

**RANCANG BANGUN RUANG PENGERING LEMON SEBAGAI
SOLUSI PENINGKATAN MUTU INDUSTRI *DRY LEMON*
MENGUNAKAN METODE DoE.
(Studi kasus: UMKM Dapur Watu Leter)**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1
Program Studi Teknik Industri - Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia**



Nama : Annas Julihantoro

No. Mahasiswa : 22522047

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2026**

PERNYATAAN KEASLIAN

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya mengakui bahwa tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang seluruhnya sudah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 7 Mei 2026



(Annas Julihantoro)

NIM 22522047

SURAT BUKTI PENELITIAN

SURAT KETERANGAN PENELITIAN

Nama yang bersangkutan di bawah ini telah melakukan penelitian dan telah kami izinkan untuk melakukan publikasi berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada UMKM Dapur Watu Leter.

Nama : Annas Julihantoro
NIM : 22522047
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri
Universitas : Universitas Islam Indonesia
Judul Penelitian : RANCANG BANGUN RUANG PENERING LEMON
SEBAGAI SOLUSI PENINGKATAN MUTU DAN
PRODUKTIVITAS INDUSTRI DRY LEMON
MENGUNAKAN METODE DoE.
(Studi kasus: UMKM Dapur Watu Leter)

Waktu Penelitian : 26 Desember – 17 Maret 2026

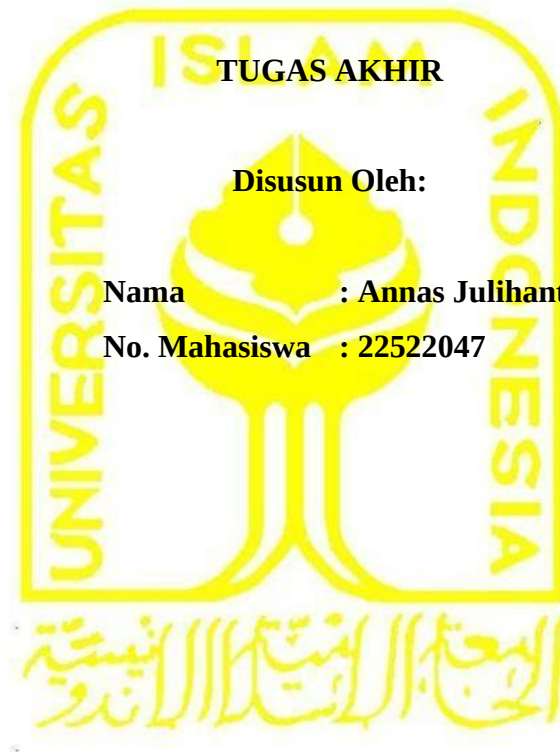
Demikian surat ini kami keluarkan sebagai bukti keterangan resmi dari Dapur Watu Leter untuk peneliti yang telah melakukan penelitian pada UMKM kami agar dapat dimanfaatkan sebaik-baiknya dengan penuh tanggung jawab.

Klaten,

Owner Dapur Watu Leter



LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING
RANCANG BANGUN RUANG PENDING LEMON
SEBAGAI SOLUSI PENINGKATAN MUTU INDUSTRI *DRY LEMON*
MENGGUNAKAN METODE DoE.
(Studi kasus: UMKM Dapur Watu Leter)



Yogyakarta, 02/07/2026

Dosen Pembimbing

Ir. Muchamad Sugarindra, S.T., M.T.I., IPM.

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

RANCANG BANGUN RUANG PENDING LEMON SEBAGAI SOLUSI PENINGKATAN MUTU INDUSTRI *DRY LEMON* MENGUNAKAN METODE DoE. (Studi kasus: UMKM Dapur Watu Leter)

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh:

Nama : Annas Julihantoro
No. Mahasiswa : 22522047

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

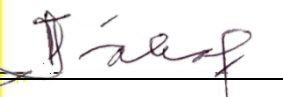
Yogyakarta, 02 - 07 - 2026

Tim Penguji

Ir. Muchamad Sugarindra, S.T., M.T.I., IPM
Ketua

Ir. Ali Parkhan, M.T.
Anggota I

Zelania In Haryanto, S.T., M.T
Anggota II


Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM
NIK 015220101

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan sebagai bentuk ibadah dan rasa syukur kepada Allah SWT atas ilmu yang telah dianugerahkan kepada saya. Dengan mengucapkan bismillahirrahmanirrahim, karya ini saya dedikasikan kepada kedua orang tua saya tercinta, yang senantiasa memberikan doa, dukungan, kasih sayang, serta pendidikan dengan penuh ketulusan. Selain itu, skripsi ini juga saya persembahkan kepada seluruh orang terkasih, baik keluarga maupun sahabat terdekat, yang telah menjadi sumber motivasi dan memberikan warna dalam perjalanan hidup saya.

MOTTO

Maka apabila engkau telah selesai dari suatu urusan, tetaplah bekerja keras untuk urusan yang lain.

(QS. Al-Insyirah: [94]: 7)

Masa depan adalah milik mereka yang percaya pada keindahan impian mereka
(Eleanor Roosevelt)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh

Alhamdulillahirabbil'alamiin, segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, karunia, serta nikmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Rancang Bangun Ruang Pengering Lemon sebagai Solusi Peningkatan Mutu Industri *Dry Lemon* Menggunakan Metode DoE (Studi Kasus: UMKM Dapur Watu Leter)” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat, dan seluruh pengikut beliau hingga akhir zaman.

Selama proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis mendapatkan banyak bantuan, dukungan, doa, serta motivasi dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, dengan penuh rasa hormat dan rasa syukur, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Sri Kusumadewi, S.Si., MT. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Dr. Drs. Imam Djati Widodo, M.Eng.Sc selaku Ketua Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM. selaku Ketua Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
4. Ir. Muchamad Sugarindra, S.T., M.T.I., IPM. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang selalu memberikan arahan, masukan, wawasan, serta bimbingan kepada penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir.
5. UMKM Dapur Watu Leter yang telah memberikan izin dan membantu penulis selama pelaksanaan penelitian Tugas Akhir ini.
6. Kedua orang tua penulis, serta adek dan kakak penulis, yang tidak pernah berhenti memberikan doa, kasih sayang, semangat, dan dukungan kepada penulis hingga dapat menyelesaikan pendidikan ini.
7. Orang-orang terdekat penulis, khususnya Asti, Teman – teman PT. Satria Perkasa dan teman KKN Unit 287 yang selalu memberikan dukungan serta menemani penulis dalam suka maupun duka selama masa perkuliahan.
8. Seluruh pihak yang telah memberikan bantuan, doa, dan dukungan moral baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan laporan ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih terdapat berbagai kekurangan dan ketidaksempurnaan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa mendatang. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis maupun para pembaca.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 7 Mei 2026



Annas Julihantoro

ABSTRAK

Proses pengeringan merupakan tahap kritis dalam produksi *dry lemon* pada UMKM Dapur Watu Leter yang masih mengandalkan panas matahari dengan suhu sekitar 28°C dan waktu pengeringan hingga ± 4 hari. Proses konvensional tersebut menghasilkan bobot susut rata-rata hanya 78%, jauh dari bobot susut optimal *dry lemon* yang seharusnya mencapai 85%. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi faktor yang memengaruhi proses pengeringan, menentukan kombinasi parameter optimal, serta merancang ruang pengering yang sesuai menggunakan metode *full faktorial* 3^3 dengan tiga faktor kendali yaitu suhu pengeringan (35°C, 40°C, 45°C), kecepatan aliran udara (3 m/s, 4 m/s, 5 m/s), dan waktu pengeringan (7 jam, 10 jam, dan 13 jam), masing-masing dengan dua replikasi sehingga total 54 percobaan. Hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa suhu, kecepatan udara, dan waktu pengeringan berpengaruh signifikan terhadap bobot susut *dry lemon*. Berdasarkan analisis *Signal to Noise Ratio* (SNR) dengan karakteristik *Nominal The Better* (NTB), kombinasi parameter yang paling optimal diperoleh pada suhu 45°C, kecepatan udara 5 m/s, dan waktu pengeringan 13 jam, yang menghasilkan bobot susut 83,43% lebih optimal dan lebih mendekati target 85% dibandingkan proses konvensional sebelumnya.

Kata Kunci: Pengeringan, *Dry Lemon*, *Full Faktorial*, ANOVA, *Signal to Noise Ratio*

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	i
SURAT BUKTI PENELITIAN	ii
MOTTO	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Kajian Literatur	6
2.2 Landasan Teori.....	11
2.2.1 Jenis dan Karakteristik Lemon.....	11
2.2.2 Karakteristik Dry Lemon	11
2.2.3 Defect pada Proses Pengeringan Lemon.....	12
2.2.4 Susut Kering Pada Dry Lemon	12
2.2.5 Design of Experiments (DoE).....	13
2.2.6 Full Faktorial Design.....	16
2.2.7 Uji Normalitas	17
2.2.8 Uji Homogenitas	17
2.2.9 Uji ANOVA	19
2.2.10 Ratio Signal to Nois (S/N Rasio)	21
2.2.11 Efek Tiap Faktor	22
2.2.12 Multi Respon Signal to Noise (MRSN)	23
2.2.13 Rancang Bangun	24
BAB III METODE PENELITIAN	25
3.1. Diagram Penelitian.....	25
3.2. Pengumpulan Data	25
3.2.1 Teknik Pengumpulan Data	25
3.2.2 Jenis dan Sumber Data	26
3.3 Perencanaan Experiment <i>Full Faktorial</i>	27
3.3.1 Indikasi faktor tujuan yang akan di optimalkan.....	27
3.3.2 Pembuatan Prototype	27
3.3.3 Identifikasi faktor kendali dan levelnya.....	28
3.3.4 Penentuan Kombinasi Eksperimen	29
3.3.5 Pelaksanaan Eksperimen	29
3.3.6 Pengolahan Data Eksperimen	29
3.3.7 Uji Normalitas.....	29
3.3.8 Uji Homogenitas	30
3.3.9 Uji ANOVA	30
3.3.10 Perhitungan Nilai SNR dan Efek Tiap Faktor.....	30
3.3.11 Perhitungan Multi respon signal to ratio (MRSN).....	31
3.4 Analisis dan Pembahasan	31

3.5	Kesimpulan dan Saran.....	32
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....		33
BAB V PEMBAHASAN.....		51
5.1	Analisis Pengumpulan Data	51
5.1.1	Analisis Penentuan Variabel Respon.....	51
5.1.2	Analisis Pembuatan Prototipe.....	51
5.1.3	Analisis Penentuan Faktor dan Level Eksperimen	52
5.1.4	Analisis Penentuan Kombinasi Eksperimen	53
5.1.5	Analisis Eksperimen Full Faktorial.....	54
5.2	Analisis Pengolahan Data	54
5.2.1	Analisis Perhitungan Uji Normalitas	54
5.2.2	Analisis Perhitungan Uji Homogenitas.....	54
5.2.3	Analisis Perhitungan Uji ANOVA.....	55
5.2.4	Analisis Perhitungan SNR dan Efek Tiap Faktor	55
5.3	Analisis <i>Plan the Future Action</i>	56
5.4	Analisis Kekurangan Penelitian	56
BAB VI PENUTUP.....		58
6.1	Kesimpulan	58
6.2	Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA		60
LAMPIRAN.....		A-1

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kajian Literatur.....	8
Tabel 2. 2 ANOVA.....	19
Tabel 4. 1 Faktor kendali dan level eksperimen	35
Tabel 4. 2 Kombinasi Eksperimen.....	35
Tabel 4. 3 Berat Awal dan Berat Akhir <i>dry lemon</i>	36
Tabel 4. 4 Bobot Sisa.....	38
Tabel 4. 5 Tabel Uji Normalitas Bobot Susut Lemon	40
Tabel 4. 6 Uji Homogenitas Data Bobot Susut Lemon	44
Tabel 4. 7 Hasil Perhitungan ANOVA Bobot Susut Lemon	46
Tabel 4. 8 Hasil Perhitungan SNR Bobot Susut Lemon.....	47
Tabel 4. 9 Parameter Optimal	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Potongan lemon	2
Gambar 1. 2 Proses Pengeringan Lemon.....	3
Gambar 2. 1 <i>Full Faktorial Design</i>	16
Gambar 3. 1 Diagram Penelitian A & B.....	25
Gambar 4. 1 produk akhir <i>dry lemon</i>	39
Gambar 4. 2 Interior Ruangan Pengering	49
Gambar 4. 3 Ruangan Pengering	50
Gambar 4. 4 Isometric View Ruang Pengering	50
Gambar 4. 5 Papan Pengering.....	50
Gambar 5. 1 Prototipe Ruang Pengering	52
Gambar 5. 2 Dimensi Ruangan Pengering.....	56

BAB I

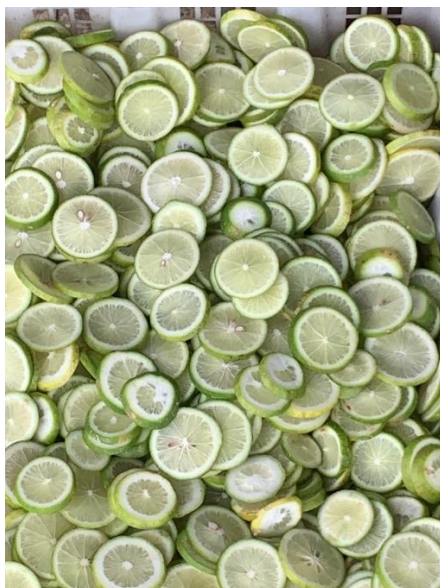
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sektor pangan merupakan salah satu bagian penting yang mendorong pertumbuhan ekonomi Indonesia. Industri makanan dan minuman terus berkembang karena permintaan pasar yang stabil dan terus meningkat, baik dari kebutuhan rumah tangga, usaha kuliner, pariwisata, hingga produk kesehatan. kontribusi industri makanan dan minuman terhadap PDB non migas pada kuartal pertama 2025 mencapai 41,15 % dan terhadap PDB nasional mencapai 7,2 %, serta menjadi salah satu sektor dengan pertumbuhan tercepat di Indonesia (cnbcindonesia, 2025).

Pada lingkup Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM), sektor makanan menjadi salah satu bidang yang paling pesat berkembang dan memiliki peran strategis dalam perekonomian, terutama karena kontribusinya yang besar dalam menyediakan lapangan kerja, meningkatkan pendapatan masyarakat, memperkuat ekonomi daerah, serta menyerap sekitar 66 % tenaga kerja nasional (srimulyani & hermanto, 2023). Dalam beberapa tahun terakhir, jumlah UMKM olahan pangan meningkat seiring tingginya permintaan terhadap produk yang lebih sehat, praktis, dan bernilai tambah. Banyak pelaku usaha yang berpindah dari sektor lain menuju industri makanan karena peluang pasarnya yang luas dan relatif stabil (Gina & Harianto, 2025).

Namun, pertumbuhan ini juga membawa sejumlah tantangan, terutama dalam menjaga mutu produk dan memastikan proses produksi berjalan efisien. Banyak UMKM makanan yang masih menggunakan peralatan sederhana dan metode manual sehingga sering mengalami masalah seperti kualitas yang tidak konsisten, kapasitas produksi yang terbatas, dan waktu proses yang kurang efisien (Mukhlis & Khaeruman, 2024). Kendala ini biasanya muncul pada tahap pengolahan bahan baku dan pengeringan, khususnya pada produk yang membutuhkan kontrol suhu dan waktu yang tepat seperti *dry lemon*.



Gambar 1. 1 Potongan lemon

Dry lemon menjadi salah satu produk olahan yang semakin diminati berkat tren hidup sehat dan meningkatnya konsumsi minuman herbal, karena konsumen kini lebih memilih bahan alami seperti lemon dalam minuman sehat mereka dan pasar dried lemon terus berkembang sesuai dengan pola konsumsi yang semakin peduli Kesehatan (Sawal, 2024). Meskipun pasarnya menjanjikan, proses pembuatannya tidak selalu mudah. Pada UMKM yang menjadi objek penelitian ini, proses pengeringan masih mengandalkan panas matahari atau alat sederhana tanpa pengaturan suhu. Suhu pengeringan berkisar 25 - 30°C, durasi penjemuran yang terbatas sehari $\pm$ 8 jam selama 4 hari jika tidak terjadi hujan. Selain itu, hasil bobot susut dari proses pengeringan tidak optimal dan konsisten yaitu rata rata 78%.



Gambar 1. 2 Proses Pengeringan Lemon

Melihat kondisi tersebut, UMKM perlu melakukan perbaikan pada proses pengeringan agar hasil produksi lebih konsisten. Beberapa upaya sudah pernah dilakukan, seperti menambah rak pengering atau memodifikasi alat sederhana, tetapi tanpa pendekatan yang sistematis, hasilnya belum optimal. Karena itu, diperlukan metode analitis yang dapat membantu mengidentifikasi factor-faktor penting dalam proses pengeringan secara lebih terukur.

Salah satu metode yang tepat digunakan dalam penelitian eksperimental adalah *Design of Experiments* (DoE), yaitu metode terstruktur untuk merancang, menjalankan, dan menganalisis eksperimen guna menilai pengaruh berbagai faktor terhadap respons secara efektif (Alashwal & Bala, 2021). Pendekatan ini memungkinkan identifikasi efek utama dan interaksi antar faktor dengan mengurangi ketergantungan pada metode trial and error, melalui tahapan perumusan masalah, penentuan faktor dan level, perancangan eksperimen, pelaksanaan, serta analisis data menggunakan metode statistik seperti ANOVA dengan prinsip replikasi, randomisasi, dan blocking untuk meningkatkan keandalan hasil (Uscha & Arini, 2023). Penerapan DoE ditunjukkan dalam penelitian (jefri, 2024) yang menggunakan desain faktorial penuh untuk menganalisis pengaruh kekasaran permukaan, konsentrasi larutan garam, dan pH terhadap laju korosi baja karbon rendah, di mana hasil menunjukkan pH sebagai faktor paling signifikan serta interaksi antar faktor yang berpengaruh dengan koefisien determinasi 92,62%, serta pada penelitian (farhan, 2024) yang mengombinasikan DOE dan *Measurement*

System Analysis (MSA) untuk mengevaluasi variasi hasil pengujian karet menggunakan DMA, dengan hasil parameter optimal pengujian dan temuan bahwa variasi tidak dipengaruhi secara signifikan oleh operator, sehingga metode tersebut efektif meningkatkan konsistensi dan keandalan pengujian.

Dengan penerapan DoE pada proses pengeringan *dry lemon*, diharapkan dapat ditemukan parameter yang paling efisien dan stabil. Dengan pengaturan yang tepat, kualitas produk dapat meningkat, jumlah *defect* berkurang, waktu produksi lebih singkat, dan kapasitas produksi UMKM dapat ditingkatkan. Pada akhirnya, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi yang praktis dan bermanfaat bagi UMKM dalam meningkatkan mutu dan daya saing produk di pasar.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan kondisi proses produksi *dry lemon* pada UMKM Dapur Watu Leter yang masih menggunakan pengeringan dengan panas matahari, suhu rendah rata rata sekitar 30°C, serta waktu pengeringan yang sangat lama mencapai 4 hari, muncul beberapa permasalahan pokok yang perlu diteliti. Permasalahan tersebut berhubungan dengan mutu produk, stabilitas proses, dan efisiensi produksi. Oleh karena itu, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apa saja faktor yang memengaruhi proses pengeringan *dry lemon*?
2. Bagaimana kombinasi parameter proses yang optimal untuk pengeringan *dry lemon*?
3. Bagaimana desain ruang pengering yang sesuai untuk mengeringkan produk *dry lemon*?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi factor-faktor yang berpengaruh dalam proses pengeringan *dry lemon*.
2. Menentukan kombinasi parameter pengeringan yang optimal untuk menghasilkan *dry lemon* berkualitas.
3. Memberikan rancangan atau gambaran desain ruang pengering yang sesuai untuk proses pengeringan *dry lemon*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membantu UMKM pengolah *dry lemon* dalam mengidentifikasi penyebab ketidakefektifan proses pengeringan serta memberikan solusi untuk meningkatkan produktivitas.
2. Memberikan bahan pertimbangan dan rekomendasi strategis bagi UMKM dalam menetapkan kebijakan yang tepat untuk meningkatkan kualitas dan efisiensi proses pengeringan *dry lemon*, sehingga dapat mengoptimalkan hasil produksi dan meningkatkan daya saing di pasar.

1.5 Batasan Penelitian

Untuk menjaga agar pembahasan pada bab-bab berikut tetap fokus dan tidak meluas ke hal(hal di luar tujuan penelitian, diperlukan adanya batasan masalah. Pembatasan ini dimaksudkan agar analisis dapat dilakukan secara mendalam dan tetap selaras dengan tujuan penelitian. Dengan demikian, penelitian menjadi lebih terarah serta dapat menghasilkan solusi yang relevan dan dapat diterapkan. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilaksanakan pada periode 1 Desember 2025 – 29 Februari 2026.
2. Data mengenai jenis *defect* dan faktor penyebabnya diperoleh melalui hasil eksperimen serta wawancara langsung dengan pihak terkait pada UMKM pengolah *dry lemon*.
3. Penelitian ini tidak mencakup analisis biaya produksi.
4. Hanya proses pengeringan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Literatur

Pada bab ini disajikan hasil tinjauan pustaka yang mencakup kajian induktif dan deduktif. Kajian induktif bersumber dari paper, artikel, dan publikasi sejenis yang membahas hasil penelitian terdahulu dengan topik atau tema yang relevan dengan penelitian yang akan dilakukan, sehingga dapat digunakan sebagai rujukan atau pembanding penelitian yang telah ada. Sementara itu, kajian deduktif memuat landasan teoritis yang berasal dari buku maupun artikel ilmiah lain yang menjadi dasar keilmuan bagi disiplin ilmu yang mendukung penelitian ini. Pada bagian ini juga diuraikan *state of the art* penelitian serta perbedaannya dibandingkan dengan penelitian-penelitian sebelumnya. Pendekatan induktif berfokus pada kegiatan observasi sebagai langkah awal, kemudian diikuti dengan penarikan kesimpulan berdasarkan hasil pengamatan tersebut. Pendekatan ini dikenal sebagai proses penalaran yang bergerak dari fakta-fakta khusus menuju generalisasi yang bersifat umum (Nadiroh & Hasanah, 2021). Pendekatan deduktif digunakan untuk melihat hubungan antara penelitian sebelumnya dengan penelitian yang sedang dilakukan, serta untuk mengetahui perbedaan antara penelitian terdahulu dan penelitian yang saat ini dikaji (T. Fife & D. Gossne, 2024). Beberapa penelitian sebelumnya yang memiliki keterkaitan dengan penelitian ini antara lain sebagai berikut:

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penerapan *Design of Experiments* (DoE) dilakukan dengan penetapan faktor kendali dan level yang berbeda-beda sesuai dengan karakteristik proses dan tujuan analisis. (jefri, 2024) menerapkan desain faktorial penuh dengan tiga faktor kendali utama, yaitu kekasaran permukaan, konsentrasi larutan garam, dan pH, yang masing-masing ditetapkan pada dua level sehingga memungkinkan analisis pengaruh faktor utama dan interaksi secara sistematis melalui ANOVA, meskipun ruang lingkupnya terbatas pada fenomena korosi material. Pendekatan berbeda ditunjukkan oleh (media & ilyas, 2021) yang menggunakan metode Taguchi dengan beberapa faktor kendali proses injeksi yang divariasikan pada level tertentu melalui orthogonal array untuk menekan jumlah eksperimen, namun sebagian besar pengujian dilakukan berbasis simulasi sehingga kendali terhadap kondisi aktual proses relatif terbatas. (farhan, 2024) menambahkan *Measurement System Analysis* (MSA) dalam penerapan DoE dengan faktor kendali berupa dimensi sampel, suhu, dan kelembapan pada level yang mengacu pada standar pengujian, menghasilkan konsistensi data yang tinggi, tetapi fokusnya lebih pada keandalan sistem pengukuran dibandingkan optimasi

proses. Pada konteks proses termal dan pengolahan pangan, penelitian (Ahadi, 2023) menunjukkan bahwa DoE Taguchi dengan pemisahan faktor kendali dan faktor gangguan serta penetapan level kuantitatif mampu mengidentifikasi pengaruh signifikan komposisi bahan terhadap respon kualitas, sementara penelitian (hamedi & mohebbi, 2021) menggunakan desain faktorial penuh dengan variasi level suhu perlakuan panas, dimensi material, dan media pendingin untuk menangkap efek utama dan interaksi faktor secara lebih menyeluruh. Namun (laba & musa, 2024) meskipun mengendalikan suhu dan kadar air pada sistem pengering, belum menetapkan level faktor dalam rancangan DoE formal sehingga hubungan kuantitatif antar variabel belum tergambarkan secara optimal. (putra, 2024) menunjukkan pendekatan yang lebih terarah dengan menetapkan faktor kendali dan level berdasarkan hasil FTA dan FMEA, sehingga eksperimen menjadi lebih fokus tetapi dengan ruang eksplorasi parameter yang terbatas. Berdasarkan perbandingan tersebut, dapat disimpulkan bahwa efektivitas DoE sangat ditentukan oleh kejelasan penetapan faktor kendali dan jumlah level yang digunakan, khususnya pada proses yang melibatkan perpindahan panas dan massa. Oleh karena itu, penelitian ini menetapkan suhu udara pengering dan kecepatan aliran udara pengeringan sebagai dua faktor kendali utama karena keduanya berpengaruh langsung terhadap laju penguapan dan kualitas hasil pengeringan lemon, dengan masing-masing faktor direncanakan memiliki tiga level berdasarkan studi literatur pengeringan bahan pangan dan karakteristik proses, sehingga desain faktorial penuh yang digunakan diharapkan mampu menggambarkan pengaruh individual dan interaksi faktor secara lebih komprehensif serta mengarah pada penentuan kondisi pengeringan yang optimal.

Tabel 2. 1 Kajian Literatur

No	Penulis	Judul	Metode/Model			
			DoE	Rancang Bangun	Full Faktorial	Taguchi
1	(jefri, 2024)	Analisis Perubahan Massa Plat Logam Akibat Korosi Dengan Metode Factorial Design Of Experiment	✓		✓	
2	(media & ilyas, 2021)	Analisis Parameter Proses Inalisis Parameter Proses Injeksi 3d Printed Verowhite Plus Rapid Tooling Dengan Metode Design Of Experiments	✓			
3	(farhan, 2024)	Analisis Hasil Pengujian Karet Pada Mesin Dma Analyzer Dengan Metode Design Of Experiment Di Laboratorium Uji Karet	✓			
4	(laba & musa, 2024)	Rancang Bangun Model Alat Pengering Indoor Otomatis Hasil Pertanian Berbasis Arduino Uno		✓		
5	(putra, 2024)	Usulan Perbaikan Kualitas Master Batch White Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (Fta) Dan Failure Mode Effect Analysis (Fmea) Dengan Pendekatan Design Of Experiment (Doe) Di Pt.Xyz	✓			
6	(hamed & mohebbi, 2021)	Modeling And Optimization Of Radish Root Extract Drying As Peroxidase Source Using Spouted Bed Dryer.	✓		✓	

No	Penulis	Judul	Metode/Model			
			DoE	Rancang Bangun	Full Faktorial	Taguchi
7	(Iamberto & neuhaus, 2021)	Robust Process Scale-Up Leveraging Design Of Experiments To Map Robust Process Scale-Up Leveraging Design Of Experiments To Map	✓		✓	
8	(azmi & febrina, 2024)	Rekayasa Kualitas Batu Bata Merah Dengan Menggunakan Metode Design Of Experiment (Metode Taguchi)	✓			
9	(budi & Supriyadi, 2018)	Analisis Konfigurasi Proses Produksi Cokelat Stick Coverture Menggunakan Metode Design Of Experiments (Doe) Di Pt. Gandum Mas Kencana	✓			
10	(Castillo, baltodano, & Vargas, 2020)	Design Of Experiments Assessment For The Determination Of Moisture Content In Five Herbal Raw Materials Contained In Tea Products	✓		✓	
11	(Suwandi, 2024)	Pengendalian Kualitas Beton Melalui Pengujian Kuat Tekanan Dengan Metode Doe	✓		✓	
12	(Ahadi, 2023)	Pendekatan Desain Eksperimen Taguchi Sebagai Metode Optimasi Pada Bidang Teknik Dan Industri (Studi Kasus Pada Proses Bundling Kemasan)	✓			✓
13	(Azmi & Febrina, 2024)	Red Brick Quality Engineering Using The Design Of Experiment Method (Taguchi's Method)	✓			✓

No	Penulis	Judul	Metode/Model			
			DoE	Rancang Bangun	Full Faktorial	Taguchi
14	(winarso alfaris, 2023)	& Efek Diameter Coil, Perbandingan Jumlah Lilitan, Jenis Coil, Pada Trasmitter Receiver Terhadap Efisiensi Energi Transfer Wireless Transfer Electricity Dengan Metode Desain Of Experiment (Doe)	✓		✓	
15	(Arifa Sugarindra, 2025)	& Rancang Bangun Purwarupa Ruang Pengering Keramik Dengan Pengendalian Suhu Berbasis Mikrokontroler Sebagai Upaya Peningkatan Produktivitas Pada Industri Keramik Tableware (Studi Kasus: Ikm Bumi Mentari Art)	✓	✓	✓	
16	(Julihantoro, 2026)	Rancang Bangun Ruang Pengering Lemon Sebagai Solusi Peningkatan Mutu Dan Produktivitas Industri <i>Dry Lemon</i> Menggunakan Metode Doe. (Studi Kasus: Umkm Dapur Watu Leter)	✓	✓	✓	

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Jenis dan Karakteristik Lemon

Dalam proses pembuatan *dry lemon*, bahan baku lemon harus memenuhi persyaratan tertentu karena karakteristiknya sangat memengaruhi proses pengeringan dan kualitas produk akhir. Keberhasilan atau kegagalan produksi *dry lemon* bergantung pada pemilihan lemon yang tepat serta perlakuan awal yang sesuai sebelum proses pengeringan dilakukan. Oleh karena itu, pemahaman mengenai jenis dan karakteristik lemon yang digunakan sebagai bahan baku menjadi hal yang penting. Berikut merupakan jenis dari buah lemon:

1. Lemon Lokal

Lemon lokal (*Citrus x limon*) banyak digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan *dry lemon* karena ketersediaannya melimpah serta kandungan nutrisinya yang tinggi, seperti vitamin C dan senyawa fitokimia, yang berperan penting dalam menentukan kualitas produk akhir. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa tingkat kematangan dan lama penyimpanan lemon lokal berpengaruh terhadap karakteristik fisik buah, antara lain susut bobot, perubahan ukuran, dan tingkat kekerasan. Kondisi awal bahan baku tersebut sangat memengaruhi keberhasilan proses pengeringan, khususnya dalam penentuan suhu dan durasi pengeringan, agar warna, tekstur, serta kandungan nutrisi lemon tetap terjaga setelah proses pengeringan (Simanungkalit & Manurung, 2025).

2. Lemon Impor

Lemon impor, khususnya jenis yang umum dipasarkan seperti Lemon California (*Citrus limon*), memiliki ukuran buah yang cenderung seragam serta karakteristik fisikokimia yang relatif stabil, sehingga banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam industri pangan, termasuk produk *dry lemon*. Faktor-faktor seperti kandungan air, ketebalan dan ukuran irisan, serta komposisi nutrisi berpengaruh terhadap perilaku lemon selama proses pengeringan.

2.2.2 Karakteristik Dry Lemon

Karakteristik *dry lemon* sangat dipengaruhi oleh metode dan parameter pengeringan yang digunakan, sehingga setiap perlakuan menghasilkan sifat fisik dan kimia produk yang berbeda. Pada proses pengeringan irisan lemon, laju pelepasan air terutama ditentukan oleh mekanisme difusi dari jaringan buah dan dipengaruhi oleh suhu serta teknik

pengeringan yang diterapkan. Perbedaan kondisi proses tersebut berdampak pada kadar air akhir dan stabilitas kandungan vitamin C dan senyawa bioaktif lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa pengendalian suhu dan waktu pengeringan yang tepat berperan penting dalam menjaga mutu dan nilai gizi dry lemon (Lee, Chin, & Chung, 2015).

2.2.3 Defect pada Proses Pengeringan Lemon

Defect pada proses pengeringan lemon merupakan kondisi di mana produk tidak memenuhi standar mutu yang diharapkan akibat ketidaktepatan pengaturan parameter proses. Beberapa jenis *defect* yang umum terjadi pada *dry lemon* yaitu tumbuh jamur pada lemon dan tingkat kekeringan yang tidak merata pada setiap irisan. *Defect* tersebut umumnya disebabkan oleh suhu pengeringan yang tidak stabil, waktu pengeringan yang terlalu lama atau terlalu singkat, serta distribusi aliran udara yang tidak merata selama proses pengeringan.

2.2.4 Susut Kering Pada Dry Lemon

Susut kering adalah penurunan berat bahan baku yang terjadi selama proses pengeringan karena hilangnya kadar air dari jaringan buah. Pada *dry lemon*, susut kering menjadi salah satu indikator penting dalam mengevaluasi efisiensi proses pengeringan dan kualitas produk akhir. Semakin efektif proses pengeringan, semakin besar persentase air yang hilang, sehingga nilai susut kering juga semakin tinggi. Namun, susut kering yang terlalu tinggi dapat menandakan kehilangan komponen non-air seperti bahan padat terlarut misalnya gula, vitamin C, yang dapat memengaruhi rasa, tekstur, dan nutrisi *dry lemon*.

Hasil penelitian (Rosyidah, Prayitno, & Rahma, 2024) membandingkan berat bahan sebelum dan sesudah proses pengeringan menunjukkan bahwa pada buah lemon terjadi penurunan berat yang cukup besar. Nilai susut kering yang dihasilkan mencapai sekitar 86,5 % dari berat awal bahan. Dengan demikian, dari irisan lemon seberat 100 g, berat akhir setelah pengeringan hanya sekitar 13,5 g. Besarnya susut kering tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain suhu dan waktu pengeringan, ketebalan irisan, serta kadar air awal buah lemon. Berikut merupakan perhitungan untuk susut kering:

$$\text{Susut kering (\%)} = \frac{W_{\text{segar}} - W_{\text{kering}}}{W_{\text{segar}}} \times 100 \% \quad (2.1)$$

Di mana W_{segar} adalah berat lemon sebelum pengeringan dan W_{kering} adalah beratnya setelah pengeringan

2.2.5 *Design of Experiments (DoE)*

DoE adalah metode penelitian yang disusun secara sistematis untuk menganalisis hubungan antara variabel bebas dengan variabel respon (Sabbagh & Hussein, 2020), *Design of Experiment (DoE)* juga merupakan suatu metode penyusunan eksperimen yang dirancang secara sistematis, di mana setiap tahapan tindakan didefinisikan dengan jelas, sehingga data atau informasi yang relevan dan dibutuhkan untuk menjawab permasalahan penelitian dapat diperoleh secara efektif. *Design of Experiment* memiliki beberapa tujuan, antara lain sebagai berikut (Hanan & Kusuma, 2025).

- a. Mengetahui bagaimana suatu objek memberikan respons terhadap berbagai kondisi atau perlakuan yang diterapkan.
- b. Mengumpulkan informasi yang relevan dan sebanyak mungkin yang diperlukan untuk membantu menyelesaikan permasalahan yang sedang dikaji.

Urutan tahapan dalam pelaksanaan eksperimen dapat dijelaskan sebagai berikut (Antony.j, 2023):

1. Hipotesis, yaitu menyusun dugaan atau asumsi awal mengenai hasil yang akan diperoleh dari percobaan.
2. Eksperimen, yaitu melakukan rangkaian pengujian untuk membuktikan atau menguji hipotesis yang telah dirumuskan.
3. Analisis, yaitu mengolah dan menelaah data yang diperoleh melalui analisis statistik.
4. Interpretasi, yaitu menafsirkan hasil analisis untuk memahami makna dari data eksperimen.
5. Kesimpulan, yaitu menentukan apakah hipotesis yang diajukan dapat diterima atau ditolak.

Metode DoE memiliki 4 tahap sebagai berikut (Antony.j, 2023)

1. Tahap Perencanaan
 - a. Identifikasi dan perumusan masalah
Perumusan masalah yang disusun secara ringkas dan jelas dapat membantu memperjelas pemahaman terhadap Langkah-langkah yang perlu dilakukan.

Rumusan masalah sebaiknya memuat tujuan yang spesifik serta memberikan nilai manfaat bagi perusahaan.

b. Penentuan respons atau karakteristik kualitas

Pemilihan respons yang sesuai merupakan faktor penting dalam keberhasilan eksperimen. Sebelum eksperimen dilakukan, perlu ditetapkan sistem pengukuran yang mencakup apa yang diukur, lokasi pengukuran, pihak yang melakukan pengukuran, serta prosedur yang digunakan. Kualitas sistem pengukuran umumnya ditentukan oleh karakteristik statistik dari data yang dihasilkan.

c. Penentuan variabel respons atau parameter desain

Identifikasi variabel dilakukan berdasarkan pengetahuan teknis terhadap proses, data historis, analisis sebab - akibat, serta diskusi atau *brainstorming*. Jika variabel penting tidak diperhitungkan, maka hasil eksperimen dapat menjadi kurang akurat.

d. Pengelompokan variabel proses

Variabel proses diklasifikasikan menjadi dua, yaitu variabel yang dapat dikendalikan dan variabel yang tidak dapat dikendalikan. Variabel kendali merupakan faktor yang dapat diatur oleh peneliti, sedangkan variabel gangguan (*noise*) adalah faktor yang sulit dikontrol dalam kondisi produksi, seperti perubahan suhu lingkungan, kelembapan, dan variasi bahan baku. Dampak variabel gangguan tersebut dapat diminimalkan melalui penerapan prinsip DoE yang tepat.

e. Penentuan tingkat (level) variabel proses

Jumlah level yang digunakan bergantung pada karakteristik variabel proses yang diteliti, baik yang bersifat kualitatif (misalnya jenis bahan atau katalis) maupun kuantitatif (seperti suhu, tekanan, dan kecepatan).

f. Penyusunan kombinasi antar variabel

Tahap ini dilakukan dengan menyusun berbagai kemungkinan kombinasi faktor dalam eksperimen untuk mengetahui pengaruh masing-masing kombinasi variabel terhadap hasil atau variabel respon.

2. Tahap Desain

Perancangan eksperimen dipengaruhi oleh jumlah faktor yang diteliti, banyaknya tingkat atau level, ketersediaan sumber daya, anggaran penelitian, serta permasalahan dan tujuan yang ingin dicapai. Eksperimen dapat dirancang menggunakan pendekatan statistik sebagaimana dikemukakan (Sabbagh & Hussein, 2020). Pada tahap desain ini, perlu diperhatikan struktur dan tingkat

resolusi dari rancangan eksperimen yang akan digunakan. Selain itu, disarankan untuk menyusun matriks eksperimen sebagai pedoman pelaksanaan, yang berisi kombinasi faktor dan level berbeda guna mendukung pelaksanaan eksperimen secara sistematis.

3. Tahap Eksperimen

Pada tahap ini, rancangan eksperimen yang telah disusun dilaksanakan dan hasil yang diperoleh selanjutnya dievaluasi. Sebelum eksperimen dijalankan, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan, antara lain:

- a. Menentukan lokasi eksperimen yang sesuai dan bebas dari gangguan seperti getaran, kelembapan, atau faktor lingkungan lainnya.
- b. Memastikan ketersediaan seluruh kebutuhan eksperimen, seperti bahan, operator, mesin, dan peralatan pendukung lainnya.
- c. Melakukan penilaian kelayakan untuk memastikan bahwa eksperimen merupakan pendekatan yang tepat dalam menyelesaikan permasalahan yang dihadapi.

Agar pelaksanaan eksperimen sesuai dengan matriks yang telah dirancang, beberapa hal berikut perlu diperhatikan:

- a. Operator yang bertanggung jawab sebaiknya terlibat sejak awal hingga eksperimen selesai. Untuk mengurangi potensi kesalahan, disarankan menggunakan operator yang sama selama seluruh rangkaian eksperimen.
- b. Eksperimen perlu dipantau secara berkala, dan apabila ditemukan penyimpangan yang signifikan, eksperimen sebaiknya dihentikan sementara.
- c. Setiap respons yang diamati harus dicatat secara sistematis, baik pada lembar pengamatan maupun langsung ke dalam sistem komputer.
- d. Seluruh penyimpangan atau kejadian khusus selama eksperimen harus didokumentasikan dan dianalisis lebih lanjut.

4. Tahap Analisis

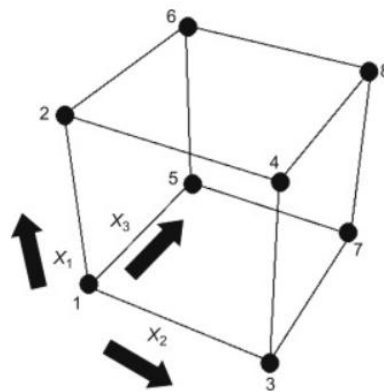
Setelah eksperimen selesai dilaksanakan, tahap berikutnya adalah melakukan analisis dan penafsiran terhadap hasil yang diperoleh agar kesimpulan yang dihasilkan bersifat valid dan logis. Dalam penerapan DoE, beberapa tujuan yang dapat dicapai pada tahap analisis antara lain:

- a. Mengidentifikasi parameter desain atau variabel proses yang berpengaruh terhadap nilai rata-rata hasil eksperimen.

- b. Menentukan parameter desain atau variabel proses yang memengaruhi tingkat variasi hasil eksperimen.
- c. Menetapkan kombinasi parameter yang paling optimal.
- d. Merumuskan peluang perbaikan yang dapat diterapkan berdasarkan hasil analisis.

2.2.6 Full Faktorial Design

FFD adalah metode perancangan eksperimen yang menguji semua kemungkinan kombinasi tingkat dari dua atau lebih faktor secara simultan untuk menganalisis efek utama setiap faktor serta interaksi antar faktor terhadap variabel respons. Metode ini menghasilkan k^n kombinasi percobaan, di mana k merupakan jumlah tingkat per faktor dan n adalah jumlah faktor, sehingga semua efek dapat diidentifikasi secara jelas tanpa kebingungan (jeff, hamada, & michael, 2025). Faktor-faktor seperti variabel kategorikal atau kontinu divariasikan pada tingkat tertentu dengan randomisasi dan replikasi untuk meningkatkan keandalan, diikuti analisis statistik seperti ANOVA untuk menguji signifikansi efek. Kelebihannya terletak pada efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan pendekatan satu factor pada satu waktu, karena mampu mengungkap interaksi faktor yang kompleks, sehingga cocok untuk optimalisasi di bidang teknik, industri, dan penelitian.



Gambar 2. 1 Full Faktorial Design

2.2.7 Uji Normalitas

Dalam pengolahan data, tahap awal yang umum dilakukan untuk mengevaluasi apakah data berdistribusi normal adalah dengan menampilkan sebaran data dalam bentuk grafik, seperti histogram atau *Q-Q plot*. Metode visual ini memudahkan peneliti dalam mengamati karakteristik distribusi data, namun penilaiannya cenderung subjektif karena sangat dipengaruhi oleh persepsi pengamat. Apabila ukuran sampel cukup besar tetapi distribusi data menyimpang dari normalitas, maka keputusan yang dihasilkan dari pengamatan visual saja berpotensi kurang akurat. Oleh sebab itu, telah dikembangkan berbagai pendekatan pengujian normalitas berbasis statistik yang bersifat lebih objektif, antara lain uji *Shapiro-Wilk*, *Kolmogorov-Smirnov*, *Anderson-Darling*, serta metode lainnya, guna menilai normalitas data secara sistematis dan kuantitatif (sianturi, 2025). Berikut Langkah melakukan uji normalitas dengan *Kolmogorov Smirnov*:

1. Mengitung nilai empiris (f_e)

$$F_e(x) = \frac{i}{n} \quad (2.2)$$

2. Mengitung rata – rata sample ($\bar{x}$)

$$(\bar{x}) = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2.3)$$

3. Mengitung simpangan baku (s)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2.4)$$

4. Mengitung nilai z – score

$$Z = \frac{x - \bar{x}}{s} \quad (2.5)$$

5. Mencari nilai $F_t(x)$ = tabel distribusi normal kumulatif

6. Mengitung selisih Absolut

$$D = |F_e(x) - F_t(x)| \quad (2.6)$$

2.2.8 Uji Homogenitas

Uji homogenitas merupakan salah satu teknik statistik yang bertujuan untuk menilai apakah dua atau lebih kelompok sampel berasal dari populasi dengan varians yang setara, sehingga memenuhi asumsi kesamaan variansi. Pengujian ini menjadi bagian penting dari uji prasyarat sebelum penerapan analisis statistik parametrik, seperti *t-test* dan ANOVA,

karena metode tersebut mensyaratkan varians antar kelompok yang dibandingkan bersifat homogen (sonjaya & aliyya, 2025). Dalam praktiknya, uji homogenitas dapat dihitung menggunakan berbagai metode yang umum digunakan, antara lain uji *Harley*, *Cochran*, *Levene*, dan *Bartlett*. Salah satu metode yang sering diterapkan adalah uji *Bartlett*, yang digunakan untuk menguji kesamaan varians pada lebih dari dua kelompok data melalui serangkaian tahapan perhitungan statistik yang sistematis. Langkah-langkah uji homogenitas menggunakan uji *Barlett* sebagai berikut:

Mengitung derajat kebebasan (dk) tiap kelompok

$$dk = n - 1 \quad (2.7)$$

1. Mengitung varians (s) setiap kelompok

$$s_i^2 = \sqrt{\frac{\sum (x_{i-\mu})^2}{N}} \quad (2.8)$$

2. Mengitung besarnya $\log s^2$ untuk setiap kelompok
3. Mengitung besarnya dk. $\log s^2$ untuk setiap kelompok

$$dk. \log s^2 = dk \times \text{Log } s_i^2 \quad (2.9)$$

4. Mengitung nilai varians gabungan semua kelompok

$$s_{gab}^2 = \frac{(\sum dk s_i^2)}{\sum dk} \quad (2.10)$$

5. Mengitung nilai B (*Barlett*)

$$B = \sum \sum dk (s_{gab}^2) \quad (2.11)$$

6. Mengitung nilai χ^2

$$\chi^2 = (\ln 10) [B - (\sum dk \log s_i^2)] \quad (2.12)$$

7. Setelah diperoleh nilai Chi-Kuadrat hitung, nilai tersebut selanjutnya dibandingkan dengan nilai Chi-Kuadrat pada tabel. Data dinyatakan memiliki varians yang homogen apabila nilai Chi-Kuadrat hitung lebih kecil daripada nilai Chi-Kuadrat tabel.

- a. Hipotesis pengujian:

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_3^2 = \dots = \sigma_n^2 \quad (2.13)$$

H_0 : paling sedikit salah satu tanda tidak sama

- b. Kriteria pengujian: jika $X_{hitung}^2 > X_{tabel}^2 (1 - \alpha; db = n - 1)$ maka H_0 ditolak
jika $X_{hitung}^2 > X_{tabel}^2 (1 - \alpha; db = n - 1)$ maka H_0 diterima

2.2.9 Uji ANOVA

ANOVA (*Analysis of Variance*) merupakan metode statistik inferensial yang digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan rata-rata yang signifikan secara statistik pada tiga kelompok atau lebih. Teknik ini bekerja dengan menguraikan total variasi data menjadi variasi antar kelompok dan variasi di dalam kelompok, kemudian menghitung nilai statistik F untuk menilai apakah perbedaan yang terjadi bersifat signifikan atau hanya disebabkan oleh faktor kebetulan. Dalam penerapannya, ANOVA mensyaratkan terpenuhinya asumsi independensi data, distribusi normal, dan kesamaan varians antar kelompok (aghna & ramadhani, 2025). Hasil akhir dari analisis ini berupa nilai F hitung, yang selanjutnya dibandingkan dengan nilai F tabel sebagai dasar pengambilan keputusan statistik.

Tabel 2. 2 ANOVA

Sumber Variasi	Derajat Bebas (db)	SS	MS	F Hitung	% Kontribusi
Faktor A	VA	SSA	MSA	MSA / MSe	SS'A/SST
Faktor B	VB	SSB	MSB	MSB / MSe	SS.B/SST
Interaksi	VA x B	SSA x B	MSA x B	MSA x B/MSE	SS,AxB/SST
Residual	Ve	SSe	MSe		SS,e/SST
Total	VT	SST			100%

Dimana

$$V_A = n_A - 1$$

$$V_B = n_B - 1$$

$$V_A \times V_B = (n_A - 1)(n_B - 1)$$

$$V_T = n - 1$$

$$V_e = V_T - V_A - V_B$$

Dengan:

n_A = jumlah perlakuan untuk faktor A

n_B = jumlah perlakuan untuk faktor B

V_A = derajat kebebasan untuk faktor A

V_B = derajat kebebasan untuk faktor B

$V_A \times V_B$ = derajat kebebasan untuk interaksi faktor AxB

V_T = derajat kebebasan total

V_e = derajat kebebasan kesalahan (error)

CF = *correction facto*

Langkah-langkah perhitungan analisis variansi multi faktor sebagai berikut:

1. Menghitung *Sum of Square* (SS) atau jumlah kuadrat (JK)

a. Total *Sum of Square* (SST) atau jumlah kuadrat total

$$SS_T = [\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n y_{ij}^2] - CF \quad (2.14)$$

Dimana:

CF = *Correction Faktor* = T^2/N

T = jumlah hasil keseluruhan pengamatan

N = jumlah pengamatan

b. *Sum of Square* atau jumlah kuadrat untuk suatu faktor, misal faktor A

$$SS_A = [\sum_{i=1}^k (\frac{A_i^2}{n_A})] - CF \quad (2.15)$$

Dimana:

SS_A = *um of square* faktor a

a_i = jumlah nilai pengamatan di bawah level ke-i faktor a

$n_{\lambda i}$ = banyaknya data pengamatan di bawah level ke-i faktor a

a_i^2 = rata-rata nilai pengamatan di bawah level ke-i faktor a

k_{λ} = banyaknya level faktor a

c. *Sum of Square* ($SS_{A \times B}$) atau jumlah kuadrat interaksi antar faktor

$$SS_{A \times B} = [\sum_{i=1}^k (\frac{A \times B}{n_{A \times B}})^2] - CF - SS_A - SS_B \quad (2.16)$$

d. *Sum of Square error* atau jumlah kuadrat kesalahan

$$SS_e = SST - SS_A - SS_B - SS_{interaks} \quad (2.17)$$

2. Menghitung *degree of freedom* (df) atau derajat bebas

a. *Degree of Freedom* total (dfT)

$$df_r = N - 1 \quad (2.18)$$

b. *Degree of Freedom* suatu factor

$$df_A = K_A - 1 \quad (2.19)$$

c. *Degree of Freedom* Error

$$df_e = df_r - df_{faktor} \quad (2.20)$$

3. Menghitung *mean of square* (Mq)

$$Mq_A = \frac{SSA}{df_A} \quad (2.21)$$

4. Menghitung F ratio

$$F_{ratio} = \frac{Mq}{M_{qe}} \quad (2.22)$$

5. Menghitung *pure of square* (SS')

$$SS' = SS - (df \times M_{qe}) \quad (2.23)$$

6. Menghitung persen kontribusi (P) faktor A

$$P = \left[\frac{SS'}{SS_T} \right] \times 100\% \quad (2.24)$$

2.2.10 *Ratio Signal to Nois* (S/N Rasio)

Signal to Noise Ratio (SNR) merupakan parameter yang digunakan untuk membandingkan besarnya sinyal utama yang diharapkan dengan derau (*noise*) yang tidak diinginkan yang muncul selama proses transmisi atau perekaman sinyal. Nilai SNR umumnya dinyatakan dalam satuan desibel (dB), di mana semakin besar nilai yang diperoleh menunjukkan kualitas sinyal dan kinerja sistem yang semakin baik karena pengaruh noise relatif lebih kecil dibandingkan sinyal yang diinginkan (Nursakina & Syafitri, 2025). Dalam penerapannya, SNR memiliki beberapa jenis rasio S/N yang digunakan sesuai dengan tujuan analisis.

1. *SN ratio smaller the better* (STB)c

Karakteristik kualitas menunjukkan bahwa nilai yang semakin besar mencerminkan tingkat kualitas yang semakin baik. Oleh karena itu, dalam penentuan level faktor yang optimal, nilai *S/N Ratio* yang paling tinggi dipilih sebagai dasar pengambilan keputusan.

Nilai S/N untuk STB adalah:

$$\frac{S}{N_{STB}} = (10 \cdot \log_{10} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right]) \quad (2.25)$$

Dimana:

n = jumlah tes didalam percobaan

y_i = nilai respon dari suplikan ke- i untuk jenis eksperimen tertentu

2. SN ratio nominal the better (NTB)

Karakteristik kualitas ini ditetapkan berdasarkan suatu nilai nominal tertentu, di mana tingkat kualitas dinilai semakin baik apabila nilai yang dihasilkan semakin mendekati nilai nominal yang telah ditentukan.

Nilai S/N untuk NTB adalah:

$$\eta = 10 \log_{10} \left[\frac{\mu^2}{\sigma^2} \right] \quad (2.26)$$

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \mu)^2 \quad (2.27)$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \mu)^2 \quad (2.28)$$

Dimana:

η = *signal to noise ratio* yang memiliki satuan *decibel*

n = jumlah tes di dalam percobaan (trial)

y_i = nilai respon dari suplikan ke- i untuk jenis eksperimen tertentu

3. SN ratio large the better (LTB)

$$\frac{s}{N_{STB}} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right] \quad (2.29)$$

2.2.11 Efek Tiap Faktor

Perhitungan efek dari setiap faktor kendali dilakukan untuk mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap perancangan kualitas produk, sehingga hasil yang diperoleh dapat mendekati nilai target yang diharapkan. Selain itu, proses ini berfungsi untuk menentukan kombinasi parameter yang paling optimal dalam mencapai target tersebut. Analisis dapat dilakukan dengan menghitung nilai rata-rata efek masing-masing faktor, baik berdasarkan respon yang dihasilkan secara langsung maupun berdasarkan nilai *Signal to Noise Ratio* (SNR), yang selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam analisis lanjutan. Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung efek setiap faktor pada level tertentu adalah:

$$efek\ factor = \frac{1}{a} (\sum \eta_0) \quad (2.30)$$

Dimana:

0 = nomor eksperimen yang akan mempunyai 1 level yang sama

a = jumlah munculnya tiap level dalam suatu kolom matriks orthogonal

η = SNR yang digunakan

2.2.12 Multi Respon Signal to Noise (MRSN)

Multi Response Signal to Noise (MRSN) digunakan ketika penelitian melibatkan lebih dari satu variabel respon, minimal dua respon yang perlu dianalisis secara bersamaan. Setiap variabel respon dapat memiliki kombinasi faktor optimum yang berbeda, sehingga diperlukan analisis lanjutan untuk memperoleh solusi terbaik yang mampu memenuhi seluruh respon secara simultan. Umumnya, metode ini menerapkan pendekatan terpadu seperti normalisasi atau pemberian bobot untuk menggabungkan berbagai respon ke dalam satu indeks kinerja. Proses pelaksanaan eksperimen multi respon dengan metode MRSN dilakukan melalui beberapa tahapan yang tersusun secara sistematis, yaitu:

1. Menghitung *quality loss* untuk setiap karakteristik kualitas:

- a. *Large is better*

$$L_y = k \sum_{k=1}^{n_i} \frac{1}{y_{ijk}^2} \quad (2.31)$$

- b. *Nominal The Best*

$$L_y = k \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^{n_i} (y_{ijk} - m)^2 \quad (2.32)$$

- c. *Smaller The Best*

$$L_{ijk} = k \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^{n_i} y_{ijk}^2 \quad (2.33)$$

Dimana:

L_y = *quality loss* untuk respon ke-i, trial ke-j

L_{ijk} = data untuk respon ke-i, replikasi ke-k

n_i = replikasi untuk respon ke-i

k = koefisien dari *quality loss*

m = nilai target

2. Menentukan nilai *respon to noise ratio* (MRSN)

- a. Menentukan *quality loss* maksimum untuk tiap respon
- b. Normalisasi *quality loss* tiap eksperimen

$$C_{ij} = \frac{L_{ij}}{L_i} \quad (2.34)$$

Dimana:

C_{ij} = *normalized quality loss* untuk respon ke-i, pada trial ke-j

$$L_{ij} = \max \{Li1, Li2, \dots, Lij\}$$

- c. Menghitung total *normalized quality loss* (TNQL) setiap eksperimen.

$$TQNL_i = \sum_{k=1}^m w_i \times C_{ij} \quad (2.35)$$

Dimana:

W_i = bobot normalisasi respon ke-i

- d. Menghitung MRSN ratio setiap eksperimen

$$MRSN_j = -10 \log (TQNL_i) \quad (2.36)$$

3. Penentuan kombinasi level faktor yang paling optimal dilakukan dengan mengacu pada nilai MRSN tertinggi. Tahapan yang dilakukan meliputi:
 - a. Menyusun tabel respon serta grafik respon berdasarkan nilai MRSN.
 - b. Mengidentifikasi faktor kendali yang memberikan pengaruh signifikan terhadap nilai MRSN.
 - c. Menetapkan level optimal dari setiap faktor kendali berdasarkan nilai MRSN terbesar.
4. Melakukan eksperimen konfirmasi
 Hasil dari eksperimen konfirmasi digunakan untuk memverifikasi apakah kombinasi level faktor optimal yang telah diperoleh dapat diaplikasikan secara konsisten dan layak diterapkan dalam skala industri.

2.2.13 Rancang Bangun

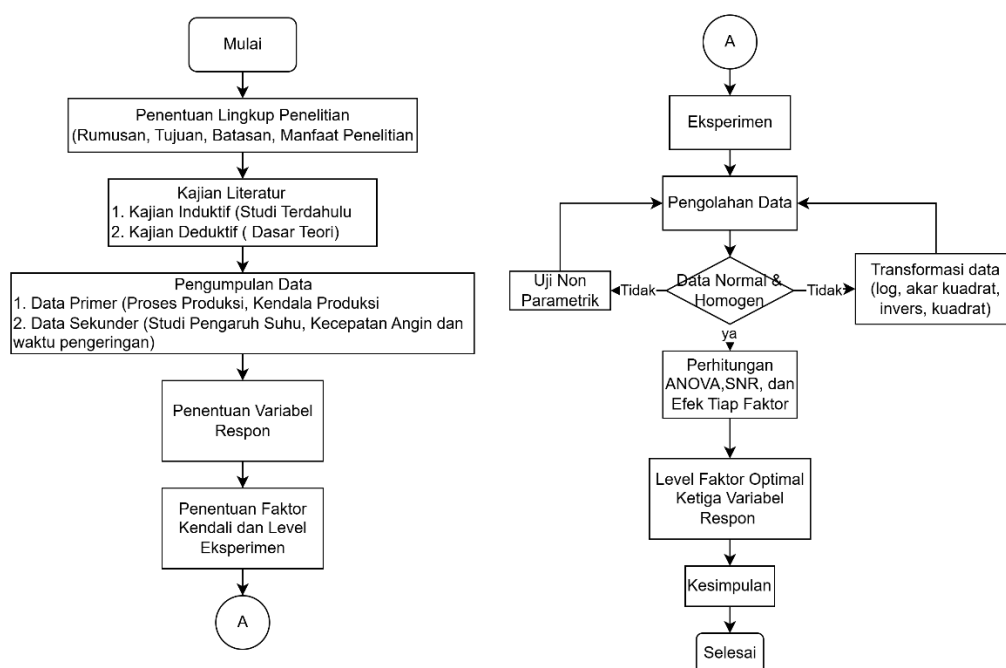
Rancang bangun merupakan suatu tahapan kerja yang dilakukan secara terstruktur, mencakup kegiatan perencanaan, perancangan, serta pembuatan atau pengembangan suatu sistem, produk, maupun perangkat lunak berdasarkan hasil analisis kebutuhan. Proses ini bertujuan untuk menghasilkan solusi yang mampu memenuhi kebutuhan tertentu dan berfungsi secara optimal. Pelaksanaannya dapat berupa pengembangan sistem baru ataupun penyempurnaan terhadap sistem yang telah ada, melalui tahapan mulai dari perancangan konsep hingga implementasi akhir, dan umum diterapkan dalam kegiatan penelitian dan pengembangan di bidang teknologi, rekayasa, serta sistem informasi (Gunawan & Prastyawan, 2021).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Diagram Penelitian

Diagram alir penelitian merupakan representasi tahapan penelitian yang disusun secara sistematis dan berurutan. Keberadaan diagram ini membantu mengarahkan jalannya penelitian serta memudahkan peneliti dalam menyusun laporan. Adapun tahapan penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Diagram Penelitian

3.2. Pengumpulan Data

3.2.1 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan kegiatan menghimpun informasi yang dibutuhkan untuk mendukung pelaksanaan penelitian. Tahap ini memegang peranan penting dalam metode ilmiah karena data yang diperoleh digunakan untuk menguji hipotesis yang telah ditetapkan sebelumnya (mazhar & anjum, 2021). Oleh karena itu, kualitas dan ketepatan data menjadi faktor penentu yang sangat berpengaruh terhadap keabsahan hasil penelitian. Adapun metode pengumpulan data yang diterapkan dalam penelitian ini meliputi:

1. Wawancara

Pengumpulan data melalui metode wawancara pada penelitian ini dilakukan dengan tanya jawab secara langsung kepada pemilik usaha maupun pekerja di lapangan guna memperoleh

informasi yang relevan dengan permasalahan yang diteliti. Data yang dihimpun meliputi jenis lemon yang digunakan, tahapan proses pembuatan, durasi waktu pengeringan, serta informasi pendukung lainnya.

2. Observasi dan Eksperimen

Observasi merupakan metode pengumpulan data yang dilakukan melalui pengamatan langsung terhadap objek yang diteliti atau dieksperimentasikan. Observasi dapat diartikan sebagai proses memilih, mencatat, mengolah, dan mengodekan berbagai perilaku serta kondisi yang relevan. Dalam penelitian ini, observasi dilakukan secara langsung untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi hasil pengeringan *dry lemon*. Selain itu, percobaan dilaksanakan berdasarkan kombinasi level faktor yang telah dirancang dan dipilih sebelumnya.

3. Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan untuk menambah wawasan serta memperdalam pemahaman terhadap berbagai konsep yang menjadi landasan dan acuan dalam pelaksanaan penelitian. Metode ini juga berfungsi sebagai teknik pengumpulan data sekunder guna mendukung penelitian. Studi pustaka dilakukan dengan menghimpun informasi dari berbagai sumber, seperti buku dan karya ilmiah terdahulu, yang berkaitan dengan alat pengering, suhu operasional, kecepatan aliran udara, serta penerapan metode DoE. Tujuan dari kegiatan ini adalah memperoleh fakta yang relevan dan memahami konsep metode yang digunakan dalam penelitian.

4. Dokumentasi

Dokumentasi merupakan metode non-interaktif yang dimanfaatkan peneliti untuk memperkuat data yang telah dikumpulkan. Pada penelitian ini, dokumentasi dilakukan selama kegiatan observasi dan eksperimen guna mencatat serta merekam setiap tahapan dan hasil yang berkaitan dengan pelaksanaan penelitian.

3.2.2 Jenis dan Sumber Data

Sumber data memiliki peran yang krusial dalam suatu penelitian karena menjadi dasar dalam pengolahan informasi, analisis, hingga penarikan kesimpulan. Berdasarkan asalnya, sumber data dalam penelitian diklasifikasikan menjadi dua kategori utama, yakni data primer dan data sekunder.

1. Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung oleh peneliti melalui pelaksanaan eksperimen yang dilakukan. Data ini dikumpulkan untuk menjawab rumusan masalah yang telah ditetapkan dalam penelitian. Pengumpulan data primer menjadi bagian internal dari proses penelitian dan berperan penting dalam mendukung pengambilan keputusan. Pada penelitian ini, data primer meliputi hasil wawancara, temuan observasi di lapangan, serta data eksperimen yang relevan. Secara lebih rinci, data tersebut mencakup informasi hasil wawancara terkait permasalahan UMKM dan proses produksi *dry lemon*, serta data observasi eksperimen mengenai kombinasi suhu dan kecepatan aliran udara yang paling efisien dalam proses produksi.

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh peneliti dari berbagai sumber yang telah tersedia sebelumnya. Data ini dimanfaatkan untuk melengkapi dan memperkuat informasi yang berasal dari data primer, serta umumnya bersumber dari bahan pustaka, literatur ilmiah, hasil penelitian terdahulu, buku, dan sumber relevan lainnya.

3.3 Perencanaan Experiment *Full* Faktorial

3.3.1 Indikasi faktor tujuan yang akan di optimalkan

Setelah karakteristik kualitas, faktor *noise*, serta metode pengukurannya ditetapkan dengan jelas, tahap berikutnya adalah menentukan faktor tujuan atau variabel respon. Pada umumnya, setiap karakteristik kualitas memiliki target pencapaian tertentu. Variabel respon atau karakteristik kualitas tersebut dapat diukur dan dievaluasi dengan membandingkannya terhadap standar yang telah ditentukan. Respon ini merepresentasikan parameter kinerja yang digunakan untuk menilai keberhasilan pelaksanaan eksperimen. Dalam penelitian ini, variabel respon yang digunakan yaitu bobot susut produk yang sesuai dengan standar yang berlaku.

3.3.2 Pembuatan Prototype

Prototipe merupakan model awal atau versi percobaan dari suatu produk, sistem, maupun gagasan yang dikembangkan untuk menguji serta memperlihatkan cara kerja desain akhir. Pembuatan prototipe bertujuan memperoleh umpan balik awal dari pengguna atau penguji, sehingga perbaikan dan penyempurnaan dapat dilakukan sebelum tahap produksi akhir. Prototipe dapat diwujudkan dalam bentuk fisik, digital, maupun interaktif, bergantung pada jenis produk atau sistem yang dikembangkan.

3.3.3 Identifikasi faktor kendali dan levelnya

Faktor kendali (*control factors*) merupakan variabel proses yang dapat diatur dan dikendalikan nilainya selama eksperimen, serta diduga memiliki pengaruh signifikan terhadap variabel respon yang diamati. Pada penelitian ini, variabel respon yang digunakan yaitu bobot susut *dry lemon*. Setelah variabel respon ditetapkan, langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi faktor kendali yang berpotensi memengaruhi hasil pengeringan lemon.

Dalam proses pengeringan lemon, terdapat berbagai faktor yang dapat memengaruhi bobot susut. Faktor bahan baku seperti kadar air awal lemon, tingkat kematangan buah dan ketebalan irisan sangat berpengaruh terhadap bobot susut saat pengeringan. Selain itu, kondisi lingkungan, seperti kelembapan udara dan suhu sekitar, turut memengaruhi efektivitas proses pengeringan, terutama pada sistem pengeringan terbuka atau semi-tertutup.

Dari sisi teknis peralatan, suhu udara, kecepatan aliran udara dan waktu pengeringan merupakan faktor yang paling krusial dalam proses pengeringan lemon untuk mencapai bobot susut yang paking optimal. Suhu udara yang lebih tinggi menyediakan energi panas yang lebih besar untuk mempercepat proses evaporasi air dari jaringan lemon. Oleh karena itu, pengaturan suhu harus dilakukan secara hati-hati agar proses pengeringan berlangsung cepat tanpa menurunkan kualitas produk.

Kecepatan aliran udara berperan dalam membawa uap air yang telah menguap dari permukaan irisan lemon keluar dari ruang pengering. Aliran udara yang cukup akan mempercepat laju pengeringan dan membantu menjaga distribusi suhu yang lebih merata di dalam ruang pengering. Namun, aliran udara yang terlalu tinggi dapat menyebabkan pengeringan permukaan yang terlalu cepat, sehingga bagian dalam irisan lemon masih mengandung air yang tinggi.

Berdasarkan pertimbangan tersebut, pada penelitian ini ditetapkan dua faktor kendali utama, yaitu suhu udara pengering dan kecepatan aliran udara pengeringan, untuk digunakan dalam eksperimen *Design of Experiments* (DoE). Pemilihan level pada masing-masing faktor ditentukan berdasarkan studi literatur dan karakteristik proses pengeringan lemon, di mana pada eksperimen desain faktorial penuh umumnya digunakan tiga level pada setiap faktor kendali guna memperoleh kombinasi parameter yang optimal serta menggambarkan pengaruh masing-masing faktor secara lebih komprehensif.

3.3.4 Penentuan Kombinasi Eksperimen

Pemilihan kombinasi eksperimen ditentukan oleh jumlah faktor yang diteliti, kemungkinan interaksi antar faktor, serta nilai level pada masing-masing faktor. Jumlah level yang digunakan pada setiap faktor juga perlu diperhatikan agar pengaruh faktor dapat dianalisis secara menyeluruh. Pada penelitian ini digunakan dua faktor kendali dengan tiga level pada setiap faktor, sehingga rancangan eksperimen yang diterapkan adalah desain faktorial penuh (3^3) dengan mengombinasikan seluruh faktor kendali dan level yang ditetapkan.

3.3.5 Pelaksanaan Eksperimen

Pelaksanaan eksperimen dilakukan berdasarkan jumlah kombinasi perlakuan yang telah ditentukan, dengan jumlah percobaan disesuaikan terhadap banyaknya replikasi serta urutan pelaksanaan yang telah diacak. Pada tahap ini, proses eksperimen dilakukan dengan menggunakan tiga faktor kendali yang masing-masing memiliki tiga level, serta dua kali replikasi pada proses pengeringan *dry lemon*. Data yang dihasilkan berupa bobot susut *dry lemon*, yang selanjutnya akan diolah dan dianalisis untuk mengevaluasi pengaruh faktor-faktor yang diteliti.

3.3.6 Pengolahan Data Eksperimen

Pada tahap pengolahan data hasil eksperimen, dilakukan beberapa pengujian statistik untuk memperoleh analisis yang lebih mendalam. Pengujian yang digunakan meliputi uji normalitas, uji homogenitas, dan analisis varians (ANOVA). Selain pengujian statistik, perhitungan *Signal to Noise Ratio* (SNR) diterapkan untuk menentukan kombinasi level faktor yang optimal, sedangkan *Multi Response Signal to Noise Ratio* (MRSN) digunakan untuk mengidentifikasi kombinasi level terbaik pada kondisi dengan lebih dari satu variabel respon. Tahapan-tahapan tersebut digunakan sebagai dasar dalam analisis hasil eksperimen.

3.3.7 Uji Normalitas

Uji normalitas digunakan untuk mengetahui apakah data yang diperoleh mengikuti atau mendekati distribusi normal, yang merupakan salah satu asumsi utama dalam penerapan analisis statistik parametrik. Apabila metode parametrik digunakan, maka data yang dianalisis harus memenuhi asumsi normalitas. Setelah data hasil eksperimen diperoleh dari sejumlah replikasi pada masing-masing variabel respon, tahap selanjutnya adalah melakukan uji normalitas.

Pada penelitian ini, uji normalitas diterapkan pada data bobot susut lemon yang dihasilkan dari setiap kombinasi perlakuan dalam eksperimen. Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa data berdistribusi normal sehingga analisis dapat dilanjutkan ke tahap berikutnya, yaitu uji homogenitas.

3.3.8 Uji Homogenitas

Uji homogenitas merupakan pengujian statistik yang digunakan untuk mengetahui apakah varians dari dua atau lebih kelompok data memiliki kesamaan atau bersifat homogen, yang menjadi salah satu prasyarat dalam analisis statistik seperti uji *t – test* independen maupun ANOVA (usmadi, 2020). Pada penelitian ini, uji homogenitas diterapkan pada data bobot susut yang diperoleh dari setiap kombinasi perlakuan pada tahap eksperimen sebelumnya. Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa data memiliki varians yang seragam, sehingga dapat dilanjutkan ke tahap analisis ANOVA.

3.3.9 Uji ANOVA

Uji ANOVA (*Analysis of Variance*) merupakan teknik statistik yang digunakan untuk menguji perbedaan nilai rata-rata antara tiga atau lebih kelompok data dengan cara membagi variasi total menjadi variasi antar kelompok dan variasi di dalam kelompok (nainggolan & hutapea, 2025). Metode ANOVA dapat diterapkan pada data dengan jumlah sampel yang sama maupun berbeda pada setiap kelompok. Dalam penerapannya, data penelitian perlu dikelompokkan berdasarkan kriteria tertentu, kemudian dianalisis tingkat variasinya melalui pengukuran variansi dan simpangan baku sebagai dasar dalam menentukan perbedaan antar kelompok.

3.3.10 Perhitungan Nilai SNR dan Efek Tiap Faktor

Setelah data hasil eksperimen memenuhi asumsi normalitas dan homogenitas, tahap berikutnya adalah melakukan perhitungan *Signal to Noise Ratio* (SNR) serta analisis pengaruh masing-masing faktor kendali. Nilai SNR dihitung sesuai dengan karakteristik respon yang digunakan, seperti *Lower the Better*, *Smaller the Better*, atau *Nominal the Best*. Selanjutnya, analisis efek faktor dilakukan untuk mengetahui tingkat pengaruh setiap faktor kendali dalam mereduksi variasi atau gangguan (*noise*) pada respon yang diamati. Pada kondisi eksperimen dengan lebih dari satu variabel respon, kombinasi level terbaik untuk setiap respon tidak selalu sama, sehingga diperlukan analisis lanjutan menggunakan metode *Multi Response Signal to Noise*

Ratio (MRSN) untuk memperoleh kombinasi parameter yang paling optimal secara keseluruhan.

3.3.11 Perhitungan Multi respon signal to ratio (MRSN)

Berdasarkan nilai MRSN yang diperoleh, prediksi hasil eksperimen ditentukan dengan memilih nilai terbesar sebagai dasar dalam menetapkan kondisi optimal pada eksperimen dengan multi respon. Setelah kondisi optimal ditetapkan, dilakukan eksperimen konfirmasi untuk memastikan kesesuaian antara hasil prediksi dan hasil aktual. Dalam proses perhitungan MRSN, terdapat beberapa tahapan yang harus dilakukan, yaitu sebagai berikut:

1. Menghitung *quality loss* untuk menentukan nilai kerugian kualitas maksimum pada setiap variabel respon. *Quality loss* digunakan sebagai ukuran untuk mengevaluasi tingkat penyimpangan kualitas pada masing-masing respon.
2. nilai *quality loss* kemudian dinormalisasi agar setiap respon berada pada skala yang sama. Proses normalisasi ini bertujuan untuk mengurangi pengaruh perbedaan skala antar respon, sehingga nilai penurunan kualitas berada pada rentang 0 hingga 1 dan dapat dijumlahkan secara langsung.
3. Menghitung total *Normalized Quality Loss* (TNQL) dengan menjumlahkan nilai *quality loss* yang telah dinormalisasi untuk seluruh respon. Pada tahap ini, tingkat kepentingan masing-masing respon diperhitungkan melalui pemberian bobot sesuai dengan dominasi dan prioritas respon tersebut.
4. Menghitung nilai rasio MRSN untuk setiap kombinasi eksperimen, yang selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam penentuan kondisi proses yang paling optimal.

3.4 Analisis dan Pembahasan

Pada tahap ini dilakukan pembahasan terhadap hasil pengolahan data yang meliputi uji normalitas, uji homogenitas, analisis ANOVA, perhitungan *Signal to Noise Ratio* (SNR), serta analisis pengaruh masing-masing faktor kendali. Selain itu, dilakukan pula evaluasi terhadap hasil perhitungan *Multi Response Signal to Noise Ratio* (MRSN). Hasil analisis tersebut digunakan untuk menentukan level optimal dari faktor kendali berdasarkan nilai MRSN tertinggi. Selanjutnya, hasil uji beda dianalisis untuk menunjukkan bahwa kondisi optimal yang diperoleh mampu meningkatkan kualitas variabel respon secara signifikan.

3.5 Kesimpulan dan Saran

Pada tahap kesimpulan dan saran, disajikan hasil temuan penelitian yang menjawab rumusan masalah yang telah ditetapkan, disertai rekomendasi perbaikan yang dapat diterapkan oleh UMKM guna meningkatkan kualitas produk. Selain itu, penelitian ini juga memberikan saran bagi peneliti selanjutnya sebagai bahan pengembangan dan penyempurnaan penelitian di masa mendatang.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini mencakup data kuantitatif dan data kualitatif. Data kuantitatif diperoleh dari pelaksanaan eksperimen pengeringan lemon yang dilakukan berdasarkan kombinasi faktor dan level yang telah ditetapkan sebelumnya. Sementara itu, data kualitatif meliputi tahapan proses produksi, perancangan respon penelitian, penentuan faktor kendali, penetapan level faktor, serta penyusunan kombinasi parameter eksperimen.

4.1.1 Penentuan Objek Eksperimen

Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan melalui metode wawancara dengan pemilik dan karyawan UMKM, diperoleh informasi mengenai jenis lemon yang digunakan dalam proses produksi, yaitu lemon lokal dan lemon California. Informasi ini menjadi dasar dalam penentuan bahan baku penelitian, sehingga kedua jenis lemon tersebut dipilih dan digunakan sebagai objek dalam pelaksanaan eksperimen, guna mengetahui pengaruh perbedaan jenis lemon terhadap hasil pengeringan yang dilakukan.

4.1.2 Penentuan Variabel Respon

Variabel respons merupakan variabel dependen yang nilainya dipengaruhi oleh tingkat faktor maupun kombinasi antar tingkat faktor dalam suatu eksperimen. Pada umumnya, setiap karakteristik kualitas memiliki target tertentu yang ingin dicapai dan dapat diukur serta disesuaikan dengan standar yang telah ditetapkan. Variabel respons juga dapat dipahami sebagai parameter yang digunakan untuk menilai keberhasilan kinerja suatu eksperimen. Berdasarkan permasalahan yang dihadapi oleh UMKM, penelitian ini menetapkan variabel respons berupa penyusutan yang paling optimal 85% atau masa sisa 15%.

4.1.3 Pembuatan Prototipe

Setelah penentuan faktor kendali dan level yang digunakan dalam penelitian, tahap selanjutnya adalah mempersiapkan prototipe alat pengering lemon yang akan digunakan dalam pelaksanaan eksperimen. Prototipe ini dirancang untuk menghasilkan kondisi pengeringan yang stabil dan terkontrol guna mendukung pelaksanaan eksperimen secara konsisten. Faktor kendali utama

yang digunakan dalam penelitian ini adalah suhu pengeringan dan kecepatan udara, masing-masing terdiri atas tiga level variasi yang telah ditetapkan sebelumnya.

Pengaturan suhu pengeringan dilakukan menggunakan pengatur suhu (*temperature controller*) yang berfungsi untuk menjaga suhu di dalam ruang pengering tetap berada pada nilai yang telah ditentukan. Suhu di dalam ruang pengering dipantau oleh sensor suhu yang terhubung langsung dengan pengatur suhu. Ketika suhu telah mencapai nilai yang disetel, pengatur suhu secara otomatis akan memutus aliran listrik ke elemen pemanas sehingga proses pemanasan berhenti. Sebaliknya, apabila suhu turun di bawah nilai yang ditetapkan, pengatur suhu akan kembali mengaktifkan elemen pemanas hingga suhu ruang pengering mencapai nilai yang diinginkan. Mekanisme ini diterapkan untuk setiap level suhu pengeringan, yaitu 35°C, 40°C, dan 45°C sesuai dengan rancangan eksperimen.

Selain pengaturan suhu, prototipe alat pengering lemon dilengkapi dengan sistem pengaturan aliran udara. Aliran udara dihasilkan oleh blower yang kecepatannya diatur secara manual sebelum eksperimen dilakukan. Pengukuran kecepatan udara dilakukan menggunakan anemometer hingga diperoleh kecepatan udara sebesar 3 m/s, 4 m/s, dan 5 m/s sesuai dengan level faktor kendali yang telah ditentukan. Pengaturan aliran udara ini bertujuan untuk memastikan distribusi panas yang merata serta membantu proses penguapan penyusutan bobot pada irisan lemon selama proses pengeringan berlangsung. Kemudian ditetapkan waktu pengeringan sama 7 jam, 10 jam dan 13 jam.

4.1.4 Penentuan Faktor dan Level Eksperimen

Tabel berikut menyajikan faktor kendali yang digunakan dalam eksperimen beserta tingkat level masing-masing. Penentuan nilai suhu, kecepatan udara dan waktu pengeringan pada proses pengeringan didasarkan pada hasil studi literatur yang telah dilakukan, sehingga diperoleh acuan yang relevan sebagai dasar pemilihan parameter eksperimen. Pengaruh variasi suhu, kecepatan udara dan waktu pengeringan dalam proses pengeringan telah banyak dikaji dalam berbagai penelitian. (sukardi & syahrul, 2017) melaporkan penggunaan beberapa tingkat kecepatan aliran udara, yaitu 3 m/s, 4 m/s, dan 5 m/s, dengan suhu pengeringan berkisar antara 40°C hingga 50°C pada pengeringan gabah. Sementara itu, (Luqmanul, 2024) menerapkan rentang suhu yang lebih rendah, yakni 30°C sampai 40°C, dalam proses pengeringan permen jelly. Mengacu pada hasil dan pendekatan dari penelitian-penelitian tersebut, penelitian ini menetapkan faktor kendali beserta level yang digunakan dalam eksperimen sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Faktor kendali dan level eksperimen

Faktor Kendali	kode	Level			Refrensi
		1	2	3	
Suhu Udara	A	35	40	45	(Hakim, 2024)
Kecepatan Udara	B	3 m/s	4 m/s	5 m/s	(sukardi & syahrul, 2017)
Waktu Pengeringan	C	7 jam	10 jam	13 jam	

4.1.5 Penentuan Kombinasi Eksperimen

Penelitian ini menerapkan metode *Design of Experiments* (DoE) dengan rancangan faktorial penuh, yaitu 3^3 , sehingga diperoleh sebanyak 27 kombinasi perlakuan yang masing-masing dilakukan dengan dua kali replikasi. Eksperimen ini melibatkan 3 faktor kendali, yaitu suhu pengeringan, kecepatan udara dan waktu pengeringan, yang masing-masing terdiri atas tiga tingkat variasi. suhu yang digunakan adalah 35°C, 40°C, dan 45°C, sedangkan level kecepatan udara ditetapkan sebesar 3 m/s, 4 m/s, dan 5 m/s dan Waktu Pengeringan 7 jam, 10 jam dan 13 jam. Kombinasi perlakuan untuk setiap percobaan disusun berdasarkan faktor kendali dan level yang telah ditentukan sebagai berikut:

Tabel 4. 2 Kombinasi Eksperimen

Trial	Kolom NO		
	A	B	C
1	A1	B1	C1
2	A1	B1	C2
3	A1	B1	C3
4	A1	B2	C1
5	A1	B2	C2
6	A1	B2	C3
7	A1	B3	C1
8	A1	B3	C2
9	A1	B3	C3
10	A2	B1	C1
11	A2	B1	C2

Trial NO	Kolom NO		
	A	B	C
12	A2	B1	C3
13	A2	B2	C1
14	A2	B2	C2
15	A2	B2	C3
16	A2	B3	C1
17	A2	B3	C2
18	A2	B3	C3
19	A3	B1	C1
20	A3	B1	C2
21	A3	B1	C3
22	A3	B2	C1
23	A3	B2	C2
24	A3	B2	C3
25	A3	B3	C1
26	A3	B3	C2
27	A3	B3	C3

4.1.6 Pelaksanaan Eksperimen

Tahapan pelaksanaan eksperimen dilakukan sebagai proses pengambilan data berdasarkan kombinasi parameter yang telah dirancang sebelumnya. Data yang dihasilkan diperoleh dari proses pengeringan dan dicatat sesuai dengan variabel respons yang telah ditetapkan dalam penelitian.

Tabel 4. 3 Berat Awal dan Berat Akhir *dry lemon*

Berat Awal (g)	Berat Akhir R1 (g)	Berat Akhir R2 (g)
50	9,15	9,04
50	8,93	8,93
50	8,72	8,82
50	9,15	9,15
50	8,93	8,72
50	8,93	9,04
50	9,15	8,93

Berat Awal (g)	Berat Akhir R1 (g)	Berat Akhir R2 (g)
50	8,93	8,93
50	8,62	8,62
50	8,93	8,82
50	8,72	8,93
50	8,52	8,52
50	8,93	9,04
50	8,72	8,62
50	8,52	8,52
50	8,72	8,72
50	8,72	8,82
50	8,43	8,33
50	8,72	8,82
50	8,52	8,52
50	8,33	8,43
50	8,72	8,62
50	8,52	8,52
50	8,33	8,33
50	8,62	8,72
50	8,43	8,43
50	8,24	8,33

Setelah pelaksanaan eksperimen pengeringan berdasarkan kombinasi faktor dan level yang telah ditetapkan, dilakukan pemeriksaan terhadap kondisi hasil pengeringan lemon.

Pengecekan kondisi lemon kering dilakukan pemeriksaan bobot susut untuk memastikan tingkat kekeringan lemon. Lemon yang bobot susutnya di bawah 80% menunjukkan proses pengeringan yang belum optimal dan bobot susut yang mendekati 85% adalah kondisi yang paling optimal.

Tabel 4. 4 Bobot Susut *Dry Lemon*

Trial No	Bobot susut					
	Coloum No			Data Percobaan		Rata - Rata
	1	2				
	Faktor Kendali			Rep 1	Rep 2	
	A	B	C	%	%	%
1	A1	B1	C1	81,7	81,92	81,81
2	A1	B1	C2	82,14	82,14	82,14
3	A1	B1	C3	82,56	82,36	82,46
4	A1	B2	C1	81,7	81,7	81,7
5	A1	B2	C2	82,14	82,56	82,35
6	A1	B2	C3	82,14	81,92	82,03
7	A1	B3	C1	81,7	82,14	81,92
8	A1	B3	C2	82,14	82,14	82,14
9	A1	B3	C3	82,76	82,76	82,76
10	A2	B1	C1	82,14	82,36	82,25
11	A2	B1	C2	82,56	82,14	82,35
12	A2	B1	C3	82,96	82,96	82,96
13	A2	B2	C1	82,14	81,92	82,03
14	A2	B2	C2	82,56	82,76	82,66
15	A2	B2	C3	82,96	82,96	82,96
16	A2	B3	C1	82,56	82,56	82,56
17	A2	B3	C2	82,56	82,36	82,46
18	A2	B3	C3	83,14	83,34	83,24
19	A3	B1	C1	82,56	82,36	82,46
20	A3	B1	C2	82,96	82,96	82,96
21	A3	B1	C3	83,34	83,14	83,24
22	A3	B2	C1	82,56	82,76	82,66
23	A3	B2	C2	82,96	82,96	82,96
24	A3	B2	C3	83,34	83,34	83,34
25	A3	B3	C1	82,76	82,56	82,66
26	A3	B3	C2	83,14	83,14	83,14

Bobot susut						
Trial No	Coloum No			Data Percobaan		Rata - Rata
	1	2				
	Faktor Kendali			Rep 1	Rep 2	
	A	B	C	%	%	%
27	A3	B3	C3	83,52	83,34	83,43



Gambar 4. 1 produk akhir *dry lemon*

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Uji Normalitas

Uji normalitas merupakan salah satu tahap awal yang dilakukan sebelum analisis statistik dilaksanakan. Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi apakah sebaran data sampel telah mengikuti distribusi yang dapat mewakili distribusi populasi secara akurat.

1. Bentuk uji hipotesis sebagai berikut:
 - a. H_0 : Dugaan yang diajukan tidak menunjukkan perbedaan dengan data yang diperoleh dari hasil eksperimen.
 - b. H_1 : Dugaan yang diajukan menunjukkan adanya perbedaan dibandingkan dengan data hasil eksperimen.
2. Kriteria pengujian uji normalitas sebagai berikut:
 - a. Nilai $D_{\max} \leq D_{\text{kritis}}$, maka H_0 Diterima (data berdistribusi normal)

- b. Nilai $D_{\max} \geq D_{\text{kritis}}$, maka H_0 Ditolak (data tidak berdistribusi normal)

Berikut merupakan perhitungan uji normalitas menggunakan *kolmogoros smirnov*.

1. Contoh perhitungan nilai *empiris* (f_e)

$$F_e(x) = \frac{1}{54} = 0,018$$

2. Mengitung rata – rata sampel ($\bar{x}$)

$$\bar{x} = \frac{(81,7 + 81,7 + 81,7 + \dots + 83,52)}{54} = 82,57$$

3. Menghitung simpangan baku sampel (s)

$$S = \sqrt{\frac{(81,7 - 82,57)^2 + (81,7 - 82,57)^2 + \dots + (83,52 - 82,57)^2}{53}}$$

$$= 0,49$$

4. Contoh perhitungan nilai *z-score*

$$Z = \frac{81,7 - 82,57}{0,49} = -1,7828$$

Selanjutnya, nilai Z dihitung untuk setiap kelas data, dan hasil perhitungannya disajikan dalam bentuk tabel.

5. Contoh nilai $F_t(x)$

$$F_t(x) = 0,037$$

Tahap berikutnya adalah melakukan perhitungan nilai $F_t(x)$ pada setiap kelas data, dengan hasil perhitungan tersebut disajikan dalam bentuk tabel.

6. Contoh perhitungan Selisih Absolut

$$D = SSS|0,018 - 0,037| = 0,018$$

Langkah selanjutnya adalah menentukan nilai selisih absolut pada setiap kelas data, dan hasil perhitungannya disajikan dalam tabel.

7. Nilai D maksimum

$$D_{\max} = 0,128$$

8. Nilai Kritis *Kolmogorov-Smirnov* (D_{kritis})

$$D_{\text{kritis}} = 0,309$$

Tabel 4. 5 Tabel Uji Normalitas Bobot Susut Lemon

xi	fi	fkum	fs	z	Ft(x)	Ft-fs	ft-fs
81,7	1	1	0,01852	-1,7828	0,03731	0,018794	0,01879351
81,7	1	2	0,03704	-1,7828	0,03731	0,000275	0,00027499
81,7	1	3	0,05556	-1,7828	0,03731	-0,018244	0,01824353
81,7	1	4	0,07407	-1,7828	0,03731	-0,036762	0,03676205

xi	fi	fkum	fs	z	Ft(x)	Ft-fs	ft-fs
81,92	1	5	0,09259	-1,3365	0,09069	-0,001902	0,00190171
81,92	1	6	0,11111	-1,3365	0,09069	-0,02042	0,02042023
81,92	1	7	0,12963	-1,3365	0,09069	-0,038939	0,03893875
82,14	1	8	0,14815	-0,8903	0,18666	0,038516	0,03851576
82,14	1	9	0,16667	-0,8903	0,18666	0,019997	0,01999724
82,14	1	10	0,18519	-0,8903	0,18666	0,001479	0,00147872
82,14	1	11	0,2037	-0,8903	0,18666	-0,01704	0,0170398
82,14	1	12	0,22222	-0,8903	0,18666	-0,035558	0,03555832
82,14	1	13	0,24074	-0,8903	0,18666	-0,054077	0,05407684
82,14	1	14	0,25926	-0,8903	0,18666	-0,072595	0,07259535
82,14	1	15	0,27778	-0,8903	0,18666	-0,091114	0,09111387
82,14	1	16	0,2963	-0,8903	0,18666	-0,109632	0,10963239
82,14	1	17	0,31481	-0,8903	0,18666	-0,128151	0,12815091
82,36	1	18	0,33333	-0,444	0,32852	-0,004813	0,00481265
82,36	1	19	0,35185	-0,444	0,32852	-0,023331	0,02333117
82,36	1	20	0,37037	-0,444	0,32852	-0,04185	0,04184969
82,36	1	21	0,38889	-0,444	0,32852	-0,060368	0,0603682
82,56	1	22	0,40741	-0,0383	0,48472	0,077311	0,07731091
82,56	1	23	0,42593	-0,0383	0,48472	0,058792	0,05879239
82,56	1	24	0,44444	-0,0383	0,48472	0,040274	0,04027387
82,56	1	25	0,46296	-0,0383	0,48472	0,021755	0,02175536
82,56	1	26	0,48148	-0,0383	0,48472	0,003237	0,00323684
82,56	1	27	0,5	-0,0383	0,48472	-0,015282	0,01528168
82,56	1	28	0,51852	-0,0383	0,48472	-0,0338	0,0338002
82,56	1	29	0,53704	-0,0383	0,48472	-0,052319	0,05231872
82,56	1	30	0,55556	-0,0383	0,48472	-0,070837	0,07083724
82,56	1	31	0,57407	-0,0383	0,48472	-0,089356	0,08935575
82,76	1	32	0,59259	0,36737	0,64333	0,050737	0,05073661
82,76	1	33	0,61111	0,36737	0,64333	0,032218	0,03221809
82,76	1	34	0,62963	0,36737	0,64333	0,0137	0,01369957
82,76	1	35	0,64815	0,36737	0,64333	-0,004819	0,00481894
82,76	1	36	0,66667	0,36737	0,64333	-0,023337	0,02333746

xi	fi	fkum	fs	z	Ft(x)	Ft-fs	ft-fs
82,96	1	37	0,68519	0,77306	0,78026	0,095071	0,09507101
82,96	1	38	0,7037	0,77306	0,78026	0,076552	0,07655249
82,96	1	39	0,72222	0,77306	0,78026	0,058034	0,05803398
82,96	1	40	0,74074	0,77306	0,78026	0,039515	0,03951546
82,96	1	41	0,75926	0,77306	0,78026	0,020997	0,02099694
82,96	1	42	0,77778	0,77306	0,78026	0,002478	0,00247842
82,96	1	43	0,7963	0,77306	0,78026	-0,01604	0,0160401
82,96	1	44	0,81481	0,77306	0,78026	-0,034559	0,03455862
83,14	1	45	0,83333	1,13818	0,87248	0,039143	0,03914335
83,14	1	46	0,85185	1,13818	0,87248	0,020625	0,02062484
83,14	1	47	0,87037	1,13818	0,87248	0,002106	0,00210632
83,14	1	48	0,88889	1,13818	0,87248	(0,016412	0,0164122
83,34	1	49	0,90741	1,54386	0,93869	0,031282	0,03128192
83,34	1	50	0,92593	1,54386	0,93869	0,012763	0,0127634
83,34	1	51	0,94444	1,54386	0,93869	-0,005755	0,00575512
83,34	1	52	0,96296	1,54386	0,93869	-0,024274	0,02427364
83,34	1	53	0,98148	1,54386	0,93869	-0,042792	0,04279216
83,52	1	54	1	1,90898	0,97187	-0,028132	0,02813222

Walaupun uji *Kolmogorov–Smirnov* umumnya lebih direkomendasikan untuk jumlah sampel yang relatif besar (biasanya lebih dari 30 data), dalam kondisi tertentu uji ini masih dapat diterapkan pada ukuran sampel yang lebih kecil, seperti 18 data (Sintia, Pasarella, & Nohe, 2022). Uji *Kolmogorov–Smirnov* juga mampu memberikan gambaran yang cukup rinci dalam membandingkan distribusi data empiris dengan distribusi teoritis, seperti distribusi normal.

Berdasarkan hasil pengujian *Kolmogorov–Smirnov* pada tingkat kepercayaan 95%, diperoleh nilai D maksimum (D_{max}) sebesar 0,128, yang lebih kecil dibandingkan dengan nilai D kritis (D_{kritis}) sebesar 0,309. Hasil ini menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara distribusi data sampel dengan distribusi teoritis yang diharapkan, yaitu distribusi normal. Oleh karena itu, hipotesis H_0 diterima, sehingga data dapat dianggap berdistribusi normal. Dengan terpenuhinya asumsi normalitas, analisis statistik parametrik selanjutnya, seperti uji homogenitas dan ANOVA, dapat dilakukan dengan tepat.

4.2.2 Uji Homogenitas

Setelah hasil pengujian normalitas menunjukkan bahwa data berdistribusi normal, tahap berikutnya adalah melakukan uji homogenitas. Pengujian ini dilakukan untuk menilai apakah data bobot susut memiliki keseragaman varians. Selanjutnya disajikan perhitungan yang digunakan dalam uji homogenitas bobot susut *dry lemon*.

1. Bentuk uji hipotesisnya adalah sebagai berikut:
 - a. H_0 : Tidak ada perbedaan proporsi antara data replikasi (data bersifat homogen).
 - b. H_1 : Ada perbedaan proporsi antara data replikasi (data tidak homogen).
2. Kriteria pengujian adalah sebagai berikut:
 - a. Nilai $X^2 \text{ hitung} \leq X^2 \text{ tabel}$, maka H_0 diterima (data bersifat homogen)
 - b. Nilai $X^2 \text{ hitung} \geq X^2 \text{ tabel}$, maka H_0 ditolak (data tidak homogen)

Berikut ini merupakan perhitungan yang dilakukan untuk uji homogenitas bobot susut lemon:

1. Derajat kebebasan (db) = $27 - 1 = 26$
2. Contoh perhitungan varians (S_i^2)

$$S_i^2 = \sqrt{\frac{\sum (83,52 - 82,58)^2 + (83,14 - 82,58)^2 + \dots + (81,7 - 82,58)^2}{26}}$$

$$= 0,26$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan varians untuk masing-masing data replikasi pengeringan, dengan hasil perhitungan varians tersebut disajikan dalam tabel.

3. Contoh perhitungan $db \times \text{Log} S_i^2 = 26 \times \log 0,26 = -15,15$ untuk data bobot susut rep 1. selanjutnya adalah melakukan perhitungan pada replikasi kedua, dengan hasil perhitungan yang disajikan dalam bentuk tabel.
4. Nilai varians gabungan semua kelompok

$$S^2_{gab} = \frac{(26 \times 0,26) + (26 \times 0,23)}{26 + 26}$$

$$= 0,24$$

5. Nilai Barlett (B) = $(26 + 26) \log 0,24 = -31,5$
6. Nilai *Chi-Square* (X^2) diperoleh = 0,079. Tabel berikut menyajikan hasil perhitungan varians dan nilai *Chi-Square* untuk dua kali replikasi pada proses pengeringan *dry lemon*.

Tabel 4. 6 Uji Homogenitas Data Bobot Susut Lemon

						X ²	
si ²	db = n-1	(ni-1) Si ²	S ² _{gab}	B	(n-1) logSi	X ² Hitung	Tabel (0,05,8)
0,261382	26	6,795941			-15,1508		
0,2340319	26	6,08483			-16,3988		
Total	52	12,88077	0,247707	-31,5152	-31,5497	0,07938	3,841

Karena $X^2_{hitung} < X^2_{tabel}$, maka H_0 diterima. Hal ini menunjukkan bahwa data bobot susut *dry lemon* bersifat homogen atau tidak terdapat perbedaan varians yang signifikan antar data replikasi, sehingga pengolahan data dapat dilanjutkan ke tahap uji ANOVA.

4.2.3 Uji ANOVA

Setelah data memenuhi persyaratan uji normalitas dan uji homogenitas, langkah berikutnya adalah melakukan uji ANOVA terhadap tiga faktor kendali yang ditetapkan. *Analisis varians* (ANOVA) digunakan untuk mengevaluasi apakah factor-faktor tersebut memberikan pengaruh yang signifikan terhadap variabel respons. Pengujian ini dilakukan sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu untuk mengetahui pengaruh faktor kendali terhadap nilai rata-rata hasil respon eksperimen.

- 1) Faktor A (Suhu pengeringan)
 - a. H_0 : tidak ada pengaruh faktor suhu pengeringan terhadap respon
 - b. H_1 : ada pengaruh faktor suhu pengeringan terhadap respon
- 2) Faktor B (Kecepatan Udara)
 - a. H_0 : tidak ada pengaruh kecepatan udara terhadap respon
 - b. H_1 : ada pengaruh kecepatan udara terhadap respon
- 3) Kriteria pengujian ANOVA:
 - a. Apabila $F_{hitung} \leq F_{tabel}$: H_0 diterima (tidak ada pengaruh)
 - b. Apabila $F_{hitung} > F_{tabel}$: H_0 ditolak (ada pengaruh)

Untuk menentukan faktor yang memberikan pengaruh terhadap variabel respons, dilakukan perhitungan sebagai berikut:

1. Nilai harga *Sum of Square* (SS) atau jumlah kuadrat total

2. Total *Sum of Square* (SST)

$$T = (83,52+83,34+\dots+81,7)= 4459,26$$

$$CF = \frac{T^2}{N} = \frac{4459,26^2}{54} = 367,992$$

$$SST = [83,52^2 + 83,34^2 + \dots + 81,7^2] - 368241 = 12,881$$

3. *Sum of Square* untuk faktor A (SSA)

Perhitungan faktor A

$$SSA = \left[\frac{1478^2}{9} + \frac{1486^2}{9} + \frac{1493^2}{9} - \frac{4459^2}{18} \right] = 6,339$$

Untuk perhitungan *Sum of Square* A dan B dapat dilihat pada tabel.

4. *Sum of Square error* (SSE)

$$SSE = 0,5462$$

5. Menghitung *degree of Freedom* (df) atau derajat bebas

a. *Degree of Freedom Total* (dfT)

$$df_r = N - 1 = 54 - 1 = 53$$

b. *Degree of Freedom* untuk faktor A (dfA)

$$df_A = KA - 1 = 3 - 1 = 2$$

c. *Degree of Freedom error* (dfe)

$$df_e = df_r - df_{faktor} = 53 - 26 = 27$$

6. Menghitung *mean of square* (Mq) atau rata-rata kuadrat suatu faktor

$$Mq_a = \frac{SSA}{df_a} = \frac{6,339}{2} = 3,170$$

Kemudian dilakukan perhitungan Mq pada faktor lain, hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel.

7. Menghitung F ratio suatu faktor

$$F_{ratio} = \frac{Mq}{Mqe} = \frac{3,170}{0,020} = 158,48$$

Kemudian dilakukan perhitungan F ratio pada faktor lain, hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel.

8. Menghitung *pure of square* (SS')

$$SS' = 6339 - (2 \times 0,020) = 6,30$$

Kemudian dilakukan perhitungan SS' pada faktor lain, hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel.

9. Menghitung persen kontribusi (P) suatu fakto

$$p = \left[\frac{6,30}{12,88} \right] \times 100\% = 48,90\%$$

Kemudian dilakukan perhitungan persen kontribusi pada faktor lain, hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel.

Tabel 4. 7 Hasil Perhitungan ANOVA Bobot Susut Lemon

variasi sumber	(db)		ms	F		Keputusan	ss'	% kontribusi
	derajat bebas	ss		hitung	tabel			
A(suhu)	2	6,339	3,170	158,48	3,354	Ditolak	6,299378	48,90
B(K. Udara)	2	0,40373333	0,202	10,09	3,354	Ditolak	0,363733	2,82
C(W.Pengeringan)	2	4,5093778	2,255	112,73	3,354	Ditolak	4,469378	34,70
AB	4	0,08128889	0,020	1,02	2,728	Diterima	0,001289	0,01
AC	4	0,22084444	0,055	2,76	2,728	Diterima	0,140844	1,09
BC	4	0,32582222	0,081	4,07	2,728	Ditolak	0,245822	1,91
ABC	8	0,45448889	0,057	2,84	2,305	Ditolak	0,294489	2,29
Residual	27	0,5462	0,020				0,0062	0,05
Total	53	12,881						91,77

Hasil analisis ANOVA menunjukkan bahwa suhu dan waktu pengeringan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap bobot susut lemon. Besarnya kontribusi suhu mencapai 48,9%, kecepatan udara menyumbang 2,8%, sedangkan waktu pengeringan menyumbang 34,7%, Di sisi lain, interaksi antara AB 0,01%, AC 1,09%, BC 1,91% dan ABC 2,29%. Suhu menjadi faktor yang paling dominan, kemudian diikuti oleh waktu pengeringan. Sementara itu, sekitar 0,05% variasi lainnya diduga berasal dari faktor-faktor yang tidak dikendalikan.

4.2.4 Perhitungan Rasio S/N Terhadap Respon Bobot Susut

Perhitungan *Signal to Noise Ratio* (SNR) untuk variabel bobot susut dilakukan dengan menggunakan karakteristik *Normal The Better* (NTB), karena bobot susut di harapkan mendekati atau berada di 85%. Adapun rumus yang digunakan dalam perhitungan tersebut adalah sebagai berikut:

$$\eta = 10 \log_{10} \left[\frac{\mu^2}{\sigma^2} \right]$$

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \mu)^2$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \mu)^2$$

Tabel berikut menyajikan nilai SNR dari seluruh percobaan terhadap variabel respons bobot susut lemon.

Tabel 4. 8 Hasil Perhitungan SNR Bobot Susut lemon Lemon

Trial	A	B	C	y-bar	s2	(y-bar- 85)2	s2+(y-bar- 85)2	SNR
1	1	1	1	81,81	0,0242	10,1761	10,2003	-10,09
2	1	1	2	82,14	0	8,1796	8,1796	-9,13
3	1	1	3	82,46	0,02	6,4516	6,4716	-8,11
4	1	2	1	81,7	0	10,89	10,89	-10,37
5	1	2	2	82,35	0,0882	7,0225	7,1107	-8,52
6	1	2	3	82,03	0,0242	8,8209	8,8451	-9,47
7	1	3	1	81,92	0,0968	9,4864	9,5832	-9,82
8	1	3	2	82,14	0	8,1796	8,1796	-9,13
9	1	3	3	82,76	0	5,0176	5,0176	-7,00
10	2	1	1	82,25	0,0242	7,5625	7,5867	-8,80
11	2	1	2	82,35	0,0882	7,0225	7,1107	-8,52
12	2	1	3	82,96	0	4,1616	4,1616	-6,19
13	2	2	1	82,03	0,0242	8,8209	8,8451	-9,47
14	2	2	2	82,66	0,02	5,4756	5,4956	-7,40
15	2	2	3	82,96	0	4,1616	4,1616	-6,19
16	2	3	1	82,56	0	5,9536	5,9536	-7,75
17	2	3	2	82,46	0,02	6,4516	6,4716	-8,11
18	2	3	3	83,24	0,02	3,0976	3,1176	-4,94
19	3	1	1	82,46	0,02	6,4516	6,4716	-8,11
20	3	1	2	82,96	0	4,1616	4,1616	-6,19
21	3	1	3	83,24	0,02	3,0976	3,1176	-4,94
22	3	2	1	82,66	0,02	5,4756	5,4956	-7,40
23	3	2	2	82,96	0	4,1616	4,1616	-6,19

Trial	A	B	C	y-bar	s2	(y-bar- 85)2	s2+(y-bar- 85)2	SNR
24	3	2	3	83,34	0	2,7556	2,7556	-4,40
25	3	3	1	82,66	0,02	5,4756	5,4956	-7,40
26	3	3	2	83,14	0	3,4596	3,4596	-5,39
27	3	3	3	83,43	0,0162	2,4649	2,4811	-3,95

4.2.5 Penentuan Efek Tiap Faktor

Rumus efek tiap faktor perhitungan:

$$\text{efek factor} = \frac{1}{a} (\sum \text{SNR})$$

Contoh perhitungan efek faktor A level 1

$$\text{efek factor} = \frac{1}{9} = (-10,09 + (-9,13) + (-8,11) + (-10,37) + (-8,52) + (-9,47) + (-9,82) + (9,13) + (-7,00) = -9,07$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan terhadap efek masing-masing faktor pada setiap levelnya, dengan hasil perhitungan yang disajikan dalam tabel.

Tabel berikut menunjukkan besarnya efek faktor terhadap nilai SNR bobot susut lemon, yang menggambarkan sejauh mana masing-masing faktor memberikan pengaruh terhadap bobot susut.

Tabel 4. 9 Parameter Optimal			
Tabel Respon			
	A	B	C
Level 1	-9,07	-7,786	-8,80
Level 2	-7,49	-7,712	-7,62
Level 3	-6,00	-7,053	-6,13
Optimal	A3	B3	C3

Penentuan kondisi optimal dilakukan dengan memilih nilai SNR paling mendekati nol pada setiap level faktor, menggunakan karakteristik *Normal-the-Better*. Berdasarkan pendekatan tersebut, kombinasi level A3 (suhu 45°C), B3 (kecepatan udara 5 m/s) dan C3 (waktu pengeringan 13 Jam) ditetapkan sebagai kondisi optimal yang menghasilkan bobot susut lemon paling optimal yaitu 83,43%.

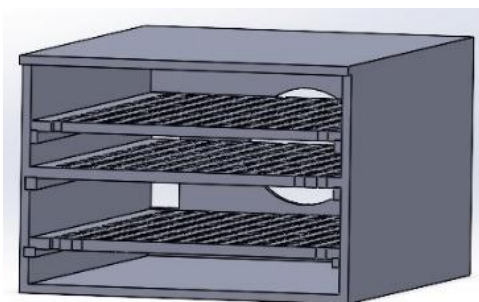
4.3 Variabel Respon Kualitas *Dry Lemon*

Hasil eksperimen menunjukkan bahwa tidak terdapat produk yang mengalami cacat, sehingga seluruh percobaan dinyatakan berhasil. Karena variabel respons terkait tidak menunjukkan adanya kegagalan, maka perhitungan *Multi Response Signal-to-Noise Ratio* (MRSN) tidak perlu dilakukan. Dengan demikian, penentuan kombinasi parameter optimal dalam penelitian ini didasarkan pada hasil analisis *Signal-to-Noise Ratio* (SNR) untuk memperoleh kondisi terbaik pada proses pengeringan *dry lemon*.

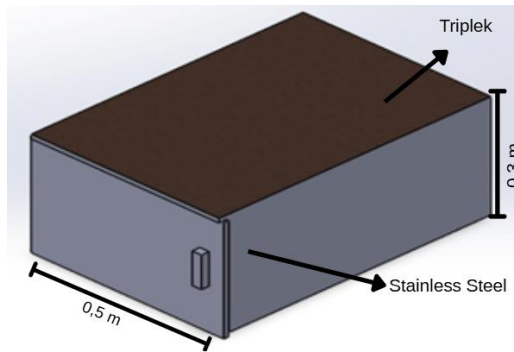
4.4 *Plan the Future Action*

Berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan, terdapat gambaran sistem pengeringan lemon yang dapat direkomendasikan kepada UMKM untuk diimplementasikan guna meningkatkan efisiensi dan konsistensi proses produksi *dry lemon*. Sistem pengeringan yang diusulkan akan menggunakan temperature controller digital, seperti *Inkbird ITC-1000* atau *Omron E5CC*, yang mampu membantu menjaga kestabilan suhu pada titik optimal 45°C sesuai hasil eksperimen tanpa memerlukan pengaturan manual oleh operator. Untuk sumber panas, digunakan *PTC Heater Strip* berkapasitas 1000–1500 W yang mampu mendistribusikan panas secara merata ke seluruh ruang pengering. Sistem sirkulasi udara akan didukung oleh blower dengan pengatur kecepatan elektronik (*speed controller*) yang dapat diatur hingga kecepatan optimal 5 m/s sesuai hasil penelitian ini. Kombinasi antara suhu 45°C, kecepatan udara 5 m/s dan waktu pengeringan 13 jam terbukti menghasilkan bobot susut lemon paling optimal.

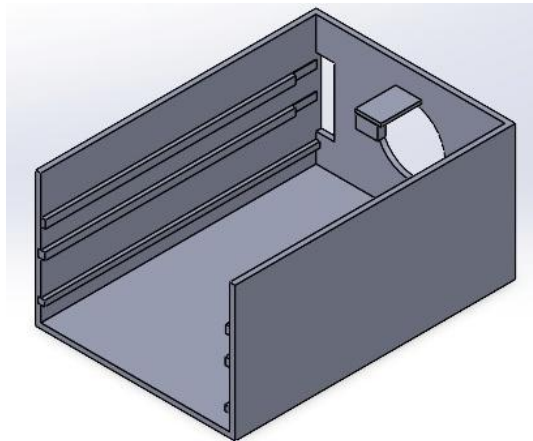
Dengan penerapan sistem ini, UMKM tidak perlu lagi bergantung pada kondisi cuaca maupun melakukan pengaturan parameter secara manual. Proses pengeringan menjadi lebih terstandarisasi, waktu produksi lebih dapat diprediksi, risiko pembusukan akibat pengeringan tidak tuntas berkurang, serta efisiensi penggunaan bahan baku dan tenaga kerja dapat ditingkatkan secara signifikan.



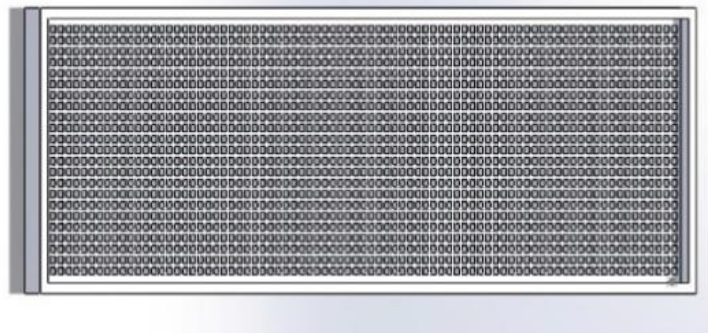
Gambar 4. 2 Interior Ruangan Pengering



Gambar 4. 3 Ruang Pengering



Gambar 4. 4 Isometric View Ruang Pengering



Gambar 4. 5 Papan Pengering

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Analisis Pengumpulan Data

Berdasarkan hasil wawancara dengan pemilik dan tenaga kerja UMKM, teridentifikasi permasalahan utama dalam proses pembuatan *dry lemon* yang terletak pada tahap pengeringan. Proses pengeringan yang tidak tuntas menyebabkan sebagian irisan lemon masih mengandung bobot susut kurang optimal sehingga berpotensi mengalami pembusukan. Permasalahan ini terjadi karena metode pengeringan yang diterapkan masih bersifat tradisional dan belum didukung oleh pengaturan parameter proses yang terukur, seperti temperatur, durasi pengeringan, maupun sirkulasi udara. Irisan lemon hanya diletakkan di atas rak pengering dan dibiarkan mengering secara alami atau menggunakan sumber panas sederhana tanpa kontrol yang memadai, sehingga distribusi panas dan aliran udara tidak merata. Dampaknya, sebagian bagian produk tidak mencapai tingkat kekeringan yang aman, meskipun secara kasat mata terlihat kering. Selain faktor teknis tersebut, lamanya proses pengeringan juga sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca dan tingkat kelembapan udara sekitar. Pada saat cuaca cerah, pengeringan cenderung berlangsung lebih cepat, sedangkan pada musim hujan atau ketika kelembapan tinggi, durasi pengeringan menjadi lebih lama dan sulit diprediksi. Ketidakan stabilan ini meningkatkan kemungkinan produk disimpan sebelum benar-benar mencapai bobot susut yang sesuai, sehingga mempercepat proses kerusakan dan memperpendek umur simpan.

5.1.1 Analisis Penentuan Variabel Respon

Penetapan variabel respon dalam penelitian ini didasarkan pada hasil pengumpulan data yang menunjukkan adanya permasalahan utama pada proses pengeringan lemon. Permasalahan tersebut mencakup bobot susut yang tidak konsisten. Dalam penelitian ini, variabel respon yang digunakan yaitu bobot susut pada lemon yang paling optimal. Bobot susut lemon dicatat pada setiap percobaan.

5.1.2 Analisis Pembuatan Prototipe

Prototipe alat pengering *dry lemon* dirancang untuk menciptakan kondisi pengeringan yang stabil dan terkontrol sesuai dengan parameter yang telah ditetapkan dalam eksperimen. Prototipe ini dilengkapi dengan dua sistem utama, yaitu sistem pengaturan suhu dan sistem pengaturan aliran udara, yang bekerja secara terintegrasi untuk menghasilkan kondisi

pengeringan yang optimal dan konsisten pada setiap percobaan. Sistem pengaturan suhu menggunakan *temperature controller* yang berfungsi menjaga suhu di dalam ruang pengering tetap berada pada nilai yang telah ditentukan, yaitu 35°C, 40°C, dan 45°C. Sensor suhu yang terhubung dengan *temperature controller* memantau kondisi suhu secara *real-time* dan secara otomatis mengaktifkan atau memutus aliran listrik ke elemen pemanas sesuai dengan nilai yang disetel, sehingga suhu pengeringan tetap stabil tanpa memerlukan pengaturan manual yang terus-menerus. Sementara itu, sistem pengaturan aliran udara menggunakan blower yang kecepatannya diatur dan dikonfirmasi menggunakan *anemometer* sebelum setiap percobaan dilakukan hingga diperoleh kecepatan udara sesuai level yang ditetapkan, yaitu 3 m/s, 4 m/s, dan 5 m/s.

Dengan kombinasi kedua sistem tersebut, prototipe alat pengering mampu mereplikasi kondisi eksperimen secara konsisten pada setiap percobaan. Pengaturan suhu dan kecepatan udara yang terukur memastikan bahwa setiap kombinasi perlakuan dilaksanakan pada kondisi yang sesuai dengan rancangan eksperimen, sehingga data yang diperoleh dapat dianalisis secara valid dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.



Gambar 5. 1 Prototipe Ruang Pengering

5.1.3 Analisis Penentuan Faktor dan Level Eksperimen

Dalam proses pengeringan *dry lemon*, aliran udara memegang peranan yang sangat penting karena berfungsi sebagai media yang menyalurkan panas dari sumber pemanas (*heater*) menuju permukaan irisan lemon. Sirkulasi udara yang baik dapat mempercepat terjadinya penguapan kandungan air yang terdapat di dalam jaringan buah. Selain itu, aliran udara juga berfungsi membawa uap air hasil proses pengeringan keluar dari ruang pengering, sehingga tingkat kelembapan di dalam ruang pengering tetap terkontrol. Kondisi tersebut membantu proses pengeringan berlangsung lebih cepat dan merata. Stabilitas aliran udara juga turut menjaga

distribusi suhu di dalam ruang pengering agar tetap seragam, sehingga kualitas produk *dry lemon* yang dihasilkan dapat terjaga dengan baik. Sebelum menetapkan faktor kendali dan level yang digunakan dalam penelitian ini, terlebih dahulu dilakukan studi literatur terhadap teori maupun penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan proses pengeringan produk hortikultura, khususnya buah dengan kandungan air tinggi seperti lemon. Kajian literatur ini bertujuan untuk mengidentifikasi factor-faktor yang berpotensi memengaruhi variabel respon dalam penelitian.

Berdasarkan hasil kajian tersebut, diperoleh 3 faktor kendali utama yang digunakan dalam eksperimen, yaitu suhu udara pengering, kecepatan aliran udara dan waktu pengeringan. Ketiga faktor ini dipilih karena memiliki pengaruh besar terhadap proses perpindahan panas dan perpindahan massa selama pengeringan, yang selanjutnya akan memengaruhi bobot susut lemon yang di hasilkan serta mutu produk akhir. Pada penelitian ini, faktor suhu pengeringan ditetapkan dalam tiga tingkat, yaitu 35°C, 40°C, dan 45°C. Sementara itu, faktor kecepatan aliran udara juga ditentukan dalam tiga tingkat, yaitu 3 m/s, 4 m/s, dan 5 m/s dan waktu pengeringan 7, 10 dan 13 jam. Penentuan variasi level tersebut bertujuan untuk mengetahui kombinasi kondisi pengeringan yang paling efektif dalam menghasilkan Tingkat bobot suut lemon yang optimal.

5.1.4 Analisis Penentuan Kombinasi Eksperimen

Penelitian ini menggunakan tiga faktor kendali yang masing-masing memiliki tiga level, serta dilaksanakan dalam dua kali replikasi. Metode eksperimen yang diterapkan adalah full faktorial, sehingga seluruh kombinasi dari setiap faktor dan level dapat diuji secara lengkap. Pendekatan full faktorial dipilih karena mampu memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai pengaruh utama dari masing-masing faktor serta interaksi antar faktor terhadap variabel respon yang diamati.

Dengan metode ini, dapat dianalisis bagaimana kombinasi antara suhu pengeringan, kecepatan aliran udara dan waktu pengeringan memengaruhi bobot susut. Hasil analisis tersebut kemudian digunakan untuk menentukan parameter pengeringan yang paling optimal guna meningkatkan efisiensi proses serta kualitas produk yang dihasilkan. Pada setiap replikasi dilakukan 27 percobaan, sehingga secara keseluruhan penelitian ini melibatkan 54 kali percobaan eksperimen.

5.1.5 Analisis Eksperimen Full Faktorial

Eksperimen dilakukan untuk menganalisis pengaruh masing-masing faktor serta interaksi antar faktor terhadap bobot susut yang di dapat. Dalam penelitian ini digunakan 3 faktor kendali, yaitu suhu pengeringan yang terdiri dari tiga level (35°C, 40°C, dan 45°C), kecepatan aliran udara dengan tiga level (3 m/s, 4 m/s, dan 5 m/s) serta waktu pengeringan dengan tiga level (7 jam, 10 jam dan 13 jam). Setiap kombinasi perlakuan diuji sebanyak dua kali replikasi sehingga total percobaan yang dilakukan berjumlah 54 eksperimen.

Desain full faktorial dipilih karena mampu memberikan informasi yang lebih lengkap mengenai pengaruh masing-masing faktor secara individual maupun interaksi di antara ketiga faktor terhadap variabel respon yang diamati. Berdasarkan hasil analisis, diketahui bahwa baik suhu pengeringan, kecepatan udara maupun waktu pengeringan berpengaruh terhadap bobot susut lemon. Kombinasi kondisi terbaik diperoleh pada suhu 45°C kecepatan udara 5 m/s dan waktu pengeringan 13 jam, yang menghasilkan bobot susut lemon yang paling mendekati optimal tanpa menimbulkan produk *defect*. Penerapan metode ini memungkinkan peneliti mengidentifikasi kombinasi parameter proses yang paling efektif secara sistematis, sekaligus memberikan dasar yang kuat dalam menentukan perbaikan pada proses pengeringan.

5.2 Analisis Pengolahan Data

Bagian ini meliputi beberapa tahapan analisis statistik, yaitu uji normalitas, uji homogenitas, *analisis of varians* (ANOVA), perhitungan *Signal to Noise Ratio* (SNR), analisis pengaruh masing-masing faktor. kemudian digunakan untuk memperkirakan kombinasi level faktor yang paling optimal dalam proses pengeringan.

5.2.1 Analisis Perhitungan Uji Normalitas

Berdasarkan hasil uji normalitas menggunakan metode *Kolmogorov-Smirnov*, diperoleh nilai D maksimum (D_{max}) sebesar 0,128 dan nilai D kritis (D_{kritis}) sebesar 0,309. Karena $D_{max} (0,11) < D_{kritis} (0,309)$, maka H_0 diterima. Hal ini menunjukkan bahwa data bobot susut *dry lemon* berdistribusi normal, sehingga pengolahan data dapat dilanjutkan ke tahap uji homogenitas dan uji ANOVA.

5.2.2 Analisis Perhitungan Uji Homogenitas

Berdasarkan hasil uji homogenitas menggunakan metode *Bartlett*, diperoleh nilai *Chi-Square* hitung (X^2_{hitung}) sebesar 0,0794 dan nilai *Chi-Square* tabel (X^2_{tabel}) pada derajat kebebasan

1 dengan tingkat kepercayaan 95% sebesar 3,841. Karena $X^2_{hitung} < X^2_{tabel}$, maka H_0 diterima. Hal ini menunjukkan bahwa data bobot susut *dry lemon* bersifat homogen atau tidak terdapat perbedaan varians yang signifikan antar data replikasi, sehingga pengolahan data dapat dilanjutkan ke tahap uji ANOVA.

5.2.3 Analisis Perhitungan Uji ANOVA

Berdasarkan hasil perhitungan ANOVA, diperoleh kesimpulan sebagai berikut: Faktor A (Suhu) menghasilkan F hitung sebesar 158,48 lebih besar dari F tabel 3,354, sehingga H_0 ditolak, yang berarti suhu berpengaruh signifikan terhadap bobot susut *dry lemon* dengan kontribusi sebesar 48,90%. Faktor B (Kecepatan Udara) menghasilkan F hitung sebesar 10,09 lebih besar dari F tabel 3,354, sehingga H_0 ditolak, yang berarti kecepatan udara berpengaruh signifikan dengan kontribusi sebesar 2,82%. Faktor C (waktu pengeringan) menghasilkan F hitung sebesar 112,73 lebih besar dari F tabel 3,354, sehingga H_0 ditolak, yang berarti waktu pengeringan berpengaruh signifikan dengan kontribusi sebesar 34,70%. Sementara itu, interaksi AxB (F hitung 1,02) dan AxC (F hitung 2,76) lebih kecil dari F tabel 2,728 sehingga H_0 diterima, artinya kedua interaksi tersebut tidak berpengaruh signifikan terhadap bobot susut. Berbeda halnya dengan interaksi BxC (F hitung 4,07) dan AxBxC (F hitung 2,84) yang masing-masing lebih besar dari F tabel 2,728 dan 2,305, sehingga H_0 ditolak dan menunjukkan bahwa kedua interaksi tersebut berpengaruh signifikan dengan kontribusi sebesar 1,91% dan 2,29%.

Faktor suhu menjadi yang paling dominan (48,90%), diikuti oleh waktu pengeringan (34,70%) dan kecepatan udara (2,82%), sedangkan variabilitas sisa sebesar 8,23% kemungkinan berasal dari faktor yang tidak terkontrol seperti kelembaban lingkungan dan ketebalan irisan lemon. Dengan demikian, suhu dan waktu pengeringan merupakan faktor utama yang menentukan penurunan bobot *dry lemon*, sedangkan adanya interaksi signifikan pada BxC dan AxBxC menunjukkan bahwa pada kombinasi level tertentu kedua faktor tersebut saling memengaruhi hasil akhir secara bersama-sama.

5.2.4 Analisis Perhitungan SNR dan Efek Tiap Faktor

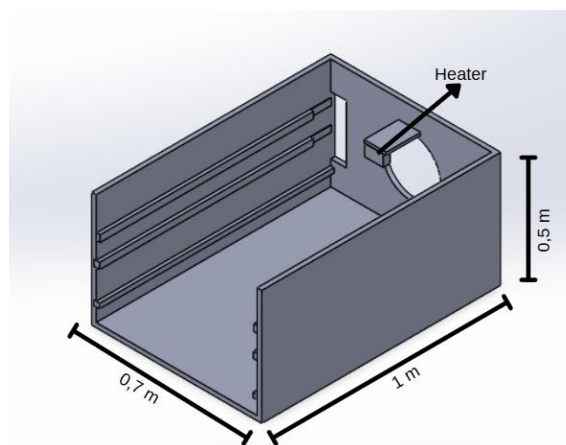
Perhitungan *Signal to Noise Ratio* (SNR) dilakukan menggunakan karakteristik *Nominal The Better* (NTB) dengan nilai target sebesar 85%, karena bobot susut *dry lemon* yang diharapkan mendekati nilai target tertentu agar kualitas produk konsisten. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai SNR tertinggi (paling mendekati nol) pada Trial 27 yaitu sebesar -3,947 dB,

yang merupakan kombinasi suhu 45°C, kecepatan udara 5 m/s, dan waktu pengeringan 13 jam bobot susut yang di hasilkan yaitu 83,43%.

5.3 Analisis *Plan the Future Action*

Berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan, kondisi optimal proses pengeringan *dry lemon* diperoleh pada suhu 45°C, kecepatan udara 5 m/s dan waktu pengeringan 13 jam. Oleh karena itu, sistem pengeringan yang diusulkan dirancang mengacu pada parameter optimal tersebut agar UMKM Dapur Watu Leter dapat mengimplementasikannya secara konsisten tanpa bergantung pada kondisi cuaca maupun pengaturan manual.

Sistem pengering yang direkomendasikan dirancang dengan dimensi panjang 1 m, lebar 0,5 m, dan tinggi 0,3 m, sehingga cukup untuk menampung kapasitas produksi *dry lemon* skala UMKM secara efisien. Ruang pengering ini menggunakan *temperature controller* yang mampu menjaga kestabilan suhu pada titik 45°C secara presisi. Dengan adanya pengontrol suhu ini, fluktuasi suhu selama proses pengeringan dapat diminimalkan sehingga kualitas dan konsistensi produk *dry lemon* yang dihasilkan lebih terjaga. Selain itu, sistem sirkulasi udara dilengkapi dengan *speed controller* yang dapat diatur pada kecepatan optimal 5 m/s sesuai hasil penelitian, sehingga distribusi udara panas di dalam ruang pengering berlangsung secara merata. Penerapan sistem ini diharapkan mampu menyelesaikan permasalahan utama yang selama ini dihadapi UMKM.



Gambar 5. 2 Dimensi Ruang Pengering

5.4 Analisis Kekurangan Penelitian

Penelitian ini telah berhasil mengidentifikasi kombinasi parameter optimal dalam proses pengeringan *dry lemon*, namun terdapat beberapa kekurangan yang perlu diperhatikan untuk

pengembangan penelitian selanjutnya. Pertama, faktor kendali yang digunakan dalam penelitian ini hanya mencakup suhu pengeringan, kecepatan aliran udara dan waktu pengeringan, sementara faktor lain yang berpotensi memengaruhi proses pengeringan seperti kelembaban udara (*humidity*), ketebalan irisan lemon, dan jarak antar produk di dalam ruang pengering belum dipertimbangkan. Faktor-faktor tersebut kemungkinan turut berkontribusi terhadap variabilitas hasil pengeringan yang tercermin dari nilai error sebesar 0,5%. Kedua, jumlah replikasi yang digunakan hanya 2 kali replikasi untuk setiap kombinasi perlakuan. Penambahan jumlah replikasi pada penelitian selanjutnya dapat meningkatkan keandalan data dan mengurangi pengaruh variasi acak terhadap hasil eksperimen. Ketiga, rentang level faktor yang diuji masih terbatas, yaitu suhu antara 35°C hingga 45°C, kecepatan udara antara 3 m/s hingga 5 m/s dan waktu pengeringan 7 jam, 10 jam, dan 13 jam. Kemungkinan terdapat kombinasi di luar rentang tersebut yang dapat menghasilkan bobot susut *dry lemon* yang lebih optimal, sehingga perlu dilakukan eksplorasi lebih lanjut. Keempat, penelitian ini belum mempertimbangkan aspek ekonomi seperti konsumsi energi dan biaya operasional dari sistem pengering yang diusulkan, sehingga belum dapat memberikan gambaran kelayakan implementasi secara menyeluruh bagi UMKM.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai rancang bangun ruang pengering lemon pada UMKM Dapur Watu Leter, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Faktor-faktor yang memengaruhi proses pengeringan *dry lemon* adalah suhu pengeringan, kecepatan aliran udara dan waktu pengeringan.
2. Kombinasi parameter pengeringan yang optimal diperoleh pada suhu 45°C, kecepatan udara 5 m/s, dan waktu pengeringan 13 jam dengan bobot susut *dry lemon* yang dihasilkan sebesar 83,83%.
3. Rancangan ruang pengering *dry lemon* yang dirancang pada eksperimen ini memiliki dimensi panjang 1 m, lebar 0,5 m, dan tinggi 0,3 m, dilengkapi dengan *temperature controller* untuk menjaga kestabilan suhu pada 45°C serta *speed controller* untuk mengatur kecepatan aliran udara pada 5 m/s. Sistem ini dirancang agar proses pengeringan dapat berjalan secara terstandarisasi, konsisten, dan tidak bergantung pada kondisi cuaca

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan bahan pertimbangan untuk penelitian maupun pengembangan selanjutnya:

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menambah faktor kendali yang belum dipertimbangkan dalam penelitian ini, seperti kelembaban udara, ketebalan irisan lemon, dan jarak antar produk di dalam ruang pengering, sehingga hasil yang diperoleh dapat lebih komprehensif dan representatif.
2. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menambah jumlah replikasi eksperimen agar data yang diperoleh lebih andal dan tingkat kepercayaan hasil analisis statistik dapat ditingkatkan.
3. Penelitian selanjutnya disarankan untuk memperluas rentang level faktor yang diuji, khususnya pada suhu, kecepatan udara dan waktu pengeringan, guna mengeksplorasi kemungkinan adanya kombinasi parameter yang menghasilkan bobot susut lebih optimal di luar rentang yang telah diuji dalam penelitian ini.
4. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mempertimbangkan aspek ekonomi seperti konsumsi energi dan biaya operasional dari sistem pengering yang dirancang, sehingga dapat diperoleh gambaran kelayakan implementasi yang lebih menyeluruh bagi UMKM.

5. UMKM Dapur Watu Leter disarankan untuk mengimplementasikan sistem pengering yang telah dirancang dengan parameter optimal suhu 45°C, kecepatan udara 5 m/s dan waktu pengeringan 13 jam guna meningkatkan efisiensi produksi, mengurangi risiko produk *defect*, dan meningkatkan konsistensi kualitas *dry lemon* yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahadi, G. D. (2023). Pendekatan Desain Eksperimen Taguchi sebagai Metode Optimasi pada Bidang Teknik dan Industri (studi kasus pada proses bundling kemasan).
- Mukhlis, A., & Khaeruman. (2024). STRATEGI PENGEMBANGAN KAPASITAS PRODUKSI UMKM SEKTOR MAKANAN DAN MINUMAN DI KOTA SERANG. *Indonesian Journal of Economy, Business, Entrepreneurship and Finance*.
- aghna, h., & ramadhani, m. (2025). Analisis Varians dan Uji Signifikansi F. *Jurnal Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Indonesia*.
- Alashwal, B. Y., & Bala, M. S. (2021). Strategies using of Design of Experiments (DOE) techniques: In view of a Review. *Maejo International Journal of Energy and Environmental Communication*.
- Antony.j. (2023). Design of Experiments for Engineers and Scientists. United States: Elsevier. .
- Assyera, R. A., Nurjanah, S., Widyasanti, A., & Ainina, N. (2023). PROFIL MUTU MINYAK ATSIRI KULIT LEMON (Citrus limon (L.)Burm.f. var. Eureka) BERDASARKAN PERBEDAAN WARNA KEMATANGAN DAN KADAR AIR. *Jurnal Teknologi Pertanian Vol. 24 No. 3*.
- Azmi, & Febrina, W. (2024). Red Brick Quality Engineering using the Design of Experiment Method (Taguchi's Method) . *Journal of Industrial and Manufacture Engineering*.
- azmi, & febrina, w. (2024). Rekayasa Kualitas Batu Bata Metah Dengan Menggunakan Metode Design of Experiment (Metode Taguchi) . *JIMI*.
- budi, T. s., & Supriyadi, E. (2018). ANALISIS KONFIGURASI PROSES PRODUKSI COKELAT STICK COVERTURE MENGGUNAKAN METODE DESIGN OF EXPERIMENTS (DOE) MENGGUNAKAN METODE DESIGN OF EXPERIMENTS (DOE). *JITMI*.
- Castillo, baltodano, & Vargas. (2020). Design of Experiments Assessment for the Determination of Moisture Content in Five Herbal Raw Materials Contained in Tea Products. *Borneo Journal of Pharmacy*. .
- cncindonesia. (2025, 08 04). Industri Makanan Minuman RI Topang Ekonomi RI, Ternyata Ini Kuncinya.
- farhan, g. d. (2024). ANALISIS HASIL PENGUJIAN KARET PADA MESIN DMA ANALYZER DENGAN METODE DESIGN OF EXPERIMENT DI LABORATORIUM UJI KARET .
- Gina, E., & Harianto, E. (2025). Studi Kelayakan Bisnis Kewirausahaan Makanan Beku pada UMKM Dumpling House di Semarang. *Jurnal IPB*.
- Gunawan, R., & Prastyawan, T. H. (2021). RANCANG BANGUN GAME EDUKASI PERHITUNGAN DASAR MATEMATIKA SEKOLAH DASAR KELAS 3, 4 DAN 5 MENGGUNAKAN CONSTRUCT 2 . *Jurnal Interkom: Jurnal Publikasi Ilmiah Bidang Teknologi Informasi dan Komunikasi* .
- Hakim, M. L. (2024). Analisa Pengaruh Kecepatan Udara Panas Terhadap Kecepatan Proses Pengeringan Mesin Pengering Permen Jelly. *Jurnal Ilmu Sosial, Humaniora, Teknik* .
- hamed, & mohebbi. (2021). Modeling and optimization of radish root extract drying as peroxidase source using spouted bed dryer. *scientific reports*.

- Hanan, T. A., & Kusuma, L. T. (2025). EVALUASI PENGGUNAAN MULSA ORGANIK UNTUK MENGENDALIKAN EROSI TANAH PADA LAHAN PERTANIAN DENGAN METODE DESIGN OF EXPERIMENT (DOE) . *JURNAL REKAYASA SISTEM DAN MANAJEMEN INDUSTRI*.
- jeff, W. c., hamada, & michael. (2025). Experiments. Planning, analysis, and parameter design optimization. *zbmath open*.
- jefri, N. d. (2024). ANALISIS PERUBAHAN MASSA PLAT LOGAM AKIBAT KOROSI DENGAN METODE FACTORIAL DESIGN OF EXPERIMENT. *Journal of Innovation Research and Knowledge*.
- Julihantoro, A. (2026). RANCANG BANGUN RUANG PENGERING LEMON SEBAGAI SOLUSI PENINGKATAN MUTU DAN PRODUKTIVITAS INDUSTRI DRY LEMON MENGGUNAKAN METODE DoE (Studi kasus: UMKM Dapur Watu Leter).
- laba, a., & musa, w. (2024). Rancang Bangun Model Alat Pengering Indoor Otomatis Hasil Pertanian Berbasis Arduino Uno. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*.
- lamberto, & neuhaus. (2021). Robust Process Scale(Up Leveraging Design of Experiments to Map Robust Process Scale(Up Leveraging Design of Experiments to Map. *Organic Process Research and Development*.
- Lee, Y. H., Chin, S. i., & Chung, B. K. (2015). Drying Characteristics and Product Quality of Lemon Slices Dried with Hot Air Circulation Oven and Hybrid Heatpump Dryers . *International Journal of Science and Engineering (IJSE)*.
- Luqmanul, H. M. (2024). Analisa Pengaruh Kecepatan Udara Panas Terhadap Kecepatan Proses Pengeringan Mesin Pengerin Permen Jelly. *Jurnal Ilmu Sosial, Humaniora*.
- mazhar, S. a., & anjum, R. (2021). Methods of Data Collection: A Fundamental Tool of Research. *Journal of Integrated Community Health*.
- media, R. i., & ilyas, i. p. (2021). ANALISIS PARAMETER PROSES INJEKSI 3D PRINTED VEROWHITE PLUS RAPID TOOLING DENGAN METODE DESIGN OF EXPERIMENTS .
- Nadiroh, I., & Hasanah, C. M. (2021). HASIL BELAJAR MATEMATIKA MELALUI PENDEKATAN DEDUKTIF DAN INDUKTIF.
- nainggolan, y., & hutapea, d. l. (2025). anova satu jalur (one way (anova). *journal Of Social Science Research*.
- Nursakina, B., & Syafitri, K. (2025). ANALISIS PENGARUH JARAK DAN HALANGAN PADA TRANSMISII DATA JARINGAN NIRKABEL DENGAN MENGGUNAKAN METODE SIGNAL(TO(NOISE RATIO (SNR). *JUTECH*.
- putra, a. t. (2024). USULAN PERBAIKAN KUALITAS MASTER BATCH WHITE MENGGUNAKAN METODE FAULT TREE ANALYSIS (FTA) DAN FAILURE MODE EFFECT ANALYSIS (FMEA) DENGAN PENDEKATAN DESIGN OF EXPERIMENT (DOE) DI PT.XYZ. *Jurnal Taguchi* .
- Rosyidah, D., Prayitno, S. A., & Rahma, A. (2024). Kualitas Sensorik Dan Kimia Minuman Fungsional Berbasis Daun Melinjo Dengan Penambahan Daun Mint Dan Lemon. *Journal of Food Safety and Processing Technology (JFSPT)*.
- Sabbagh, & Hussein. (2020). A Statistical Study on the Development of Metronidazole(Chitosan(Alginate Nanocomposite Formulation Using the Full Factorial Design.
- Sawal, J. (2024). *Driede Lemon Market (2024 (2034)*. emergen research.

- sianturi. (2025). Uji Normalitas Sebagai Syarat Pengujian Hipotesis TESTNORMALITY AS A CONDITION OF HYPOTHESIS TESTING. *JURNAL PEMBELAJARAN DAN MATEMATIKA SIGMA (JPMS)* .
- Simanungkalit, F. J., & Manurung, H. (2025). Pengaruh Tingkat Kematangan Dan Lama Penyimpanan Terhadap Karakteristik Mutu Fisik Buah Lemon Lokal (Citrus X Limon) Pada Kondisi Penyimpanan Dingin. *Jurnal Ilmiah dan Penerapan Keteknikan Pertanian*.
- Sintia, I., Pasarella, M. D., & Nohe, D. A. (2022). PERBANDINGAN TINGKAT KONSISTENSI Uji DISTRIBUSI NORMALITAS PADA KASUS TINGKAT PENGANGGURAN DI JAWA.
- sonjaya, R. p., & aliyya, f. r. (2025). Pengujian Prasyarat Analisis Data Nilai Kelas: Uji Normalitas dan Uji Homogenitas. *Jurnal Pendidikan Tambusai*.
- srinulyani, V. a., & hermanto, y. b. (2023). Internal factors of entrepreneurial and business performance of small and medium enterprises (SMEs) in East Java, Indonesia. *Heliyon*.
- sukardi, & syahrul. (2017). PENGARUH VARIASI KECEPATAN DAN TEMPERATUR UDARA TERHADAP WAKTU PENGERINGAN GABAH MENGGUNAKAN ALAT TERFLUIDISASI . *Dinamika Teknik Mesin*.
- Suwandi, A. (2024). Pengendalian Kualitas Beton Melalui Pengujian Kuat Tekanan Dengan Metode DoE.
- T. Fife, S., & D. Gossne, J. (2024). Deductive Qualitative Analysis: Evaluating, Expanding, and Refining Theory. *Logo*.
- Uscha, C. M., & Arini, R. W. (2023). Pendekatan Design of Experiment (DOE) untuk Menyelidiki Dampak Jenis Kelamin, IMT, dan Usia Terhadap Sit(Up. *Jurnal TRINISTIK*.
- usmadi. (2020). PENGUJIAN PERSYARATAN ANALISIS (Uji HOMOGENITAS DAN Uji NORMALITAS).
- winarso, & alfaris. (2023). EFEK DIAMETER COIL, PERBANDINGAN JUMLAH LILITAN, JENIS COIL, PADA TRASMITTER RECEIVER TERHADAP EFISIENSI ENERGI TRANSFER WIRELESS TRANSFER ELECTRICITY DENGAN METODE DESAIN OF EXPERIMENT (DOE) .

LAMPIRAN**A- Tabel presentase bobot susut Lemon**

1	2
18.3	18.08
17.86	17.86
17.44	17.64
18.3	18.3
17.86	17.44
17.86	18.08
18.3	17.86
17.86	17.86
17.24	17.24
17.86	17.64
17.44	17.86
17.04	17.04
17.86	18.08
17.44	17.24
17.04	17.04
17.44	17.44
17.44	17.64
16.86	16.66
17.44	17.64
17.04	17.04
16.66	16.86
17.44	17.24
17.04	17.04
16.66	16.66
17.24	17.44
16.86	16.86
16.48	16.66

B- Tabel Kolmogrov Smirnov

	α				
n	0.001	0.01	0.02	0.05	0.1
1		0.99500	0.99000	0.97500	0.95000
2	0.97764	0.92930	0.90000	0.84189	0.77639
3	0.92063	0.82900	0.78456	0.70760	0.63604
4	0.85046	0.73421	0.68887	0.62394	0.56522
5	0.78137	0.66855	0.62718	0.56327	0.50945
6	0.72479	0.61660	0.57741	0.51926	0.46799
7	0.67930	0.57580	0.53844	0.48343	0.43607
8	0.64098	0.54180	0.50654	0.45427	0.40962
9	0.60846	0.51330	0.47960	0.43001	0.38746
10	0.58042	0.48895	0.45662	0.40962	0.36866
11	0.55588	0.46770	0.43670	0.39122	0.35242
12	0.53422	0.44905	0.41918	0.37543	0.33815
13	0.51490	0.43246	0.40362	0.36143	0.32548
14	0.49753	0.41760	0.38970	0.34890	0.31417
15	0.48182	0.40420	0.37713	0.33760	0.30397
16	0.46750	0.39200	0.36571	0.32733	0.29471
17	0.45440	0.38085	0.35528	0.31796	0.28627
18	0.44234	0.37063	0.34569	0.30936	0.27851
19	0.43119	0.36116	0.33685	0.30142	0.27135
20	0.42085	0.35240	0.32866	0.29407	0.26473
25	0.37843	0.31656	0.30349	0.26404	0.23767
30	0.34672	0.28988	0.27704	0.24170	0.21756
35	0.32187	0.26898	0.25649	0.22424	0.20184
40	0.30169	0.25188	0.23993	0.21017	0.18939
45	0.28482	0.23780	0.22621	0.19842	0.17881
50	0.27051	0.22585	0.21460	0.18845	0.16982
Over 50	1.94947/ $\sqrt{n}$	1.62762/ $\sqrt{n}$	1.51743/ $\sqrt{n}$	1.35810/ $\sqrt{n}$	1.22385/ $\sqrt{n}$

C- Tabel Chi Square

Percentage Points of the Chi-Square Distribution									
Degrees of Freedom	Probability of a larger value of χ^2								
	0.99	0.95	0.90	0.75	0.50	0.25	0.10	0.05	0.01
1	0.000	0.004	0.016	0.102	0.455	1.32	2.71	3.84	6.63
2	0.020	0.103	0.211	0.575	1.386	2.77	4.61	5.99	9.21
3	0.115	0.352	0.584	1.212	2.366	4.11	6.25	7.81	11.34
4	0.297	0.711	1.064	1.923	3.357	5.39	7.78	9.49	13.28
5	0.554	1.145	1.610	2.675	4.351	6.63	9.24	11.07	15.09
6	0.872	1.635	2.204	3.455	5.348	7.84	10.64	12.59	16.81
7	1.239	2.167	2.833	4.255	6.346	9.04	12.02	14.07	18.48
8	1.647	2.733	3.490	5.071	7.344	10.22	13.36	15.51	20.09
9	2.088	3.325	4.168	5.899	8.343	11.39	14.68	16.92	21.67
10	2.558	3.940	4.865	6.737	9.342	12.55	15.99	18.31	23.21
11	3.053	4.575	5.578	7.584	10.341	13.70	17.28	19.68	24.72
12	3.571	5.226	6.304	8.438	11.340	14.85	18.55	21.03	26.22
13	4.107	5.892	7.042	9.299	12.340	15.98	19.81	22.36	27.69
14	4.660	6.571	7.790	10.165	13.339	17.12	21.06	23.68	29.14
15	5.229	7.261	8.547	11.037	14.339	18.25	22.31	25.00	30.58
16	5.812	7.962	9.312	11.912	15.338	19.37	23.54	26.30	32.00
17	6.408	8.672	10.085	12.792	16.338	20.49	24.77	27.59	33.41
18	7.015	9.390	10.865	13.675	17.338	21.60	25.99	28.87	34.80
19	7.633	10.117	11.651	14.562	18.338	22.72	27.20	30.14	36.19
20	8.260	10.851	12.443	15.452	19.337	23.83	28.41	31.41	37.57
22	9.542	12.338	14.041	17.240	21.337	26.04	30.81	33.92	40.29
24	10.856	13.848	15.659	19.037	23.337	28.24	33.20	36.42	42.98
26	12.198	15.379	17.292	20.843	25.336	30.43	35.56	38.89	45.64
28	13.565	16.928	18.939	22.657	27.336	32.62	37.92	41.34	48.28
30	14.953	18.493	20.599	24.478	29.336	34.80	40.26	43.77	50.89
40	22.164	26.509	29.051	33.660	39.335	45.62	51.80	55.76	63.69
50	27.707	34.764	37.689	42.942	49.335	56.33	63.17	67.50	76.15
60	37.485	43.188	46.459	52.294	59.335	66.98	74.40	79.08	88.38

D- Gambar Aktivitas UMKM



E- Bobot awal dan bobot susut

Berat Awal (g)	Berat Akhir R1 (g)	Berat Akhir R2 (g)
50	9,15	9,04
50	8,93	8,93
50	8,72	8,82
50	9,15	9,15
50	8,93	8,72
50	8,93	9,04
50	9,15	8,93
50	8,93	8,93
50	8,62	8,62
50	8,93	8,82
50	8,72	8,93
50	8,52	8,52
50	8,93	9,04
50	8,72	8,62
50	8,52	8,52
50	8,72	8,72
50	8,72	8,82
50	8,43	8,33
50	8,72	8,82
50	8,52	8,52
50	8,33	8,43
50	8,72	8,62
50	8,52	8,52
50	8,33	8,33
50	8,62	8,72
50	8,43	8,43