

Rancang Bangun Sistem Pengering Kerupuk Otomatis

1st Ifak Destiarosalina Fittirayini
Department of Computer
Engineering

Telkom University
Surabaya, Indonesia
ifakdesfit@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Dimas Adiputra
Department of Electro
Engineering

Telkom University
Surabaya, Indonesia
dimasze@telkomuniversity.ac.id

3rd Eka Sari Oktarina
Department of Computer
Engineering

Telkom University
Surabaya, Indonesia
ekasario@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Pengeringan kerupuk secara konvensional masih memiliki keterbatasan, antara lain membutuhkan waktu yang relatif lama dan sangat bergantung pada kondisi lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pengering kerupuk puli otomatis berbasis Arduino Uno yang mampu memantau dan mengendalikan proses pengeringan secara lebih terkontrol. Sistem menggunakan sensor berat (load cell), sensor suhu, dan sensor kelembapan untuk memantau perubahan kondisi kerupuk selama proses pengeringan. Data hasil pengukuran tersebut diproses menggunakan metode K-Nearest Neighbor (KNN) untuk mengklasifikasikan tingkat kekeringan kerupuk ke dalam beberapa kelas, yaitu basah, setengah kering, dan kering. Selain itu, penentuan kondisi kering optimal dilakukan berdasarkan persentase penurunan berat kerupuk yang telah mencapai nilai tertentu dan stabil dalam selang waktu tertentu. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen dengan pendekatan pengujian sistem secara bertahap. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan proses pengeringan secara otomatis dan konsisten, dengan penurunan berat kerupuk sebagai indikator utama tingkat kekeringan. Dengan demikian, sistem pengering kerupuk otomatis ini dapat meningkatkan efisiensi proses pengeringan serta membantu produsen kerupuk rumahan dalam menghasilkan produk dengan kualitas yang lebih seragam.

Kata kunci— *arduino uno, kerupuk puli, sensor kelembapan, sensor suhu, oven pengering, sensor berat, K-Nearest Neighbor (KNN)*

I. PENDAHULUAN

Kerupuk merupakan salah satu produk pangan yang banyak dikonsumsi di Indonesia dan umumnya dibuat dari tepung tapioka, baik dengan maupun tanpa penambahan bahan perasa seperti ikan atau udang [1]. Kualitas kerupuk sangat dipengaruhi oleh proses pengeringan, karena kadar air yang rendah diperlukan untuk menghasilkan tekstur yang renyah dan mutu produk yang stabil. Pada industri kerupuk skala rumahan, seperti di Desa Tajjan, Kecamatan Bluto, proses pengeringan masih dilakukan secara konvensional dengan memanfaatkan sinar matahari. Metode pengeringan konvensional memiliki beberapa keterbatasan, antara lain ketergantungan terhadap kondisi cuaca, waktu pengeringan yang relatif lama, serta potensi penurunan kebersihan

produk akibat proses penjemuran di ruang terbuka. Kondisi cuaca yang tidak menentu, seperti mendung atau hujan, sering menghambat proses pengeringan dan menyebabkan hasil pengeringan tidak merata, sehingga kualitas kerupuk menjadi kurang konsisten [2]. Perkembangan teknologi telah mendorong penerapan sistem pengering otomatis pada berbagai produk pangan untuk meningkatkan efisiensi dan konsistensi hasil pengeringan melalui pengendalian parameter proses secara terukur. Meskipun demikian, penerapan teknologi pengering otomatis pada industri kerupuk skala rumahan masih terbatas dan belum banyak diimplementasikan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem pengering kerupuk otomatis yang dapat meningkatkan efisiensi proses pengeringan, mengurangi ketergantungan terhadap kondisi cuaca, serta menghasilkan kerupuk dengan kualitas yang lebih seragam dan higienis. Perancangan dan pembangunan sistem pengering kerupuk otomatis berbasis mikrokontroler yang mampu bekerja secara mandiri dalam proses pengeringan kerupuk puli. Peningkatan kualitas dan konsistensi hasil pengeringan kerupuk melalui penerapan sistem pengeringan otomatis yang memanfaatkan data berat, suhu, dan kelembapan sebagai dasar pengambilan keputusan. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan membangun alat pengering kerupuk otomatis berbasis Arduino yang mampu mengendalikan proses pengeringan melalui pengoperasian heater dan kipas berdasarkan data suhu, kelembapan, dan berat kerupuk. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk merealisasikan alat pengering kerupuk otomatis yang dapat diterapkan pada usaha kerupuk rumahan di Desa Tajjan, Kecamatan Bluto, sehingga proses pengeringan dapat berlangsung lebih efisien, higienis, dan menghasilkan kualitas kerupuk yang lebih konsisten.

II. KAJIAN TEORI

A. Proses Pengeringan Kerupuk

Pengeringan merupakan proses perpindahan panas dan massa yang menyebabkan air di dalam bahan menguap akibat perbedaan tekanan uap antara permukaan bahan dan udara sekitarnya. Faktor utama yang memengaruhi proses pengeringan meliputi suhu, kelembapan udara, sirkulasi udara, dan waktu pengeringan. Semakin tinggi suhu dan

semakin rendah kelembapan udara, maka laju penguapan air dari kerupuk akan semakin cepat. Selama proses pengeringan berlangsung, pengurangan kadar air menyebabkan terjadinya penurunan berat kerupuk secara bertahap.

B. Sistem Pengereng Otomatis

Sistem pengereng otomatis dirancang untuk mengendalikan parameter pengeringan secara terukur dan konsisten tanpa ketergantungan terhadap kondisi lingkungan luar. Sistem ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu sensor sebagai perangkat masukan, mikrokontroler sebagai pusat pengolahan data, serta aktuator sebagai perangkat keluaran. Penggunaan ruang pengereng tertutup bertujuan untuk menjaga kebersihan produk dan meningkatkan efisiensi proses pengeringan. Mikrokontroler berperan dalam membaca data sensor dan mengendalikan kerja pemanas serta kipas sesuai kondisi pengeringan.

C. Sensor Berat (Loadcell)

Sensor berat yang terhubung dengan modul yaitu XH711. Yang dimana digunakan untuk mengukur berat kerupuk dan mendeteksi keberadaan kerupuk di Loyang. Sensor loadcell menghasilkan sinyal analog yang sangat kecil sehingga diperlukan modul HX711 untuk memperkuat dan mengonversi sinyal tersebut menjadi data digital. Data berat yang diperoleh digunakan sebagai parameter utama dalam menentukan tingkat kekeringan kerupuk selama proses pengeringan berlangsung [3].

D. Sensor DHT22

Digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan di sekitar kerupuk. Sensor DHT ditempatkan di atas kerupuk agar dapat membaca suhu dan kelembapan udara yang paling mendekati kondisi permukaan kerupuk selama proses pengeringan. Meskipun demikian, sensor DHT tetap mengukur parameter lingkungan udara, bukan kadar air kerupuk secara langsung. Data suhu dan kelembapan ini digunakan sebagai indikator pendukung untuk mengevaluasi proses pengeringan, yang kemudian dikombinasikan dengan data perubahan berat dari sensor loadcell untuk menentukan kondisi kerupuk [4].

E. Metode K-Nearest Neighbor (KNN)

Hasil perhitungan jarak digunakan untuk menentukan K data latih terdekat sebagai dasar klasifikasi tingkat kekeringan kerupuk ke dalam tiga kelas, yaitu basah, setengah kering, dan kering. Pendekatan ini memungkinkan sistem pengereng bekerja secara adaptif berdasarkan pola data sensor, sehingga keputusan pengendalian aktuator menjadi lebih akurat dan konsisten dibandingkan metode berbasis ambang batas tetap [5].

III. METODE

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) yang bertujuan untuk merancang, membangun, dan menguji sebuah sistem pengereng kerupuk otomatis berbasis mikrokontroler. Pendekatan ini dipilih karena penelitian tidak hanya berfokus pada analisis, tetapi

juga menghasilkan produk berupa alat yang dapat diuji secara langsung. Tahapan penelitian meliputi studi literatur, perancangan sistem, implementasi perangkat keras dan perangkat lunak, pengujian sistem, serta analisis hasil pengujian.



GAMBAR 3. 1
(Alur Penelitian)

A. Perancangan Sistem Pengereng Kerupuk

Sistem pengereng kerupuk dirancang sebagai sistem tertutup untuk menjaga kebersihan dan kestabilan proses pengeringan. Sistem memanfaatkan data berat, suhu, dan kelembapan sebagai masukan utama dalam menentukan tingkat kekeringan kerupuk. Arduino Uno digunakan sebagai pusat kendali yang mengolah data sensor dan mengendalikan aktuator berupa heater dan kipas.

B. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan alat pengereng kerupuk, menggunakan bahan dari baja stainless hollow sebagai kerangka.

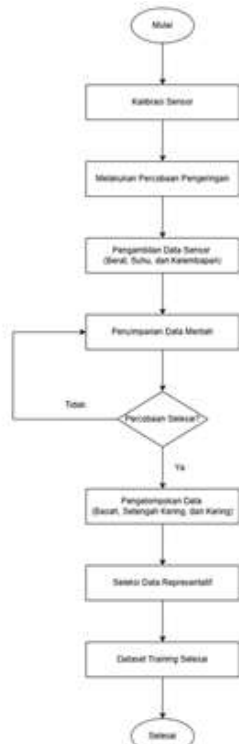


GAMBAR 3. 2
(Desain Pengereng Perangkat Keras Kerupuk Otomatis)

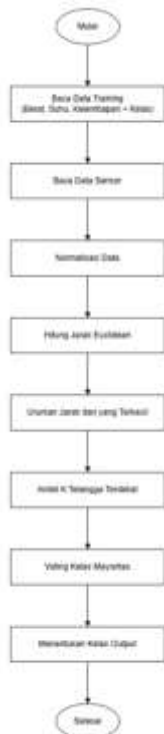
Gambar 3.1 menunjukkan desain fisik lemari pengereng kerupuk yang digunakan sebagai ruang pengeringan tertutup. Lemari ini dirancang untuk menjaga proses pengeringan berlangsung lebih terkontrol dan higienis dibandingkan metode penjemuran konvensional. Pada bagian dalam lemari, terdapat kipas yang dipasang pada masing-masing rak. Kipas ini berfungsi untuk mensirkulasikan udara panas secara merata ke seluruh bagian ruang pengereng sehingga proses pengeringan kerupuk dapat berlangsung lebih seragam. Aliran udara yang ditunjukkan oleh garis pada gambar memperlihatkan arah sirkulasi udara dari kipas menuju area kerupuk. Alat pengereng ini mendukung sistem pengeringan otomatis dengan cara memastikan sirkulasi udara yang baik, penyebaran panas yang merata, dan lingkungan pengeringan yang terkontrol, sehingga sesuai untuk diintegrasikan dengan sistem kendali berbasis mikrokontroler dan metode klasifikasi KNN yang digunakan dalam penelitian.

C. Perancangan Perangkat Lunak

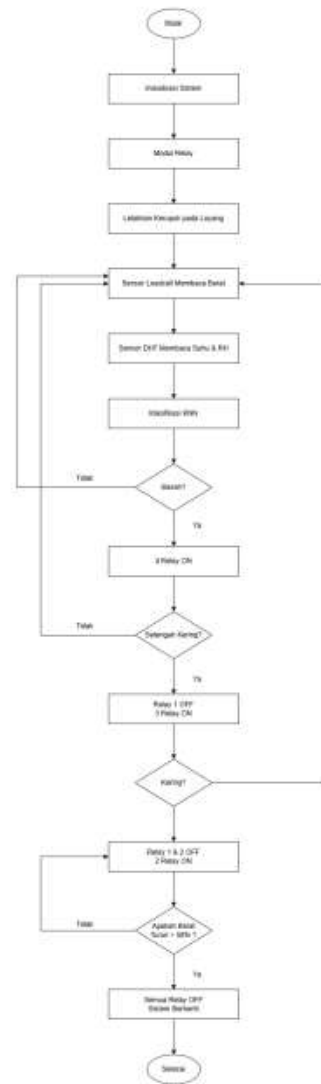
Tahap kedua adalah perancangan dan pembuatan perangkat lunak. Pada tahap ini, fokus utamanya adalah pengembangan program atau software yang akan mengendalikan alat dengan efektif. Langkah-langkah yang dilakukan meliputi pembuatan algoritma, pemrograman, dan pengujian perangkat lunak untuk memastikan kinerja yang optimal.



GAMBAR 3. 3
(Flowchart Training Data)



GAMBAR 3. 4
(Flowchart Proses KNN)



GAMBAR 3. 5
(Flowchart Sistem)

Sistem diawali dengan inisialisasi, kemudian membaca data sensor suhu-kelembapan (DHT22) dan berat kerupuk (load cell). Data tersebut diproses untuk menentukan kondisi pengeringan. Jika kerupuk masih basah atau setengah kering, elemen pemanas dan kipas akan diaktifkan sesuai kebutuhan. Proses pembacaan dan pengendalian dilakukan secara berulang hingga berat dan kondisi kerupuk menunjukkan keadaan kering, kemudian pemanas dan kipas dimatikan dan sistem berhenti.

D. Representasi Data dan Algoritma KNN

Pada penelitian ini, digunakan tiga parameter utama sebagai fitur klasifikasi, yaitu berat kerupuk, suhu ruang pengering, dan kelembapan udara. Ketiga parameter tersebut dipilih karena memiliki hubungan langsung terhadap proses pengurangan kadar air pada kerupuk. Setiap data sensor direpresentasikan dalam bentuk vektor fitur sebagai berikut:

$$X = (w, t, h)$$

Dimana:

w = berat kerupuk (gram)

t = suhu ($^{\circ}\text{C}$)

h = kelembapan (%)

jarak antara data uji dan data *training* dihitung menggunakan *Euclidean Distance*:

$$d_i = \sqrt{(w - w_i)^2 + (t - t_i)^2 + (h - h_i)^2} \quad (3.1)$$

langkah perhitungan jarak Euclidean dalam sistem pengering kerupuk otomatis yaitu, sistem membaca data sensor berupa berat, suhu, dan kelembapan. Data uji direpresentasikan dalam bentuk vector $x = (w, t, h)$. Setiap data training $x_i = (w_i, t_i, h_i)$ dibandingkan dengan data uji. Jarak Euclidean antara data uji dan masing-masing data training dihitung menggunakan persamaan di atas. Hasil perhitungan jarak disimpan dan digunakan untuk proses pemilihan tetangga terdekat pada tahap selanjutnya. Nilai $K = 3$ digunakan untuk menentukan kelas mayoritas dari data latih terdekat, yaitu basah, setengah kering, atau kering. Setelah jarak Euclidean antara data uji dan seluruh data training dihitung, langkah selanjutnya adalah melakukan proses voting kelas. Pada tahap ini, data training diurutkan berdasarkan nilai jarak dari yang terkecil hingga terbesar. Sebanyak K data training dengan jarak terdekat dipilih sebagai tetangga terdekat (nearest neighbors). Kelas hasil klasifikasi ditentukan berdasarkan kelas yang paling sering muncul (mayoritas) di antara tetangga terdekat tersebut. Jika terjadi kondisi jumlah suara yang sama (tie), maka sistem memilih kelas dengan jarak total terkecil untuk memastikan keputusan yang paling mendekati kondisi data uji. Hasil klasifikasi dari algoritma KNN digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam sistem pengering kerupuk otomatis. Setiap kelas hasil klasifikasi dikaitkan dengan kondisi kerja tertentu pada aktuator, yaitu heater dan kipas. Meskipun algoritma KNN digunakan sebagai metode utama dalam mengklasifikasikan tingkat kekeringan kerupuk, nilai threshold berat tetap digunakan sebagai parameter pendukung untuk validasi fisik hasil klasifikasi.

$$KA = \frac{W_{awal} - W_{akhir}}{W_{awal}} \times 100\% \quad (3.2)$$

Dimana KA merupakan kadar air, kemudian W_{awal} berat awal kerupuk sebelum pengeringan (g) dan W_{akhir} = berat kerupuk setelah pengeringan (g). Dalam sistem ini KNN berfungsi sebagai pengambil keputusan berbasis pola data, Threshold berat berfungsi sebagai batas konfirmasi fisik. Dengan kombinasi tersebut, sistem tidak hanya bergantung pada satu parameter saja, tetapi menggabungkan pendekatan berbasis data dan kondisi fisik nyata.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Menyajikan hasil pengumpulan dan pengolahan data yang dilakukan untuk mendukung analisis kinerja alat Pengering Kerupuk Otomatis Berbasis Arduino menggunakan metode K-Nearest Neighbor (KNN). Data yang dikumpulkan meliputi suhu, kelembapan, dan berat kerupuk yang dicatat secara berkala selama proses pengeringan. Pengumpulan data dilakukan menggunakan sistem pengukuran otomatis sebagai sumber data utama. Data sensor tersebut selanjutnya digunakan sebagai data latih dan data uji dalam metode KNN untuk mengklasifikasikan kondisi tingkat kekeringan kerupuk.

A. Data Training

Tabel 4.1 menunjukkan data training tingkat kekeringan kerupuk yang digunakan dalam penelitian ini. Data tersebut berisi kombinasi nilai berat, suhu, dan kelembapan yang direkam pada setiap interval waktu pengeringan, yang merepresentasikan perubahan tingkat kekeringan kerupuk dari kondisi basah, setengah kering, hingga kering, serta digunakan sebagai acuan dalam proses klasifikasi. menggunakan algoritma K-Nearest Neighbors (KNN).

Tabel 4. 1
(Data Training Tingkat Kekeringan Kerupuk)

No	Berat(g)	RH(%)	Suhu(°C)	Kelas
1.	298.1	88.3%	33.4	0 Menit
2.	263.1	88.0%	33.9	30 Menit
3.	227.7	81.5%	34.5	60 Menit
4.	214.9	75.4%	35.6	90 Menit
5.	201.2	75.5%	35.4	120 Menit
6.	190.0	70.2%	35.8	150 Menit
7.	180.6	70.2%	36.2	180 Menit
8.	170.3	68.3%	36.9	210 Menit
9.	153.1	67.2%	37.6	240 Menit
10.	139.7	62.2%	37.6	270 Menit
11.	121.4	62.2%	37.6	300 Menit

Dengan adanya data training tersebut, algoritma K-Nearest Neighbors (KNN) mampu menentukan kelas data uji dengan cara mencari sejumlah data training terdekat. Kelas tingkat kekeringan kerupuk kemudian ditetapkan berdasarkan mayoritas kelas dari data terdekat tersebut, sehingga proses klasifikasi dapat dilakukan secara sederhana namun tetap menggambarkan kondisi kerupuk yang sebenarnya.

B. Data Klasifikasi KNN Berdasarkan Parameter Berat dan Suhu

Tabel 4.1 menyajikan data hasil klasifikasi tingkat kekeringan kerupuk menggunakan metode K-Nearest Neighbor (KNN) berdasarkan parameter berat dan suhu. Data ini diperoleh dari proses pengujian sistem pengering kerupuk otomatis selama proses pengeringan berlangsung.

Tabel 4. 2
(Hasil Klasifikasi Tingkat Kekeringan Kerupuk)

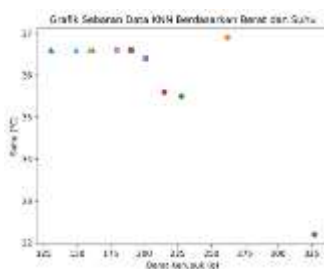
No	Berat (g)	Suhu (°C)	RH (%)	Kelas
1.	327.1	32.2	86.5	Basah
2.	262.0	36.9	80.6	Basah
3.	227.7	35.5	78.5	Basah
4.	214.9	35.6	73.4	Basah
5.	201.2	36.4	67.5	Setengah Kering
6.	190.0	36.6	62.6	Setengah Kering
7.	179.5	36.6	62.6	Setengah Kering
8.	161.3	36.6	62.6	Kering
9.	158.9	36.6	62.6	Kering
10.	149.1	36.6	62.6	Kering
11.	130.4	36.6	62.6	Kering Optimal

Tabel 4.2 menyajikan data hasil pengujian yang diperoleh dari pembacaan sensor load cell, suhu, dan kelembapan relatif (RH) selama proses pengeringan kerupuk berlangsung. Data dicatat secara bertahap untuk menggambarkan perubahan kondisi kerupuk seiring dengan berjalannya waktu pengeringan. Berdasarkan tabel tersebut, terlihat bahwa nilai berat kerupuk mengalami penurunan secara bertahap, dari 327,1 g pada data awal hingga mencapai 130,4 g pada data terakhir. Penurunan berat ini menunjukkan berkurangnya kandungan air pada kerupuk akibat proses pengeringan yang berlangsung secara kontinu. Sementara itu, nilai suhu cenderung berada pada rentang yang relatif stabil, yaitu sekitar 32,2 °C hingga 36,6 °C. Hal ini menunjukkan bahwa sistem pengering mampu menjaga suhu kerja dalam batas yang telah ditentukan, sehingga proses pengeringan berlangsung secara terkendali. Nilai suhu yang stabil juga mendukung konsistensi hasil pengeringan. Nilai kelembapan relatif (RH) menunjukkan tren penurunan dari 86,5% pada kondisi awal hingga 62,6% pada tahap akhir pengeringan. Penurunan nilai RH ini mengindikasikan bahwa lingkungan di dalam ruang pengering menjadi semakin kering seiring dengan berkurangnya kadar air pada kerupuk. Hasil klasifikasi pada Tabel 4.1 menunjukkan bahwa metode KNN mampu mengelompokkan tingkat kekeringan kerupuk secara konsisten dan logis sesuai dengan karakteristik perubahan berat dan kelembapan selama proses pengeringan. Hasil klasifikasi ini digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan pada sistem pengering kerupuk otomatis, seperti pengaturan kerja heater dan kipas, serta penentuan kondisi penghentian proses pengeringan.

C. Hasil Klasifikasi Tingkat Kekeringan Kerupuk

Hasil utama dari sistem pengering kerupuk otomatis adalah klasifikasi tingkat kekeringan kerupuk ke dalam tiga kelas, yaitu basah, setengah kering, dan kering. Klasifikasi dilakukan menggunakan metode K-Nearest Neighbor (KNN) dengan memanfaatkan parameter berat sebagai indikator utama serta suhu dan kelembapan sebagai parameter pendukung. Selama proses pengeringan berlangsung, sistem secara berkala melakukan pembacaan data sensor dan mengklasifikasikan kondisi kerupuk berdasarkan kedekatan data uji dengan data latih yang telah ditentukan. Ketika berat kerupuk telah mencapai kondisi stabil dan mendekati threshold yang ditentukan, sistem mengklasifikasikan kerupuk sebagai kering dan menghentikan proses pengeringan secara otomatis.

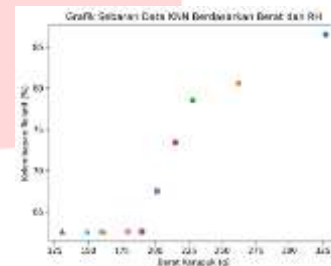
D. Visualisasi Sebaran Data Hasil Klasifikasi KNN



GAMBAR 4. 1

(Grafik Sebaran Data KNN Berdasarkan Berat dan Suhu)

Gambar 4.1 menunjukkan grafik sebaran KNN berdasarkan parameter berat dan suhu, di mana pemisahan kelas Basah, Setengah Kering, dan Kering tidak terlihat secara tegas. Hal ini disebabkan oleh nilai suhu yang relatif konstan selama proses pengeringan, yaitu berada pada kisaran 35,5 °C–36,6 °C, sehingga tidak memberikan perbedaan yang signifikan antar kelas. Akibatnya, pemisahan kelas lebih dipengaruhi oleh parameter berat, sementara suhu berperan sebagai parameter pendukung dalam menjaga kestabilan lingkungan pengering dan bukan sebagai pembeda utama dalam klasifikasi KNN. Gambar 4.2 menunjukkan grafik sebaran data hasil klasifikasi K-Nearest Neighbor (KNN) berdasarkan parameter berat kerupuk dan kelembapan relatif (RH). Grafik ini menampilkan distribusi data untuk beberapa kondisi pengeringan yang merepresentasikan tingkat kekeringan kerupuk selama proses pengujian berlangsung.



GAMBAR 4. 2

(Grafik Sebaran Data KNN Berdasarkan Berat dan Kelembapan)

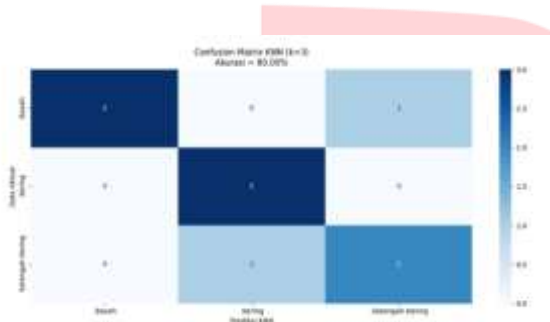
Gambar 5.4 yang merupakan Grafik sebaran KNN berdasarkan parameter berat dan kelembapan relatif (RH) menunjukkan adanya pemisahan kelas yang jelas antara kondisi Basah, Setengah Kering, dan Kering. Data dengan nilai berat dan RH yang tinggi terkonsentrasi pada satu area dan diklasifikasikan sebagai Basah, yang merepresentasikan kondisi awal pengeringan dengan kandungan air yang masih tinggi. Pada rentang nilai berat menengah dengan RH yang mulai menurun, data tersebar pada area transisi dan diklasifikasikan sebagai Setengah Kering. Pola ini menunjukkan bahwa metode KNN mampu mengenali perubahan kondisi kerupuk secara bertahap, di mana sebagian kandungan air telah berkurang namun kerupuk belum mencapai tingkat kekeringan optimal.

E. Analisis Peran Parameter dalam Klasifikasi KNN

Berdasarkan hasil klasifikasi, parameter berat kerupuk merupakan indikator utama yang menentukan tingkat kekeringan. Penurunan berat secara langsung merepresentasikan berkurangnya kandungan air dalam kerupuk selama proses pengeringan. Parameter suhu dan kelembapan berfungsi sebagai parameter pendukung yang memberikan informasi tambahan mengenai kondisi lingkungan pengeringan, sehingga sistem mampu membedakan kondisi pengeringan yang memiliki berat serupa namun berada pada kondisi lingkungan yang berbeda. Pendekatan ini memungkinkan sistem untuk tidak hanya bergantung pada satu parameter tunggal, tetapi menggabungkan beberapa parameter untuk meningkatkan keandalan keputusan. Dengan demikian, metode KNN mampu mengakomodasi variasi kondisi pengeringan dan menghasilkan klasifikasi yang lebih adaptif dibandingkan metode berbasis ambang batas tetap.

F. Kinerja Sistem Pengering Kerupuk Otomatis

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem pengering kerupuk otomatis mampu bekerja secara konsisten dalam mengklasifikasikan tingkat kekeringan kerupuk. Keputusan sistem dalam menghentikan proses pengeringan sesuai dengan kondisi fisik kerupuk yang diamati, di mana kerupuk dinyatakan kering ketika berat telah mengalami penurunan signifikan dan perubahan berat menjadi relatif stabil. Penggunaan metode KNN memberikan keunggulan dalam hal fleksibilitas pengambilan keputusan, karena sistem menentukan kondisi berdasarkan pola data sensor, bukan hanya berdasarkan nilai ambang tertentu. Hal ini meningkatkan akurasi sistem dalam menentukan akhir proses pengeringan serta mengurangi risiko pengeringan berlebih.



GAMBAR 4.3
(Confusion Matrix KNN)

Confusion matrix hasil pengujian metode K-Nearest Neighbor (KNN) dengan nilai $k = 3$ menunjukkan bahwa sistem mampu mengklasifikasikan kondisi pengeringan kerupuk ke dalam tiga kelas, yaitu basah, setengah kering, dan kering, dengan akurasi keseluruhan sebesar 80%, yang berarti dari total 10 data uji terdapat 8 data yang berhasil diklasifikasikan dengan benar dan 2 data yang mengalami kesalahan klasifikasi. Dengan demikian, hasil confusion matrix ini menunjukkan bahwa penggunaan parameter berat sebagai indikator utama yang dikombinasikan dengan suhu dan kelembapan relatif mampu merepresentasikan tingkat pengeringan secara fisik, di mana persentase penurunan berat menjadi dasar pembentukan kelas aktual, sementara KNN berperan sebagai alat klasifikasi berbasis kedekatan data tanpa menggunakan ambang batas kaku, sehingga sistem lebih adaptif terhadap variasi kondisi lingkungan selama proses pengeringan berlangsung. Hasil klasifikasi menggunakan metode K-Nearest Neighbor (KNN) dianalisis dengan menitikberatkan pada persentase penurunan berat sebagai parameter utama, karena parameter tersebut secara langsung merepresentasikan kadar air yang hilang dari kerupuk selama proses pengeringan. Persentase penurunan berat dihitung dengan membandingkan selisih antara berat awal dan berat kerupuk pada setiap waktu pengamatan terhadap berat awal. Dengan pendekatan ini, perbedaan berat awal antar percobaan dapat dinormalisasi sehingga penilaian tingkat kekeringan menjadi lebih konsisten dan objektif.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem pengering kerupuk otomatis yang dirancang mampu bekerja dengan baik dalam memantau dan mengendalikan proses pengeringan secara real-time menggunakan parameter berat, suhu, dan kelembapan relatif (RH). Sistem mampu menjaga kondisi lingkungan pengering yang relatif stabil, ditandai dengan suhu yang berada pada kisaran yang mendukung proses pengeringan serta penurunan nilai RH secara bertahap yang menunjukkan terjadinya proses penguapan air secara efektif. Selama proses pengeringan, berat kerupuk mengalami penurunan secara konsisten, yang mengindikasikan berkurangnya kandungan air secara berkelanjutan. Metode K-Nearest Neighbor (KNN) berhasil diterapkan untuk mengklasifikasikan tingkat kekeringan kerupuk ke dalam kelas Basah, Setengah Kering, dan Kering, dengan hasil klasifikasi yang sesuai dengan kondisi fisik kerupuk. Parameter berat dan kelembapan relatif (RH) terbukti menjadi parameter dominan dalam proses klasifikasi, sedangkan suhu berperan sebagai parameter pendukung untuk menjaga kestabilan proses. Selain itu, penerapan mekanisme auto-stop berbasis threshold persentase penurunan berat mampu menghentikan proses pengeringan secara otomatis pada kondisi kering optimal, sehingga sistem secara keseluruhan dapat bekerja secara otomatis, efisien, dan terkontrol dalam menentukan tingkat kekeringan kerupuk dan mengakhiri proses pengeringan pada kondisi yang diinginkan.

REFERENSI

- [1] D. Kurniadi, S. Yondri, and R. Heriyanto, "Optimasi Pengeringan Bahan Kerupuk Dengan Menggunakan Oven Berbahan Bakar GAS," *J. Abdimas Pengabd. dan Pengemb. Masy.*, vol. 3, no. 2, pp. 7–12, 2021.
- [2] O. Adiyanto *et al.*, "Dengan Menggunakan Kombinasi Energi Surya Dan Energi Biomassa," *JISI J. Integr. Sist. Ind.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–10, 2017.
- [3] M. A. Hudhoifah and D. I. Mulyana, "Implementasi Monitoring Suhu dan Kelembapan Kumbung jamur pada Budidaya Jamur Tiram dengan NodeMCU - ESP8266 di Desa Wirasana Purbalingga," *MALCOM Indones. J. Mach. Learn. Comput. Sci.*, vol. 4, Feb. 2024, doi: 10.57152/malcom.v4i2.1222.
- [4] M. N. Annisa, F. N. Fadilla, M. Luthfi, S. Hidayat, and C. A. Rosalia, "Rancang Bangun Sistem Load Cell Untuk Pengujian Beban Tekan Berbasis Arduino," *Pros. Ind. Res. Work. Natl. Semin.*, vol. 16, no. 1, pp. 303–309, 2025, [Online]. Available: <https://jurnal.polban.ac.id/proceeding/article/view/6676>
- [5] F. Wijayanto, P. Studi, T. Elektro, F. Teknik, and U. M. Surakarta, "Perancangan pengering kerupuk otomatis berbasis iot," 2022.