

PERANCANGAN OVEN PENGERING DENGAN METODE QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT (QFD) PADA SARI KARAK SOLO

Muhammad Diva Triawan; Dinda Safitri Ramadhani Program Studi
Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Surakarta

Abstrak

UMKM Sari Karak Solo yang memproduksi karak masih menerapkan pengeringan konvensional dengan sinar matahari sehingga proses sangat bergantung pada cuaca dan menghasilkan kualitas produk yang kurang konsisten; pengeringan memerlukan 8–12 jam saat cuaca cerah dan meningkat hingga 2–3 hari saat mendung atau hujan. Penelitian ini bertujuan merancang oven pengering karak yang sesuai dengan kebutuhan pengguna menggunakan metode *Quality Function Deployment* (QFD). Data dikumpulkan melalui observasi, wawancara, dan kuesioner terhadap 15 responden yang merupakan keseluruhan populasi tenaga kerja UMKM (*total sampling*), kemudian diolah ke dalam matriks *House of Quality* (HoQ). Hasil penelitian mengidentifikasi 12 kebutuhan pelanggan yang diterjemahkan menjadi 13 karakteristik teknis, dengan sistem pengendali suhu (13,99%), fitur keamanan operasional (11,28%), dan sistem pemanas (10,84%) sebagai prioritas tertinggi. Rancangan yang diusulkan berupa *gas dryer* berbahan bakar LPG dengan sistem *forced convection*, kapasitas 100–150 loyang (± 50 kg) per batch, dan waktu pengeringan 4–6 jam pada suhu 60–80°C, dirancang untuk menghasilkan kadar air akhir produk yang memenuhi standar mutu kerupuk (SNI 2713:2009, maksimal 12%). Benchmarking memberikan skor kesesuaian tertinggi (4,69) sehingga rancangan dinilai layak sebagai alternatif pengeringan konvensional.

Kata Kunci: oven pengering, *House of Quality*, desain produk, *Quality Function Deployment*, kerupuk beras.

Abstract

Sari Karak Solo, a micro-enterprise (UMKM) producing rice crackers (karak), still relies on conventional sun drying, so the process depends heavily on the weather and yields inconsistent product quality; drying takes 8–12 hours in clear weather and up to 2–3 days when it is cloudy or rainy. This study aims to design a karak drying oven that fits the user's needs using the Quality Function Deployment (QFD) method. Data were gathered through observation, interviews, and questionnaires distributed to 15 respondents, representing the entire workforce population of the enterprise (total sampling), then processed into a House of Quality (HoQ) matrix. The results identified 12 customer

requirements translated into 13 technical characteristics, with the temperature control system (13.99%), operational safety (11.28%), and heating system (10.84%) as the highest priorities. The proposed design is an LPG gas dryer with forced convection, a capacity of 100–150 trays (± 50 kg) per batch, and a drying time of 4–6 hours at 60–80°C, engineered to achieve a final product moisture content that meets crackers quality standards (SNI 2713:2009, maximum 12%). Benchmarking gave the design the highest suitability score (4.69), confirming it is feasible as an alternative to conventional drying.

Keywords: *drying oven, House of Quality, product design, Quality Function Deployment, rice cracker.*

1. PENDAHULUAN

Karak merupakan salah satu produk pangan olahan berbahan dasar beras yang banyak diproduksi oleh pelaku Usaha Mikro, Kecil dan Menengah (UMKM) di wilayah Jawa Tengah, termasuk UMKM Sari Karak Solo. Proses produksi karak khususnya pada tahap pengeringan, hingga saat ini masih mengandalkan sinar matahari secara langsung. Metode ini dapat berjalan baik selama cuaca mendukung, tetapi terganggu secara signifikan ketika musim hujan tiba, sehingga menjadi tantangan tersendiri bagi pelaku usaha untuk mempertahankan produktivitas dan menghindari kerugian bahan baku akibat proses pengeringan (Kurniadi, Yondri and Heriyanto, 2021).

Pengolahan bahan pangan yang baik tidak hanya berorientasi pada penciptaan nilai tambah produk, tetapi harus mampu menjaga konsistensi mutu melalui pengendalian proses produksi secara menyeluruh, termasuk pada tahap pengeringan (Satrio and Sunarjo, 2023). Karak merupakan produk pangan berbahan dasar beras yang diproduksi melalui pemasakan, pengeringan, dan penggorengan, seperti yang dilakukan UMKM Sari Karak Solo. Salah satu metode yang umum digunakan dalam pengolahan pangan adalah pengeringan untuk menurunkan kadar air sehingga produk dapat memiliki karakteristik penyimpanan yang lebih baik (Ayobami *et al.*, 2023).

Kadar air merupakan salah satu parameter penting dalam menentukan karakteristik dan mutu kerupuk karak setelah proses pengeringan. bahwa kadar air kerupuk karak mentah pada berbagai perlakuan berada pada kisaran 8,99–11,01%, yang menunjukkan bahwa kadar air perlu diperhatikan dalam proses pengolahan karak. Berdasarkan SNI 01-4307-1996 tentang kerupuk beras, kadar air maksimum untuk produk mentah adalah 12%, sedangkan produk yang telah digoreng memiliki batas maksimum 8% . Karena proses pengeringan pada penelitian ini dilakukan sebelum tahap penggorengan, maka batas

kadar air maksimum 12% digunakan sebagai acuan tingkat kekeringan karak (Hapsari, Supriyanto and Triwitono, 2024). Hubungan antara proses pengeringan dan perubahan kadar air yang menunjukkan bahwa pengeringan rice cracker menggunakan *convective air dryer* pada suhu 50–70°C menyebabkan perubahan kadar air selama proses pengeringan. Dengan demikian, pengendalian kondisi pengeringan pada perancangan oven dalam penelitian ini tidak hanya ditujukan untuk mengurangi waktu pengeringan, tetapi juga untuk menghasilkan proses pengeringan yang lebih terkendali terhadap kadar air produk (Phusampao, 2024). Berdasarkan penelitian terdahulu tersebut, rentang suhu 60–80°C dipilih sebagai rentang operasi oven pengering dalam penelitian ini untuk mempercepat proses pengeringan dan menjaga proses pengeringan tetap terkendali. Namun, proses pengeringan karak pada umumnya masih dilakukan secara konvensional dengan memanfaatkan panas matahari sehingga sangat dipengaruhi kondisi cuaca dan menyebabkan kualitas produk kurang konsisten karena suhu serta kelembaban lingkungan tidak dapat dikontrol (Ridhatullah and Hasibuan, 2019). Berdasarkan observasi lapangan, pengeringan di UMKM Sari Karak Solo membutuhkan waktu 8–12 jam pada cuaca cerah (suhu 34–45°C) dan meningkat hingga 2–3 hari pada cuaca yang tidak mendukung.

Secara teknis, kadar air dapat ditentukan dengan metode gravimetri melalui pengukuran kehilangan massa sampel setelah proses pengeringan hingga massa konstan. Persentase kadar air dihitung dengan membandingkan massa air yang hilang terhadap massa sampel awal (Mondal, Rangan and Uppaluri, 2019). Rumus perhitungan menggunakan persamaan berikut.

$$KA (\%) = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\% \dots (1)$$

Keterangan:

W1 = berat awal

W2 = berat setelah pengeringan

W0 = berat wadah/tempat sampel

Oven pengering merupakan alat yang berfungsi menggantikan sinar matahari untuk mengurangi kadar air melalui suhu yang dapat dikontrol secara stabil (Sobirin *et al.*, 2025). Efektivitas oven dipengaruhi oleh karakteristik perpindahan panas dan massa yang terjadi antara bahan dan lingkungan pengering (Yan *et al.*, 2026). Dalam hal ini oven berperan sebagai *dehydrator* yang memungkinkan pengaturan panas, kelembaban, dan

kadar air sesuai kebutuhan bahan (Rusliana and Saleh, 2022), sehingga proses pengeringan dapat dilakukan pada kondisi yang lebih terkendali dibandingkan dengan pengeringan matahari (Ali *et al.*, 2022).

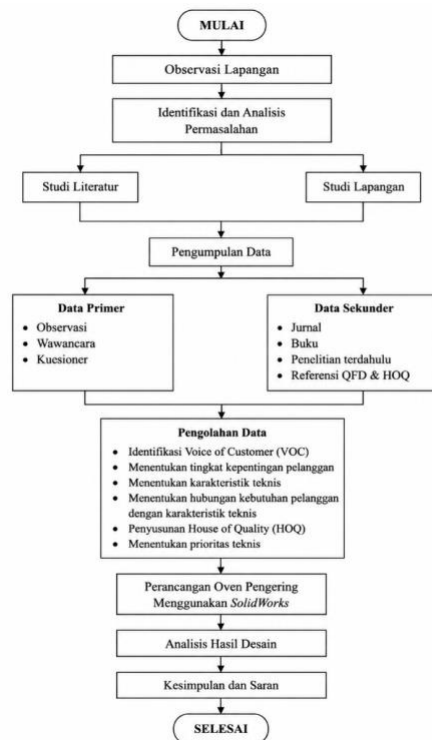
Dalam perancangan produk, pemodelan digunakan untuk merepresentasikan dan memvisualisasikan bentuk sistem yang dikembangkan berdasarkan kebutuhan dan spesifikasi yang telah ditetapkan (Nugroho, Ghofari and Anis, 2014). Perancangan oven pengering tidak hanya berfokus pada aspek teknis, tetapi harus mempertimbangkan kebutuhan pengguna agar produk yang dirancang sesuai dengan kebutuhan pengguna (Farahdiansari, 2023). Perancangan produk yang baik perlu mempertimbangkan kebutuhan pelanggan sebagai dasar dalam pengembangan dan pemilihan konsep rancangan (Shvetsova, Park and Lee, 2021). Oleh karena itu, metode *Quality Function Deployment* (QFD) dipilih karena mampu menerjemahkan kebutuhan pelanggan (*Voice of Customer/VoC*) ke dalam karakteristik teknis melalui matriks *House of Quality* (HoQ), sehingga prioritas teknis yang dihasilkan dapat menjadi dasar dalam penetapan spesifikasi dan perancangan produk (Falah *et al.*, 2020), (Agustian, 2025). QFD merupakan konsep holistik yang menghubungkan kebutuhan pelanggan dengan persyaratan teknis pada setiap tahap pengembangan produk (Hwangbo *et al.*, 2020), dan menggunakan matriks *House of Quality* (HoQ) sebagai alat penerjemahnya (Oktora and Amrina, 2023).

Beberapa penelitian terdahulu telah menerapkan QFD dalam perancangan alat pengering, seperti perancangan oven multifungsi untuk pengeringan dan pengasapan ikan serta perbaikan rancangan oven pengering kerupuk. Kajian literatur menunjukkan HOQ berperan penting dalam menghubungkan kebutuhan pelanggan dengan spesifikasi teknis untuk menghasilkan desain yang optimal (Ginting *et al.*, 2022), (Liansari, Novirani and Subagja, 2016). Namun, penelitian yang berfokus pada perancangan awal oven pengering karak skala UMKM berdasarkan kebutuhan pengguna melalui pendekatan QFD masih terbatas. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan mengidentifikasi kebutuhan pengguna terhadap oven pengering, menentukan karakteristik teknis prioritas melalui metode QFD, serta merancang oven pengering yang sesuai dengan kebutuhan operasional UMKM Sari Karak Solo.

2. METODE

Penelitian dilakukan pada UMKM Sari Karak Solo yang berlokasi di Dukuh Doulung, Kecamatan Mojolaban, Kabupaten Sukoharjo, Jawa Tengah. Objek penelitian

dipilih karena proses pengeringannya masih menggunakan sinar matahari sehingga sesuai dengan permasalahan yang diangkat. Tahapan penelitian ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Metode Penelitian

Penelitian diawali dengan observasi lapangan untuk mengidentifikasi permasalahan pada proses pengeringan karak, dilanjutkan studi literatur dan studi lapangan secara paralel sebagai dasar pengumpulan data. Data yang digunakan terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi, wawancara, dan kuesioner terhadap pelaku usaha dan pekerja UMKM, sedangkan data sekunder diperoleh dari jurnal ilmiah, buku, dan penelitian terdahulu terkait QFD, HOQ, serta perancangan produk.

Pengumpulan data dilakukan melalui tiga tahapan. Pertama, observasi terhadap kondisi proses produksi dan kendala pengeringan. Kedua, wawancara untuk memperoleh kebutuhan, kendala, dan harapan pengguna yang dirumuskan menjadi *Voice of Customer* (VoC). Ketiga, kuesioner untuk memperoleh penilaian tingkat kepentingan setiap atribut kebutuhan menggunakan skala Likert 1–5, dengan nilai 1 menyatakan sangat tidak penting dan 5 menyatakan sangat penting (Simamora, 2022). Populasi dalam penelitian ini terdiri atas seluruh pekerja dan pemilik UMKM Sari Karak Solo yang terlibat dalam proses produksi, dengan jumlah sebanyak 15 orang. Seluruh anggota populasi tersebut digunakan sebagai responden penelitian, sehingga teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah sampling sensus. Teknik sensus digunakan dengan melibatkan seluruh

anggota populasi sasaran sebagai sampel penelitian, sehingga tidak dilakukan pemilihan sebagian anggota populasi. Dengan demikian, jumlah populasi dan sampel dalam penelitian ini sama, yaitu sebanyak 15 orang(Khanipoor *et al.*, 2025).

Pengolahan data menggunakan metode QFD dengan tahapan: (1) identifikasi VOC, (2) penentuan tingkat kepentingan kebutuhan, (3) penyusunan karakteristik teknis (*technical requirements*), (4) penentuan hubungan VOC dengan karakteristik teknis menggunakan bobot kuat (9), sedang (3), dan lemah (1), (5) penyusunan matriks HOQ (6) penentuan prioritas karakteristik teknis berdasarkan bobot normalisasi serta (7) penyusunan spesifikasi dan pemodelan rancangan oven pengering menggunakan perangkat lunak *SolidWorks* (Agusti *et al.*, 2025). Sebelum diolah, hasil kuesioner diuji validitasnya menggunakan metode *Pearson product moment* pada taraf signifikansi 5%. Taraf signifikansi 5% α (0,05) digunakan dalam penelitian ini sebagai batas pengambilan keputusan statistik karena merupakan tingkat signifikansi konvensional yang banyak digunakan dalam pengujian statistik dan memberikan tingkat kehati-hatian yang memadai dalam pengambilan keputusan(Andreade, 2019).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kondisi Eksisting Proses Pengeringan

Sebelum dilakukan perancangan oven pengering, dilakukan observasi terlebih dahulu terhadap proses produksi di UMKM Sari Karak Solo untuk mengidentifikasi kondisi aktual proses pengeringan serta kendala yang dihadapi selama kegiatan produksi. Berdasarkan hasil observasi lapangan dan wawancara dengan pemilik maupun operator, diketahui bahwa proses pengeringan masih memanfaatkan sinar matahari. Metode tersebut dipilih karena tidak memerlukan biaya operasional tambahan, namun keterbatasan yang cukup besar terhadap kontinuitas dan kualitas produksi.

Pada kondisi cuaca cerah dengan suhu lingkungan berkisar antara 34-45 °C, proses pengeringan membutuhkan waktu sekitar 8–12 jam hingga karak mencapai tingkat kekeringan yang diinginkan. Akan tetapi, ketika intensitas penyinaran matahari menurun akibat cuaca mendung atau hujan, waktu pengeringan dapat meningkat menjadi 2–3 hari. Kondisi tersebut menyebabkan jadwal produksi menjadi tidak menentu sehingga kapasitas produksi harian sulit dipertahankan. Selain menghambat proses produksi, lamanya waktu pengeringan juga meningkatkan risiko penurunan kualitas produk akibat pengeringan yang tidak stabil.

Hasil observasi juga menunjukkan bahwa distribusi panas selama proses pengeringan belum merata karena seluruh proses bergantung pada kondisi lingkungan. Operator harus melakukan pemindahan dan pembalikan loyang secara berkala agar seluruh permukaan karak memperoleh paparan panas yang relatif sama. Aktivitas tersebut menambah beban kerja operator sekaligus meningkatkan waktu proses yang tidak memberikan nilai tambah terhadap produk. Selain itu, penggunaan area terbuka sebagai tempat pengeringan menyebabkan produk lebih rentan terhadap debu, serangga, maupun kontaminasi dari lingkungan sekitar sehingga aspek kebersihan produk belum dapat dikendalikan secara optimal.

Permasalahan lain yang ditemukan adalah keterbatasan kapasitas pengeringan. Jumlah loyang yang dapat dijemur bergantung pada luas area yang tersedia serta kondisi cuaca pada saat proses berlangsung. Ketika terjadi hujan secara tiba-tiba, seluruh produk harus segera dipindahkan ke tempat yang terlindung untuk menghindari kerusakan. Aktivitas tersebut tidak hanya meningkatkan waktu kerja operator, tetapi juga berpotensi menyebabkan produk mengalami penurunan mutu akibat proses pengeringan yang terputus.

Berdasarkan hasil observasi tersebut dapat disimpulkan bahwa permasalahan utama proses pengeringan di UMKM Sari Karak Solo meliputi ketergantungan terhadap kondisi cuaca, lamanya waktu pengeringan, distribusi panas yang tidak merata, keterbatasan kapasitas produksi, serta belum optimalnya aspek keamanan pangan selama proses pengeringan. Permasalahan tersebut menunjukkan bahwa diperlukan suatu sistem pengering yang mampu menghasilkan suhu yang stabil, mempercepat proses pengeringan, meningkatkan kapasitas produksi, serta menjaga kualitas produk secara lebih konsisten. Oleh karena itu, dilakukan identifikasi kebutuhan pengguna menggunakan pendekatan *Quality Function Deployment* (QFD) agar rancangan oven yang dikembangkan benar-benar sesuai dengan kondisi operasional dan kebutuhan UMKM.

3.2 Identifikasi *Voice of Customer* (VoC)

Pen Identifikasi kebutuhan pengguna dilakukan melalui observasi dan wawancara pada UMKM Sari Karak Solo, kemudian diperkuat studi literatur mengenai karakteristik oven pengering pangan. Wawancara dilakukan kepada pemilik dan operator atau pekerja yang terlibat langsung pada proses produksi. Informasi yang diperoleh

kemudian dikelompokkan berdasarkan kebutuhan dan divalidasi untuk mendapatkan atribut kebutuhan yang relevan dengan kondisi operasional UMKM.

Hasil identifikasi memperoleh 12 atribut kebutuhan yang dikelompokkan ke dalam empat aspek: performa pengeringan, kapasitas & dimensi, operasional & kemudahan, serta keamanan & kualitas. Atribut yang terbentuk menunjukkan kebutuhan terhadap alat pengganti model pengeringan konvensional. Selain itu, kemudahan dan keamanan disebutkan dalam atribut kebutuhan pelanggan untuk memudahkan pengoperasian dan penggunaan tanpa pelatihan khusus untuk menjalankan alat yang akan dirancang. Selanjutnya, seluruh kebutuhan pengguna disusun ke dalam kuesioner menggunakan skala Likert lima tingkat untuk mengetahui tingkat kepentingan masing-masing atribut. Kemudian seluruh atribut dinyatakan valid melalui uji validitas ($r\text{-hitung} > r\text{-tabel} = 0,514$). Hasil pengolahan tingkat kepentingan dan prioritas atribut disajikan pada Tabel 1

Tabel 1. Hasil Identifikasi dan Prioritas *Voice of Customer* (VoC)

Kode	Pernyataan Kebutuhan (VoC)	Rata- rata	Bobot Norm.(%)	Prio- ritas	Kategori
VoC-01	Suhu pengeringan dapat diatur (60–100°C)	4,53	9,20	3	Performa Pengeringan
VoC-02	Waktu pengeringan lebih cepat (≤ 6 jam)	4,20	8,28	7	Performa Pengeringan
VoC-03	Distribusi panas merata ke seluruh rak	3,73	7,25	11	Performa Pengeringan
VoC-04	Proses tidak bergantung pada cuaca	4,33	9,29	2	Performa Pengeringan
VoC-05	Kapasitas min. 150 loyang sekaligus	4,20	7,92	8	Kapasitas & Dimensi
VoC-06	Dimensi oven sesuai kebutuhan UMKM	3,87	6,96	12	Kapasitas & Dimensi
VoC-07	Dapat menampung 50 kg (karak Kering) karak/batch	4,27	8,41	6	Kapasitas & Dimensi
VoC-08	Mudah dioperasikan tanpa pelatihan khusus	4,73	9,87	1	Operasional & Kemudahan

Kode	Pernyataan Kebutuhan (VoC)	Rata- rata	Bobot Norm.(%)	Prio- ritas	Kategori
VoC-09	Indikator suhu	4,00	7,54	10	Operasional & Kemudahan
VoC-10	Mudah dibersihkan setelah pemakaian	4,40	8,68	5	Operasional & Kemudahan
VoC-11	Konstruksi kuat & tahan lama (min. 5 th)	4,00	7,66	9	Keamanan & Kualitas
VoC-12	Material <i>food-grade</i> aman untuk pangan	4,40	8,93	4	Keamanan & Kualitas

Berdasarkan Tabel 1, atribut “mudah dioperasikan tanpa pelatihan khusus” memperoleh bobot normalisasi tertinggi (9,87%), diikuti “proses tidak bergantung pada cuaca” (9,29%) dan “suhu pengeringan dapat diatur” (9,20%). Seluruh atribut memiliki nilai rata-rata di atas 3,70 sehingga dinilai penting untuk dipertimbangkan dalam perancangan.

Kebutuhan pelanggan diterjemahkan menjadi 13 karakteristik teknis (CT) yang dikelompokkan ke dalam aspek sistem termal, kapasitas dan dimensi, energi dan sistem kontrol, sirkulasi udara, serta material dan konstruksi. Hubungan antara VOC dan karakteristik teknis ditentukan menggunakan matriks hubungan dengan skala kuat ● (9), sedang ◎ (3), dan lemah △ (1). Kebutuhan tersebut selanjutnya diterjemahkan ke dalam karakteristik teknis melalui penyusunan HoQ. Tabel 2 menunjukkan simbol dan nilai simbol.

Tabel 2 . Prioritas Karakteristik Teknis Hasil HOQ

●	Kuat	9
◎	Sedang	3
△	Lemah	1

3.3 Penyusunan *House of Quality* (HoQ)

Tahapan selanjutnya setelah identifikasi *Voice of Customer* (VoC) adalah penyusunan *House of Quality* (HoQ) menggunakan metode *Quality Function Deployment* (QFD). Matriks HoQ digunakan untuk menerjemahkan kebutuhan pelanggan ke dalam karakteristik teknis (*technical requirements*) yang menjadi dasar dalam proses perancangan oven pengering. Melalui matriks ini dapat diketahui hubungan antara kebutuhan pelanggan dengan karakteristik teknis, hubungan antar karakteristik teknis, serta tingkat prioritas masing-masing karakteristik teknis. Hasil penyusunan matriks *House of Quality* pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.

	1. Rentang Suhu	2. Akurasi Suhu	3. Waktu Pengeringan	4. Kapasitas Batch	5. Dimensi Oven	6. Kebutuhan Energi	7. Laju Aliran dan Sirkulasi Udara	8. Material Rak	9. Fitur Keamanan	10. Material Casting	11. Jumlah Rak	12. Sistem Pemanas	13. Sistem pengendali suhu
1. Suhu pengeringan dapat diatur	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
2. Waktu pengeringan lebih cepat (≤ 6 jam)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
3. Distribusi panas merata ke seluruh rak	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
4. Proses tidak bergantung pada cuaca	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
5. Kapasitas min. 5 tampah sekaligus	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
6. Dimensi oven sesuai dengan kebutuhan UMKM	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
7. Dapat menampung 80 kg karak/batch	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
8. Mudah dioperasikan tanpa pelatihan khusus	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
9. Indikator suhu	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
10. Mudah dibersihkan setelah pemakaian	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
11. Konstruksi kuat & tahan lama (min. 5 th)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
12. Material food-grade aman untuk pangan	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

Gambar 3. Matriks *House of Quality* (HoQ) Perancangan Oven Pengeringan

Matriks *House of Quality* (HoQ) kemudian disusun untuk menerjemahkan *Voice of Customer* (VoC) ke dalam karakteristik teknis yang menjadi dasar perancangan oven pengering. Melalui matriks ini, setiap kebutuhan pelanggan dihubungkan dengan karakteristik teknis menggunakan tingkat hubungan kuat, sedang, dan lemah yang masing-masing diberi bobot 9, 3, dan 1. Pendekatan tersebut memungkinkan proses perancangan dilakukan secara sistematis karena setiap keputusan teknis didasarkan pada tingkat kontribusi dalam memenuhi kebutuhan pengguna.

Berdasarkan matriks *House of Quality* (HoQ) pada gambar 3, diperoleh karakteristik teknis (*technical requirements*) yang menjadi dasar pengembangan rancangan oven pengering, yaitu rentang suhu, akurasi suhu, waktu pengeringan, kapasitas batch, dimensi

oven, kebutuhan energi operasional, laju dan sirkulasi udara, material rak, fitur keamanan operasional, sistem insulasi, jumlah rak, sistem pemanas, dan sistem pengendali suhu. Seluruh karakteristik teknis tersebut disusun berdasarkan hasil observasi lapangan, wawancara dengan pengguna, serta studi literatur mengenai sistem pengeringan pangan.

Hubungan antara kebutuhan pelanggan dan karakteristik teknis pada relationship matrix menunjukkan bahwa sebagian besar kebutuhan pelanggan dipenuhi oleh lebih dari satu karakteristik teknis. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa proses perancangan oven tidak dapat dilakukan hanya dengan mengoptimalkan satu parameter teknis, tetapi memerlukan kombinasi beberapa karakteristik yang saling mendukung. Sebagai contoh, kebutuhan pelanggan terhadap kemampuan mengatur suhu pengeringan dipenuhi melalui kombinasi rentang suhu, akurasi suhu, sistem pemanas, serta sistem pengendali suhu yang bekerja secara terpadu untuk menghasilkan temperatur yang stabil selama proses pengeringan. Demikian pula, kebutuhan terhadap distribusi panas yang merata dipengaruhi oleh laju dan sirkulasi udara, sistem pemanas, serta jumlah rak sehingga udara panas dapat terdistribusi secara merata ke seluruh ruang oven. Oleh karena itu, setiap karakteristik teknis dalam *House of Quality* (HoQ) saling melengkapi untuk memenuhi kebutuhan pelanggan secara optimal.

Selain menunjukkan hubungan antara kebutuhan pelanggan dan karakteristik teknis, bagian atas HoQ (*correlation matrix*) menggambarkan hubungan antar karakteristik teknis yang dapat saling mendukung maupun saling memengaruhi dalam proses perancangan. Analisis tersebut membantu memastikan bahwa setiap keputusan desain tidak hanya mampu memenuhi kebutuhan pelanggan, tetapi juga tetap mempertimbangkan keterkaitan antarparameter teknis sehingga rancangan oven yang dihasilkan menjadi lebih optimal.

Kemudian, hasil pembobotan pada matriks HoQ digunakan untuk menentukan tingkat prioritas masing-masing karakteristik teknis. Prioritas tersebut menjadi dasar dalam penyusunan spesifikasi rancangan oven pengering yang disajikan pada Tabel 3.

3.4 Prioritas Karakteristik Teknis

Hasil pembobotan pada matriks *House of Quality* (HoQ) menghasilkan urutan prioritas karakteristik teknis (*technical requirements*) yang menjadi dasar dalam proses perancangan oven pengering. Nilai prioritas tersebut menunjukkan tingkat kontribusi masing-masing karakteristik teknis dalam memenuhi kebutuhan pelanggan yang telah

diidentifikasi melalui *Voice of Customer* (VoC). Karakteristik teknis dengan bobot yang lebih tinggi menjadi fokus utama dalam penyusunan spesifikasi oven karena memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap peningkatan performa proses pengeringan. Hasil pembobotan karakteristik teknis pada penelitian ini disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Prioritas Karakteristik Teknis Hasil HOQ

Rank	Karakteristik Teknis	Bobot (%)
1	Sistem pengendali suhu (CT-13)	13,99
2	Fitur keamanan operasional (CT-09)	11,28
3	Sistem pemanas (CT-12)	10,84
4	Rentang suhu (CT-01)	9,19
5	Jumlah rak (CT-11)	9,01
6	Waktu pengeringan (CT-03)	8,80
7	Material rak (CT-08)	8,22
8	Akurasi suhu (CT-02)	6,53
9	Dimensi oven (CT-05)	6,09
10	Kapasitas batch (CT-04)	5,43
11	Sistem insulasi (CT-10)	5,38
12	Laju & sirkulasi udara (CT-07)	4,26
13	Kebutuhan energi operasional (CT-06)	0,97

Tabel 3 menunjukkan sistem pengendali suhu memperoleh bobot normalisasi tertinggi (13,99%) sehingga menjadi prioritas utama, diikuti fitur keamanan operasional (11,28%) dan sistem pemanas (10,84%). Hal ini menunjukkan kemampuan oven menjaga kestabilan suhu menjadi faktor paling menentukan dalam memenuhi kebutuhan pengguna. Sebagian besar kebutuhan pelanggan memiliki hubungan kuat dengan lebih dari satu karakteristik teknis, misalnya kestabilan suhu pengeringan dipengaruhi oleh sistem pemanas, sistem pengendali suhu, dan sirkulasi udara secara bersamaan [25].

Hasil pembobotan tersebut menunjukkan bahwa karakteristik teknis dengan nilai prioritas tinggi merupakan parameter yang memiliki pengaruh paling besar terhadap pemenuhan kebutuhan pelanggan. Sistem pengendali suhu menempati prioritas utama karena berperan dalam menjaga kestabilan temperatur selama proses pengeringan. Suhu yang stabil memungkinkan kadar air produk menurun secara lebih merata sehingga

kualitas karak yang dihasilkan menjadi lebih konsisten. Selain itu, kemampuan mengendalikan suhu juga mendukung kebutuhan pelanggan terhadap proses pengeringan yang tidak bergantung pada kondisi cuaca serta mampu mempercepat waktu pengeringan dibandingkan dengan metode konvensional.

Karakteristik teknis fitur keamanan operasional memperoleh prioritas kedua karena oven menggunakan sistem pemanas berbahan bakar LPG yang memerlukan perlindungan terhadap potensi kebocoran gas maupun peningkatan tekanan di dalam ruang pengering. Oleh sebab itu, rancangan dilengkapi katup pengaman dan ventilasi udara sebagai upaya meningkatkan keselamatan operator selama proses produksi berlangsung.

Sementara, sistem pemanas menjadi prioritas ketiga karena menentukan kemampuan oven dalam mencapai dan mempertahankan suhu kerja sesuai kebutuhan proses pengeringan. Ketiga karakteristik teknis tersebut saling mendukung dalam menghasilkan proses pengeringan yang lebih cepat, stabil, dan aman sehingga menjadi fokus utama pada tahap penyusunan spesifikasi oven.

Prioritas karakteristik teknis diterjemahkan menjadi rekomendasi spesifikasi teknis oven pengering (Tabel 3). Hasil perancangan berupa *gas dryer* berbahan bakar LPG dengan sistem *forced convection*. Sistem pemanas menggunakan enam *infrared ceramic burner* LPG yang menghasilkan panas lebih merata dan efisien, mendukung pencapaian rentang suhu 60–80°C sesuai kebutuhan pengeringan karak. Distribusi panas didukung *duct inline fan*, *axial fan*, dan *exhaust vent* untuk menyeragamkan suhu antar-rak. Bagian yang bersentuhan langsung dengan produk menggunakan *stainless steel* SUS 304 yang *food-grade*, sedangkan rangka dan *casing* menggunakan baja galvanis sebagai alternatif ekonomis. Hasil pemodelan tiga dimensi menggunakan *SolidWorks* ditunjukkan pada Gambar 3.

Untuk mempermudah proses interpretasi, karakteristik teknis pada penelitian ini dapat dikelompokkan menjadi empat kelompok utama, yaitu karakteristik pengendalian termal, karakteristik kapasitas produksi, karakteristik material dan konstruksi, serta karakteristik operasional. Kelompok pengendalian termal meliputi rentang suhu, akurasi suhu, waktu pengeringan, sistem pemanas, dan sistem pengendali suhu yang secara langsung memengaruhi performa proses pengeringan. Kelompok ini memperoleh bobot prioritas terbesar karena berhubungan dengan sebagian besar kebutuhan pelanggan yang berkaitan dengan kualitas hasil pengeringan.

Kelompok kapasitas produk terdiri atas kapasitas batch, dimensi oven, dan jumlah rak. Karakteristik tersebut berperan dalam meningkatkan kemampuan produksi tanpa mengubah alur kerja yang telah diterapkan oleh UMKM. Sementara itu, kelompok material dan konstruksi mencakup material rak, material casing, serta konstruksi oven yang berfungsi menjaga keamanan pangan, kekuatan struktur, dan umur pakai alat. Adapun kelompok operasional terdiri atas kebutuhan energi, laju dan sirkulasi udara, serta fitur keamanan yang berpengaruh terhadap kemudahan penggunaan dan efisiensi operasional oven.

Pengelompokan karakteristik teknis tersebut menunjukkan bahwa rancangan oven tidak hanya berfokus pada peningkatan kemampuan pengeringan, tetapi juga mempertimbangkan aspek produktivitas, keamanan pangan, keselamatan kerja, dan keberlanjutan penggunaan alat. Dengan demikian, seluruh karakteristik teknis yang dihasilkan melalui *House of Quality* saling melengkapi dalam mendukung rancangan oven yang sesuai dengan kebutuhan UMKM Sari Karak Solo.

Karakteristik teknis yang telah diprioritaskan melalui *House of Quality* (HoQ) selanjutnya diterjemahkan ke dalam spesifikasi rancangan oven pengering. Hasil prioritas karakteristik teknis dari QFD menjadi dasar dalam penetapan spesifikasi dan pengembangan rancangan produk, sehingga kebutuhan pengguna yang telah diterjemahkan melalui HoQ dapat diwujudkan dalam bentuk rancangan yang lebih terarah[26]. Setiap spesifikasi dipilih untuk memenuhi kebutuhan pengguna yang telah diidentifikasi melalui *Voice of Customer (VoC)*, sehingga rancangan yang dihasilkan memiliki keterkaitan yang jelas antara kebutuhan pelanggan dan implementasi teknis. Implementasi masing-masing karakteristik teknis dijelaskan melalui pemilihan komponen utama oven sebagai berikut.

Pemilihan enam *infrared ceramic burner* berbahan bakar LPG dilakukan untuk memenuhi karakteristik teknis sistem pemanas dan kemampuan pengaturan suhu. Kombinasi tersebut memungkinkan oven mencapai suhu operasi 60–80°C secara lebih cepat sekaligus menjaga kestabilan temperatur selama proses pengeringan berlangsung. Dengan demikian, kebutuhan pelanggan terhadap proses pengeringan yang lebih cepat dan tidak bergantung pada kondisi cuaca dapat dipenuhi melalui pemilihan sistem pemanas tersebut.

Selain sistem pemanas, rancangan oven menggunakan sistem *forced convection*

yang terdiri atas *duct inline fan*, *axial fan*, dan *exhaust vent*. Sistem tersebut berfungsi mengalirkan udara panas secara merata ke seluruh ruang pengering sehingga temperatur pada setiap rak relatif seragam. Pemilihan sistem ini merupakan implementasi dari kebutuhan pelanggan terhadap distribusi panas yang merata pada seluruh rak pengering.

Pada aspek material, penggunaan *stainless steel* SUS 304 pada rak dipilih karena memiliki ketahanan korosi yang baik, mudah dibersihkan, serta memenuhi persyaratan *food-grade* untuk kontak langsung dengan produk pangan. Sementara itu, rangka dan casing menggunakan baja galvanis sebagai alternatif yang lebih ekonomis tanpa mengurangi kekuatan konstruksi oven. Kombinasi material tersebut diharapkan mampu meningkatkan umur pakai alat sekaligus menjaga keamanan produk yang dihasilkan.

Tabel 4. Rekomendasi Spesifikasi Teknis Oven Pengering

Parameter Teknis	Spesifikasi Rekomendasi	Rank
Sistem pengendali suhu	Thermometer analog bimetal + regulator gas	1
Fitur keamanan	Katup pengaman gas + ventilasi darurat	2
Sistem pemanas	6 <i>infrared ceramic burner</i> LPG	3
Rentang suhu	60–80°C	4
Jumlah rak	14 rak (jarak ± 10 –15 cm)	5
Waktu pengeringan	4–6 jam/batch	6
Material rak	<i>Stainless steel</i> SUS 304	7
Akurasi suhu	± 2 –5°C	8
Dimensi ruang	P 215×L 341×T 235 cm	9
Kapasitas batch	150 loyang / 50 kg (Kering)	10
Material casing	Plat baja galvanis 0,8 mm	11
Sirkulasi udara	<i>Forced convection</i> + <i>exhaust vent</i>	12
Energi operasional	LPG 3 kg + listrik ± 600 W	13

Spesifikasi yang dipilih pada tabel 4 menunjukkan bahwa setiap keputusan desain merupakan implementasi langsung dari karakteristik teknis prioritas hasil *House of Quality* (HoQ). Sebagai contoh, kebutuhan pelanggan terhadap distribusi panas yang merata diterjemahkan ke dalam karakteristik teknis laju dan sirkulasi udara, kemudian diwujudkan melalui penerapan sistem *forced convection*. Demikian pula kebutuhan

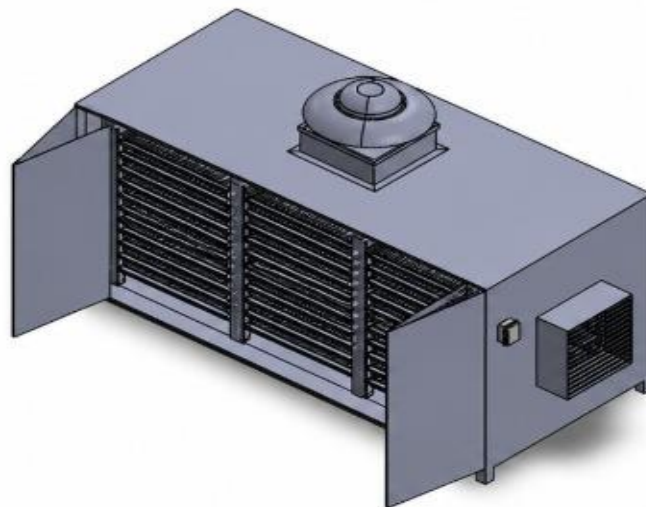
terhadap keamanan pangan diwujudkan melalui penggunaan material *stainless steel* SUS 304 pada bagian yang bersentuhan langsung dengan produk. Dengan demikian, seluruh spesifikasi oven yang diusulkan memiliki keterkaitan yang jelas dengan kebutuhan pengguna yang telah diidentifikasi pada tahap *Voice of Customer* (VoC).

Biaya operasional oven dihitung berdasarkan kebutuhan energi selama proses pengeringan, yaitu penggunaan LPG dan listrik. Oven menggunakan LPG sebesar 3 kg per batch dan daya listrik ± 600 W dengan waktu pengeringan 4–6 jam per *batch*. Dengan asumsi harga LPG 3 kg sebesar Rp18.000 per tabung dan tarif listrik sebesar Rp1.444,70/kWh, konsumsi listrik selama proses pengeringan sebesar 2,4–3,6 kWh per batch. Dengan demikian, biaya listrik sebesar Rp3.467–Rp5.201 per batch dan biaya LPG sebesar Rp18.000 per batch, sehingga total biaya operasional energi oven sebesar Rp21.467–Rp23.201 per *batch*.

Tabel 5. Estimasi Biaya Operasional Energi Oven

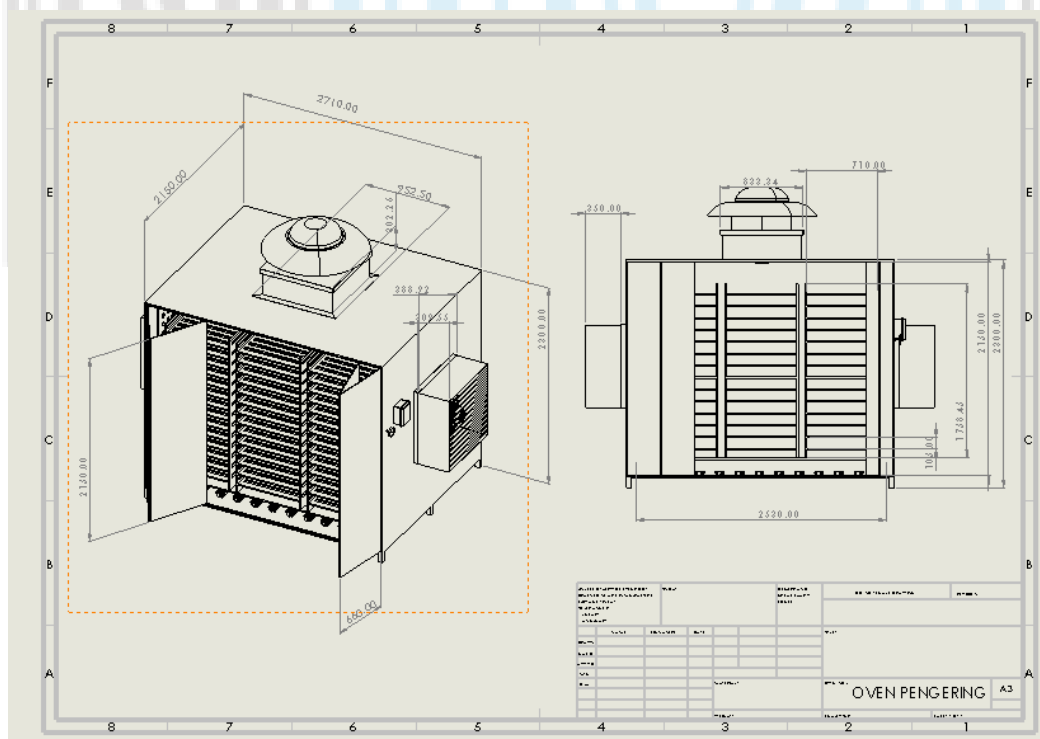
Komponen	Spesifikasi	Konsumsi per <i>Batch</i>	Biaya per <i>Batch</i>
LPG	LPG 3 kg	3 kg	Rp18.000
Listrik	600 W	2,4–3,6 kWh	Rp3.467–Rp5.201
Total			Rp21.467–Rp23.201

Berdasarkan Tabel 5, biaya operasional energi oven berada pada kisaran Rp 21.467 – Rp23.201 per *batch* dengan waktu pengeringan 4-6 jam. Dengan kapasitas 50 kg produk kering per *batch*, biaya energi operasional tersebut setara dengan sekitar Rp429 – Rp464 per kg produk kering. Hasil tersebut memberikan estimasi biaya energi operasional oven sebesar Rp21.467–Rp23.201 per batch atau sekitar Rp429–Rp464 per kg produk kering.



Gambar 4. Hasil Rancangan Oven Pengering (Tampak Isometri)

Hasil pemodelan tiga dimensi menggunakan SolidWorks ditunjukkan pada Gambar 4. Untuk memperjelas dimensi dan susunan hasil rancangan, desain tiga dimensi tersebut kemudian dituangkan dalam gambar teknis dua dimensi yang menampilkan ukuran utama oven pengering Gambar 5. Gambar teknis 2D oven pengering karak



Gambar 5. Hasil Rancangan Oven Pengering (Tampak Isometri)

Gambar 5 Menunjukkan dimensi dan konfigurasi utama oven pengering yang meliputi ruang pengering, susunan rak, sistem pemanas, serta komponen pendukung sirkulasi udara. Gambar teknis ini menjadi acuan dalam memastikan kesesuaian dimensi

rancangan dengan spesifikasi teknis yang telah ditetapkan melalui QFD.

3.5 Benchmarking

Evaluasi rancangan dilakukan melalui *benchmarking* terhadap tiga produk oven pengering gas komersial menggunakan pembobotan karakteristik teknis hasil HoQ. Hasil penilaian kesesuaian terhadap kebutuhan UMKM disajikan pada Tabel 5.

Sebelum dilakukan *benchmarking*, hubungan antar karakteristik teknis telah dianalisis melalui *correlation matrix* pada *House of Quality (HoQ)*. Hasil analisis menunjukkan bahwa karakteristik teknis utama, seperti sistem pemanas, sistem pengendali suhu, dan rentang suhu, memiliki hubungan yang saling mendukung dalam meningkatkan performa proses pengeringan. Oleh karena itu, hasil benchmarking disusun berdasarkan karakteristik teknis prioritas dengan tetap mempertimbangkan keterkaitan antarparameter teknis sehingga rancangan oven yang diusulkan dapat memenuhi kebutuhan UMKM secara optimal.

Tabel 6. Penilaian Kesesuaian Benchmarking Berbasis Bobot HOQ

Kode	Karakteristik Teknis	Bobot(%)	Rancangan	Agrowindo AGR-OVG 20	Raja Pengeri ng (Gas, Stainless, 16 rak)	ASTRO FOOD DEHYDRATOR ST-00
CT-01	Rentang pengaturan suhu	9,19	5	3	3	3
CT-02	Akurasi kontrol suhu	6,53	4	2	2	2
CT-03	Waktu pengeringan/batch	8,80	5	3	3	3
CT-04	Kapasitas batch	5,43	5	3	3	4
CT-	Dimensi oven	6,09	4	3	3	2

Kode	Karakteristik Teknis	Bobot(%)	Rancangan	Agrowindo AGR-OVG 20	Raja Pengeri ng (Gas, Stainless, 16 rak)	ASTRO FOOD DEHYDRATOR ST-00
05						
CT-06	Kebutuhan energi	0,97	5	5	5	4
CT-07	operasional Laju & sirkulasi udara	4,26	4	3	3	3
CT-08	Material rak	8,22	5	2	5	2
CT-09	Fitur keamanan operasional	11,28	5	2	2	2
CT-10	Material casing	5,38	5	3	4	3
CT-11	Jumlah rak	9,01	5	4	4	3
CT-12	Sistem pemanas	10,84	5	5	5	4
CT-13	Sistem pengendali suhu	13,99	4	2	2	2
	Skor akhir (rata-rata terbobot)		4,69	2,93	3,23	2,71
	Peringkat		1	3	2	4

Berdasarkan Tabel 6, oven rancangan memperoleh skor kesesuaian tertinggi (4,69)

dan menempati peringkat pertama, diikuti Kompetitor B (3,23), Kompetitor A (2,93), dan Kompetitor C (2,71). Keunggulan tersebut didukung penerapan spesifikasi yang sesuai kebutuhan pengguna, terutama pada sistem pengendali suhu, fitur keamanan, dan material *food-grade*. Dengan demikian, penerapan metode QFD mampu menghasilkan rancangan secara sistematis karena setiap keputusan teknis berasal dari kebutuhan pengguna yang telah diolah secara kuantitatif melalui HoQ, bukan sekadar asumsi peneliti. Oleh karena itu, rancangan oven yang diusulkan dinilai layak diterapkan sebagai alternatif proses pengeringan pada UMKM Sari Karak Solo.

Hasil *benchmarking* menunjukkan bahwa keunggulan rancangan oven merupakan hasil dari kombinasi karakteristik teknis yang diprioritaskan melalui HoQ, bukan hanya karena satu komponen tertentu. Karakteristik dengan bobot prioritas tinggi, seperti sistem pengendali suhu, fitur keamanan operasional, sistem pemanas, rentang pengaturan suhu dan jumlah rak memberikan kontribusi terbesar terhadap skor akhir karena secara langsung memenuhi kebutuhan pengguna yang memiliki tingkat kepentingan paling tinggi. Sementara itu, karakteristik dengan bobot lebih rendah, seperti kebutuhan energi operasional, tetap dipertimbangkan agar rancangan oven memiliki keseimbangan antara performa, efisiensi, dan kemudahan penerapan pada skala UMKM.

Secara keseluruhan, hasil *benchmarking* memperkuat bahwa penerapan metode QFD mampu menghasilkan rancangan oven yang lebih sesuai dengan kebutuhan operasional UMKM dibandingkan produk pembanding. Seluruh keputusan desain disusun berdasarkan hubungan antara *Voice of Customer* (VoC), karakteristik teknis, dan hasil pembobotan *House of Quality* (HoQ), sehingga rancangan yang dihasilkan tidak hanya memiliki nilai *benchmarking* tertinggi, tetapi juga didukung oleh dasar pengambilan keputusan yang sistematis. Penelitian selanjutnya dapat difokuskan pada pembuatan prototipe serta pengujian performa oven, khususnya distribusi suhu, konsumsi energi, dan kualitas hasil pengeringan sebagai tahap validasi terhadap rancangan yang telah diusulkan.

4. PENUTUP

Kondisi pengeringan karak pada UMKM Sari Karak Solo masih dilakukan secara konvensional dengan sinar matahari sehingga sangat bergantung pada cuaca; pengeringan memerlukan 8–12 jam pada cuaca cerah dan meningkat hingga beberapa hari saat mendung atau hujan. Melalui identifikasi *Voice of Customer* diperoleh 12 atribut kebutuhan yang diterjemahkan menjadi 13 karakteristik teknis menggunakan metode

QFD. Hasil pembobotan HOQ menunjukkan sistem pengendali suhu (13,99%), fitur keamanan operasional (11,28%), dan sistem pemanas (10,84%) sebagai prioritas tertinggi. Rancangan yang dihasilkan berupa oven tipe *gas dryer* dengan sistem *forced convection* berkapasitas 150 loyang (± 50 kg kering) per siklus, waktu pengeringan 4–6 jam pada suhu 60–80°C, dan memperoleh skor benchmarking tertinggi (4,69) sehingga dinilai paling sesuai dengan kebutuhan operasional UMKM.

Penelitian ini masih terbatas pada tahap desain konseptual dan belum mencakup pembuatan prototipe maupun pengujian performa. Penelitian lanjutan disarankan melakukan fabrikasi prototipe dan pengujian kinerja (distribusi suhu, waktu pengeringan aktual, konsumsi LPG, dan kualitas produk), pengembangan sistem pengendali suhu otomatis berbasis *microcontroller*, serta analisis kelayakan ekonomi secara komprehensif meliputi biaya investasi, biaya operasional, dan *payback period*.

DAFTAR PUSTAKA

- D. Kurniadi, S. Yondri, and R. Heriyanto, "Optimasi Pengeringan Bahan Kerupuk Dengan Menggunakan Oven Berbahan Bakar GAS," *J. Abdimas Pengabd. dan Pengemb. Masy.*, 2021, doi: <https://doi.org/10.30630/jppm.v3i2.608>.
- D. Satrio and W. A. Sunarjo, "ANALISIS MUTU PRODUK UMKM MELALUI PENERAPAN GOOD MANUFACTURING PRACTICE," *Deriv. J. Manaj.*, vol. 17, no. 2, 2023, doi: <https://doi.org/10.24127/jm.v17i2.1854>.
- K. Ayobami, J. Norhashila, R. Shamsudin, H. Che, M. Jahari, and D. I. Onwude, "Recent Advances in the Drying Process of Grains," *Food Eng. Rev.*, pp. 548–576, 2023, doi: 10.1007/s12393-023-09333-7.
- R. B. Hapsari, Supriyanto, and P. Triwitono, "KARAKTERISTIK FISIK, KIMIA, DAN DAYA TERIMAKERUPUK KARAK DENGAN PENAMBAHAN TEPUNG BERAS DAN TEPUNG TAPIOKA SERTA PERBEDAAN METODE PEMASAK," *Pro Food (Jurnal Ilmu dan Teknol. Pangan)*, 2024, doi: <https://doi.org/10.29303/profood.v10i2.364>.
- C. Phusampao, "MOISTURE SORPTION ISOTHERMS AND THIN-LAYER DRYING OF RICE CRACKERS," *Life Sci. Environ. J.*, vol. 25, no. September, pp. 292–303, 2024, doi: <https://doi.org/10.14456/lsej.2024.23>.
- M. A. Ridhatullah and R. Hasibuan, "Pengaruh Ketebalan Bahan dan Jumlah Desikan terhadap Laju Pengeringan Jahe (*Zingiber officinale* Roscoe) pada Pengering Kombinasi Surya dan Desikan," *J. Tek. Kim. USU*, vol. 08, no. 2, pp. 61–66, 2019, doi: <https://doi.org/10.32734/jtk.v8i2.1882>.
- I. H. Mondal, L. Rangan, and R. V. S. Uppaluri, "Helicon Effect of oven and intermittent air flow assisted tray drying methods on nutritional parameters of few leafy and non-leafy vegetables of North-East India," *Helicon*, vol. 5, no. 11, p. e02934, 2019, doi: 10.1016/j.helicon.2019.e02934.
- R. F. Sobirin, Z. S. Islami, T. Wibowo, and K. Kunci, "Rancang Bangun Oven Pengering Komposit Serat Alam Menggunakan Pemanas Listrik," *Ind. Res. Work. Natl. Semin.*, no. 2021, pp. 289–295, 2025, doi: <https://doi.org/10.35313/irwns.v16i1.6672>.

- Y. Yan, T. Ding, J. Wang, X. Chen, and J. Xu, "Research Progress Regarding Heat and Mass Transfer Characteristics of Agricultural Products Under Different Drying Methods , and Associated Applications : A Review," *Res. Prog. Regarding Heat Mass Transf. Charact. Agric. Prod. Under Differ. Dry. Methods, Assoc. Appl.*, pp. 1–30, 2026, doi: <https://doi.org/10.3390/foods15142530>.
- E. Rusliana and M. Saleh, "Model Hubungan Antara Pengeringan Oven Terhadap Nilai Kapasitansi , Kadar Air , dan Rendemen Biji Pala (*Myristica Fragrans* Houtt)," *Ind. Res. Work. Natl. Semin.*, pp. 13–14, 2022, doi: <https://doi.org/10.35313/irwns.v13i01.4339>.
- M. Ali, F. Niazi, M. A. Siddiqui, and M. Saleem, "Comparative Study on Oven and Solar Drying of Agricultural Residues and Food Crops.," *Int. Renew. Energy Dev.*, 2022, doi: <https://doi.org/10.14710/ijred.2022.45180>.
- F. Nugroho, A. K. Al Ghofari, and M. Anis, "PERANCANGAN SISTEM INFORMASI AKADEMIK JURUSAN TEKNIK INDUSTRI FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA BERBASIS WEB," 2014.
- A. P. Farahdiansari, "Rancang Bangun Oven Pengering Buah Salak dengan Metode QFD (Quality Function Deployment) dan Pertimbangan Aspek Ergonomis Pengguna," *JUTIN J. Tek. Ind. Terintegrasi*, 2023, doi: DOI: 10.31004/jutin.v6i4.20697.
- O. A. Shvetsova, S. C. Park, and J. H. Lee, "applied sciences Application of Quality Function Deployment for Product Design Concept Selection," no. 2013, 2021, doi: <https://doi.org/10.3390/app11062681>.
- F. N. Falah, G. P. Adi, C. Saraswati, and H. Prasetyo, "The Urban Car Body Design for ‘ Energy Efficient Car Contest 2019 ’ using Quality Function Deployment," *J. Tek. Ind.*, vol. 22, no. 2, pp. 143–149, 2020, doi: 10.9744/jti.22.2.143-150.
- D. Agustian, "Studi Penerapan Metode Quality Function Deployment (QFD) Terhadap Pengembangan Produk Di Berbagai Bidang.," *J. Apl. Ilmu Tek. Ind.*, 2025, doi: <https://doi.org/10.32585/japti.v6i1.6416>.
- Y. Hwangbo, Y. Yang, M. Kim, and Y. Kim, "sustainability The Effectiveness of Kano-QFD Approach to Enhance Competitiveness of Technology-Based SMEs through Transfer Intention Model," *MDPI Sustain.*, pp. 1–24, 2020, doi: 10.3390/su12197885.
- A. Oktora and U. Amrina, "Application of Quality Function Deployment for the Design & Development of Consumer Cosmetic Packaging Bottle Universitas Mercu Buana," *Int. J. Eng. Res. Adv. Technol.*, no. 2, pp. 10–17, 2023, doi: DOI: 10.31695/IJERAT.2023.9.2.2.
- R. Ginting, A. Ishak, A. F. Malik, and M. R. Satrio, "Product Development with Quality Function Deployment (QFD) : A Literature Review Product Development with Quality Function Deployment (QFD) : A Literature Review," *Mater. Sci. Eng.*, 2022, doi: DOI: 10.1088/1757-899X/1003/1/012022.
- G. P. Liansari, D. Novirani, and R. N. Subagja, "Rancangan Blueprint Alat Cetak Kue Balok yang Ergonomis dengan Metode Ergonomic Function Deployment (EFD)," *J. Rekayasa Sist. Ind.*, pp. 106–117, 2016, doi: <https://doi.org/10.26593/jrsi.v5i2.2212.106-117>.
- B. Simamora, "Skala Likert, Bias Penggunaan dan Jalan Keluarnya," *J. Manaj.*, vol. Vol 12. No, 2022, doi: <https://doi.org/10.46806/jman.v12i1.978>.
- F. Khanipoor, Z. Fereidouni, S. N. Far, and L. Bazrafkan, "Understanding Burnout among Surgical residents : a mixed method study Shiraz University of Medical Sciences," *Sci. Rep.*, pp. 1–13, 2025, doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-87093-6>.

- F. Agusti, R. I. Buwono, damara J. Novianto, and A. T. Wahyono, "Peningkatan Kompetensi Desain Produk melalui Pemanfaatan Aplikasi SolidWorks dan Teknologi 3D-Printing bagi Siswa SMK 5 Surakarta," *I-Com Indones. Community J.*, 2025, doi: <https://doi.org/10.70609/i-com.v5i4.8160>.
- C. Andreade, "The P Value and Statistical Significance: Misunderstandings, Explanations, Challenges, and Alternatives," *Indian J. Psychol. Med. Impact Factor*, pp. 210–215, 2019, doi: 10.4103/IJPSYM.IJPSYM_193_19.
- I. Safri, H. Susiyanto, P. Studi, T. Industri, and F. Teknik, "Menganalisa Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kualitas Pelayanan Menggunakan Quality Function," *J. Ind.*, vol. 13, no. 1, pp. 31–43, 2024, doi: <https://doi.org/10.61488/industrikrisna.v13i1.544>.
- I. Pratiwi, E. Muslimah, and E. Saputro, "Redesign Dashboard dan Layout Kontrol Bus DAMRI AC Berdasarkan Data Anthropometri," *Pros. Semin. Nas. Perkemb. Ris. dan Teknol. di Bid. Ind.*, pp. 978–979, 2012.

