengering gabah ini adalah sebagai berikut:

- a. Produk yang dikembangkan berupa alat pengering gabah dengan pemanfaatan kalor dari sisi kondensor AC split. Komponen alat disusun sesuai dengan prinsip kerja sistem pengering yang berfungsi untuk menurunkan kadar air sehingga dapat membantu proses penyimpanan pada gabah. Pengembangan alat ini diharapkan dapat menjadi alternatif teknologi sederhana yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat atau

pelaku usaha pengering gabah dalam meningkatkan kualitas penyimpanan produk.

- b. Alat pengering gabah yang dikembangkan diasumsikan mampu membantu proses pengeringan gabah menjadi lebih efektif karena bisa mengurai kadar air pada gabah sehingga dapat memperpanjang proses penyimpanan. Selain itu, alat yang dikembangkan dirancang agar mudah digunakan, memiliki konstruksi yang sederhana, serta memanfaatkan kalor pada sisi kondensor AC split.

2. Keterbatasan Pengembangan

Adapun keterbatasan dalam pengembangan alat pengering gabah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Keterbatasan Tenaga

Alat yang manual membutuhkan tenaga manusia secara terus-menerus untuk mengoperasikannya.

b. Keterbatasan sumber daya

Keterbatasan dana menjadi hambatan dalam pengembangan alat agar lebih canggih, seperti penambahan fitur otomatisasi.

- c. Keterbatasan alat yang dikembangkan masih berupa prototipe sehingga masih memerlukan pengembangan lebih lanjut untuk meningkatkan efisiensi, keamanan, dan kualitas hasil pengeringan.

1.9 Definisi Istilah

Guna menghindari kesalahpahaman terhadap kata-kata serta istilah-istilah yang digunakan dalam penelitian ini, maka dipandang perlu untuk

mendefinisikan istilah-istilah yang digunakan pada penelitian ini :

1. Pengeringan gabah

Metode pengeringan yang menghilangkan kadar air pada gabah untuk penggilingan dan memperpanjang masa simpan.

2. Teknologi tepat guna

Teknologi yang dirancang secara sederhana dan sesuai dengan kondisi masyarakat untuk memecahkan masalah secara efisien.

3. Kalor pada sisi kondensor

Kalor pada sisi kondensor AC split yang berpotensi dimanfaatkan kembali.

4. Bahan Baku

Material utama yang digunakan dalam proses manufaktur untuk menghasilkan barang jadi.

