

**PERANCANGAN *SETTING LEVEL* OPTIMAL DAN
PENENTUAN *QUALITY LOSS FUNCTION* MENGGUNAKAN
METODE *TAGUCHI* UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS
PRODUKSI MINYAK SAWIT
(Studi Kasus : PTPN IV REGIONAL 2 DISTRIK SULAWESI)
LAPORAN TUGAS AKHIR**

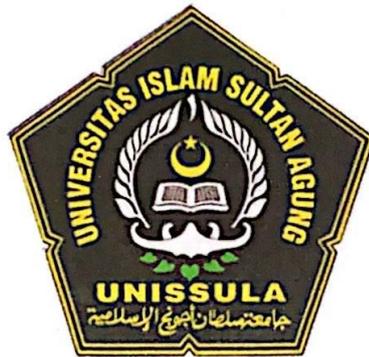


**DISUSUN OLEH :
IRMA KASMAYANTI
NIM 31602100033**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG
2025**

**PERANCANGAN *SETTING LEVEL* OPTIMAL DAN PENENTUAN
QUALITY LOSS FUNCTION MENGGUNAKAN METODE *TAGUCHI*
UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS PRODUKSI MINYAK SAWIT
(Studi Kasus : PTPN IV REGIONAL 2 DISTRIK SULAWESI)
LAPORAN TUGAS AKHIR**

LAPORAN INI DISUSUN UNTUK MEMENUHI SALAH SATU SYARAT
MEMPEROLEH GELAR S1 PRODI TEKNIK INDUSTRI FAKULTAS
TEKNOLOGI INDUSTRI UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG



**DISUSUN OLEH :
IRMA KASMAYANTI
NIM 31602100033**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG**

2025

FINAL PROJECT

***Design Of Optimal Level Setting and Determination Of Quality Loss Function
Using the Taguchi Method to Improve Palm Oil Production Quality
(Case Study: PTPN IV REGIONAL 2 SULAWESI DISTRICT)***

*Proposed to complete the requirement to obtain a bachelor's degree (S1) at
Departement of Industrial Engineering, Faculty of Industrial Technology,
Universitas Sultan Agung Islamic*



Arranged By :

IRMA KASMAYANTI

NIM 31602100033

***DEPARTEMEN OF INDUSTRIAL ENGINEERING
FACULTY INDUSTRIAL TECHNOLOGY
UNIVERSITAS ILAM SULTAN AGUNG SEMARANG***

2025

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan tugas Akhir dengan judul **"Perancangan *Setting level* Optimal dan Penentuan *quality Loss Function* Menggunakan Metode Taguchi Untuk Meningkatkan Kualitas Minyak Sawit"** (Studi Kasus PTPN IV Regional 2 Distrik Sulawesi) ini disusun oleh:

Nama : IRMA KASMAYANTI

NIM : 31602100033

Program Studi: S1 Teknik Industri

Telah disahkan oleh dosen pembimbing pada:

Hari :

Tanggal :

Menyetujui,
Dosen Pembimbing


Nuzulia Choiriyah, ST., MT
NIDN. 210 603 029

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Industri



Wiyick Fatmawati, ST., M.Eng
NIK 210 600 201

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

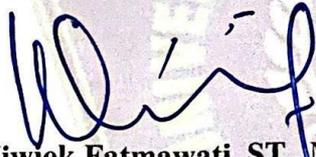
Laporan tugas Akhir dengan judul “Perancangan *Setting level* Optimal dan Penentuan *quality Loss Function* Menggunakan Metode Taguchi Untuk Meningkatkan Kualitas Minyak Sawit” (Studi Kasus PTPN IV Regional 2 Distrik Sulawesi) ini telah dipertahankan di depan Dosen Penguji Tugas Akhir pada:

Hari :

Tanggal :

TIM PENGUJI :

Anggota Penguji I



Wiwiek Fatmawati, ST., M.Eng
NIK 210 600 201

Anggota Penguji II



Dana Prianjani, ST., MT
NIDN 06 2601 9602

Ketua Tim Penguji



Wiwiek Fatmawati, ST., M.Eng
NIK 210 600 201

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : IRMA KASMAYANTI
NIM : 31602100033
Judul Tugas Akhir : **Perancangan *Setting level* Optimal dan Penentuan *quality Loss Function* Menggunakan Metode Taguchi Untuk Meningkatkan Kualitas Minyak Sawit” (Studi Kasus PTPN IV Regional 2 Distrik Sulawesi)**

Dengan ini saya menyatakan bahwa judul dan isi Tugas Akhir yang saya buat dalam rangka menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) Teknik Industri tersebut adalah asli dan belum pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan oleh siapapun baik keseluruhan maupun sebagian, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka, dan apabila dikemudian hari ternyata terbukti bahwa judul Tugas Akhir tersebut pernah diangkat, ditulis, ataupun dipublikasikan, maka saya bersedia dikenakan sanksi akademis. Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab.

Semarang, 2 Juni 2025

Yang menyatakan,



IRMA KASMAYANTI

SURAT PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini :
Nama : IRMA KASMAYANTI
NIM : 31602100033
Program Studi : Teknik Industri
Fakultas : Teknologi Industri
Alamat : Burau, Luwu Timur, Sulawesi Selatan

Dengan ini menyatakan bahwa Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir yang berjudul:
Perancangan *Setting level* Optimal dan Penentuan *quality Loss Function* Menggunakan Metode Taguchi Untuk Meningkatkan Kualitas Minyak Sawit” (Studi Kasus PTPN IV Regional 2 Distrik Sulawesi)

Menyetujui menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung serta memberikan Hak bebas Royalti Non-Eksklusif untuk disimpan, dialihmediakan, dikelola dan pangkalan data dan dipublikasikan di internet dan media lain untuk kepentingan akademis selama tetap menyantumkan nama penulis sebagai pemilik hak cipta. Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta/Plagiarisme dalam karya ilmiah ini, maka segala bentuk tuntutan hukum yang timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan Universitas Islam Sultan agung.

Semarang, Juni 2025

Yang menyatakan,

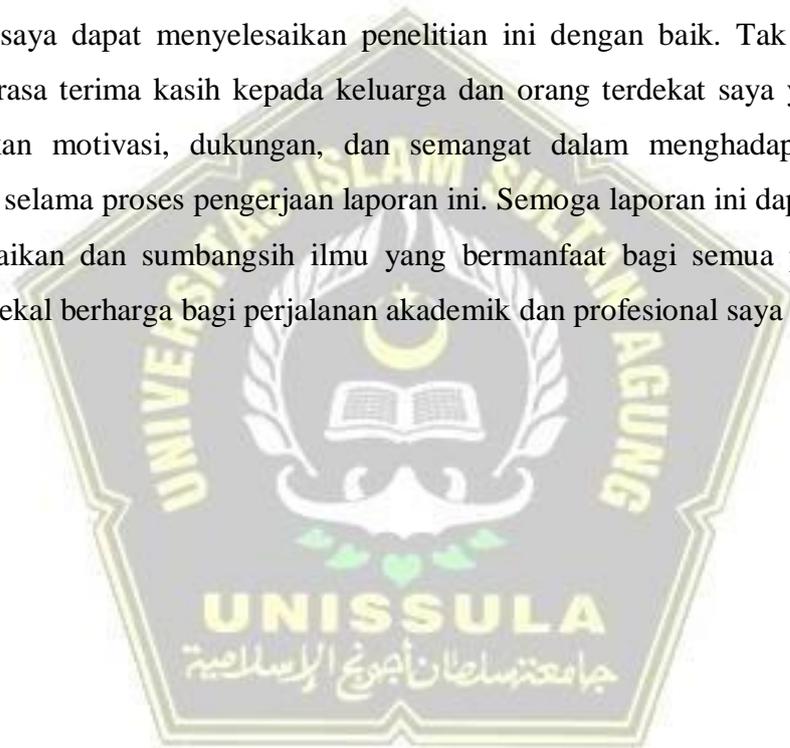


IRMA KASMAYANTI

NIM. 31602100033

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur saya panjatkan ke hadirat Allah SWT. Atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan baik dan tepat waktu. Laporan ini saya persembahkan dengan penuh rasa hormat dan terima kasih kepada kedua orang tua dan kakak saya tercinta yang selalu memberikan doa, kasih sayang, serta dukungan moral dan material tanpa henti sepanjang perjalanan studi saya. Saya juga mengucapkan terima kasih yang tulus kepada dosen pembimbing yang telah membimbing, memberikan ilmu, serta arahan berharga sehingga saya dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik. Tak lupa, saya haturkan rasa terima kasih kepada keluarga dan orang terdekat saya yang selalu memberikan motivasi, dukungan, dan semangat dalam menghadapi berbagai tantangan selama proses pengerjaan laporan ini. Semoga laporan ini dapat menjadi amal kebaikan dan sumbangsih ilmu yang bermanfaat bagi semua pihak serta menjadi bekal berharga bagi perjalanan akademik dan profesional saya ke depan.



HALAMAN MOTTO

“Tidak ada mimpi yang terlalu tinggi dan tidak ada mimpi yang patut di remehkan. Lambungkan setinggi yang kau inginkan dan gapailah dengan selayaknya yang kau harapkan”

(Maudy Ayunda)

“Kesuksesan dan kebahagiaan terletak pada diri sendiri. Tetaplah berbahagia karena kebahagiaanmu dan kamu yang membentuk karakter kuat untuk melawan kesulitan”

(Helen Keller)



KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah, puji syukur atas kehadiran Allah SWT, yang sudah memberi rahmat dan hidayah-Nya dengan begitu penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul penelitian "Perancangan Setting Level Optimal dan Penentuan Quality Loss Function Menggunakan Metode Taguchi untuk Meningkatkan Kualitas Produksi Minyak Sawit di PTPN IV Regional 2 Distrik Sulawesi". Sholawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada baginda Nabi Muhammad SAW yang menjadi panutan dalam menjalani kehidupan dan sangat dinanti-nantikan syafa'at nya kelak pada hari akhir.

Pada proses penyusunan laporan tugas akhir ini dimana menjadi syarat mahasiswa memperoleh gelar sarjana (S1) di program studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung Semarang, tentunya banyak pihak yang membantu penulis menyelesaikan laporan tugas akhir. Oleh karena itu, penulis sangat berterimakasih pada :

Allah SWT yang sudah memberi rahmat dan hidayah nya kepada saya sehingga bisa menyelesaikan tugas akhir sesuai dengan waktu yang diharapkan.

Kepada kedua orang tua, kakak dan adik saya, juga orang terdekat saya yang saat ini terlibat memberikan bantuan, motivasi, semangat dan dukungan serta doa selama proses penyusunan tugas akhir ini.

Ibu Nuzulia Khoiriyah, S.T.,M.T selaku dosen pembimbing yang penuh kesabaran membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini.

Seluruh dosen pengajar, staff dan karyawan di Fakultas Teknologi Industri, Program Studi Teknik Industri yang telah memberikan ilmu dan bantuan kepada penulis selama menempuh pendidikan S1.

Pihak manajemen, asisten dan staff PTPN IV Regional 2 Distrik Sulawesi, yang telah memberikan kesempatan, data, serta informasi yang dibutuhkan dalam penelitian ini.

Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah memberikan kontribusi baik secara langsung maupun tidak langsung dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.

Terimakasih atas bantuan, dukungan serta doa yang telah dipanjatkan, semoga Allah SWT senantiasa membalas kebaikan kalian semua.

Dalam proses penyusunan laporan ini, penulis menyadari bahwa laporan ini masih memiliki kekurangan, baik dari segi isi maupun penyajian. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan laporan ini di masa mendatang. Akhir kata, penulis berharap laporan ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan menjadi kontribusi positif bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang pengendalian kualitas dan proses produksi industri minyak sawit.

Wassalamualaikum, Wr,Wb.



Semarang, 26 Mei 2025

Irma Kasmayanti

DAFTAR ISI

LAPORAN TUGAS AKHIR	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	Error! Bookmark not defined.
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	Error! Bookmark not defined.
SURAT PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERSEMBAHAN	i
HALAMAN MOTTO	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR ISTILAH	xi
ABSTRAK	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Pembatasan Masalah	7
1.4 Tujuan Penelitian	7
1.5 Manfaat Penelitian	8
1.6 Sistematika Penulisan	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	10

2.1 Tinjauan Pustaka.....	10
2.2 Landasan Teori.....	21
2.2.1 Desain Eksperimen.....	21
2.2.2 Metode <i>Taguchi</i>	22
2.2.3 Langkah-Langkah dalam Metode <i>Taguchi</i>	23
2.2.4 Perancangan Parameter	24
2.2.5 Penentuan Orthogonal Array.....	24
2.3 Tahapan Proses Produksi CPO.....	25
2.4 Analisis Data	28
2.3.1 Perhitungan <i>Signal-to-Noise</i> (S/N) Ratio	28
2.3.2 Analisis Variansi Anova.....	30
2.4 Penentuan <i>Setting Level</i> Optimal	31
2.5 <i>Quality Loss Function</i> (Fungsi Kehilangan Kualitas)	31
2.6 Hipotesis dan Kerangka Teoritis.....	34
2.6.1 Hipotesis.....	34
2.6.2 Kerangka Teoritis	35
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	37
3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian.....	37
3.2 Variabel Penelitian	37
3.3 Pengumpulan Data	37
3.4 Teknik Pengumpulan Data.....	38
3.5 Desain Eksperimen	39
3.6 Pengujian Hipotesis	40
3.7 Metode Analisis.....	41
3.8 Pembahasan	41
3.9 Penarikan Kesimpulan	42

3.10 Diagram Alir	43
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	45
4.1 Pengumpulan Data	45
4.2 Identifikasi Tujuan Eksperimen	46
4.3 Identifikasi Karakteristik Kualitas (<i>Critical to Quality</i>)	46
4.3.1 Identifikasi Faktor dan Level.....	57
4.4 Perancangan Eksperimen	62
4.4.1 Pemilihan <i>Orthogonal array</i> (OA)	62
4.5 Pelaksanaan Eksperimen	65
4.6 Analisis Data Eksperimen	69
4.6.1 Uji Asumsi Statistik	69
4.6.2 Uji Normalitas.....	70
4.6.3 Uji Homogenitas.....	70
4.6.4 Uji Hipotesis.....	75
4.6.5 Hasil Uji Hipotesis Anova	78
4.7 <i>Setting Level Optimal</i>	83
4.7.1 Menghitung <i>Signal-to-Noise (S/N) ratio</i>	83
4.7.2 Analisis hasil <i>Signal – to – Noise (S/N) Ratio</i>	85
4.7.3 Analisis Model Regresi Kualitas	87
4.8 <i>Quality Loss Function</i>	93
4.8.1 Menentukan Fungsi Kerugian.....	93
4.8.2 Menghitung Nilai Kerugian (Konstanta)	94
4.9 Eksperimen Konfirmasi	95
BAB V PENUTUP	97
5.1 Kesimpulan	97
5.2 Saran	98

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kerangka Teoritis 36

Gambar 3. 1 Diagram Alir..... 44





DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka	15
Tabel 2. 2 <i>Orthogonal Array</i> (OA)	24
Tabel 2. 3 Titik Kritis dan pengaruh Kualitas	28
Tabel 2. 4 Karakteristik Target Kualitas	29
Tabel 2. 5 Keputusan Analisis Variansi	30
Tabel 3. 1 <i>Orthogonal Array L9</i> (3 ⁴)	40
Tabel 4. 1 <i>CTQ</i> dalam Proses Produksi CPO	49
Tabel 4. 2 Parameter dan Standar Kualitas CPO	51
Tabel 4. 3 Parameter dan Penyebab Tidak Tercapaian	53
Tabel 4. 4 Metode Pengujian CPO.....	55
Tabel 4. 5 Faktor dan Level Pengujian.....	64
Tabel 4. 6 Matriks Eksperimen <i>L9</i> (3 ⁴).....	64
Tabel 4. 7 Hasil Eksperimen.....	67
Tabel 4. 8 CPS Rancangan Eksperimen.....	69
Tabel 4. 9 Uji Normalitas Berdasarkan hasil Eksperimen.....	70
Tabel 4. 10 Uji Homogenitas ALB Terhadap Suhu.....	71
Tabel 4. 11 Uji Homogenitas ALB Terhadap Waktu	71
Tabel 4. 12 Uji Homogenitas ALB Terhadap Tekanan	71
Tabel 4. 13 Uji Homogenitas ALB Terhadap Kecepatan.....	72
Tabel 4. 14 Uji Homogenitas ALB Terhadap Suhu.....	72
Tabel 4. 15 Uji Homogenitas Kadar Air Terhadap Waktu.....	73
Tabel 4. 16 Uji Homogenitas Kadar Air Terhadap Tekanan.....	73
Tabel 4. 17 Uji Homogenitas Kadar Air Terhadap Kecepatan.....	73
Tabel 4. 18 Uji Homogenitas Kadar Kotoran Terhadap Suhu.....	74
Tabel 4. 19 Uji Homogenitas Kadar Kotoran Terhadap Waktu	74
Tabel 4. 20 Uji Homogenitas Kadar Kotoran Terhadap Tekanan	75
Tabel 4. 21 Uji Homogenitas Kadar Kotoran Terhadap Kecepatan	75
Tabel 4. 22 Uji Anova Berdasarkan Suhu Ekstraksi.....	76
Tabel 4. 23 Uji Anova Berdasarkan Waktu Ekstraksi	76

Tabel 4.24 Uji Anova Berdasarkan Tekanan Ekstraksi.....	77
Tabel 4.25 Uji Anova Berdasarkan Kecepatan Pengadukan.....	77
Tabel 4. 26 Hasil Uji Anova.....	79
Tabel 4. 27 Nilai Fhitung dan Ftabel	82
Tabel 4. 28 Uji Percobaan S/N Ratio.....	85
Tabel 4. 29 Rata-rata Pengaruh Suhu Ekstraksi.....	86
Tabel 4. 30 Rata-rata Pengaruh Waktu Ekstraksi	86
Tabel 4. 31 Rata-rata Pengaruh Tekanan Ekstraksi	87
Tabel 4. 32 Rata-rata Pengaruh Kecepatan Pengadukan.....	87
Tabel 4. 33 Regresi Data SPSS Kadar ALB.....	88
Tabel 4. 34 Regresi Data SPSS Kadar Air	89
Tabel 4. 35 Regresi Data SPSS Kadar Kotoran.....	91
Tabel 4. 36 Perhitungan Konstanta.....	94
Tabel 4. 37 Eksperimen Perlakuan Terpilih	95
Tabel 4. 38 Nilai Eksperimen Hasil	96



DAFTAR ISTILAH

- Rendemen** : Persentase minyak yang berhasil diperoleh dari bahan baku dalam proses ekstraksi minyak sawit.
- Asam Lemak Bebas (ALB)** : Kandungan asam lemak bebas dalam minyak yang menunjukkan tingkat degradasi minyak.
- Kadar Air** : Jumlah air yang terkandung dalam minyak sawit yang dapat mempengaruhi stabilitas dan kualitas minyak.
- Indeksi Warna** : Ukuran kecerahan atau gelapnya warna minyak sawit yang berkaitan dengan kemurnian dan proses pengolahan.
- Nilai Peroksida** : Parameter yang mengukur tingkat oksidasi awal minyak sawit, menunjukkan tingkat kerusakan oksidatif.
- Stabilitas Oksidatif** : Kemampuan minyak untuk bertahan dari kerusakan akibat oksidasi selama periode tertentu.
- Kadar Sisa Pelarut** : Jumlah pelarut kimia yang masih tersisa dalam minyak setelah proses pemurnian.
- Rasa dan Aroma** : Aspek sensoris yang menunjukkan kualitas minyak berdasarkan bau dan rasa yang dihasilkan.
- Metode Taguchi** : Metode statistik yang digunakan untuk desain eksperimen dan optimasi proses dengan tujuan meningkatkan kualitas produk dan mengurangi variasi.
- Setting level Optimal** : Kombinasi parameter proses produksi yang memberikan hasil terbaik dan paling stabil.
- Quality Loss Function (QLF)** : Fungsi matematis yang mengukur kerugian kualitas akibat deviasi dari nilai target produk.

- Signal-to-Noise Ratio (S/N Ratio)** : Ukuran dalam metode Taguchi yang menunjukkan kekuatan sinyal terhadap gangguan noise untuk menentukan stabilitas proses.
- Analisis Variansi (ANOVA)** : Metode statistik untuk menguji signifikansi pengaruh faktor-faktor dalam eksperimen terhadap variabel respon.
- Orthogonal Array (OA)** : Desain percobaan yang memungkinkan pengujian kombinasi faktor secara efisien dengan jumlah percobaan yang minimal.
- Crude Palm Oil (CPO)** : Minyak sawit mentah yang diperoleh dari proses ekstraksi tandan buah segar kelapa sawit.
- Pengadukan (Stirring Speed)** : Kecepatan pengadukan dalam proses ekstraksi minyak yang mempengaruhi pelepasan minyak dari bahan baku.
- Tekanan (Pressure)** : Tekanan yang diterapkan selama proses ekstraksi atau pemisahan minyak.
- Waktu Ekstraksi (Extraction Time)** : Durasi proses ekstraksi minyak dari bahan baku.
- Suhu Ekstraksi (Extraction Temperature)** : Temperatur yang diterapkan selama proses ekstraksi minyak.
- Eksperimen Konfirmasi** : Tahap pengujian ulang menggunakan setting optimal yang telah ditentukan untuk memvalidasi hasil penelitian

ABSTRAK

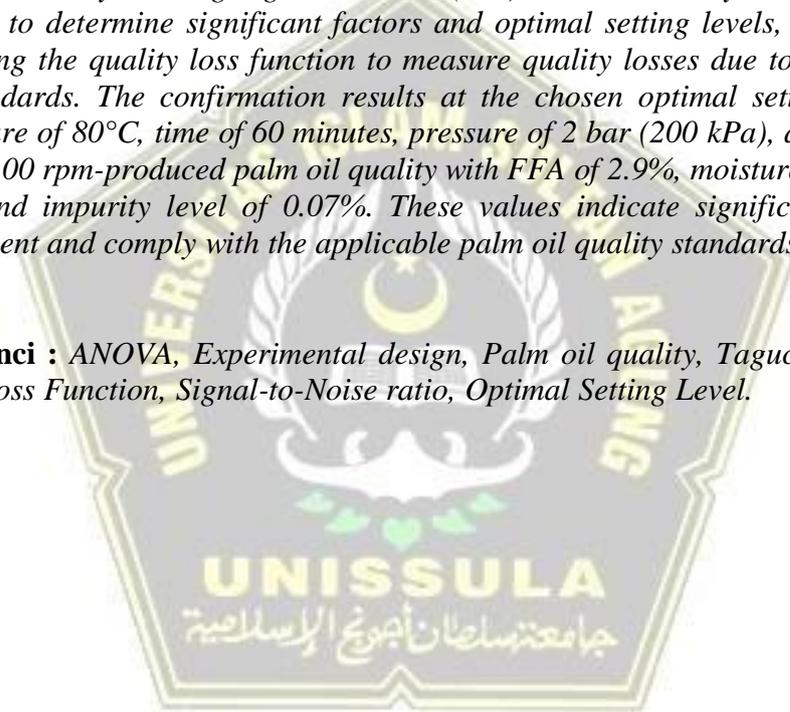
Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas produksi minyak sawit di PTPN IV Regional 2 Distrik Sulawesi dengan merancang setting level optimal dan menentukan *quality loss function* menggunakan metode *Taguchi*. Permasalahan utama yang dihadapi adalah ketidak konsistenan kualitas minyak sawit, ditandai dengan ALB, kadar air, dan kadar kotoran yang sering melebihi batas standar yang telah ditetapkan. Variasi kualitas ini disebabkan oleh pengendalian proses produksi yang kurang optimal, khususnya pada parameter suhu, waktu, tekanan, dan kecepatan pengadukan. Penelitian dilakukan melalui tahapan sistematis mulai dari identifikasi masalah dan pengumpulan data lapangan serta pengujian laboratorium, pemilihan variabel dan level faktor proses, perancangan eksperimen menggunakan metode *Taguchi* dengan *Orthogonal Array* L9, pelaksanaan eksperimen sesuai matriks percobaan, analisis data menggunakan *Signal-to-Noise* (S/N) ratio dan Analisis Variansi (ANOVA) untuk menentukan faktor yang signifikan serta setting level optimal, hingga penentuan *quality loss function* untuk mengukur kerugian kualitas akibat deviasi dari standar. Hasil konfirmasi pada setting level optimal yang dipilih yaitu suhu 80°C, waktu 60 menit, tekanan 2 bar / 200 kPa, dan kecepatan pengadukan 100 rpm menghasilkan kualitas minyak sawit dengan ALB sebesar 2,9%, kadar air 0,21%, dan kadar kotoran 0,07%. Nilai ini menunjukkan peningkatan kualitas yang signifikan dan memenuhi standar mutu minyak sawit yang berlaku.

Kata Kunci : ANOVA, Desain eksperimen, Kualitas minyak sawit, Metode *Taguchi*, *Quality Loss Function*, *Signal-to-Noise ratio*, *Setting Level Optimal*.

ABSTRACT

This study aims to improve the quality of palm oil production at PTPN IV Regional 2 Sulawesi District by designing optimal setting levels and determining the quality loss function using the Taguchi method. The main problem faced is the inconsistency in palm oil quality, marked by free fatty acid (FFA) content, moisture content, and impurity levels frequently exceeding the established standard limits. This variation in quality is caused by suboptimal control of the production process, particularly in parameters such as temperature, time, pressure, and stirring speed. The study was conducted through systematic stages, starting from problem identification, field data collection, and laboratory testing, selection of variables and factor levels, experimental design using the Taguchi method with an L9 Orthogonal Array, implementation of experiments according to the experimental matrix, data analysis using Signal-to-Noise (S/N) ratio and Analysis of Variance (ANOVA) to determine significant factors and optimal setting levels, and finally determining the quality loss function to measure quality losses due to deviations from standards. The confirmation results at the chosen optimal setting levels-temperature of 80°C, time of 60 minutes, pressure of 2 bar (200 kPa), and stirring speed of 100 rpm-produced palm oil quality with FFA of 2.9%, moisture content of 0.21%, and impurity level of 0.07%. These values indicate significant quality improvement and comply with the applicable palm oil quality standards.

Kata Kunci : ANOVA, Experimental design, Palm oil quality, Taguchi method, Quality Loss Function, Signal-to-Noise ratio, Optimal Setting Level.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kualitas adalah prioritas utama agar menampilkan keunggulan suatu perusahaan industri. Setiap perusahaan selalu berusaha untuk menghasilkan produk yang berkualitas untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan benar-benar sesuai standar kualitas yang ada, salah satunya adalah melakukan inspeksi terhadap produk yang dihasilkan (Mona ariesta, 2010).

Demi menjaga kualitas produk yang dihasilkan, maka salah satu caranya adalah dengan menetapkan standar mutu dan kualitas itu menunjukkan bahwa perusahaan tersebut bertanggung jawab penuh terhadap produk yang mereka hasilkan. Pemahaman kualitas sangat penting dalam pengembangan aktifitas perusahaan sebab pertumbuhan sangat ditentukan oleh kualitas produk atau jasa yang dihasilkan (Rifandi Arizky, 2022).

Kurangnya penerapan standar kualitas dan sistem manajemen yang baik dalam produksi dapat menyebabkan variasi dalam kualitas minyak. Kualitas minyak yang buruk tidak hanya mengurangi nilai standar produk, tetapi juga dapat berpengaruh pada kesehatan konsumen dan reputasi dari perusahaan. Oleh karena itu pentingnya untuk meningkatkan standar kualitas yang tinggi dan upaya perbaikan berkelanjutan.

Pabrik kelapa sawit (PKS) Luwu ialah salah satu industri hasil pertanian yang bergerak di bidang pengolahan bahan baku Tandan Buah Segar (TBS) kelapa sawit dengan tujuan memproduksi *Crude Palm Oil* dan inti kelapa sawit (IKS) sebagai produk utama proses pembentukan produk setengah jadi/bahan baku industri hilir (Syaifullah, 2021). Kemajuan suatu sektor perusahaan industri akan terus berkembang pesat memacu pada kebutuhan dan hasil produksi. Dalam upaya peningkatan kualitas dan mutu hasil produksi akan terus diupayakan. Dalam konteks produksi minyak sawit, penting untuk mrngoptimalkan berbagai parameter proses untuk meningkatkan kualitas produk akhir (Rafika Azwina *et al.*, 2023).

Tingkat kualitas minyak sawit dari hasil produksi sangat dipengaruhi oleh berbagai permasalahan seperti teknik pemrosesan, jenis atau kualitas bahan baku buah kelapa sawit, dan kondisi lingkungan yang dapat menghasilkan kualitas minyak yang lebih rendah. Pengolahan produksi yang tidak efisien juga dapat menyebabkan hasil produksi bahan baku yang kurang optimal, seperti pengendalian suhu atau *temperature* mesin dan waktu yang tidak tepat dapat mempengaruhi kualitas minyak sawit yang dihasilkan. Dengan rendahnya hasil pengolahan minyak hasil produksi maka hal ini dapat berpengaruh besar terhadap tingkat harga yang dipasarkan. Dan dari sini dapat disimpulkan bahwa kualitas minyak begitu berpengaruh terhadap target kualitas produksi dan nilai jual.

Proses produksi yang mudah terpengaruh oleh faktor gangguan yang ada berpotensi untuk menghasilkan produk yang tidak sesuai dengan tingkat kualitas yang ditentukan. Semakin besar nilai variasi dalam suatu kualitas produk yang dihasilkan maka semakin kecil kemungkinan konsumen untuk mendapatkan kualitas produk yang baik. Proses pemisahan minyak yang efektif akan memaksimalkan jumlah minyak yang dapat diekstraksi dari bahan baku TBS. Jika proses ini kurang optimal, banyak minyak masih tertinggal pada ampas atau fiber sehingga rendemen minyak turun dan potensi produksi tidak maksimal. Pemisahan yang baik dapat memisahkan minyak dari kotoran, air, dan bahan padat lain secara efisien. Jika pemisahan kurang sempurna, minyak yang dihasilkan akan mengandung kadar air, kotoran, dan residu yang tinggi, yang dapat menurunkan mutu minyak. Kualitas yang buruk akan berdampak pada kadar ALB yang lebih tinggi, warna minyak yang gelap, dan stabilitas oksidatif yang rendah. Dengan pemisahan yang efisien, proses produksi dapat berjalan lebih lancar dan cepat, mengurangi waktu pengolahan serta penggunaan energi. Hal ini berdampak positif pada penghematan biaya produksi dan peningkatan produktivitas. Pemisahan minyak yang konsisten menghasilkan produk minyak dengan karakteristik fisik dan kimia yang stabil, sehingga memenuhi standar mutu seperti kadar air, kadar ALB, dan warna. Konsistensi kualitas ini penting untuk menjaga kepercayaan konsumen dan daya saing produk di pasar.

Dengan begitu dapat disimpulkan bahwa ini menjadi pemicu keluhan dari konsumen terkait ketidakpuasan hasil produksi.

Dalam hal ini kegiatan produksi yang dilakukan oleh perusahaan terdapat beberapa standar yang ditetapkan. Antara lain rendemen, kadar ALB, kadar air, indeks warna, nilai peroksida, stabilitas oksidatif, kadar sisa pelarut, serta rasa dan aroma. Sebelum masuk ke tahap karakteristik CPO perlu pemahaman terkait penjelasan karakteristik kualitas minyak sawit. Rendemen adalah persentase minyak yang berhasil diekstraksi dari bahan baku tandan buah segar kelapa sawit. Nilai rendemen menunjukkan efisiensi proses ekstraksi. Kadar ALB menunjukkan jumlah ALB dalam minyak sawit. Nilai ALB yang tinggi menandakan degradasi minyak akibat proses hidrolisis atau oksidasi, yang dapat menurunkan kualitas minyak dan umur simpannya. ALB yang rendah menunjukkan minyak masih segar dan berkualitas baik. Kadar air dalam minyak sawit adalah jumlah air yang terkandung dalam minyak tersebut. Kadar air yang tinggi dapat menyebabkan pertumbuhan mikroorganisme dan mempercepat kerusakan oksidatif minyak, sehingga menurunkan stabilitas dan mutu produk. Indeks warna adalah ukuran kecerahan atau gelapnya warna minyak sawit. Warna minyak yang jernih dan cerah sesuai standar menandakan minyak yang berkualitas baik dan proses pengolahan yang tepat. Warna gelap dapat disebabkan oleh kontaminan atau proses pemanasan yang berlebihan. Nilai peroksida mengukur tingkat oksidasi awal minyak dengan menghitung senyawa peroksida yang terbentuk. Nilai ini menunjukkan seberapa jauh minyak mulai mengalami kerusakan oksidatif. Nilai peroksida yang rendah menunjukkan minyak masih segar dan tahan lama. Stabilitas oksidatif adalah kemampuan minyak untuk bertahan terhadap proses oksidasi selama periode tertentu. Stabilitas yang tinggi menandakan minyak lebih tahan terhadap kerusakan oksidatif dan memiliki umur simpan yang lebih lama. Kadar sisa pelarut adalah jumlah pelarut kimia yang tersisa dalam minyak setelah proses pemurnian. Pelarut yang tersisa dalam jumlah tinggi dapat membahayakan kesehatan konsumen, sehingga kadar ini harus memenuhi batas aman sesuai standar. Rasa dan aroma minyak sawit adalah aspek sensoris yang mencerminkan kesegaran dan kualitas

produk. Minyak yang baik tidak memiliki bau tengik atau rasa asing, sedangkan bau atau rasa tengik menandakan adanya kerusakan atau kontaminasi.

Dalam bidang industri pengolahan minyak sawit. Secara teoritis, penelitian ini memperkaya pemahaman tentang pengaruh parameter proses seperti suhu ekstraksi, waktu ekstraksi, tekanan, dan kecepatan pengadukan terhadap kualitas minyak sawit. Dengan menggunakan metode Taguchi, penelitian ini mengidentifikasi faktor-faktor yang paling mempengaruhi kualitas produk dan mengoptimalkan setting level yang tepat untuk menghasilkan minyak sawit dengan kualitas terbaik, yang sebelumnya belum dijelajahi secara mendalam dalam konteks produksi minyak sawit. Secara praktis, penelitian ini menawarkan solusi konkret bagi industri pengolahan minyak sawit untuk meningkatkan kualitas produk dan efisiensi produksi. Dengan penerapan setting level optimal yang ditemukan melalui analisis eksperimen, perusahaan dapat mengurangi variabilitas dalam proses produksi, memperbaiki mutu produk seperti kadar asam lemak bebas (ALB), kadar air, dan kadar kotoran, serta menurunkan kerugian kualitas yang berdampak pada biaya dan daya saing produk di pasar. Hal ini dapat memberikan keuntungan kompetitif di pasar global yang semakin menuntut kualitas dan keberlanjutan. Selain itu, penggunaan quality loss function (QLF) memberikan gambaran yang jelas tentang kerugian ekonomi yang diakibatkan oleh penyimpangan kualitas, sehingga perusahaan dapat merencanakan perbaikan berkelanjutan dalam proses produksi mereka untuk meminimalkan kerugian tersebut. Oleh karena itu, penelitian ini tidak hanya penting bagi pengembangan teori dalam bidang kualitas produksi, tetapi juga memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan keberlanjutan industri minyak sawit dengan fokus pada efisiensi dan kualitas produk.

Berikut adalah beberapa data permasalahan kualitas minyak sawit yang dapat dilihat dari karakteristiknya :

Tabel 1.1 Karakteristik CPO

Karakteristik CPO	Data Standar Stabil (SNI CPO 01-2901-2006)	Hasil Pengolahan Perusahaan	Keterangan
Rendemen (%)	22-25%	15-20%	Rendemen hasil produksi lebih rendah dari standar menunjukkan efisiensi ekstraksi yang kurang optimal, sehingga potensi minyak yang dapat dihasilkan belum maksimal.
Kadar ALB (FFA%)	$\leq 5\%$	4,7-10,9%	Kadar ALB yang tinggi menunjukkan degradasi minyak akibat hidrolisis atau oksidasi. Hasil produksi yang melebihi batas standar ($\geq 5\%$) menandakan kualitas minyak menurun dan bisa memengaruhi daya simpan dan mutu produk.
Kadar Air (%)	$\leq 0,25\%$	0,3-0,4%	Kadar air yang tinggi dapat mempercepat kerusakan minyak dan mengurangi stabilitas produk. Hasil produksi di atas standar menandakan proses pengeringan atau pemurnian kurang optimal.
Indeksi Warna	≤ 3 (warna Jernih)	5-6 (warna gelap)	Warna minyak yang lebih gelap biasanya disebabkan oleh kontaminan atau proses pemanasan yang tidak tepat. Warna yang tidak memenuhi standar menunjukkan kualitas visual yang kurang baik dan bisa berpengaruh pada persepsi konsumen.
Nilai Peroksida (meq O ₂ /kg)	≤ 5 meq O ₂ /kg	6-10 meq O ₂ /kg	Nilai peroksida tinggi mengindikasikan tingkat oksidasi minyak yang tinggi, yang berarti minyak mulai mengalami kerusakan oksidatif sehingga umur simpan berkurang
Stabilitas Oksidatif (jam)	>12 Jam	4-6 Jam	Stabilitas oksidatif yang rendah menandakan minyak lebih mudah rusak akibat oksidasi, sehingga kualitas dan daya simpan minyak menurun.
Kadar Sisa Pelarut (%)	$\leq 0,25\%$	0,3%	Kandungan pelarut yang melebihi standar dapat membahayakan kesehatan konsumen dan

			menunjukkan proses pemurnian belum maksimal.
Rasa dan Aroma	Tidak ada bau asing	Sedikit tengik	Adanya bau tengik menandakan adanya oksidasi atau kontaminasi pada minyak, yang menurunkan kualitas sensoris dan dapat mengurangi minat konsumen.

Dari identifikasi dan deskripsi terkait data tabel 1.1 diatas maka perlu dilakukan perbaikan melalui implementasi untuk mengidentifikasi serta mengurangi variasi dalam proses produksi perusahaan saat ini sehingga dapat meningkatkan kualitas minyak sawit secara keseluruhan. Jika dilihat dari tabel karakteristik kualitas minyak sawit diatas perlu untuk peningkatan kualitas melalui tahap pengoptimalan proses produksi, karena melalui pengamatan tersebut dapat dilihat hasil perbandingan kualitas minyak perusahaan sebelum dan setelahnya. Berdasarkan data tersebut pemrosesan yang tidak stabil dalam tahap pengolahan minyak sawit dapat menghasilkan kualitas yang bervariasi dan tidak konsisten. Variasi ini dapat mempengaruhi kadar ALB, warna, serta kelembapan yang dihasilkan. Hal ini menjelaskan bahwa pentingnya peningkatan kualitas minyak hasil produksi saat ini dan jaminan produk yang dihasilkan dengan melalui penetapan standar mutu dan kualitas yang ditetapkan. Sebagian besar produksi minyak sawit yang tidak memenuhi standar disebabkan oleh kesalahan didalam tahapannya.

Penelitian ini berfokus pada peningkatan kualitas minyak sawit yang dinilai berdasarkan parameter seperti kandungan ALB, indeks warna, rasa, dan bau. Dikarenakan proses produksi diperusahaan saat ini yang tidak optimal dan masih perlu dilakukan pengujian atau pengamatan lebih lanjut agar kualitas hasil produksi dapat terjamin. Dan dalam tahap proses pengolahan saat ini termasuk penentuan suhu temperatur dan waktu pengolahan sehingga kualitas yang dihasilkan kurang optimal. Dengan demikian berdasarkan permasalahan dari perusahaan saat ini adalah yang ada perlu dilakukan implementasi pengujian kualitas produk untuk mengurangi variasi dan memastikan bahwa kualitas minyak sawit dari hasil produksi sesuai dengan standar atau batas spesifikasi yang ditetapkan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan maka rumusan masalah yang didapat yaitu :

1. Bagaimana melakukan perbaikan kualitas minyak kelapa sawit di PTPN IV Regional 2 Distrik Sulawesi?
2. Bagaimana cara meningkatkan efisiensi pengolahan kelapa sawit tanpa mengorbankan kualitas minyak?
3. Apa faktor yang mempengaruhi kualitas minyak kelapa sawit pada tahap pengolahan ?
4. Bagaimana metode pengujian perbandingan hasil kualitas minyak kelapa sawit yang digunakan untuk memastikan bahwa produk tersebut memenuhi standar ?
5. Bagaimana *Setting Level* yang Optimal ?

1.3 Pembatasan Masalah

Dalam penelitian ini terdapat beberapa batasan masalah supaya tujuan awal penelitian, diantaranya yaitu :

1. Pada penelitian ini hanya berfokus pada ruang lingkup variasi faktor yang mempengaruhi kualitas minyak.
2. Data penelitian hanya pada periode bulan Februari 2024 hingga bulan April 2024.
3. Memfokuskan pada parameter kualitas pengukuran dan data akurasi yang mempengaruhi hasil eksperimen.
4. Data penelitian yang digunakan terdiri dari observasi lapangan dan wawancara kepada tenaga kerja atau kepada pihak terkait di PTPN IV Regional 2 Distrik Sulawesi.

1.4 Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah diatas, adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memahami bagaimana tahap perbaikan kualitas minyak kelapa sawit pada PTPN IV Regional 2 Distrik Sulawesi.
2. Memahami cara peningkatan efisiensi pengolahan minyak kelapa sawit.
3. Mengetahui faktor yang mempengaruhi kualitas minyak kelapa sawit pada proses pengolahan.
4. Memahami metode pengujian kualitas perbandingan hasil minyak kelapa sawit yang digunakan.
5. Untuk mengetahui *Setting Level Optimal*

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Untuk Perusahaan
Melalui tahap penelitian ini dapat membantu perusahaan dalam meningkatkan kualitas minyak sawit yang dihasilkan. Dengan mengoptimalkan parameter dapat menghemat biaya produksi dan meningkatkan efisiensi operasi. Selain itu penelitian ini dapat mendorong perusahaan untuk mengambil pendekatan berbasis data dalam pengambilan keputusan yang dapat merangsang inovasi dan perbaikan berkelanjutan dalam proses produksi.
2. Untuk Peneliti
Mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang metode statistik dan juga penerapannya dalam industri pengolahan minyak sawit. Penelitian ini memberikan kesempatan bagi mahasiswa untuk menerapkan teori langsung dalam praktik nyata. Selain itu mahasiswa akan berkesempatan untuk terlibat dalam penelitian yang relevan, memperkaya pengalaman akademis dan peningkatan daya saing di dunia kerja.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memastikan apakah penyusunan laporan ini dikerjakan dengan baik, dengan begitu dibuat sistematika penulisan dengan rinciannya yaitu :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berfungsi sebagai pengantar untuk permasalahan yang dipaparkan yaitu latar belakang tentang belum optimalnya kualitas minyak dari hasil produksi di PTPN IV Regional 2 Distrik Sulawesi. Perumusan masalah berdasarkan permasalahan yang diketahui, pembatasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini membahas materi yang menjadi landasan teori yang mendukung dan berkaitan dengan tema penelitian yaitu perancangan eksperimen untuk pengoptimalan hasil produksi.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini berisikan tentang tempat penelitian, objek penelitian dan tahapan penelitian. Adapun tahapan penelitian terdiri dari penentuan topik penelitian atau identifikasi masalah, penentuan rumusan masalah, tujuan penelitian, melakukan studi literatur, melakukan pengumpulan data, melakukan analisa, dan penutup.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi tentang pembahasan terkait dengan pengumpulan data penelitian dan pengolahan data penelitian serta pembahasan mengenai hasil dari pengolahan data penelitian yang dilakukan.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan yang dirumuskan berdasarkan pada hasil penelitian yang sudah dikerjakan dimana diketahui diperoleh dari hasil pengumpulan data penelitian serta saran penelitian yang dikerjakan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka dalam penelitian ini meliputi referensi dan teori dari penelitian sebelumnya yang digunakan sebagai bahan acuan untuk menyelesaikan masalah yang ada dalam laporan penelitian tugas akhir. Berikut ini merupakan tinjauan pustaka dalam penelitian ini :

Berdasarkan jurnal nasional dengan judul “Kualitas Kajian Minyak Goreng Sawit Dengan Metode *Taguchi Quality Loss Function*” yang diteliti oleh (Juliza Hayati Sukaria Sinulingga and Utomo, 2015) melakukan studi terhadap kualitas minyak goreng kelapa sawit dengan menggunakan pendekatan *Taguchi Loss Function*. Dalam penelitian tersebut, aspek kualitas seperti warna, aroma, angka asam, dan kadar air dianalisis untuk menentukan performa produk, lalu dilanjutkan dengan pembuatan peta kendali serta penghitungan indeks kapabilitas proses (*process capability index*), guna menilai sejauh mana produk memenuhi kebutuhan konsumen (Juliza Hidayati, Sukaria Sinulingga, 2015)

Berdasarkan jurnal nasional dengan judul “Desain Eksperimen TUF Dalam Peningkatan Kualitas Garam Olahan Limbah Produksi ES Dengan Metode *Taguchi* di PT. Putra Maesa Persada” yang diteliti oleh (Susanti Dhini Anggraini dkk 2023) memanfaatkan metode Taguchi untuk meningkatkan mutu garam dari limbah air es balok yang diolah menggunakan teknologi *Ulir Filter* (TUF). Inovasi ini bertujuan menggantikan metode pencucian garam konvensional yang dinilai kurang efisien dan memerlukan biaya operasional tinggi. Penerapan TUF dipilih karena dianggap lebih hemat biaya dan ramah lingkungan dalam proses pemurnian air garam (Dhini Anggraini *et al.*, 2023).

Berdasarkan jurnal nasional dengan judul “Analisa Pengendalian Kualitas *Refined Bleached Deodorize Palm Oil* Dengan Menggunakan Metode *Taguchi* pada PT. XYZ” yang diteliti oleh (Yuana Delvika 2018) menyoroti pentingnya menjaga mutu produk untuk menghindari kerugian seperti kehilangan potensi penjualan dan menurunnya pangsa pasar, yang berdampak pada berkurangnya produktivitas

perusahaan. Dalam kajiannya, mengidentifikasi beberapa variabel penting yang menentukan mutu produk *Refined Bleached Deodorized Palm Oil* (RBDPO), yakni tingkat asam lemak bebas, kadar air, dan warna. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menggali lebih dalam faktor-faktor apa saja yang paling berpengaruh terhadap kualitas produk tersebut, sekaligus mencari strategi penanganan yang tepat agar hasil produksi sesuai dengan standar mutu yang ditetapkan perusahaan maupun industri secara umum (Delvika, no date).

Bedasarkan jurnal nasional dengan judul “Penerapan Desain Eksperimen *Taguchi* Untuk Meningkatkan Kualitas Produksi Batu Bata Dari Sekam Padi” yang diteliti oleh (Selvia Aprilyanti and Faizah Suryani 2020) memfokuskan pada peningkatan mutu produksi batu bata ringan berbahan dasar sekam padi melalui penerapan desain eksperimen *Taguchi*. Dalam penelitian ini, ditemukan bahwa pengaturan tingkat faktor-faktor kendali seperti proporsi semen, jumlah sekam padi, durasi penjemuran, dan jumlah pasir secara signifikan memengaruhi kekuatan tekan batu bata yang dihasilkan. Hasil dari desain eksperimental *Taguchi* tersebut membantu mengidentifikasi kombinasi parameter yang paling optimal untuk meningkatkan daya tahan produk (Aprilyanti and Suryani, 2020).

Bedasarkan jurnal nasional dengan judul “Penerapan Metode *Taguchi* Untuk Optimalisasi Hasil Produksi Roti Di Usaha Roti Meyza Bakery padang Sumatera barat” yang diteliti oleh (Siska Zayendra, Hazmira Yozza, Maiyastri 2016) dengan penelitian mengenai penerapan metode *Taguchi* pada proses produksi roti di UKM Roti Meyza Bakery di Padang, Sumatera Barat. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengoptimalkan hasil produksi melalui pendekatan statistik eksperimental. Metode *Taguchi* digunakan guna menentukan kombinasi faktor produksi yang paling efektif dalam meningkatkan hasil produksi roti. Pendekatan ini terbukti mampu mengurangi variasi dan meningkatkan efisiensi produksi di sektor usaha kecil menengah (Zayendra, Yozza and ., 2016).

Bedasarkan jurnal nasional dengan judul “Penerapan *Setting Level Optimal* Menggunakan Metode *Taguchi* Pada Proses Produksi Batik Tulis Untuk Meningkatkan Kualitas Produk Di Sentra Industri Batik Tulis Kalinyamat Wetan Kota Tegal” yang diteliti oleh (Saufik Luthfianto, Siswiyanti, Ahmad Farid 2014).

Penelitian yang dilakukan oleh Luthfianto, Siswiyanti, dan Farid (2014) bertujuan untuk meningkatkan kualitas produksi batik tulis di sentra industri Kalinyamat Wetan, Kota Tegal. Dengan memanfaatkan metode Taguchi, penelitian ini mengevaluasi berbagai parameter proses seperti waktu pencelupan, suhu, dan konsentrasi pewarna untuk menentukan pengaturan level optimal. Hasil studi menunjukkan bahwa pendekatan ini mampu mengurangi cacat produksi dan meningkatkan mutu akhir produk batik tulis yang diproduksi secara tradisional (Luthfianto, Siswiyanti and Farid, 2014).

Berdasarkan jurnal nasional dengan judul “Perancangan *Setting Level* Optimal dan Penentuan *Quality Loss Function* Pada Pembuatan Tegel Dengan Metode *Taguchi*” yang diteliti oleh (Dewi Marlina, Eko Pujiyanto, dan Cucuk Nur Rosidi 2003). Penelitian yang dilakukan oleh Marlina, Pujiyanto, dan Rosidi (2003) menyoroti masalah dalam proses pembuatan tegel, di mana ditemukan banyak hasil produksi yang tidak memenuhi standar mutu. Untuk mengatasi persoalan tersebut, penelitian ini menggunakan pendekatan metode Taguchi dalam menentukan level optimal pengaturan proses serta menghitung kerugian kualitas (*quality loss function*) yang disebabkan oleh variasi produk. Studi ini berupaya menetapkan faktor-faktor proses yang paling memengaruhi mutu tegel, sehingga dapat dirancang parameter produksi yang lebih terkendali dan efisien (Marlina *et al.*, 2003).

Berdasarkan jurnal nasional dengan judul “Desain Eksperimen dalam Pengendalian Kualitas Produk Wing King Door Eco Dengan Metode *Taguchi* Pada PT. Wadja Karya Dunia” yang diteliti oleh (Marfindo Ardy Saputra, Japinal Sagala, Hendro Susiyanto 2023) mengkaji permasalahan banyaknya produk cacat pada proses produksi pintu Wing King Door Eco di PT. Wadja Karya Dunia. Tingginya tingkat kecacatan menyebabkan kerugian material dan penumpukan barang. Untuk mengidentifikasi akar penyebabnya, penelitian ini menerapkan metode eksperimen Taguchi guna menentukan pengaturan level faktor produksi yang optimal. Hasil eksperimen menjadi dasar perbaikan sistem produksi agar produk yang dihasilkan lebih konsisten dan sesuai standar mutu (Saputra, 2023).

Berdasarkan jurnal nasional dengan judul “Analisa Mutu Minyak *Crude Palm Oil* dengan Metode *Taguchi* di PT. Varem Sawit Cemerlang” yang diteliti oleh (Egi Kurniawan 2020) Untuk meningkatkan mutu, penelitian ini menggunakan metode *Taguchi* yang bertujuan mengurangi dampak dari faktor-faktor penyebab utama tanpa harus menghilangkan penyebabnya secara langsung. Dengan pendekatan ini, diharapkan proses produksi menjadi lebih terkendali dan menghasilkan produk minyak sawit berkualitas tinggi (Kurniawan, 2021).

Berdasarkan jurnal nasional dengan judul “Implementasi Perancangan Eksperimen Untuk Mengurangi kecacatan di Proses Injection Molding P.T.X” dengan metode *Design Of Experiment* (DOE) yang diteliti oleh (Didik Wahjudi, Roynaldo 2023) dengan permasalahan P.T. X mengalami kesulitan dalam memenuhi permintaan pasar karena tingginya tingkat kecacatan produk (mencapai 4–10%). Penelitian ini mengadopsi metode *Design of Experiment* (DOE) untuk menganalisis serta merancang eksperimen yang dapat meminimalkan kecacatan. Dengan mengenali parameter proses yang kritis, perusahaan dapat mengurangi kesalahan mekanisme dan pengaturan mesin yang selama ini menjadi penyebab utama cacat produk (Didik Wahjudi, 2023).

Berdasarkan jurnal nasional dengan judul “Perancangan Eksperimen Untuk Meningkatkan Kualitas Ketangguhan Material dengan Pendekatan Analisis *General Factorial Design*” dengan metode *Design Of Experiment* (DOE) yang diteliti oleh (Lithrone Laricha Salomon, Wilson Kosasih, Sauw Oscar Angkasa 2015). Masalah utama yang dihadapi adalah tingginya variasi dalam bentuk dan warna produk serta tingginya tingkat kerusakan selama proses produksi dan pengiriman. Dengan melakukan desain eksperimen, peneliti mencoba menentukan komposisi bahan terbaik. Dua faktor utama yang dianalisis adalah jumlah katalis dan jenis bahan campuran. Penelitian ini berhasil menunjukkan bahwa metode eksperimen dapat digunakan untuk meningkatkan performa material secara signifikan (Salomon, Kosasih and Angkasa, 2017).

Berdasarkan jurnal nasional dengan judul “Evaluasi *Supplier* Menggunakan Metode “*analytical Hierarchy Process*” Dan “*Taguchi Loss Function*” Di PT. Makmur Grafika” dengan metode *Taguchi Loss Function*, yang diteliti oleh Panji

Astusti, (2017) dengan permasalahan yang muncul di perusahaan akibat ketidaksesuaian yaitu kertas yang lembab, kertas sobek, jumlah dan kualitas cetakan yang dihasilkan serta keterlambatan atau kekurangan pada bahan baku utama. Keterlambatan bahan baku dan kegagalan dalam proses mencetak menyebabkan pengurangan terhadap keuntungan perusahaan. Pada umumnya, masalah yang muncul di perusahaan akibat ketidaksesuaian yaitu kertas yang lembab, kertas sobek, jumlah dan kualitas cetakan yang dihasilkan serta keterlambatan atau kekurangan pada bahan baku utama. Keterlambatan bahan baku dan kegagalan dalam proses mencetak menyebabkan pengurangan terhadap keuntungan perusahaan.

Berdasarkan jurnal nasional dengan judul “Analisis Biaya Dan waktu Proyek Pembangunan Gedung Fraksi DPRD Daerah Kudus” menggunakan metode *Crashing Overlapping* oleh Nurul Husna Mulia,(2022) dengan permasalahan pelaksanaan dilapangan sering terjadi masalah yang berkaitan dengan biaya, waktu, dan sangat memerlukan manajemen dalam proyek tersebut serta diperlakukan agar penyimpangan atau masalah tersebut dapat diatasi sehingga proyek selesai tepat pada waktunya. Hasil analisis biaya paling efisien menggunakan metode gabungan (metode *Crashing* dan *Overlapping*) sebesar 4.563.515.895,44. Pada proyek pembangunan gedung fraksi DPRD daerah kudus mendapatkan hasil efisiensi biaya dan waktu percepatan perhari.



Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka

No.	Penulis	Judul	Sumber	Permasalahan	Metode	Hasil Penelitian
1.	Juliza Hayati, Sukaria Sinulingga, Utomo Hadi (2015)	Kajian Kualitas Minyak Goreng Sawit Dengan Metode <i>Taguchi Quality Loss Function</i> .	Jurnal OE, Volume VII, No.1, Maret 2015	Sebuah perusahaan pembuatan minyak goreng sawit mendapati hasil dari proses produksinya memiliki beberapa variasi karakteristik minyak yaitu variasi warna, bau, bilangan asam dan kadar air. Variasi terjadi disebabkan suhu pemanasan pada mesin <i>Slurry Tank</i> , mesin <i>spiral heat exchange</i> dan mesin <i>deodorize</i> yang berubah sesuai kondisi yang dibutuhkan. Hal ini mengakibatkan kerugian biaya bagi perusahaan.	<i>Taguchi Quality Loss Function</i>	Bervariasinya karakteristik warna, bau, bilangan asam dan kadar air dengan standard yang telah ditetapkan mengakibatkan kerugian-kerugian atau loss pada proses produksi.
2.	Susanti Dhini, Anggraini dkk (2023)	Desain Eksperimen TUF Dalam Peningkatan Kualitas Garam Olahan Limbah Produksi ES dengan Metode <i>Taguchi</i> di PT. Putra Maesa Persada.	Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri Vol.7 No. 2 Oktober 2023, hal 69-82.	PT. Putra Maesa Persada dengan permasalahan air garam yang kadarnya kurang baik. Oleh karena itu untuk menghemat biaya pencucian produksi, perusahaan membuat alternatif produksi garam dengan pemanfaatan limbah air bekas es balok dengan proses pemurnian menggunakan Teknologi Ulir Filter (TUF).	<i>Taguchi</i>	Teknologi Ulir Filter (TUF) dari ketiga faktor ini sangat baik digunakan dalam filtering air garam karena dapat meningkatkan produksi dan kualitas garam. Sehingga perusahaan dapat mengurangi biaya pembelian garam untuk campuran proses pembuatan es balok. Selain itu dapat digunakan sebagai alat filtering pada pengusaha garam pada umumnya guna meningkatkan produksi garam.

3.	Yuana Delvika (2018)	Analisa Pengendalian Kualitas <i>Refined Bleached Palm Oil</i> dengan Metode <i>Taguchi</i> Pada PT. XYZ.	Jurnal Program Studi teknik Industri, fakultas Teknik, Universitas Medan Area.	PT. XYZ merupakan perusahaan yang memproduksi minyak <i>Refined Bleached Deodorized Palm Oil</i> . Faktor-faktor yang menentukan kualitas <i>Refined Bleached Deodorized Palm Oil</i> yaitu, kadar ALB, kadar air dan warna. Dari uraian di atas, maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas <i>Refined Bleached Deodorized Palm Oil</i> dan cara penanggulangannya agar kualitas minyak sawit yang di produksi dapat memenuhi standar yang telah ditetapkan	<i>Taguchi</i>	Dalam proses pengendalian kualitas <i>Refined Bleached Deodorized Palm Oil</i> diketahui bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas <i>Refined Bleached Deodorized Palm Oil</i> adalah kadar ALB, kadar warna dan kadar air. Sedangkan faktor yang menyebabkan penyimpangan terhadap kualitas <i>Refined Bleached Deodorized Palm Oil</i> yaitu tekanan pada perebusan, temperatur perebusan dan waktu pada proses perebusan.
4.	Selvia Apriliyanti Faizah Suryani (2020)	Penerapan Desain Eksperimen <i>Taguchi</i> Untuk Meningkatkan Kualitas Produksi Batu Bata Dari Sekam Padi.	Jurnal Program Studi Teknik Industri, fakultas Teknik, Universitas Tridinanti, Jl. Kapten Marzuki No. 2446, Palembang Indonesia 30129.	Permasalahan dalam penelitian Sekam Padi adalah belum diketahui komposisi yang optimal dan tepat dalam pembuatan batu bata ringan yang terbuat dari sekam padi.	<i>Taguchi</i>	Berdasarkan hasil perancangan optimasi parameter menggunakan desain eksperimen <i>Taguchi</i> diperoleh hasil bahwa pengaturan <i>level</i> terhadap faktor kendali yaitu semen, sekam padi, waktu penjemuran dan pasir memiliki pengaruh terhadap kuat tekan batu bata yang dihasilkan.

5.	Siska Zayendra, Hazmira Yozza, Maiyastri (2016)	Penerapan Metode <i>Taguchi</i> Optimalisasi Hasil Produksi Roti Di Usaha Roti Meyza Bakery, Padang Sumatera Barat.	Jurnal Matematika UNAND Vol. 5 No. 3 Hal. 122-130 ISSN : 2303- 291X.	Permasalahan dalam percobaan usaha roti Meyza Bakery dengan melibatkan empat faktor yaitu takaran ragi, lama adonan didiamkan, waktu penggorengan, dan takaran air dengan respon persentase produk tidak layak jual. Disimpulkan bahwa keempat faktor berpengaruh terhadap persentase produk yang layak jual.	<i>Taguchi</i>	Dapat disimpulkan bahwa faktor A (takaran ragi) memiliki pengaruh terbesar terhadap hasil produksi roti. Dari rata-rata tiap faktor dipilih nilai paling besar untuk disarankan sebagai rancangan usulan.
6.	Saufik Luthfianto, Siswiyanti, Ahmad Farid (2014)	Penerapan <i>Setting Level</i> <i>Optimal</i> Menggunakan Metode <i>Taguchi</i> Pada Proses Produksi Batik Tulis Untuk Meningkatkan Kualitas Produk Di Sentra Industri Batik Tulis Kalinyamat Wetan Kota Tegal.	Jurnal Spektrum Industri, 2014, Vol.12,113-247	Faktor -faktor yang berpengaruh pada hasil desain produk batik tulis Tegal adalah bahan kain batik, pewarnaan, pencelupan dan pelilinan.	<i>Taguchi</i>	Penelitian ini memperbaiki dan meningkatkan kualitas pada produk utamanya yaitu kain batik tulis, sehingga produk yang dibuat lebih mempunyai kualitas yang baik di pasar serta mampu memenuhi harapan yang diinginkan konsumen produk kain batik tulis.
7.	Dewi Marlina, Eko Pujiyanto, dan Cucuk Nur Rosidi (2003).	Perancangan <i>Setting Level</i> Optimal dan <i>Quality Loss</i> <i>Function</i> Pada Pembuatan	Jurnal Performa (2003) Vol. 2, No 1.	Permasalahan selama ini dalam proses produksinya banyak ditemukan hasil cetak yang tidak memenuhi standar sehingga	<i>Taguchi</i>	Metode <i>Taguchi</i> mengatasi masalah tersebut melakukan perancangan eksperimen agar supaya diperoleh hasil nilai <i>setting level</i> proses

		Tegel dengan Metode <i>Taguchi</i> .		inspeksi harus sering dilakukan agar kualitas produk tetap terjaga.		pembuatan tegel sehingga mendapatkan hasil cetakan yang hasil cetakan yang berkualitas.
8.	Marfindo Ardy Saputra, Japinal Sagala, Hendro Susiyanto (2023)	Desain Eksperimen Dalam Pengendalian Kualitas Produk Wing <i>King Door Eco</i> dengan Metode <i>Taguchi</i> Pada PT. Wadja Karya Dunia.	Jurnal Industri krisna Vol.12, No.2 dan E-ISSN 2829-7709.	Banyaknya produk cacat pada PT. wing King Door Eco menyebabkan kerugian materil yang cukup besar dan juga penumpukan produk di area produksi.	<i>Taguchi</i>	Untuk mengetahui faktor-faktor penyebab kecacatan produk, maka peneliti menggunakan desain eksperimen dengan metode taguchi untuk menentukan setting level optimal. Perbaikan diawali dari pemilihan faktor-faktor yang berpengaruh pada kecacatan produk sebagai dasar menentukan matriks orthogonal.
9.	Egi Kurniawan, (2021)	Analisa Mutu Minyak <i>Crude Palm Oil</i> dengan Metode Taguchi di PT.Varem Cemerlang. Sawit	Jurnal Vo.4 Issue 1-2021 TALENTA Conference Series : Energy and Engineering	Permasalahan yang berhubungan dengan mutu minyak <i>Crude Palm Oil</i> menjadi minyak yang bermutu.	<i>Taguchi</i>	Untuk meningkatkan mutu dengan cara menurunkan tingkan pengaruh dari penyebab-penyebab perusahaan dengan tidak menghilangkan penyebabnya.
10.	Didik Wahjudi, Royanaldo (2023)	Implementasi Perancangan Eksperimen Untuk Mengurangi kecacatan di Proses Injertion Molding P.T.X	Jurnal Teknik Mesin, Vol. 20, No. 1, April 2023, 13-17	Sebuah perusahaan yang bergerak di bidang produksi plastik menggunakan mesin injection molding di Sidoarjo. Beberapa produk yang dihasilkan adalah ember, pot, bola biopori, dan baskom. Pada proses produksinya, perusahaan tersebut sering mengalami kendala	<i>Design Of Experiment (DOE)</i>	Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan pengaturan mesin yang tepat agar jumlah produk yang cacat dapat berkurang dan meningkatkan keuntungan perusahaan.

				banyaknya jumlah produk yang cacat karena tidak memiliki pengaturan mesin yang tepat untuk produksi.		
11.	Lithrone Laricha Salomon, Wilson Kosasih, Sauw Oscar Angkasa (2015).	Perancangan Eksperimen Untuk Meningkatkan Kualitas Ketangguhan Material dengan Pendekatan Analisis <i>General Factorial Design</i> .	Jurnal Rekayasa Sistem Industri Vol.4, No.1, 2015	Permasalahan yang dihadapi oleh perusahaan adalah banyak terjadinya produk yang pecah baik pada saat pengiriman material maupun saat produksi. Terdapat dua faktor yang diyakini mempengaruhi nilai ketangguhan material yaitu banyaknya katalis dan jenis bahan campuran yang digunakan.	<i>General Factorial Design</i>	Berdasarkan analisis yang dilakukan, diperoleh hasil bahwa faktor banyaknya katalis, jenis bahan campuran, dan interaksi kedua faktor tersebut mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap hasil ketangguhan material dan agar didapatkan hasil yang optimal maka untuk membuat sampel berukuran 100 mm x 100 mm x 9 mm, disarankan menggunakan bahan katalis sebanyak 3 ml dan bahan campuran Al(OH) ₃ spesifikasi HWF 50.
12.	Teguh Pamungkas, (2020)	Meningkatkan Kualitas Produksi Paving Dengan Menggunakan Metode <i>Taguchi</i>	Jurnal Teknik Industri Unissula ; (2020)	Pelaku industri harus memenuhi keinginan dan harapan konsumen agar industrinya tetap dapat bersaing dengan industri lainnya. Maka dari itu perusahaan perlu memberikan kualitas agar memenuhi keinginan dan harapan konsumen dan juga perlu menetapkan toleransi dan batasan pada produknya.	<i>Taguchi</i>	Hasil dari penggunaan metode taguchi yaitu dihasilkan faktor dan level yang optimal berdasarkan komposisi bahannya, yaitu faktor semen sebesar 0,75 Kg, faktor pasir sebesar 1,5 Kg, abu batu 1,5 Kg dan air 0,5 liter. Hasil eksperimen menunjukkan nilai rata-rata sebesar 328 Kg/cm ² . Faktor-faktor yang paling mempunyai pengaruh tinggi pada kuat tekan paving yaitu pasir, semen, abu bata serta air.

13.	Panji Astusti, (2017)	Evaluasi <i>Supplier</i> Menggunakan Metode <i>analytical Hierarchy Process</i> Dan <i>Taguchi Loss Function</i> Di PT. Makmur Grafika	Junal Teknik Industri Unissula ; (2017)	Pada umumnya, masalah yang muncul di perusahaan akibat ketidaksesuaian yaitu kertas yang lemas, kertas sobek, jumlah dan kualitas cetakan yang dihasilkan serta keterlambatan atau kekurangan pada bahan baku utama. Keterlambatan bahan baku dan kegagalan dalam proses mencetak menyebabkan pengurangan terhadap keuntungan perusahaan.	<i>Taguchi Loss Function</i>	Total kerugian yang dihasilkan Supplier kertas Art Paper adalah Rp 156,523.54 dengan rincian kerugian sebesar Rp 0 untuk kriteria kualitas, Rp 123,338.36 untuk kerugian pada kriteria harga sementara untuk kriteria pengiriman menyebabkan kerugian sebesar Rp 33,185.19. Kerugian yang disebabkan oleh kriteria harga sangat tinggi jika dibandingkan dengan kriteria lain hal tersebut terjadi karena kriteria harga memiliki bobot yang cukup tinggi pada evaluasi supplier.
14.	Nurul Husna Mulia,(2022)	Analisis Biaya Dan waktu Proyek Pembangunan Gedung Fraksi DPRD Daerah Kudus	Junal Teknik Industri Unissula ; (2022)	Pada pelaksanaan dilapangan sering terjadi masalah yang berkaitan dengan biaya, waktu, dan sangat memerlukan manajemen dalam proyek tersebut serta diperlakukan agar penyimpangan atau masalah tersebut dapat diatasi sehingga proyek selesai tepat pada waktunya.	<i>Crashing Overlapping</i>	Hasil analisis biaya paling efisien menggunakan metode gabungan (metode <i>Crashing</i> dan <i>Overlapping</i>) sebesar 4.563.515.895,44. Pada proyek pembangunan gedung fraksi DPRD daerah kudus mendapatkan hasil efisiensi biaya dan waktu percepatan perhari.

2.2 Landasan Teori

Berikut merupakan landasan teori yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini sebagai berikut :

2.2.1 Desain Eksperimen

Suatu desain eksperimen adalah evaluasi secara serentak terhadap dua atau lebih faktor (parameter) terhadap kemampuannya untuk memenuhi rata-rata atau variabilitas hasil gabungan dari karakteristik produk atau proses tertentu (Halimah and Ekawati, 2020). Rancangan eksperimen juga dapat disebut sebagai langkah-langkah lengkap yang perlu dilakukan jauh sebelum eksperimen dilakukan guna memperoleh data dan menarik analisis yang objektif dan kesimpulan yang tepat untuk masalah yang dilakukan (Sitorus and Jennifer, 2022).

Berikut tahapan atau langkah-langkah dalam perancangan eksperimen :

1. Menentukan tujuan eksperimen; dengan mendeskripsikan bahan baku yang akan dilakukan uji coba. Seperti mengoptimalkan proses, mengidentifikasi variabel penting, atau meningkatkan kualitas produk.
2. Mengidentifikasi faktor dan respon; variabel bebas dapat diperkirakan mempengaruhi hasil eksperimen. Faktor bisa berupa parameter yang dapat dikendalikan (misalnya, suhu, waktu, tekanan) atau tidak dikendalikan (misalnya, kondisi lingkungan). Sedangkan respon hasil dari eksperimen yang akan diukur, dihitung, atau diobservasi sebagai output. Respon bisa berupa kualitas produk, efisiensi proses, atau tingkat kerusakan.
3. Menentukan level faktor; setiap faktor dalam eksperimen memiliki beberapa tingkat level atau nilai yang akan diuji. Misalnya, jika suhu adalah faktor, levelnya bisa berupa suhu rendah, sedang, dan tinggi. Level ini merupakan variasi dari faktor yang ingin dianalisis dalam eksperimen.
4. Memilih desain eksperimen; dengan menentukan bagaimana percobaan akan diatur untuk meminimalkan jumlah percobaan yang diperlukan sambil tetap memperoleh informasi yang diinginkan. Beberapa jenis desain eksperimen yang umum digunakan antara lain *full factorial design* yang bertujuan menguji semua kombinasi faktor level. *Fractional factorial design* untuk mengurangi jumlah eksperimen dengan menguji sebagian

kombinasi faktor. *Randomized block design* sebagai pengontrol faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan untuk mengurangi variabilitas. Selain itu *taguchi design* merupakan metode yang fokus pada optimasi performa melalui pengujian faktor.

5. Melaksanakan eksperimen; setelah eksperimen dipilih, eksperimen yang terpilih tersebut akan dijalankan sesuai dengan aturan yang telah direncanakan. Data dikumpulkan untuk setiap kombinasi faktor dan level.
6. Menganalisis data; hasil data yang diperoleh dari eksperimen dianalisis untuk menentukan pengaruh setiap faktor terhadap respon. Analisis dapat mencakup statistik deskriptif, ANOVA, serta grafik interaksi dan regresi.
7. Menarik kesimpulan dan mengambil tindakan; berdasarkan analisis data, keputusan dapat diambil mengenai faktor-faktor mana yang signifikan, bagaimana mereka mempengaruhi respon, dan bagaimana proses atau sistem dapat dioptimalkan. Kesimpulan ini digunakan untuk meningkatkan produk atau proses.

2.2.2 Metode Taguchi

Metode *Taguchi* ditujukan untuk mengukur dampak mutu terhadap biaya dengan memusatkan tiga tahap produksi yang dimulai dari saat rancangan perancangan sampai tahap daur hidup produk, ketiga tahap tersebut mencakup merancang sistem, merancang parameter, dan merancang toleransi (Gunawan, 2001). Metode *Taguchi* diartikan sebagai pendekatan statistik yang digunakan untuk meningkatkan kualitas produk dan proses dengan meminimalkan variasi dan meningkatkan konsistensi dalam kondisi nyata.

Dengan menggunakan metode *taguchi*, perusahaan produksi minyak sawit dapat mengoptimalkan parameter proses mereka untuk menghasilkan minyak sawit yang berkualitas tinggi dengan variabilitas minimal, serta meminimalkan fungsi kehilangan kualitas yang diakibatkan oleh deviasi dari target kualitas yang diinginkan. Peningkatan kualitas dalam pandangan *Taguchi* merupakan sebuah upaya yang terus-menerus. *Taguchi* melanjutkan usaha kerasnya untuk mengurangi variasi di sekitar nilai target.

2.2.3 Langkah-Langkah dalam Metode *Taguchi*

Untuk menyelesaikan masalah dengan metode *taguchi* dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Identifikasi tujuan penelitian dengan menentukan *output* atau respon yang ingin dioptimalkan termasuk kualitas produk, performa proses, atau efisiensi energi.
2. Identifikasi faktor dan level dengan penentuan faktor yang mempengaruhi respon dan levelnya. Setiap faktor harus memiliki level, yaitu nilai-nilai yang akan diuji seperti suhu (tinggi, rendah), tekanan (rendah, sedang, tinggi), waktu (pendek, sedang, lama).
3. Desain eksperimen (*orthogonal array*) bertujuan membantu menyederhanakan eksperimen dengan mencakup semua kombinasi faktor dalam jumlah percobaan minimal.
4. Jalankan eksperimen berdasarkan kombinasi level yang ditentukan oleh *orthogonal array*. Data eksperimen akan digunakan untuk menganalisis pengaruh faktor terhadap respon.
5. Hitung rasio sinyal terhadap noise yang digunakan untuk digunakan untuk mengukur *robustness* atau daya tahan terhadap variasi. Ada 3 kategori utama untuk menghitung S/N ratio :
 - **Smaller is Better** (semakin kecil respon, semakin baik) : digunakan untuk mengukur kadar ALB (FFA), kadar air dan kotoran.
 - **Larger is Better** (semakin besar respon, semakin baik): digunakan untuk mengukur hasil ekstraksi minyak.
 - **Nominal is Best** (nilai respon ideal pada terget tertentu): menentukan hasil pengukuran warna, bau dan rasa.
6. Analisis data yang dilakukan untuk menghitung S/N ratio dan untuk memahami faktor mana yang paling berpengaruh terhadap respon. Selain itu prediksi performa dilakukan dengan menggunakan hasil dari analisis data untuk memprediksi kinerja proses yang optimal.

2.2.4 Perancangan Parameter

Pada penelitian ini, perancangan parameter dilakukan untuk menentukan faktor-faktor proses yang mempengaruhi kualitas minyak sawit dan level yang akan di uji. Berdasarkan identifikasi awal kajian literatur, faktor-faktor utama yang berpengaruh adalah sebagai berikut :

Tabel 2. 2 *Orthogonal Array* (OA)

Jenis OA	Jumlah Percobaan	Jumlah Faktor	Jumlah Level Tiap Faktor
$L_4(2^3)$	4	3	2
$L_9(3^4)$	9	4	3
$L_{16}(4^5)$	16	5	4
$L_{18}(6^6)$	18	6	6

Penentuan level dilakukan berdasarkan Tabel 2.2 diatas kondisi proses yang umum diterapkan di industri serta hasil studi literatur terkait pengaruh tiap parameter terhadap kualitas minyak sawit. Terdapat suhu ekstraksi yang dipilih pada rentang tersebut kualitas minyak dapat menurun akibat proses yang tidak optimal. waktu ekstraksi juga divariasikan untuk melihat pengaruh lama waktu terhadap efisiensi ekstraksi dan kualitas minyak. Tekanan dan kecepatan pengadukan disesuaikan dengan spesifikasi mesin dan hasil penelitian sebelumnya yang menunjukkan pengaruh signifikan terhadap hasil akhir.

2.2.5 Penentuan Orthogonal Array

Penggunaan *orthogonal array* sangat efisien untuk merancang eksperimen yang melibatkan banyak faktor dengan sedikit percobaan, menghemat waktu dan biaya. Pemilihan *orthogonal array* yang tepat bergantung pada jumlah faktor dan level yang di uji dalam eksperimen. Dengan memilih *orthogonal array* yang sesuai dapat mengoptimalkan eksperimen dan mendapatkan hasil yang valid tanpa melakukan terlalu banyak percobaan.

Penelitian ini mengadopsi pendekatan yang sistematis melalui Analisa rancangan eksperimen. Salah satu metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode taguchi, yang dikenal efektif dalam mengidentifikasi faktor-faktor

yang mempengaruhi kualitas dan menemukan kondisi optimal dalam proses produksi.

Pada penelitian ini desain eksperimen yang dipilih adalah $L_9(3^4)$, yang merupakan salah satu jenis desain eksperimen *orthogonal array* yang digunakan untuk memudahkan analisis interaksi antara faktor-faktor dalam sistem yang kompleks. Hal ini memungkinkan untuk mendapatkan data yang cukup untuk mengevaluasi dan menentukan level optimal dari masing-masing faktor yang berpengaruh terhadap kualitas minyak yang dihasilkan. Salah satu alasan pemilihan yang dilakukan yaitu, efisien dengan mengurangi jumlah eksperimen dari 81 menjadi 9 percobaan. Statistis dengan menjaga keseimbangan dan orthogonalitas antar faktor. Relevan, cocok untuk eksperimen dengan 3 level 4 faktor, serta hemat sumber daya dengan penggunaan bahan baku, waktu, dan tenaga.

2.3 Tahapan Proses Produksi CPO

Proses produksi minyak kelapa sawit mentah yang dikenal dengan nama CPO ini terdiri dari beberapa tahapan proses. Dalam proses produksi minyak mentah kelapa sawit (CPO) melalui beberapa tahapan hingga tahap pengujian sampel yaitu:

a. Proses Penyortiran Tandan Buah Segar (TBS)

Proses ini merupakan tahapan pemilihan bahan baku yang akan diolah lebih lanjut. Sebelum itu, bahan baku yang sudah ditimbang lalu ditampung di stasiun *loading ramp*. *Loading ramp* merupakan wadah penimbunan bahan baku TBS dengan posisi miring serta dilengkapi pembatas sekat, dan juga dilengkapi pintu yang digerakkan oleh pompa hidrolis yang memiliki fungsi sebagai penampung buah sementara. Memiliki kapasitas penampungan buah sebanyak 300 ton dan 20 pintu, masing-masing pintu dapat menampung buah hingga 3 ton.

b. Proses Rebusan (*Sterilizer*)

Pada proses tahapan ini menggunakan bejana uap bertekanan dengan menggunakan uap (*steam*). Tekanan uap tipe horizontal yang digunakan $2.8/\text{cm}^2$ dengan temperature 140°C yang diinjeksikan dari *Black Pressure vassel* (BPV) selama 90 menit. Tujuan dari tahapan perebusan ini adalah memudahkan brondolan

lepas dari tandan, melunakkan daging buah, membunuh enzim yang merusak mutu minyak, serta memudahkan inti lepas dari cangkang. Waktu sterilisasi biasanya 30-90 menit.

c. Proses Pemipilan (*Press*)

Pada tahapan ini tandan buah segar (TBS) dibanting dalam drum thresher dengan sistem putaran 25 rpm untuk memisahkan brondolan buah masak dari tandannya dengan sistem bantingan. Setelah brondolan lepas dari tandannya akan diproses lagi untuk press minyak agar keluar. Buah yang terpilih akan jatuh melalui kisi-kisi dan ditampung lalu didistribusikan ke tiap unit digester. Dalam digester brondolan akan diaduk menggunakan pisau pengaduk yang berputar dengan kecepatan 25 rpm selama 15-20 menit hingga kulit dan daging buah pecah dan terlepas dari bijinya. *Hot water* nanti akan ditambah untuk mempermudah proses pelumatannya dengan suhu 90°C. Tahapan proses pemerasan massa menggunakan sistem tekanan secara kontinyu dengan bantuan hidrolis hingga minyak yang terdapat dalam daging buah tertekan dan terpisah dengan fiber.

d. Proses Pemurnian Minyak

Dalam proses produksi minyak kelapa sawit (CPO) memiliki fungsi yang sangat penting untuk menghasilkan minyak yang berkualitas tinggi dan siap digunakan. Tahapan ini bertujuan untuk menghilangkan berbagai kontaminan dan substansi yang tidak diinginkan. Proses tahap pemurnian ini untuk memisahkan minyak, air, kotoran, pasir, maupun lumpur dengan fungsi sentrifusi juga pengendapan. Tahap ini menggunakan tangki (*sand trap tank*) untuk mengurangi jumlah pasir dalam minyak yang akan dialirkan ke *vibrating screen*. Sebelum dialirkan alat ini bekerja berdasarkan gaya gravitasi yang berproses mengendapkan tergantung pada waktu pengendapan, ini ditentukan berdasarkan kapasitas tangki. *Vibrating screen* dapat menyaring padatan yang tidak ditangkap sand trap tank dengan cara bergetar dengan gerak beraturan sehingga padatan yang tersaring bergerak radial ke arah dinding pembuangan padatan. Setelah itu minyak dialirkan ke proses tahap pengendapan di *crude oil tank* (COT) untuk mengendapkan partikel-partikel yang tidak larut dan masih lolos dari tahap *vibrating screen* dengan waktu pengendapan 30 menit untuk kapasitas 30 ton. Pada tahap ini membutuhkan

waktu yang lebih singkat sehingga pengendapan pasir atau lumpur partikel halus kurang berhasil. Jadi untuk mempertahankan waktu retensi maka perlu dilakukan pembuangan lumpur dan air dari lapisan bawah secara terjadwal, karena kadar minyak yang melekat pada lumpur masih tinggi. Setelah tahap tersebut akan dipompa ke *continuous Setting Tank (CST)* yang berperan mengendapkan sludge yang masih mengandung minyak. Proses pengendapan dalam CST ini dipercepat dengan pemanasan menggunakan uap dan pengadukan, sludge yang mempunyai berat lebih dari minyak akan cepat mengendap dengan kandungan minyak tidak lebih dari 10% dan ketebalan dalam CST 40-60 cm. Pada CST juga memiliki agitator pengaduk atau pememisah minyak dengan kecepatan 3-5 rpm dan suhu temperature 90-95 °C. setelah pemisahan di CST minyak akan menuju *oil tank* secara gravitasi. Pada *oil tank* juga dilakukan pemanasan *steam oil* untuk pemisahan air dan kotoran dengan temperature 90°C. dibawah *oil tank* terdapat *oil purifier* yang berperan mengurangi kadar kotoran dalam minyak. Disamping itu terdapat *vaccum dryer* dengan temperature 90°C untuk mengurangi kadar air didalam minyak hasil produksi.

5. Proses Penyimpanan Hasil Produksi

Pada tahap ini terdapat tangki timbun yang berperan sebagai tempaan penyimpanan sementara minyak produksi yang dihasilkan sebelum dikirim. PTPN IV Regional 2 Distrik Sulawesi memiliki dua unit *storage tank* yang masing-masing mempunyai kapasitas 2000 ton. Tangki ini berbentuk silinder tegak yang dilengkapi pipas pemanas dari uap. Saturasi tingkat suhu pada tangki ini terus dipertahankan pada suhu 50-60°C guna menjaga terjadinya oksidasi yang dapat meningkatkan tingginya kadar asam lemak (ALB). Biasanya memakan waktu sekitar 30-60 menit.

Berdasarkan tahapan proses produksi diatas terdapat beberapa titik kritis yang berpengaruh terhadap kualitas antara lain sebagai berikut :

Tabel 2. 3 Titik Kritis dan pengaruh Kualitas

Titik Kritis	Pengaruh Kualitas Yang di Hasilkan
Suhu Ekstraksi	Bepengaruh pada stabilitas oksidatif, rendemen, kadar air
Tekanan Pengepresan	Memengaruhi rendemen dan kadar air
Waktu Ekstraksi	Berdampak pada sisa pelarut dan ALB
Kecepatan Pengadukan	Berpengaruh terhadap efisiensi pelepasan minyak dan uapan pelarut

2.4 Analisis Data

Analisis data merupakan tahap penting dalam metode taguchi untuk mengevaluasi pengaruh faktor terhadap respon yang diamati. Setelah eksperimen dilakukan berdasarkan rancangan *orthogonal array*, Langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan *Signal-to-Noise* (S/N) Ratio, menganalisis pengaruh faktor serta menentukan kombinasi parameter optimal.

2.3.1 Perhitungan *Signal-to-Noise* (S/N) Ratio

S/N Ratio adalah ukuran statistik yang digunakan dalam metode Taguchi untuk mengevaluasi stabilitas dan ketahanan proses terhadap variasi (noise) yang tidak diinginkan. S/N Ratio membantu menentukan kombinasi parameter proses yang menghasilkan performa terbaik sekaligus meminimalkan pengaruh gangguan eksternal, sehingga proses menjadi lebih robust dan hasilnya konsisten.

Rasio S/N dapat dihitung dengan berbagai formula, tergantung pada jenis respon yang diinginkan:

- a. **Smaller is Better** (semakin kecil semakin baik):

$$S/N = -10 \cdot \log_{10} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right)$$

- b. **Larger is Better** (semakin besar semakin baik):

$$S/N = -10 \cdot \log_{10} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right)$$

c. **Nominal is Best** (nilai target terbaik):

$$S/N = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{m^2}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - m)^2} \right)$$

Dalam penelitian ini, respon yang di amati adalah yield (hasil ekstraksi) minyak sawit. Semakin besar nilai yield, semakin baik kualitas dan efisiensi proses yang di dihasilkan. Oleh karena itu berdasarkan deskripsi diatas terhadap pemilihan jenis respon yang masuk dalam kategori penelitian ini adalah “*Smaller is Better*”, karena terget utamanya memaksimalkan hasil. Maka dari itu keputusan S/N ratio ini dipilih karena sesuai dengan tujuan penelitian yaitu menghasilkan yield setinggi mungkin untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi proses ekstraksi.

Berikut Tabel hasil analisis data karakteristik CPO (*Crude Palm Oil*) pada hasil pengolahan minyak sawit :

Tabel 2. 4 Karakteristik Target Kualitas

Karakteristik	Kualitas	Satuan	Target (Standar Mutu)	Karakteristik S/N ratio
CPO				
ALB (FFA)		%	≤ 5,0% (SNI 2904:2016)	<i>Smaller is Better</i>
Kadar Air dan Rendemen Kotoran		%	≤ 5,0% (SNI 2904:2016)	<i>Smaller is Better</i>
Indeksi Warna		<i>Red /yellow</i>	Sedekat mungkin dengan standar	<i>Nominal is Best</i>
Bau dan Rasa		Kualitatif	Normal / Tidak Tengik	<i>Nominal is Best</i>
Peroksida dan Stabilitas Oksidatif		<i>Centipose</i>	Stabil pada rentang optimal	<i>Nominal is Best</i>

Keterangan :

- *Larger is Better* digunakan ketika nilai respon semakin besar semakin baik, seperti hasil ekstraksi minyak.
- *Smaller is Better* digunakan untuk parameter yang harus diminimalkan, seperti kadar FFA dan kadar air.
- *Nominal is Best* dipakai untuk karakteristik yang memiliki nilai target tertentu seperti warna dan stabilitas oksidatif.

Dalam metode *Taguchi*, rasio sinyal terhadap *noise* (S/N ratio) digunakan untuk mengukur *robustness* dari hasil eksperimen. Rasio ini menunjukkan bagaimana suatu proses atau produk dapat bertahan terhadap variabilitas faktor luar yang tidak dapat dikontrol (*noise*). Dalam aplikasi pengendalian kualitas hasil produksi minyak sawit, rasio S/N digunakan untuk menentukan bagaimana faktor pada tahap produksi seperti suhu, tekanan, atau waktu proses mempengaruhi kualitas minyak sawit, serta untuk menentukan setting parameter yang meminimalkan variasi yang disebabkan oleh *noise* (misalnya, variasi dalam bahan baku). Tingkat kestabilan yang dihasilkan, diuji dengan nilai SNR agar mendapatkan kombinasi yang memiliki tingkat kestabilan yang tinggi (Sasmitaninghidayah, no date)

2.3.2 Analisis Variansi Anova

Analisis variansi dilakukan untuk menghitung kontribusi setiap faktor terhadap total variansi nilai S/N. Dengan membandingkan Fhitung dan Ftabel, dapat ditentukan apakah suatu faktor berpengaruh signifikan terhadap respon.

Komponen utama dalam ANOVA :

- SS (*Sum Of Squares*) : Total variasi
- DOF (*Degree Of Square*) : Derajat kebebasan
- MS (*Mean Square*) : SS dibagi DOF
- Fhitung : MS faktor dibagi MS error
- Ftabel : Diambil dari distribusi F berdasarkan DOF

Dalam ANOVA, hipotesis yang digunakan terdiri dari :

- H_0 : faktor tidak berpengaruh signifikan terhadap respon (nilai S/N ratio), perubahan level pada faktor tersebut tidak menyebabkan perubahan nyata pada kualitas hasil.
- H_1 : faktor berpengaruh signifikan terhadap respon (nilai S/N ratio), perubahan level pada faktor tersebut mempengaruhi hasil secara nyata.

Tabel 2. 5 Keputusan Analisis Variansi

Kondisi	Keputusan	Arti
$F_{hitung} > F_{tabel}$	H_0 ditolak / H_1 diterima	Faktor berpengaruh signifikan
$F_{hitung} \leq F_{tabel}$	H_1 ditolak / H_0 diterima	Faktor tidak berpengaruh signifikan

2.4 Penentuan *Setting Level Optimal*

Konsep *setting level* optimal merupakan optimalisasi karakteristik kualitas menggunakan dua tahap proses optimasi, yaitu mengurangi variansi dan mengatur target sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Penentuan *setting level* terbaik diprioritaskan pada level-level faktor yang mempunyai pengaruh besar dalam menaikkan rata-rata dan mengurangi variansi karakteristik kualitas yaitu dengan memperhatikan hasil perhitungan *analisis of mean* dan *analisis of signal to noise ratio*. (Triyono, 2007)

Penentuan *setting level* optimal merupakan tahapan krusial dalam metode taguchi karena bertujuan untuk mendapatkan kombinasi parameter proses yang paling efektif dan efisien dalam menghasilkan kualitas produk terbaik serta minim variasi. Berdasarkan teori dan langkah-langkah dalam metode taguchi, penentuan *setting level* optimal dilakukan melalui tahap :

1. Perhitungan nilai *signal-to-noise* (S/N ratio) untuk setiap percobaan.
2. Pengelompokan dan perhitungan rata-rata S/N untuk setiap level pada masing-masing faktor.
3. Pemilihan level dengan nilai S/N tertinggi sebagai *setting level* optimal karena menunjukkan kualitas terbaik yang stabil terhadap noise.

Nilai S/N ratio mencerminkan hubungan antara sinyal (hasil yang diinginkan) dengan gangguan (noise/variasi) sehingga semakin tinggi nilai S/N ratio, semakin baik dan stabil hasil yang diperoleh. Oleh karena itu, level dengan nilai S/N tertinggi dianggap sebagai *setting* yang paling optimal. Dengan menetapkan *setting level* optimal, proses produksi dapat berjalan dengan efisiensi waktu, biaya, kualitas produk yang konsisten, serta pengurangan kerusakan pada produk.

2.5 *Quality Loss Function* (Fungsi Kehilangan Kualitas)

QLF adalah fungsi matematis yang mengukur kerugian kualitas secara kuantitatif akibat deviasi hasil produk dari nilai target ideal. QLF tidak hanya melihat apakah hasil produk memenuhi batas toleransi, tetapi juga menghitung

seberapa besar kerugian ekonomi atau kualitas yang timbul ketika produk menyimpang dari standar. QLF membantu perusahaan memahami dampak ekonomi dari variasi kualitas dan mendorong perbaikan yang lebih proaktif.

Konsep *quality loss function* yang dicetuskan oleh Dr. Taguchi telah memaksa para *engineer* dan akuntan biaya pada masa lalu untuk lebih serius dalam memperhatikan praktek pengendalian kualitas. Oleh karena itu *Taguchi* mengusulkan agar *quality loss function* diukur dari deviasi dari nilai ideal. *Quality loss function* dapat diartikan sebagai fungsi yang kontinyu dan merupakan pengukuran deviasi dari nilai target. Kesesuaian pada batas spesifikasi merupakan pengukuran yang tidak cukup untuk mendefinisikan *quality loss function*. (Mona ariesta, 2010).

Dalam produksi minyak sawit, kualitas dapat diukur melalui berbagai karakteristik seperti tingkat ALB, kadar air, atau kecerahan warna. Fungsi kehilangan kualitas dapat digunakan untuk menilai dampak deviasi dari nilai target pada setiap karakteristik ini terhadap kualitas keseluruhan produk. (Marliyati *et al.*, 2021)

Pada penelitian ini, *quality loss function* digunakan untuk mengevaluasi dan mengoptimalkan proses produksi minyak sawit menggunakan metode taguchi. *Quality loss function* memungkinkan untuk menghitung kerugian yang terjadi akibat variabilitas dalam proses, yang mencakup kerugian ekonomi dan kerugian konsumen. Konsep ini mengendepankan pendekatan yang proaktif, yang mengurangi variabilitas dan ketidaktepatan dalam proses produksi untuk meminimalkan kerugian kualitas yang berpotensi akan terjadi..

Beberapa faktor utama yang mempengaruhi kualitas produksi minyak sawit termasuk temperatur pemrosesan, tekanan ekstraksi, waktu pemasakan, dan kondisi bahan baku. Setiap faktor dapat memiliki level optimal yang berbeda, dan kombinasi yang tepat akan menghasilkan minyak sawit dengan kualitas terbaik. (Herliza, 2012). Variabilitas dalam bahan baku (misalnya, kandungan air atau kadar ALB) dapat menjadi sumber *noise* dalam proses produksi. Metode *taguchi* bertujuan untuk mengurangi pengaruh *noise* ini dengan menentukan kondisi proses yang *robust*.

Pada penelitian ini, pengendalian kualitas dalam produksi minyak sawit diterapkan melalui penggunaan metode statistik dan teknik analisis desain eksperimen metode taguchi dalam merancang eksperimen untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang paling berpengaruh terhadap kualitas. Melalui tahap ini diharapkan dapat mencapai kondisi optimal yang mampu menghasilkan minyak sawit dengan kualitas baik, sekaligus mengurangi variabilitas yang dapat menyebabkan penurunan mutu.

Optimasi kualitas dan efisiensi dalam penggunaan metode *taguchi*, perancangan eksperimen bertujuan untuk menemukan kombinasi parameter yang tidak hanya meningkatkan kualitas produk, tetapi juga membuat proses produksi lebih efisien dengan mengurangi variasi dan kerugian kualitas. (Halimah and Ekawati, 2020). Eksperimen yang dirancang dengan metode *taguchi* memungkinkan produsen minyak sawit untuk memahami bagaimana variasi dalam faktor produksi mempengaruhi hasil, serta untuk menemukan level optimal dari setiap faktor yang menghasilkan performa terbaik. (Ayu *et al.*, 2024)

Berikut adalah langkah-langkah optimalisasi proses produksi minyak sawit (CPO) yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kualitas produk dan efisiensi proses :

- Identifikasi tahap-tahap kritis dalam proses produksi minyak sawit, mulai dari pemanenan hingga pemurnian.
- Analisis faktor-faktor kunci yang mempengaruhi efisiensi dan kualitas termasuk suhu, waktu, tekanan, dan kualitas bahan baku.
- Menerapkan metode perancangan eksperimen (*taguchi*) untuk menemukan *setting* optimal.
- Optimasi kondisi sterilisasi dan pengempaan untuk menyeimbangkan kualitas dan kuantitas minyak yang dihasilkan.
- Mengurangi waktu tunggu antara panen dan pengolahan, serta mengoptimalkan proses perebusan.

Dengan penggunaan metode *taguchi*, peningkatan kualitas dilakukan pada tahap awal desain proses produksi, sehingga mencegah masalah kualitas di kemudian hari. Pengurangan biaya kualitas dengan menurunkan variasi dan

meningkatkan *robustness*, biaya terkait dengan perbaikan kualitas, pengujian ulang, atau pengembalian produk dapat dikurangi. (Gunawan, 2001)

Metode ini berfokus pada pengendalian variabilitas dan meminimalan kerugian kualitas dalam proses manufaktur melalui perancangan eksperimen yang terstruktur dan pendekatan yang sistematis. Berikut beberapa kontribusi utama dari metode taguchi dalam industri manufaktur :

- Peningkatan kualitas produk.
- Pengendalian variabilitas.
- Mengurangi kerugian kualitas (*quality loss function*).
- Optimasi proses produksi.
- Peningkatan efisiensi dan pengurangan biaya.

2.6 Hipotesis dan Kerangka Teoritis

Adapun hipotesis dan kerangka teoritis dari penelitian peningkatan kualitas minyak adalah sebagai berikut :

2.6.1 Hipotesis

Kerangka hipotesis dalam penelitian ini berfokus pada asumsi-asumsi yang akan diuji melalui perancangan eksperimen menggunakan metode *Taguchi* untuk mencapai *setting level* optimal dan meminimalkan *quality loss* dalam produksi minyak sawit. Pengujian kualitas minyak merupakan serangkaian proses evaluasi untuk menilai karakteristik fisik, kimia, dan sensoris minyak guna memastikan bahwa minyak yang diproduksi memenuhi standar mutu yang diinginkan. Dari studi pustaka dan studi literatur yang dipelajari, dapat diketahui bahwa dengan *setting level* optimal dan penentuan *quality loss function* menggunakan metode *taguchi* untuk meningkatkan kualitas minyak dapat menyelesaikan masalah dalam mengidentifikasi faktor pengaruh kualitas minyak baik pengaturan optimal variabel proses seperti suhu, tekanan, dan waktu ekstraksi dapat menurunkan kadar ALB, bebas (FFA) pada minyak sawit. Metode *taguchi* dapat meminimalkan *quality loss* (fungsi kehilangan kualitas) dengan mengurangi variasi *output* termasuk respon *output* yang diukur, tingkat asam, kadar dan warna, stabilitas serta kekentalan. Penggunaan metode *taguchi* dalam perancangan eksperimen secara signifikan

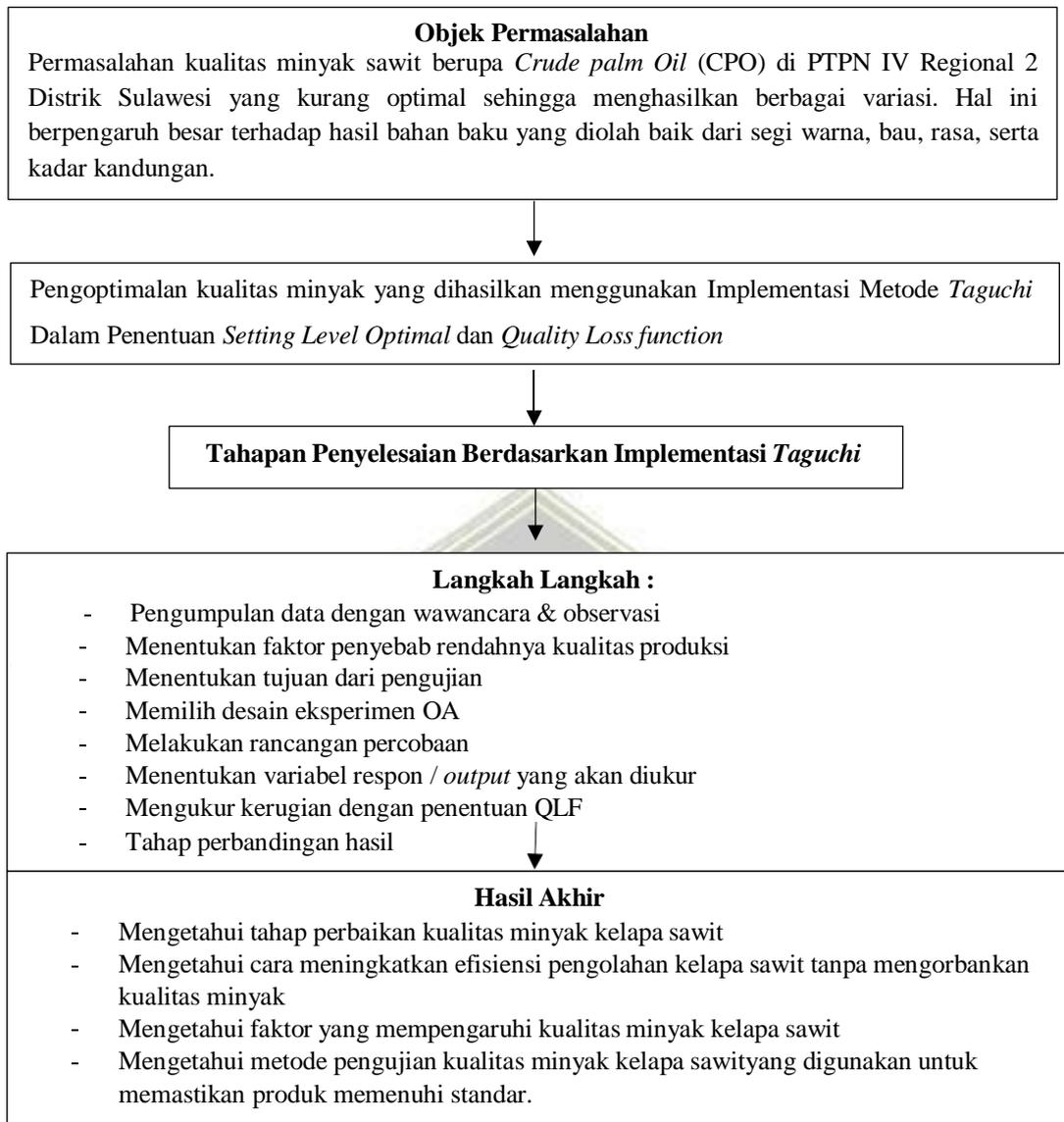
dapat menentukan setting level optimal dari faktor-faktor produksi yang mempengaruhi kualitas minyak sawit. *Setting* level optimal yang diperoleh melalui metode *taguchi* dapat meningkatkan rendemen minyak dan mengurangi kotoran serta kandungan air dalam minyak sawit. Metode *taguchi* lebih efisien dalam menentukan kombinasi variabel proses yang optimal dibandingkan metode konvensional, sehingga mengurangi biaya produksi dan waktu percobaan.

2.6.2 Kerangka Teoritis

Pada penelitian ini, kerangka teoritis dibangun dengan mengacu pada teori-teori yang berkaitan dengan pengendalian kualitas, optimasi proses, dan metode eksperimen. Fokus utama dari penelitian ini adalah penggunaan metode taguchi untuk meningkatkan kualitas produksi minyak sawit. Oleh karena itu, kerangka teoritis ini akan membahas teori desain eksperimen dan pengendalian kualitas yang digunakan untuk mengurangi variabilitas dan peningkatan kualitas produk.

Penelitian ini membahas tentang Analisa Perancangan Eksperimen *Setting Level Optimal* dan Penentuan *Quality Loss function* Menggunakan Metode *Taguchi*. Berikut merupakan kerangka teoritis pada penelitian :





Gambar 2. 1 Kerangka Teoritis

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain eksperimen yaitu menggunakan metode taguchi untuk menentukan *setting level optimal* dan *quality loss function* dalam proses produksi minyak sawit. Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian terapan yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas produksi minyak sawit melalui pengoptimalan proses dengan menggunakan desain eksperimen.

3.2 Variabel Penelitian

Penelitian ini mengidentifikasi beberapa variabel yang mempengaruhi kualitas minyak sawit, antara lain:

- a. Variabel bebas
 - Suhu ekstraksi
 - Waktu ekstraksi
 - Tekanan ekstraksi
 - Kecepatan pengadukan
- b. Variabel terikat
 - Kadar ALB
 - Kadar air
 - Indeks warna
 - Rendemen
 - Kadar kotoran
 - Stabilitas oksidatif

3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian berasal dari pengamatan secara langsung, pengujian, dan wawancara oleh tenaga kerja di

perusahaan. Berikut merupakan metode penelitian yang dilakukan pada penelitian tugas akhir ini :

a. Data Primer

Adapun data ini ditafsirkan merujuk pada informasi yang didapat langsung dari lokasi penelitian langsung, tanpa perantara dimana bisa berupa pendapat individu ataupun kelompok, hasil pengamatan yang diambil terhadap objek fisik, aktivitas atau peristiwa yang sedang diuji. Dalam konteks ini, data primer dikumpulkan melalui tahap rancangan eksperimen, pelaksanaan, pengukuran data kualitas, pencatatan data, analisis serta validasi data.

b. Data Sekunder

Ini ditafsirkan sesuai data yang dikolektifkan oleh peneliti dengan tidak langsung. Biasanya, data ini berupa dokumen, arsip, file, atau catatan bisnis. Data didapatkan dengan dokumentasi perusahaan dan literatur yang relevan dengan konteks penelitian selama waktu yang telah ditentukan. Pada penelitian ini, data sekundernya mencakup informasi terkait pengujian kualitas hasil produksi.

3.4 Teknik Pengumpulan Data

Langkah ini bertujuan sebagai pengumpulan data sepanjang penelitian dilakukan. Beberapa tindakan yang bisa didapat dalam proses pengumpulan data meliputi :

a. Observasi lapangan

Didalam penelitian ini menanyakan langsung kepada petugas objek yang akan diamati.

b. Wawancara

Wawancara diperuntukkan untuk menggalih informasi yang akurat terhadap tenaga kerja yang bersangkutan.

c. Studi Pustaka

Ini melibatkan pencarian referensi dari berbagai sumber, termasuk buku terkairt metode yang diambil, jurnal/artikel ilmiah, serta semua yang dapat

mendukung berjalannya penelitian dalam pemecahan permasalahan yang relevan dengan masalah yang diuji.

3.5 Desain Eksperimen

Desain eksperimen merupakan kunci dari penelitian ini karena bertujuan untuk mengidentifikasi kombinasi faktor-faktor kritis dalam proses produksi minyak sawit yang mempengaruhi kualitas produk. Metode yang digunakan adalah metode taguchi dengan *orthogonal array* (OA) untuk mengoptimalkan pengaturan variabel-variabel yang berpengaruh pada kualitas minyak sawit. Berikut adalah penjelasan rinci mengenai desain eksperimen yang digunakan :

1. Pemilihan faktor dan level

Langkah pertama dalam desain eksperimen adalah menentukan faktor-faktor yang akan diuji dan level-level yang akan digunakan. Faktor-faktor yang dipilih harus berpengaruh langsung pada kualitas minyak sawit yang dihasilkan :

- Faktor yang diuji :

1. Suhu : Pengaruh suhu pada rendemen minyak dan kualitasnya.
2. Waktu : Pengaruh waktu ekstraksi pada pengambilan minyak dan kadar ALB.
3. Tekanan : Pengaruh tekanan pada proses pemisahan minyak dari ampas.
4. Kecepatan : Pengaruh kecepatan pengadukan pada efisiensi ekstraksi dan kualitas minyak

- Level untuk setiap faktor ;

1. Suhu : 80°C (rendah), 85°C (sedang), 90°C (tinggi)
2. Waktu : 30 menit (rendah), 60 menit (sedang), 90 menit (tinggi)
3. Tekanan : 1 bar (rendah), 2 bar (sedang), 3 bar (tinggi)
4. Kecepatan : 50 rpm (rendah), 100 rpm (sedang), 150 rpm (tinggi)

2. Pemilihan *Orthogonal Array* (OA)

Dalam metode taguchi *Orthogonal Array* (OA) digunakan untuk merancang eksperimen dengan jumlah percobaan yang lebih sedikit, namun tetap dapat memberikan informasi yang cukup untuk menganalisis pengaruh faktor yang diuji.

Untuk penelitian ini digunakan *Orthogonal Array L₉ (3⁴)* karena memenuhi kriteria. *L₉ (3⁴)* mencakup 4 faktor yang akan diuji pada 3 level. *L₉ (3⁴)* merupakan desain yang efisien karena hanya membutuhkan 9 percobaan untuk menguji semua kombinasi faktor dan level, meskipun ada 4 faktor yang akan diuji.

Berikut bentuk Tabel *Orthogonal Array L₉ (3⁴)* yang digunakan pada tahap penelitian ini :

Tabel 3. 1 *Orthogonal Array L₉ (3⁴)*

Percobaan	Faktor			
	A	B	C	D
P1	1	1	1	1
P2	1	2	2	2
P3	1	3	3	3
P4	2	1	2	3
P5	2	2	3	1
P6	2	3	1	2
P7	3	1	3	2
P8	3	2	1	3
P9	3	3	2	1

3.6 Pengujian Hipotesis

Pengujian hipotesis dalam penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pengaruh faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas minyak sawit dan untuk menguji efektivitas metode taguchi dalam meningkatkan kualitas serta meminimalkan fungsi kerugian kualitas (*quality loss function*) yang terkait dengan variasi dalam proses produksi. Berikut langkah-langkah pengujian hipotesis dalam penelitian ini :

1. Identifikasi variabel dan hipotesis awal
 - Hipotesis Nol (H₀) : tidak ada pengaruh signifikan dari faktor-faktor tersebut terhadap kualitas minyak sawit.
 - Hipotesis Alternatif (H₁) : faktor-faktor yang diuji memiliki pengaruh signifikan terhadap kualitas minyak sawit.

2. Penentuan hipotesis nol (H_0) dan hipotesis alternatif (H_1)
 - Hipotesis Nol (H_0) : menyatakan bahwa faktor-faktor yang diuji tidak mempengaruhi kualitas minyak sawit.
 - Hipotesis Alternatif : menyatakan bahwa faktor-faktor yang diuji berpengaruh terhadap kualitas minyak sawit.

3.7 Metode Analisis

Metode analisis dipergunakan dalam tahap penelitian ini ialah metode *Taguchi* dalam penentuan *Setting level* optimal dan *Quality Loss Function*. Dengan begitu tahapan proses perhitungan yang dilakukan ialah dengan cara manual ataupun Pengaplikasian SPSS. Langkah tahapan analisis yang dilakukan yaitu melakukan pengujian analisa eksperimen untuk peningkatan kualitas produksi di perusahaan.

Metode analisis dalam penelitian ini merujuk pada pendekatan sistematis yang digunakan untuk mengevaluasi data yang diperoleh dari eksperimen, dengan tujuan untuk mengidentifikasi faktor atau masalah yang signifikan dalam mempengaruhi kualitas produk, serta untuk mengetahui kondisi optimal dalam proses produksi. Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini menggabungkan teknik desain eksperimen dan evaluasi statistik untuk mendapatkan hasil yang valid. Berikut tahapan dalam metode analisis yang digunakan :

- Desain eksperimen (*Desain Of Experiment / DOE*)
- Pengolahan Data dan Analisis Varians
- *Quality Loss Function* (QLF)
- Optimasi Faktor-Faktor Produksi
- Validasi dan Uji Kebenaran

3.8 Pembahasan

Penelitian ini menggunakan teknik analisis data kuantitatif. Dengan teknik penelitian ini didapat dari hasil pengamatan atau pengujian secara langsung oleh asisten laboratorium dan asisten pengolahan yang ada diperusahaan. Pembahasan

ini berfokus pada interpretasi data, pengaruh faktor-faktor terhadap kualitas produk, serta implikasi praktis dari hasil eksperimen.

Pembahasan dalam penelitian ini memberikan pemahaman yang mendalam tentang bagaimana faktor-faktor produksi seperti suhu, tekanan, waktu, dan kecepatan pengadukan mempengaruhi kualitas minyak sawit dan bagaimana metode taguchi dapat digunakan untuk mengoptimalkan proses produksi, meningkatkan kualitas produk, dan meminimalkan kerugian kualitas. Dengan penerapan *setting level optimal* dan *quality loss function*, perusahaan dapat mencapai produksi minyak sawit yang lebih efisien dan berkualitas.

Pada bagian ini, hasil dari eksperimen yang dilakukan akan dianalisis secara mendalam, membahas implikasi dari temuan-temuan yang diperoleh, serta mengaitkannya dengan teori yang telah dibahas dalam kerangka teoritis. Pembahasan ini bertujuan untuk memberikan pemahaman yang lebih tentang bagaimana faktor-faktor yang diuji dalam penelitian ini mempengaruhi kualitas produk, serta untuk menginterpretasikan hasil yang telah dicapai dan bagaimana hal tersebut dapat digunakan untuk meningkatkan proses produksi secara efektif, memiliki tahapan sebagai berikut :

- Analisis Hasil Eksperimen
- Peran *Quality Loss Function* (QLF)
- Optimasi Proses Produksi
- Pengaruh Variabilitas Terhadap Kualitas
- Optimasi Proses
- Batasan Penelitian dan saran Penelitian Selanjutnya

3.9 Penarikan Kesimpulan

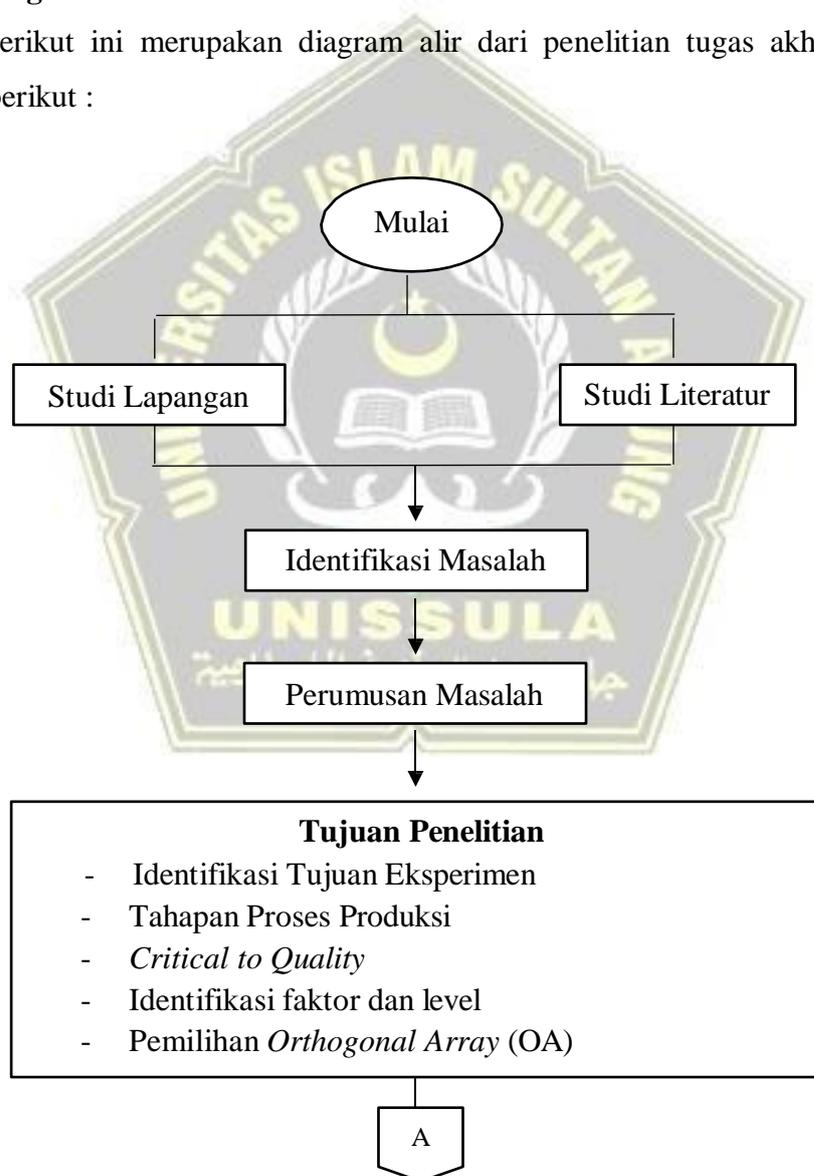
Untuk mengatasi masalah variasi produk minyak sawit yang ada pada PTPN IV Regional 2 Distrik Sulawesi dilakukan peningkatan kualitas menggunakan metode *Taguchi*. Dari hasil karakteristik CPO didapatkan bahwa faktor yang mempengaruhi kualitas minyak sawit saat ini adalah dari sistem proses pengolahan. Hasil dari pengolahan data, pengujian, dan analisis dapat digunakan untuk menghasilkan beberapa kesimpulan sebagai hasil akhir penelitian optimalisasi

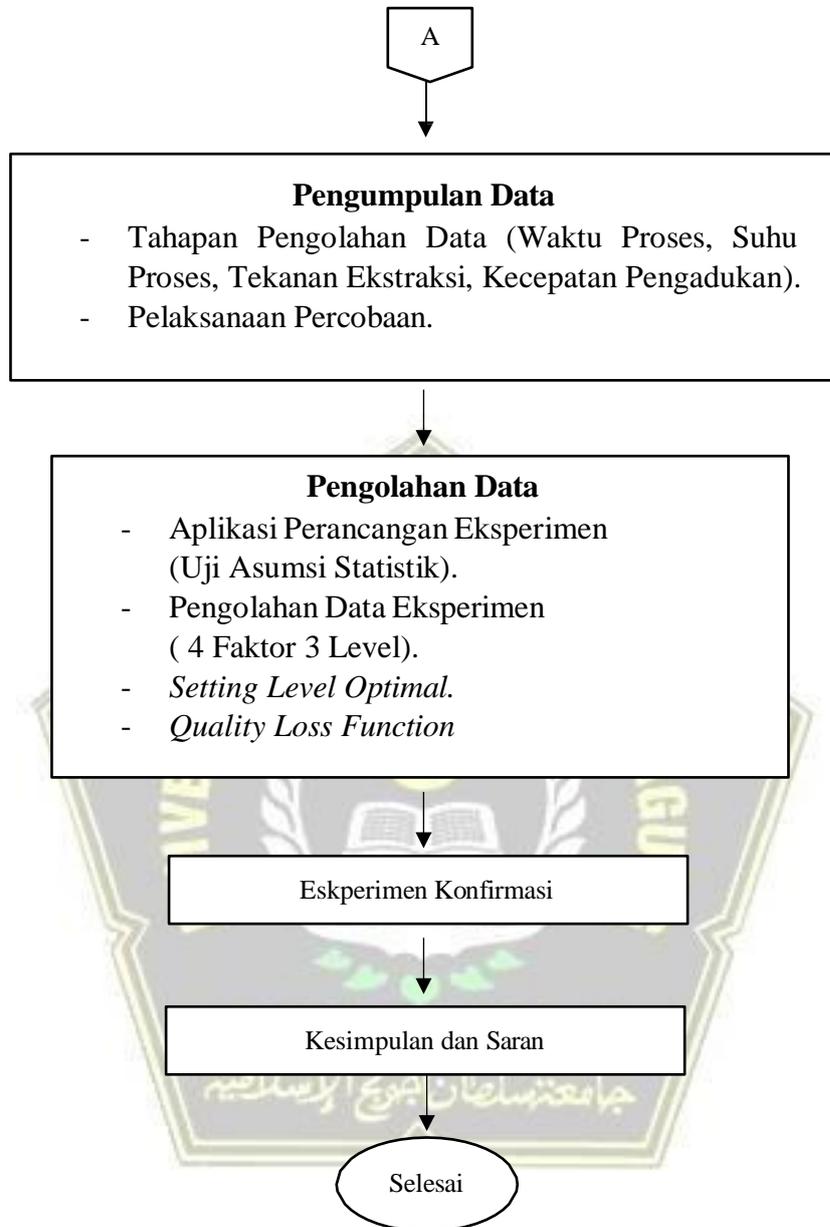
peningkatan kualitas minyak meningkat atau tidaknya dari hasil pengujian. Selain itu dari hasil pengujian yang dilakukan dapat memberikan hasil sesuai, baik saran atau rekomendasi untuk penelitian selanjutnya.

Selain itu, kesimpulan dari penelitian ini juga dapat menyarankan langkah-langkah perbaikan yang dapat diambil oleh perusahaan PTPN IV Regional 2 Distrik Sulawesi untuk menerapkan hasil dari penelitian ini dalam praktik perusahaan nantinya.

3.10 Diagram Alir

Berikut ini merupakan diagram alir dari penelitian tugas akhir penulis sebagai berikut :





Gambar 3. 1 Diagram Alir

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengumpulan Data

Tahapan proses pengumpulan data penelitian ini merupakan pengumpulan data yang dikukan berdasarkan langkah proses metode yang diambil. Penelitian ini berupa implementasi penentuan *Setting level optimal* dan *Quality loss function* (QLF) menggunakan metode *Taguchi*. Proses pengumpulan data dalam penelitian ini melibatkan tahapan yang berfokus pada eksperimen melalui pemilihan faktor yang relevan, serta analisis terhadap kualitas produksi minyak sawit.

Pengumpulan data dalam penelitian ini bertujuan untuk memperoleh informasi yang komprehensif mengenai pengaruh berbagai faktor terhadap kualitas minyak sawit yang dihasilkan. Dalam upaya meningkatkan kualitas produk minyak sawit, metode yang digunakan adalah metode taguchi yang dikenal efektif untuk merancang eksperimen dan menentukan pengaturan level optimal pada berbagai variabel proses.

Melalui eksperimen yang dirancang, data akan dikumpulkan berdasarkan variasi faktor-faktor yang telah ditentukan, seperti suhu, waktu pemrosesan, tekanan, dan kecepatan pengadukan. Metode taguchi akan diterapkan untuk mengidentifikasi kombinasi terbaik dari faktor-faktor tersebut yang memberikan hasil optimal dengan memperhatikan prinsip-prinsip efisiensi dan efektivitas. Selain itu konsep *quality loss function* akan digunakan untuk mengukur kerugian kualitas yang timbul akibat variabilitas dalam proses, yang memungkinkan peneliti untuk meminimalkan penyimpangan dari standar kualitas yang diinginkan.

Pengendalian faktor-faktor internal yang dipilih seperti suhu, waktu, tekanan, dan kecepatan dalam proses pengolahan CPO sangat penting untuk memastikan kualitas produk akhir yang optimal dan stabil sehingga faktor ini perlu tahapan pengendalian lebih lanjut. Faktor-faktor eksternal seperti permintaan pasar, genetik tanaman, serta kondisi cuaca dan iklim memiliki variabilitas tinggi dan tidak dapat dikendalikan, sehingga tidak dapat dijadikan dasar dalam pengujian

kualitas dan peningkatan produksi CPO sebaiknya diarahkan pada faktor-faktor yang dapat dikendalikan dalam proses pengolahan.

4.2 Identifikasi Tujuan Eksperimen

Tujuan dari penelitian ini untuk meningkatkan kualitas minyak sawit melalui penerapan metode taguchi dalam rancangan eksperimen. Minyak sawit merupakan salah satu komoditas penting yang banyak digunakan dalam berbagai industri, namun kualitas produk akhir sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor yang terjadi selama proses produksinya, seperti suhu, waktu, tekanan, dan kecepatan pengadukan. Variabilitas dalam kualitas minyak sawit, yang sering kali diukur dengan parameter seperti kadar ALB, rendemen minyak, kadar air, indeks warna, nilai peroksida, stabilitas oksidatif, kadar sisa pelarut, serta rasa dan aroma yang dapat menyebabkan ketidaksesuaian dengan standar kualitas yang diinginkan.

Melalui eksperimen ini diharapkan dapat diperoleh pemahaman yang lebih mendalam tentang interaksi faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas minyak sawit, serta menghasilkan rekomendasi yang dapat diterapkan dalam industri untuk meningkatkan hasil dan efisiensi produksi. Tujuan dari eksperimen ini untuk meningkatkan kualitas minyak sawit yang dapat diidentifikasi sebagai berikut:

- a. Menentukan level optimal untuk faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas minyak sawit.
- b. Mengurangi variabilitas kualitas minyak sawit.
- c. Meminimalkan kerugian kualitas (*Quality Loss Function*).
- d. Mengidentifikasi pengaruh interaksi antara faktor-faktor yang di uji.
- e. Menghasilkan data yang relevan untuk pengambilan keputusan dalam proses produksi.

4.3 Identifikasi Karakteristik Kualitas (*Critical to Quality*)

Pada penelitian ini merujuk pada faktor-faktor utama yang sangat mempengaruhi kualitas minyak sawit dan harus dikelola dengan baik untuk memastikan bahwa produk akhir memenuhi standar yang diinginkan. Dengan menggunakan *Critical to Quality* sebagai indikator utama dalam penelitian ini,

pendekatan yang digunakan berfokus pada perbaikan faktor-faktor kritis yang mempengaruhi kualitas minyak sawit.

Proses produksi *Crude Palm Oil* (CPO) melalui beberapa tahapan utama, mulai dari pemanenan tandan buah segar (TBS) hingga penyimpanan minyak sawit mentah. Berikut adalah tahapan-tahapan dalam proses produksi CPO:

1. Pemanenan Tandan Buah Segar (TBS)

Tandan buah segar (TBS) dipanen dari pohon kelapa sawit ketika sudah matang (berumur sekitar 3 tahun ke atas). Buah yang matang ditandai dengan perubahan warna dan lepasnya beberapa buah dari tandan.

2. Pengangkutan ke Pabrik

TBS yang telah dipanen segera diangkut ke pabrik untuk diproses. Waktu tempuh dari kebun ke pabrik harus sesingkat mungkin (idealnya kurang dari 24 jam) agar kualitas minyak tetap baik.

3. Perebusan (*Sterilization*)

TBS direbus dalam *sterilizer* menggunakan uap bersuhu 140–145°C selama 60–90 menit. Tujuan perebusan untuk menghentikan aktivitas enzim yang dapat merusak kualitas minyak, memudahkan pelepasan buah dari tandan dan mengurangi kadar air dalam buah sawit.

4. Perontokan Buah (*Threshing*)

Setelah direbus, tandan dipisahkan dari buahnya menggunakan mesin perontok (*thresher*). Buah yang terlepas akan masuk ke tahap ekstraksi minyak, sedangkan tandan kosong dibuang atau digunakan sebagai pupuk/bahan bakar.

5. Pengepresan (*Pressing*)

Buah sawit yang sudah bersih dimasukkan ke dalam mesin pengepres (*screw press*). Proses ini akan mengekstrak minyak kasar dari daging buah dengan cara ditekan.

6. Pemurnian Awal (*Clarification*)

Minyak kasar yang dihasilkan masih bercampur dengan air, serat, dan kotoran. Minyak kemudian disaring dan dipisahkan menggunakan proses

sedimentasi dan sentrifugasi. Hasilnya adalah minyak sawit mentah (CPO) dengan kadar kotoran dan air yang lebih rendah.

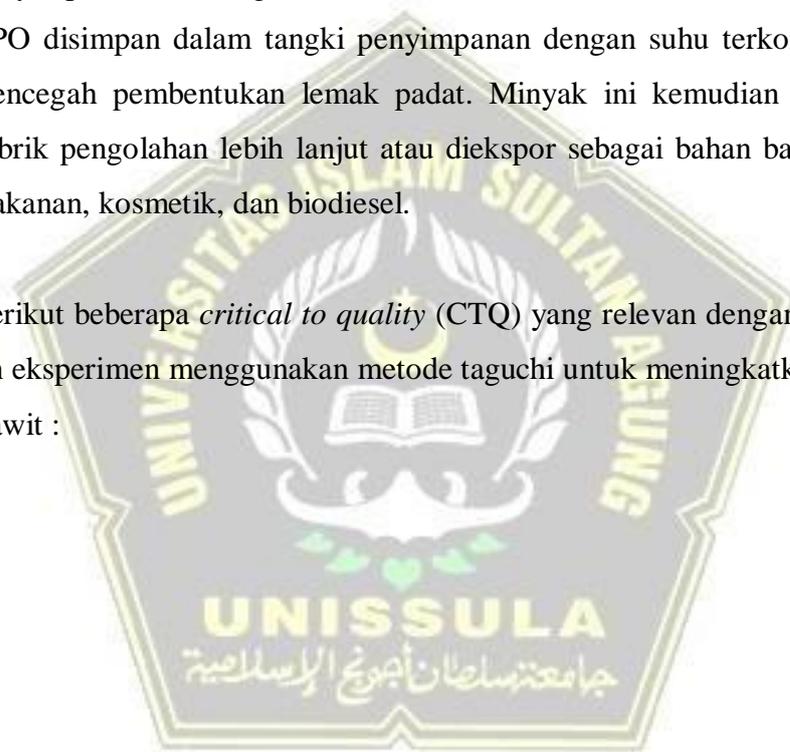
7. Pemurnian Lanjutan dan Pemisahan Inti Sawit

CPO yang dihasilkan masih mengandung kotoran dan kadar air sekitar 0,1–0,5%. Dilakukan pemurnian lebih lanjut untuk menghilangkan kotoran dengan metode penyaringan dan pengendapan. Biji sawit yang tersisa dari proses pengepresan akan dipisahkan untuk diolah menjadi minyak inti sawit (Palm Kernel Oil).

8. Penyimpanan dan Pengiriman

CPO disimpan dalam tangki penyimpanan dengan suhu terkontrol untuk mencegah pembentukan lemak padat. Minyak ini kemudian dikirim ke pabrik pengolahan lebih lanjut atau diekspor sebagai bahan baku industri makanan, kosmetik, dan biodiesel.

Berikut beberapa *critical to quality* (CTQ) yang relevan dengan penelitian rancangan eksperimen menggunakan metode taguchi untuk meningkatkan kualitas minyak sawit :



Tabel 4. 1 CTQ dalam Proses Produksi CPO

Tahapan Proses	CTQ yang Dikontrol	Penyebab Masalah	Faktor yang harus di - <i>Setting</i>	Sumber Variasi	Alat Ukur & Pengujian
Pemilihan TBS	<ul style="list-style-type: none"> • Kematangan buah. • Kesegaran bahan baku. 	<ul style="list-style-type: none"> • Buah terlalu matang menyebabkan FFA meningkat, menurunkan kualitas minyak. • Waktu penyimpanan terlalu lama, dapat meningkatkan kadar ALB (FFA) 	<ul style="list-style-type: none"> • Waktu tunggu sebelum pemrosesan. 	<ul style="list-style-type: none"> • Keterlambatan pengangkutan 	<ul style="list-style-type: none"> • Refraktometer (mengukur kadar FFA). • Spektrofotometer (mengukur kadar minyak dalam buah).
Sterilisasi	<ul style="list-style-type: none"> • Suhu. • waktu sterilisasi 	<ul style="list-style-type: none"> • Suhu terlalu rendah (meningkatkan kadar ALB) • Suhu terlalu tinggi (menurunkan kualitas CPO) 	<ul style="list-style-type: none"> • Tekanan 2-3 bar • Suhu uap (85-90 °C) • Waktu sterilisasi (60-90 menit). 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Control</i> pemanas uap 	<ul style="list-style-type: none"> • Termokopel (mengukur suhu dalam sterilizer). • Manometer (mengukur tekanan uap)

Pengepresan	<ul style="list-style-type: none"> • Efisiensi ekstraksi minyak. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tekanan rendah minyak tersisa dalam ampas 	<ul style="list-style-type: none"> • Tekanan <i>screw press</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Perawatan mesin <i>press</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Manomete (mengukur tekanan). • Termometer industri (mengukur suhu pengepresan)
Klasifikasi	<ul style="list-style-type: none"> • Kandungan air dan kandungan dalam minyak 	<ul style="list-style-type: none"> • Kadar kotoran meningkat • Suhu terlalu rendah (minyak tidak terpisah dengan baik dari kotoran). • Kadar air tinggi (minyak lebih cepat teroksidasi) 	<ul style="list-style-type: none"> • Ukuran mesh filter • Suhu clarifier 	<ul style="list-style-type: none"> • Suhu. • Kandungan air. • Efisiensi pemisahan minyak 	<ul style="list-style-type: none"> • Spektrofometer (mengetahui kadar air dalam minyak). • centrifuge analyzer (mengukur kemurnian minyak)
Penyimpanan	<ul style="list-style-type: none"> • stabilitas minyak selama penyimpanan 	<ul style="list-style-type: none"> • oksidasi minyak lebih cepat 	<ul style="list-style-type: none"> • suhu penyimpanan $\leq 30^{\circ}\text{C}$ 	<ul style="list-style-type: none"> • pengemasan yang tidak kedap udara 	<ul style="list-style-type: none"> • sensor suhu & kelembaban. • Spektrofometri UV-Vis

Berdasarkan beberapa faktor-faktor dan penyebab CTQ dalam proses produksi CPO. Terdapat standar kualitas CPO berdasarkan SNI 01-2901-2006 dan target parameter dalam peningkatan kualitas yang dipilih sebagai berikut :

Tabel 4. 2 Parameter dan Standar Kualitas CPO

Parameter	Standar SNI (01-2901-2006)	Kualitas Saat Ini	Target Peningkatan
Rendemen (%)	22-25%	15-20%	2% (naik 2 %)
Kadar ALB (FFA%)	≤ 5%	4.7-10.9%	3% (turun 1.7%)
Kadar Air	≤ 0.25%	0.3-0.4%	≤ 0.25% (turun 0.05%)
Indeksi Warna	≤ 3 %	5-6 %	3% (turun 2%)
Nilai Peroksida	≤5 meq O2/kg	6-10 meq O2/kg	5 meq O2/kg (turun 1)
Stabilitas Oksidatif	>12 Jam	4-6 Jam	12 Jam (naik 6 Jam)
Kadar Sisa Pelarut	≤ 0.25%	0.3%	≤ 0.25% (turun 0.05)
Rasa dan Aroma	Tidak bau asing	Sedikit tengik	Tidak bau asing

Dari Tabel 4.2 diatas target peningkatan kualitas menurut standar kualitas CPO SNI 01-2901-2006 perlu adanya strategi peningkatan kualitas produk melalui tahapan berikut:

- 1) Rendemen
 - Peningkatan efisiensi proses ekstraksi melalui optimalisasi suhu ekstraksi dan kecepatan pengadukan.
 - Pengolahan tandan buah segar (TBS) segera mungkin setelah panen (maksimal 24 jam) untuk menghindari kehilangan minyak.
 - Mencegah kehilangan minyak dengan melakukan pemeliharaan rutin pada alat produksi seperti *screw press* dan *clarifier tank*.
- 2) Kadar ALB
 - Mengolah TBS secara baik dengan menghindari penyimpanan TBS terlalu lama sebelum diproses.
 - Gunakan buah segar yang matangnya sempurna untuk mengurangi pembentukan ALB.
 - Mengontrol suhu dan waktu ekstraksi untuk mengurangi hidrolisis trigliserida menjadi asam lemak.

- 3) Kadar Air
 - Optimasi proses pengeringan dengan penggunaan oven memmert untuk memastikan kadar air sesuai standar.
 - Perbaiki sistem klarifikasi dengan penambahan tahapan sedimentasi atau sentrifugasi untuk memisahkan air dan minyak.
 - Menyediakan penyimpanan yang tepat seperti tangka kedap udara untuk menghindari kontaminasi air.
- 4) Indeks Warna
 - Memilih buah berkualitas tinggi yang memiliki kematangan sempurna dan hindari buah mentah atau *overripe*.
 - Optimalisasi proses pemurnian dengan penggunaan karbon aktif untuk menghilangkan pigmen warna berlebih.
 - Meminimalkan kontaminasi bahan yang mempengaruhi warna.
- 5) Nilai Peroksida
 - Meminimalkan oksidasi melalui penggunaan penyimpanan kedap udara serta penambahan antioksidan untuk menghambat oksidasi.
 - Pengendalian suhu selama proses produksi termasuk suhu terlalu tinggi yang dapat memicu pembentukan peroksida.
- 6) Stabilitas oksidatif
 - Penambahan antioksidan untuk meningkatkan stabilitas oksidatif.
 - Pengendalian suhu tinggi selama proses produksi dan kontak langsung dengan udara selama penyimpanan.
- 7) Kadar Sisa pelarut
 - Pengoptimalan proses desolventisasi dalam peningkatan suhu pemanasan untuk memastikan pelarut benar-bener menguap.
 - Monitoring kualitas pelarut dengan penggunaan pelarut berkualitas tinggi untuk meminimalkan residu.
- 8) Rasa dan Aroma
 - Menggunakan bahan baku TBS segar, tidak mengalami fermentasi.
 - Penggunaan proses *deodorizing* dalam tahap pemurnian untuk menghilangkan bau tengik.

Melihat kondisi saat ini sebelum dilakukannya pengujian kualitas, maka perlu diketahui penyebab ketidak tercapaian atau nilai standar kualitas pada perusahaan. Berikut penyebab ketidak tercapaian standar kualitas CPO saat ini berdasarkan karakteristik CPO:

Tabel 4. 3 Parameter dan Penyebab Ketidak Tercapaian

Parameter	Keterangan Kualitas	Penyebab Ketidak tercapaian
Rendemen (%)	Rendah (15-20%)	Efisiensi proses ekstraksi atau pemisahan minyak.
Kadar ALB (FFA%)	Tinggi (4.7-10.9%)	Proses pemanasan yang tidak optimal / kontaminasi.
Kadar Air	Tinggi (0.3-0.4%)	Proses pengeringan tidak memadai atau kondisi penyimpanan yang buruk.
Indeksi Warna	Melebihi Standar (5-6)	Oksidasi atau degradasi pigmen selama tahap pemrosesan.
Nilai Peroksida	Tinggi (6-10 meq O2/kg)	Rekasi oksidasi akibat paparan oksigen / suhu tinggi.
Stabilitas Oksidatif	Rendah (4-6 jam)	Tingginya kadar ALB
Kadar Sisa Pelarut	Tinggi (0.3%)	Proses penghilangan pelarut tidak sempurna
Rasa dan Aroma	Tengik	Oksidasi ALB / penurunan kualitas bahan baku.

Berdasarkan Tabel 4.3 keterangan parameter kualitas diketahui beberapa penyebab ketidak tercapaian hasil berdasarkan standarisasi kualitas CPO yang baik. Dalam tahap pengujian ini ditentukan nilai target peningkatan kualitas CPO yang bertujuan untuk melampaui standar yang ditetapkan berdasarkan SNI CPO 01-2901-2006, sehingga produk yang dihasilkan memiliki nilai jual yang lebih tinggi, memenuhi standar permintaan pasar global, serta mendukung efisiensi produksi. Dimana efisiensi produksi dapat mengurangi limbah, memperpanjang umur simpan, dan meningkatkan hasil kualitas minyak.

Setelah diketahui penyebab ketidak tercapaian kualitas hasil produksi CPO ini, maka dapat ditentukan pemilihan metode pengujian yang cocok untuk meningkatkan kualitas hasil produksi CPO berdasarkan standar SNI umumnya berfokus pada beberapa parameter seperti kadar FFA, kadar air, kadar kotoran, suhu, dan waktu ekstraksi. Karena parameter-parameter ini memiliki dampak langsung terhadap aspek berikut :

- a) Efisiensi Proses Produksi
 - Kadar FFA dan kadar air merupakan indikator utama kualitas bahan baku dan pengolahan yang mempengaruhi stabilitas produk dan efisiensi proses pemurnian (*refining*).
 - Kotoran, suhu, dan waktu ekstraksi juga menjadi faktor penting untuk memastikan proses produksi berjalan optimal tanpa mempengaruhi hasil akhir secara signifikan.
- b) Stabilitas dan Umur Simpan
 - Kadar FFA tinggi dapat mempercepat oksidasi lemak, menyebabkan produk lebih cepat menghasilkan bau tengik.
 - Kadar air yang tinggi dapat memicu pertumbuhan mikroorganisme dan memperpendek umur simpan minyak.
- c) Keamanan dan Standar Pemasaran
 - Parameter seperti kadar air, kotoran, dan kadar FFA termasuk syarat utama yang diawasi dalam standar nasional (SNI) untuk memenuhi kelayakan konsumsi dan ekspor.
- d) Korelasi dengan Parameter Lain
 - Parameter ini secara langsung atau tidak langsung mempengaruhi karakteristik lain seperti nilai peroksida, stabilitas oksidatif, rasa, dan aroma. Karena FFA yang tinggi dapat menyebabkan peningkatan peroksida juga dapat menyebabkan hasil warna yang gelap pada minyak dan munculnya bau asing.
 - Keterbatasan alat dan waktu pada beberapa parameter memerlukan metode pengujian yang lebih rumit atau lebih mahal, sehingga perusahaan

memprioritaskan parameter yang memiliki dampak langsung terhadap proses produksi.

Dari deskripsi diatas, dapat disimpulkan bahwa pada penelitian ini berfokus pada parameter kritis yang mempengaruhi kualitas pada CPO diantaranya kadar FFA, kadar air, kadar kotoran, suhu ekstraksi, waktu ekstraksi. Berikut alat ukur dan metode pengujian yang dilakukan untuk meningkatkan hasil produksi minyak berdasarkan parameter kritis yang ditentukan :

Tabel 4. 4 Metode Pengujian CPO

Parameter	Alat ukur	Metode Pengujian
Kadar FFA	Spektrofometer, Foss NIRS DA 1650.	Titrasi asam-basa
Kadar Air	Moisture Analyzer, Oven Memmert.	Oven pengering.spektrum inframerah dekat
Kadar Kotoran	Centrifuge	Filtrasi dan Sedimentasi
Suhu Ekstraksi	Termokopel, Heating Mantle	Pengukuran langsung
Waktu Ekstraksi	Stopwatch	Monitoring Produksi

Berdasarkan Tabel 4.4 diatas pengujian kualitas CPO dilakukan dengan memadukan metode manual dan teknologi modern untuk memastikan parameter seperti kadar FFA, kadar air, kadar kotoran, suhu ekstraksi, dan waktu ekstraksi sesuai standar kualitas. Penggunaan alat seperti oven memmert, moisture analyzer, *centrifuge*, termokopel, Foss NIRS DA 1650, dan spektrofometer memberikan hasil yang lebih akurat dan efisien.

Adapun tahapan dalam pengujian parameter kualitas CPO berdasarkan alat ukur dan metode pengujian :

1. Pengujian Kadar *Free fatty Acid* (FFA)
 - Timbang sampel CPO (min 5 g) ke dalam Erlenmeyer atau dikenal dengan gelas pengukur.
 - Tambahkan pelarut campuran alkohol (mempercepat reaksi titrasi), etanol/heksan (etanol digunakan sebagai pelarut dalam pengujian kualitas untuk mengukur FFA, heksan digunakan jika ingin melarutkan minyak yang tinggi).

- Tambahkan 2-3 tetes indikator fenolftalein (untuk menentukan titik reaksi titrasi) warnanya dapat berubah sesuai PH larutan.
 - Titrasi dengan larutan NaOH sampai larutan berubah menjadi merah muda.
2. Pengujian Kadar Air
- Tahapan Oven Memmert :
 - a) Timbang sampel CPO (5-10 g) ke dalam cawan timbang.
 - b) Letakkan cawan di dalam oven memmert dengan suhu 105 °C selama 1-2 jam.
 - c) Timbang kembali cawan setelah pengeringan.
 - Tahapan *Moisture Analyzer* :
 - a) Masukkan sampel ke dalam moisture analyzer.
 - b) Alat akan memanaskan sampel dan menampilkan hasil kadar air secara otomatis.
3. Pengujian Kadar Kotoran
- Tahapan Filtrasi :
 - a) Sampel CPO dipanaskan menggunakan *heating mantle* agar lebih encer.
 - b) Saring sampel dengan kertas saring atau membran untuk memisahkan kotoran.
 - c) Timbang sisa kotoran pada kertas saring untuk menghitung kadar kotoran.
 - Tahapan Sedimentasi menggunakan *Centrifuge* :
 - a) Masukkan sampel CPO ke dalam tabung *centrifuge*.
 - b) Putar tabung pada kecepatan tertentu (3000-5000 rpm) selama 15-30 menit.
 - c) Pisahkan lapisan kotoran yang terbentuk di dasar tabung.
4. Pengujian Suhu Ekstraksi
- Pasang termokopel pada tangki pemanas atau pipa aliran minyak.
 - Monitor suhu proses secara real-time untuk memastikan suhu sesuai standar (80-120 °C).
 - Suhu ekstraksi yang optimal mencegah kerusakan minyak.

5. Pengujian Waktu Ekstraksi

- Catat waktu mulai dan selesai tiap tahap ekstraksi menggunakan stopwatch.
- Memastikan waktu ekstraksi sesuai standar untuk menjaga efisiensi dan kualitas hasil akhir.

4.3.1 Identifikasi Faktor dan Level

Identifikasi faktor dan level bertujuan untuk memberikan pemahaman dasar mengenai elemen-elemen yang akan dianalisis dalam penelitian. Identifikasi faktor yang mempengaruhi dan tingkatnya menjadi langkah penting untuk mrrnggali lebih dalam tentang fenomena yang diteliti.

A. Identifikasi faktor

Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas produksi minyak sawit dapat memiliki beberapa varian tergantung pada proses yang sedang dianalisis. Sesuai dengan faktor yang berpengaruh terhadap kondisi saat ini di perusahaan dan kualitas yang di hasilkan memilih faktor relevan yang akan diolah seperti suhu, tekanan, dan waktu ekstraksi.

a. Suhu Ekstraksi (*Temperature*)

Suhu merupakan suatu faktor yang sangat penting dalam proses ekstraksi minyak sawit. Suhu yang digunakan selama proses ekstraksi mempengaruhi hasil minyak, kualitas minyak, dan efisiensi proses ekstraksi. Berikut ini penjelasan tentang pengaruh suhu dalam proses produksi minyak sawit mentah (CPO) pada PTPN IV Regional 2 Distrik Sulawesi :

- Suhu rendah 80°C: kinerja ekstraksi pada suhu rendah akan memperlambat pergerakan molekul dalam bahan baku tandan buah segar (TBS) yang mengakibatkan proses permissahan minyak dari daging buah menjadi kurang efisien. Molekul minyak dalam sel-sel daging buah lebih sulit untuk dilepaskan pada suhu rendah.
- Suhu tinggi 90°C : suhu yang terlalu tinggi dapat merusak kualitas minyak dengan meningkatkan kadar ALB atau menyebabkan degradasi senyawa-senyawa yang sensitif terhadap panas. Hal ini dapat menurunkan standar kualitas yang ada pada minyak.

Sesuai kondisi saat ini di perusahaan menggunakan suhu temperature 90°C. untuk mencapai hasil minyak yang optimal dan menjaga kualitasnya, suhu ekstraksi perlu berada pada kisaram tertentu, yaitu tidak terlalu rendah dan tidak terlalu tinggi. Dalam banyak penelitian, suhu yang biasa digunakan untuk ekstraksi minyak sawit berkisar antara 50°C hingga temperature 90°C.

b. Tekanan Ekstraksi

Tekanan merupakan salah satu faktor penting dalam proses ekstraksi minyak sawit. Takanan yang digunakan dalam proses ini mempengaruhi efisiensi pemisahan minyak dari bahan baku, serta kualitas minyak yang dihasilkan. Secara umum, tekanan yang lebih tinggi akan meningkatkan efisiensi ekstraksi, tetapi ada batasan pada tekanan tertentu dimana peningkatan lebih lanjut dapat menyebabkan kerusakan pada kualitas minyak yang dihasilkan. Pengaruh tekanan dalam proses ekstraksi minyak sawit adalah sebagai berikut :

- Tekanan tinggi 3 bar : dapat memingkatkan efisiensi ekstraksi karena tekanan akan membantu minyak untuk lebih mudah dipisahkan dari daging buah sawit. Rendemen minyak biasanya akan lebih tinggi pada tekanan yang lebih tinggi, karena tekanan membantu melepaskan lebih banyak minyak dari bahan baku.
- Tekanan rendah 1 bar : ekstraksi menjadi kurang efisien, sehingga menghasilkan rendemen minyak yang lebih rendah. Kualitas minyak mungkin lebih baik karena tekanan rendah menyebabkan sedikit atau tidak ada kerusakan pada senyawa yang ada dalam minyak seperti ALB dan senyawa antioksidan.

Proses ekstraksi dalam produksi minyak sawit merujuk pada elemen-elemen yang mempengaruhi bagaimana kualitas minyak sawit dari bahan baku yang diolah. Sesuai kondisi saat ini perusahaan sementara menggunakan tekanan 2.7 bar dalam waktu 90 menit maka dari itu perlu tindakan dan pengujian lebih lanjut untuk pengoptimalan hasil serta meminimalisir waku yang digunakan. Proses ekstraksi ini sangat berperan penting dalam mempengaruhi kuantitas dan kualitas minyak sawit yang dihasilkan. Proses ekstraksi yang efisien akan menghasilkan minyak sawit dengan kadar ALB yang rendah, sedikit kotoran, dan kualitas tinggi.

c. Waktu Ekstraksi

Waktu ekstraksi merupakan salah satu faktor kritis dalam proses pemisahan minyak dari bahan baku tandan buah segar (TBS). Durasi ekstraksi sangat mempengaruhi rendemen minyak dan kualitas minyak yang di hasilkan. Berikut penjelasan mengenai pengaruh waktu ekstraksi dalam proses produksi minyak :

- Waktu ekstraksi yang terlalu pendek 30 menit : menyebabkan proses pemisahan minyak tidak dapat berlangsung dengan efisien, yang akan menghasilkan rendemen minyak yang lebih rendah.
- Waktu ekstraksi yang terlalu lama 90 menit : ekstraksi yang berlangsung terlalu lama dapat menyebabkan penurunan kualitas minyak melalui peningkatan kadar ALB yang menunjukkan kualitas minyak yang lebih rendah. Pada waktu yang terlalu lama, pada tahap pemanasan dan pengolahan minyak dapat menyebabkan degradasi senyawa penting seperti fitosterol dan vitamin E.

d. Kecepatan Pengadukan

kecepatan pengadukan merupakan salah satu parameter penting dalam proses produksi minyak kelapa sawit mentah (CPO) termasuk dalam tahap ekstraksi, pemisahan dan klarifikasi. fungsi dari kecepatan pengadukan ialah dapat meningkatkan homogenitas yang memastikan campuran bahan minyak, air dan kotoran tercampur secara merata sehingga mempermudah proses pemisahan komponen. Meningkatkan efisiensi pemisahan minyak dari serat, kotoran, dan meningkatkan efisiensi ekstraksi. Mengontrol proses klarifikasi yang dapat berpengaruh pada sedimentasi kotoran berat (*sludge*) dan pemisahan air dari minyak. Pengadukan yang konstan dapat mencegah pengendapan kotoran sebelum dipisah dan menjaga kualitas akhir minyak. Berikut pengaruh kecepatan pengadukan dalam tahap proses produksi CPO :

- Kecepatan Rendah 50 rpm : dapat menghasilkan campuran yang tidak merata sehingga proses ekstraksi dan pemisahan tidak maksimal, kotoran dapat mengendap lebih cepat sehingga menurunkan efisiensi pemisahan minyak.

- Kecepatan tinggi 150 rpm : meningkatkan efisiensi pencampuran dan pemisahan. Namun, jika terlalu tinggi dapat menyebabkan emulsi yaitu terbentuknya campuran stabil antara minyak dan air yang sulit dipisahkan sehingga menurunkan kualitas minyak.

Pada proses pengolahan minyak, tahap pemisahan minyak berpengaruh terhadap beberapa aspek penting dalam produksi minyak sawit, antara lain :

1. Kualitas Minyak

Efektif menghilangkan air, kotoran, dan bahan padat lain sehingga minyak yang dihasilkan lebih murni dan memenuhi standar kualitas seperti kadar asam lemak bebas (ALB), kadar air, dan kadar kotoran.

2. Rendemen Minyak

Proses pemisahan yang optimal memastikan minyak maksimal dapat dipisahkan dari bahan baku sehingga rendemen (hasil minyak) meningkat.

3. Stabilitas dan Umur Simpan

Minyak yang dipisahkan dengan baik mengandung lebih sedikit kontaminan dan air, sehingga tahan terhadap oksidasi dan kerusakan, memperpanjang umur simpan.

4. Efisiensi Produksi

Pemisahan yang tepat mempercepat proses produksi dan mengurangi kebutuhan pengolahan ulang atau pemurnian tambahan, sehingga meningkatkan efisiensi waktu dan biaya.

5. Penampilan Produk

Minyak yang bersih dan jernih hasil pemisahan yang baik akan lebih menarik secara visual dan dapat meningkatkan kepercayaan konsumen.

Efisiensi proses pemisahan dalam produksi minyak sawit mengacu pada seberapa efektif proses tersebut mampu memisahkan minyak dari bahan baku dengan hasil maksimal dan kualitas optimal. Efisiensi ini sangat penting karena memengaruhi kuantitas minyak yang diperoleh dan kualitas produk akhir.

1. Rendemen Minyak

Efisiensi pemisahan diukur dari persentase minyak yang berhasil diekstraksi dibandingkan total minyak yang terkandung dalam bahan baku. Semakin tinggi rendemen, semakin efisien proses pemisahan.

2. **Kualitas Minyak**

Efisiensi juga terkait dengan kemampuan proses memisahkan minyak dari kotoran, air, dan bahan padat lain sehingga menghasilkan minyak dengan kadar asam lemak bebas (ALB), kadar air, dan kadar kotoran yang rendah.

3. **Waktu dan Energi**

Proses yang efisien memerlukan waktu lebih singkat dan penggunaan energi lebih sedikit untuk menghasilkan minyak dengan kualitas baik, sehingga mengurangi biaya operasional.

4. **Minim Kerugian**

Efisiensi tinggi berarti kerugian minyak yang tertinggal di ampas atau limbah minimal, serta kerusakan minyak akibat oksidasi atau pemanasan berlebih dapat diminimalkan.

B. Identifikasi Level

Identifikasi level dalam analisis perancangan eksperimen menggunakan metode taguchi, setelah semua faktor yang mempengaruhi kualitas telah diidentifikasi, langkah selanjutnya adalah menentukan level untuk masing-masing faktor tersebut. Level merujuk pada nilai atau kondisi yang akan diuji untuk setiap faktor dalam eksperimen. Pengaturan level yang tepat sangat penting untuk memperoleh hasil eksperimen yang optimal dan relevan.

Berikut ini identifikasi level dalam analisa rancangan eksperimen yang dilakukan menggunakan metode taguchi :

a. **Suhu Ekstraksi (Temperature)**

- Level 1 : 80 °C
- Level 2 : 85 °C
- Level 3 : 90 °C

b. **Waktu Ekstraksi**

- Level 1 : 30 menit
- Level 2 : 60 menit

- Level 3 : 90 menit
- c. Tekanan Ekstraksi
- Level 1 : 1 bar
 - Level 2 : 2 bar
 - Level 3 : 3 bar
- d. Kecepatan Pengadukan
- Level 1 : 50 rpm
 - Level 2 : 100 rpm
 - Level 3 : 150 rpm

4.4 Perancangan Eksperimen

Perancangan eksperimen ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menguji pengaruh masing-masing faktor proses terhadap kualitas hasil CPO yang di ukur berdasarkan nilai ALB kadar air, dan kadar kotoran. Penelitian ini dirancang menggunakan metode eksperimen faktorial dengan empat variabel bebas yaitu suhu ekstraksi, waktu ekstraksi, tekanan ekstraksi, dan kecepatan pengadukan. Tujuannya untuk menganalisis pengaruh setiap perlakuan terhadap kualitas hasil minyak sawit, terutama kadar ALB, kadar air, dan kadar kotoran. Dengan pendekatan ini, dapat ditemukan kombinasi perlakuan terbaik yang menghasilkan minyak sawit dengan mutu tinggi sesuai standar industri.

4.4.1 Pemilihan *Orthogonal array* (OA)

Orthogonal array adalah matriks yang digunakan dalam metode taguchi untuk mengatur kombinasi faktor dan level dalam eksperimen. *Orthogonal array* memungkinkan kita mengurangi jumlah percobaan secara signifikan dibandingkan dengan pendekatan full faktorial tetapi tetap memberikan informasi yang cukup untuk menganalisis pengaruh faktor terhadap *output*. Dalam perancangan eksperimen yang digunakan untuk menyusun kombinasi faktor dan level secara efisien, sedangkan dalam metode taguchi *orthogonal array* berfungsi untuk mengurangi jumlah percobaan tanpa mengorbankan informasi yang di butuhkan untuk analisis.

Menurut *Genichi Taguchi* (1987), *orthogonal array* adalah teknik perancangan eksperimen yang memungkinkan analisis faktor-faktor dengan jumlah percobaan yang lebih sedikit, tetapi tetap memberikan informasi yang cukup untuk menarik kesimpulan yang valid. OA digunakan dalam metode Taguchi untuk meningkatkan kualitas produk dan proses dengan mengoptimalkan parameter secara efisien.

Keunggulan penggunaan *orthogonal array* dibandingkan dengan *full factorial design* ialah :

1. Pengurangan jumlah eksperimen : jumlah percobaan dapat dikurangi secara signifikan dibanding dengan percobaan pendekatan faktorial penuh.
2. Efisiensi waktu dan biaya : *orthogonal array* memungkinkan eksperimen dilakukann dengan sumber daya yang lebih sedikit.
3. Pemerataan pengujian faktor : setiap faktor dalam eksperimen di uji pada semua level secara proporsional. Sehingga tetap dapat mengidentifikasi pengaruh setiap faktor terhadap *output*.
4. Analisis yang lebih sederhana : melalui tahap percobaan yang lebih sedikit, analisis dapat dilakukan lebih cepat dan efektif menggunakan *Signal-to-Noise* (S/N) Ratio dan ANOVA.

Dalam penelitian rancangan eksperimen ini dilakukan tahapan penelitian *orthogonal array* (OA) merupakan langkah penting dalam penggunaan metode taguchi. Tahapan ini dilakuan secara efisien dengan menguji berbagai kombinasi faktor dan level tanpa melakukan percobaan secara penuh. Sebelum memilih OA faktor dan level yang mempengaruhi kualitas dari hasil penelitian masing-masing 4 faktor dan 3 level sehingga terdapat 9 kombinasi percobaan. Maka penentuan *orthogonal array* L_9 (3^4) adalah desain matriks eksperimen yang cocok untuk 4 faktor dengan 3 level. Dalam penelitian optimasi kualitas minyak sawit masing-masing faktor 4 memiliki 3 level yaitu sebagai berikut :

Tabel 4. 5 Faktor dan Level Pengujian

Faktor	Level 1	Level 2	Level 3
Suhu Ekstraksi (°C)	80 °C	85°C	90°C
Waktu Ekstraksi (menit)	30 menit	60 menit	90 menit
Tekanan (bar)	1 bar	2 bar	3 bar
Kecepatan Pengadukan	50 rpm	100 rpm	150 rpm

Berdasarkan Tabel 4.5 faktor-faktor ini dipilih berdasarkan literatur dan studi lapangan, parameter ini memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kualitas minyak sawit mentah (CPO). Jumlah faktor dalam penelitian ini adalah 4 faktor dengan masing-masing percobaannya adalah 3 atau 27 kali percobaan. Namun, untuk meningkatkan efisiensi digunakan *orthogonal array* $L_9 (3^4)$ yang hanya memerlukan 9 tahap percobaan dan mampu mengidentifikasi faktor-faktor yang paling berpengaruh terhadap kualitas minyak sawit.

Berikut adalah matriks $L_9 (3^4)$ yang digunakan dalam perancangan eksperimen sesuai studi lapangan :

Tabel 4. 6 Matriks Eksperimen $L_9 (3^4)$

Percobaan	Faktor A : Suhu (°C)	Faktor B : waktu (menit)	Faktor C : Tekanan (bar)	Faktor D : Kecepatan (rpm)
1	80	30	1	50
2	80	60	2	100
3	80	90	3	150
4	85	30	2	150
5	85	60	3	50
6	85	90	1	100
7	90	30	3	100
8	90	60	2	150
9	90	90	1	50

Berdasarkan Tabel 4.6 matriks $L_9 (3^4)$. Dipilih karena memiliki sifat *orthogonal*, dimana setiap level dari setiap faktor muncul dalam jumlah yang sama dan terdistribusi secara seimbang. Hal ini memungkinkan eksperimen yang

dilakukan valid meskipun jumlah percobaan lebih sedikit dibanding dengan *full factorial design*.

Sesuai metode yang digunakan yaitu metode taguchi pemilihan *orthogonal array* (OA) menggunakan $L_9 (3^4)$. Karena jika menggunakan full desain faktorial maka jumlah percobaan yang diperlukan sebanyak 27 percobaan. Hal ini memakan waktu terlalu banyak sehingga tidak efisien. Dengan *orthogonal array* $L_9 (3^4)$ jumlah percobaan dikurangi menjadi 9 percobaan, tetapi tetap mencakup variasi kombinasi faktor yang cukup untuk analisis. $L_9 (3^4)$ adalah matriks dengan 9 baris eksperimen dan 4 kolom faktor yang cocok untuk eksperimen dengan 4 faktor dan masing-masing 3 level. Matriks L_9 terdiri dari 9 kombinasi eksperimen yang memastikan bahwa setiap faktor diuji di setiap level dengan distribusi yang seimbang.

Dalam *orthogonal array* $L_9 (3^4)$ setiap faktor muncul di semua levelnya secara merata dalam eksperimen, interaksi antara faktor tetap dapat dianalisis meskipun jumlah percobaan lebih sedikit. Serta kombinasi faktor dipilih secara sistematis untuk menghindari bias eksperimen. Penggunaan *orthogonal array* dalam menganalisis efek faktor dengan efisien semua faktor di uji dalam jumlah yang sama, sehingga analisis dapat dilakukan dengan metode *Signal-to-Noise Ratio* juga mempermudah analisis statistik melalui anova untuk menentukan faktor yang paling berpengaruh. Melalui metode ini kita dapat meningkatkan efisiensi uji eksperimen dan memastikan bahwa kualitas minyak sawit yang dihasilkan optimal dengan jumlah percobaan yang minimal.

Jika hasil eksperimen konfirmasi akhir menunjukkan bahwa kombinasi optimal yang dipilih memberikan peningkatan kualitas yang signifikan sesuai standar SNI CPO 01-2901-2006 maka kombinasi tersebut dapat direkomendasikan untuk implementasi dalam skala produksi penuh.

4.5 Pelaksanaan Eksperimen

Tahap pengujian kualitas dalam proses produksi minyak sawit melibatkan proses uji yang memastikan bahwa *crude palm oil* CPO yang dihasilkan memenuhi standar kualitas yang ditetapkan.

Pengujian dilakukan dari bahan baku tandan buah segar (TBS) hingga produk akhir untuk memastikan bahwa kualitas produk berada pada tingkat optimal. Dengan pengujian yang tepat, dapat dihasilkan minyak sawit dengan kualitas tinggi, yang pada gilirannya dapat meningkatkan daya saing di pasar global.

Sebelum melaksanakan percobaan yang melibatkan pengaruh parameter proses terhadap kualitas minyak sawit, ada beberapa tahapan penting yang dilakukan untuk merancang dan memastikan keberhasilan eksperimen. Penelitian ini dirancang untuk mengidentifikasi kombinasi parameter yang optimal untuk mencapai hasil terbaik.

Berikut hasil uji coba dalam tahap alur proses produksi minyak sawit CPO pada PTPN IV Regional 2 Distrik Sulawesi sebagai berikut :



Tabel 4. 7 Hasil Eksperimen

Uji Percobaan	Suhu Ekstraksi (°C)	Waktu ekstraksi (menit)	Tekanan (bar)	Kecepatan (rpm)	Nilai Hasil Kadar ALB (FFA)	Nilai Kadar Air (%)	Nilai Kadar Kotoran (%)	Hasil
1.	80 °C	30	1 bar	50	4.5	0.47	0.38	-
2.	80 °C	60	2 bar	100	2.9	0.21	0.07	✓
3.	80 °C	90	3 bar	150	4.1	0.42	0.37	-
4.	85°C	30	2 bar	150	3.4	0.32	0.30	-
5.	85°C	60	3 bar	50	3.6	0.41	0.34	-
6.	85°C	90	1 bar	100	3.8	0.38	0.31	-
7.	90°C	30	3 bar	100	3.7	0.28	0.26	-
8.	90°C	60	2 bar	150	4.8	0.36	0.32	-
9.	90°C	90	1 bar	50	4.3	0.33	0.34	-

Keterangan :

✓ = Memenuhi Standar Target Kualitas SNI CPO

- = Belum Memenuhi Standar Kualitas

Berdasarkan Tabel 4.7 hasil eksperimen yang telah dilakukan, beberapa kesimpulan dapat ditarik mengenai pengaruh parameter proses ekstraksi terhadap kualitas minyak CPO. Dari hasil Sembilan kombinasi percobaan yang dilakukan, ditemukan bahwa kondisi optimal yang menghasilkan minyak sawit dengan kualitas terbaik dengan nilai suhu ekstraksi 85 °C, waktu ekstraksi 60 menit, tekanan 2 bar, percepatan 100 rpm pada kombinasi percobaan ke-2 didapatkan hasil FFA 2,9, kadar air 0.21 %, kadar kotoran 0.7 % menunjukkan nilai terendah dibanding hasil lainnya.

Dari hasil pengamatan nilai FFA, semakin tinggi nilai suhu, waktu, dan tekanan dalam rentang optimal maka kadar FFA cenderung menurun karena perpisahan ALB lebih efektif. kadar air paling rendah ditemukan pada tekanan 2 bar dan waktu ekstraksi moderat 60 menit dan memungkinkan proses penguapan ini berjalan secara efisien. Kadar kotoran paling rendah ditemukan pada kombinasi optimal dari suhu, waktu, tekanan, dan kecepatan pada eksperimen ke-2 yang menghasilkan pemisahan kotoran secara sempurna.

Hasil dari eskperimen yang telah dilakukan didapatkan bahwa air dalam minyak sawit bisa memicu reaksi kimia yang disebut *hidrolisis*, reaksi ini terjadi ketika komponen utama pada lemak bertemu dengan air sehingga menghasilkan ALB dan gliserol. Semakin banyak persentase air dalam minyak maka semakin banyak trigliserida (komponen utama lemak) yang terurai menjadi FFA. Jika proses ekstraksi dilakukan pada suhu tinggi atau waktu yang terlalu lama, air yang terperangkap di dalam minyak akan semakin mempercepat pembentukan FFA.

Hasil pengolahan minyak sawit dengan kadar kotoran yang tinggi memiliki kandungan lipase tinggi sehingga dapat mempercepat hidrolisis pada komponen utama lemak menjadi FFA. Selain itu kotoran dapat membawa mikroorganisme pemicu degradasi minyak yang berkontribusi pada peningkatan kadar FFA. Minyak dengan kadar FFA yang tinggi dapat memicu munculnya bau asing sehingga dapat mempengaruhi umur simpan pada minyak. Jadi, dalam dunia industri minyak sawit kadar FFA adalah salah satu parameter utama juga merupakan parameter yang lebih sulit dikendalikan dibanding kadar air dan kotoran, maka dari itu hasil persentase kadar ALB yang dapat menentukan tingkat kualitas dan nilai jual.

4.6 Analisis Data Eksperimen

Dalam penelitian ini analisis data eksperimen merupakan tahapan krusial yang bertujuan untuk menginterpretasikan hasil percobaan dan menarik kesimpulan secara objektif dan sistematis. Analisis ini memungkinkan peneliti untuk menentukan apakah faktor-faktor perlakuan yang diuji memiliki pengaruh signifikan terhadap variabel yang diamati. Dalam konteks penelitian ini, dilakukan serangkaian pengujian statistik untuk mengevaluasi pengaruh suhu, waktu, tekanan, dan kecepatan pengadukan terhadap mutu minyak sawit yang ditinjau dari kadar ALB (FFA), kadar air, dan kadar kotoran.

4.6.1 Uji Asumsi Statistik

Sebelum dilakukan analisis lebih lanjut terhadap data hasil eksperimen, diperlukan pengujian terhadap beberapa asumsi dasar statistik. Tujuan dari uji asumsi ini adalah untuk memastikan bahwa data memenuhi syarat tertentu sehingga hasil analisis yang diperoleh dapat dianggap valid dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas minyak sawit dengan mengidentifikasi pengaruh faktor-faktor proses terhadap variabel respons. Pengolahan data dilakukan untuk memverifikasi nilai-nilai penting. Seluruh proses pengolahan data diarahkan untuk memperoleh kombinasi parameter proses yang menghasilkan kualitas minyak terbaik dengan kerugian kualitas seminimal mungkin. Tahapan pengolahan data dilakukan sebagai berikut :

Tabel 4. 8 CPS Rancangan Eksperimen

	Cases		Missing		Total	
	Valid		N	Percent	N	Percent
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
ALB	9	100.0%	0	0.0%	9	100.0%
Kadar_Air	9	100.0%	0	0.0%	9	100.0%
Kadar_Kotoran	9	100.0%	0	0.0%	9	100.0%

Berdasarkan Tabel 4.8 hasil *case processing summary*, dapat disimpulkan bahwa data pada persentasi hasil ALB, kadar air, kadar kotoran, berdistribusi normal.

4.6.2 Uji Normalitas

Uji ini dilakukan untuk mengetahui apakah data berdistribusi normal atau tidak. Distribusi normal juga menjadi syarat penting dalam penggunaan teknik analisis parametrik ANOVA. Uji dilakukan menggunakan metode Shapiro-wilk dan Kolmogorov dengan ketentuan nilai signifikansi (Sig.) > 0,05 maka dianggap berdistribusi normal, jika nilai signifikansi (Sig.) \leq 0,05 maka data tidak berdistribusi normal.

Uji normalitas digunakan untuk mengetahui apakah sebaran data yang diteliti berasal dari populasi berdistribusi normal atau tidak. Terdapat teknik yang dapat digunakan dalam menguji normalitas data yaitu menggunakan *Kolmogorov Smirnov* (Luthfianto, Siswiyanti and Farid, 2014).

Berikut hasil pengujian normalitas menggunakan aplikasi *Spss* dalam penentuan data kualitas CPO berdasarkan nilai ALB, kadar air, dan kadar kotoran.

Tabel 4. 9 Uji Normalitas Berdasarkan hasil Eksperimen

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
ALB	.123	9	.200*	.989	9	.994
Kadar_Air	.114	9	.200*	.985	9	.985
Kadar_Kotoran	.283	9	.037	.754	9	.006

Berdasarkan data Tabel 4.9 hasil uji normalitas hasil eksperimen diatas menunjukkan bahwa data hasil ALB dan kadar air berdistribusi normal dengan nilai 0.994 dan 0.985 sehingga data dapat digunakan dalam uji parametrik (ANOVA) sedangkan data nilai kadar kotoran tidak berdistribusi normal sehingga perlu pertimbangan dalam uji parametrik.

4.6.3 Uji Homogenitas

Uji homogenitas merupakan teknik yang digunakan dalam menentukan dua buah sampel atau lebih yang berasal dari populasi yang sama atau tidak. Uji homogenitas dilakukan guna mengetahui data disetiap perlakuan memiliki varian berbeda atau tidak. Dalam uji homogenitas pada penelitian ini menggunakan *Uji Levene* dengan bantuan aplikasi SPSS (*Statistical Package for Social Science*).

1. Uji Homogenitas Berdasarkan Nilai ALB (FFA)

- Uji Homogenitas ALB (FFA) Terhadap Suhu Ekstraksi

Tabel 4. 10 Uji Homogenitas ALB Terhadap Suhu

		Tests of Homogeneity of Variances			
		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
ALB	Based on Mean	4.642	2	6	.061
	Based on Median	.754	2	6	.510
	Based on Median and with adjusted df	.754	2	2.521	.554
	Based on trimmed mean	4.122	2	6	.075

Berdasarkan data Tabel 4.10 pada uji homogenitas di atas menunjukkan nilai signifikansi (sig) data kualitas FFA berdasarkan suhu ekstraksi dengan nilai 0.061 lebih besar dari 0.05. Maka dari itu diperoleh keputusan H0 diterima atau varians antar kelompok sama (homogen).

- Uji Homogenitas ALB (FFA) Terhadap Waktu Ekstraksi

Tabel 4. 11 Uji Homogenitas ALB Terhadap Waktu

		Tests of Homogeneity of Variances			
		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
ALB	Based on Mean	2.076	2	6	.206
	Based on Median	.897	2	6	.456
	Based on Median and with adjusted df	.897	2	3.799	.480
	Based on trimmed mean	1.980	2	6	.219

Berdasarkan data Tabel 4.11 pada uji homogenitas di atas menunjukkan nilai (sig) data kualitas FFA berdasarkan waktu ekstraksi dengan nilai 0.206 lebih besar dari 0.05. Maka dari itu diperoleh keputusan H0 diterima atau varians antar kelompok sama (homogen).

- Uji Homogenitas ALB (FFA) Terhadap Tekanan Ekstraksi

Tabel 4. 12 Uji Homogenitas ALB Terhadap Tekanan

		Tests of Homogeneity of Variances			
		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
ALB	Based on Mean	3.864	2	6	.083
	Based on Median	.940	2	6	.441
	Based on Median and with adjusted df	.940	2	2.871	.485
	Based on trimmed mean	3.534	2	6	.097

Berdasarkan data Tabel 4.12 pada uji homogenitas di atas menunjukkan nilai signifikansi (sig) data kualitas FFA berdasarkan tekanan ekstraksi dengan nilai 0.083 lebih besar dari 0.05. Maka dari itu diperoleh keputusan H0 diterima atau varians antar kelompok sama (homogen).

- Uji Homogenitas ALB (FFA) Terhadap Kecepatan Pengadukan

Tabel 4. 13 Uji Homogenitas ALB Terhadap Kecepatan

		Tests of Homogeneity of Variances			
		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
ALB	Based on Mean	.137	2	6	.874
	Based on Median	.172	2	6	.846
	Based on Median and with adjusted df	.172	2	5.864	.846
	Based on trimmed mean	.142	2	6	.871

Berdasarkan data Tabel 4.13 pada uji homogenitas di atas menunjukkan nilai signifikansi (sig) data kualitas FFA berdasarkan kecepatan pengadukan dengan nilai 0.874 lebih besar dari 0.05. Maka dari itu diperoleh keputusan H0 diterima atau varians antar kelompok sama (homogen).

2. Uji Homogenitas Berdasarkan Nilai Kadar Air

- Uji Homogenitas Kadar Air Terhadap Suhu Ekstraksi

Tabel 4. 14 Uji Homogenitas ALB Terhadap Suhu

		Tests of Homogeneity of Variances			
		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Kadar_Air	Based on Mean	4.642	2	6	.061
	Based on Median	.754	2	6	.510
	Based on Median and with adjusted df	.754	2	2.521	.554
	Based on trimmed mean	4.122	2	6	.075

Berdasarkan data Tabel 4.14 pada uji homogenitas di atas menunjukkan nilai signifikansi (sig) data kualitas kadar air berdasarkan suhu ekstraksi dengan nilai 0.061 lebih besar dari 0.05. Maka dari itu diperoleh keputusan H0 diterima atau varians antar kelompok sama (homogen).

- Uji Homogenitas Kadar Air Terhadap Waktu Ekstraksi

Tabel 4. 15 Uji Homogenitas Kadar Air Terhadap Waktu

Tests of Homogeneity of Variances

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Kadar_Air	Based on Mean	1.637	2	6	.271
	Based on Median	.294	2	6	.755
	Based on Median and with adjusted df	.294	2	4.454	.758
	Based on trimmed mean	1.474	2	6	.302

Berdasarkan data Tabel 4.15 pada uji homogenitas di atas menunjukkan nilai signifikansi (sig) data kualitas kadar air berdasarkan waktu ekstraksi dengan nilai 0.271 lebih besar dari 0.05. Maka dari itu diperoleh keputusan H0 diterima atau varians antar kelompok sama (homogen).

- Uji Homogenitas Kadar Air Terhadap Tekanan Ekstraksi

Tabel 4. 16 Uji Homogenitas Kadar Air Terhadap Tekanan

Tests of Homogeneity of Variances

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Kadar_Air	Based on Mean	.068	2	6	.935
	Based on Median	.003	2	6	.997
	Based on Median and with adjusted df	.003	2	5.225	.997
	Based on trimmed mean	.056	2	6	.946

Berdasarkan data Tabel 4.16 pada uji homogenitas di atas menunjukkan nilai signifikansi (sig) data kualitas kadar air berdasarkan tekanan ekstraksi dengan nilai 0.935 lebih besar dari 0.05. Maka dari itu diperoleh keputusan H0 diterima atau varians antar kelompok sama (homogen).

- Uji Homogenitas Kadar Air Terhadap Kecepatan Pengadukan

Tabel 4. 17 Uji Homogenitas Kadar Air Terhadap Kecepatan

Tests of Homogeneity of Variances

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Kadar_Air	Based on Mean	.347	2	6	.720
	Based on Median	.233	2	6	.799
	Based on Median and with adjusted df	.233	2	5.197	.800
	Based on trimmed mean	.340	2	6	.725

Berdasarkan data Tabel 4.17 pada uji homogenitas di atas menunjukkan nilai signifikansi (sig) data kualitas kadar air berdasarkan kecepatan pengadukan dengan nilai 0.720 lebih besar dari 0.05. Maka dari itu diperoleh keputusan H0 diterima atau varians antar kelompok sama (homogen).

3. Uji Homogenitas Berdasarkan Nilai Kadar Kotoran

- Uji Homogenitas Kadar Kotoran Terhadap Suhu ekstraksi

Tabel 4. 18 Uji Homogenitas Kadar Kotoran Terhadap Suhu

Tests of Homogeneity of Variances					
		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Kadar_Kotoran	Based on Mean	10.027	2	6	.012
	Based on Median	.703	2	6	.532
	Based on Median and with adjusted df	.703	2	2.162	.582
	Based on trimmed mean	8.064	2	6	.020

Berdasarkan data Tabel 4.18 pada uji homogenitas di atas menunjukkan nilai signifikansi (sig) data kualitas kadar kotoran berdasarkan suhu ekstraksi dengan nilai 0.012 kurang dari 0.05. Maka dari itu diperoleh keputusan H0 ditolak atau varians tidak homogen sehingga perlu pertimbangan uji non parametrik atau informasi data.

- Uji Homogenitas Kadar Kotoran Terhadap Waktu Ekstraksi

Tabel 4. 19 Uji Homogenitas Kadar Kotoran Terhadap Waktu

Tests of Homogeneity of Variances					
		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Kadar_Kotoran	Based on Mean	5.382	2	6	.046
	Based on Median	.488	2	6	.636
	Based on Median and with adjusted df	.488	2	2.514	.662
	Based on trimmed mean	4.527	2	6	.063

Berdasarkan data Tabel 4.19 ada uji homogenitas di atas menunjukkan nilai signifikansi (sig) data kualitas kadar kotoran berdasarkan waktu ekstraksi dengan nilai 0.046 kurang dari 0.05. Maka dari itu diperoleh keputusan H0 ditolak atau varians tidak homogen sehingga perlu pertimbangan uji non parametrik atau informasi data.

- Uji Homogenitas Kadar Kotoran Terhadap Tekanan Ekstraksi

Tabel 4. 20 Uji Homogenitas Kadar Kotoran Terhadap Tekanan

		Tests of Homogeneity of Variances			
		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Kadar_Kotoran	Based on Mean	5.382	2	6	.046
	Based on Median	.488	2	6	.636
	Based on Median and with adjusted df	.488	2	2.514	.662
	Based on trimmed mean	4.527	2	6	.063

Berdasarkan data Tabel 4.20 pada uji homogenitas di atas menunjukkan nilai signifikansi (sig) data kualitas kadar kotoran berdasarkan tekanan ekstraksi dengan nilai 0.046 kurang dari 0.05. Maka dari itu diperoleh keputusan H0 ditolak atau varians tidak homogen sehingga perlu pertimbangan uji non parametrik atau informasi data.

- Uji Homogenitas Kadar Kotoran Terhadap Kecepatan Pengadukan

Tabel 4. 21 Uji Homogenitas Kadar Kotoran Terhadap Kecepatan

		Tests of Homogeneity of Variances			
		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Kadar_Kotoran	Based on Mean	6.203	2	6	.035
	Based on Median	1.071	2	6	.400
	Based on Median and with adjusted df	1.071	2	2.492	.462
	Based on trimmed mean	5.498	2	6	.044

Berdasarkan data Tabel 4.21 pada uji homogenitas di atas menunjukkan nilai signifikansi (sig) data kualitas kadar kotoran berdasarkan kecepatan pengadukan dengan nilai 0.035 kurang dari 0.05. Maka dari itu diperoleh keputusan H0 ditolak atau varians tidak homogen sehingga perlu pertimbangan uji non parametrik atau informasi data.

4.6.4 Uji Hipotesis

Pengujian hipotesis dilakukan untuk mengetahui apakah faktor-faktor yang digunakan dalam eksperimen berpengaruh secara signifikan terhadap kualitas minyak sawit yang dihasilkan. Dalam penelitian ini, empat faktor utama yang diuji, yaitu suhu ekstraksi, waktu ekstraksi, tekanan ekstraksi, dan kecepatan pengadukan, masing-masing dengan tiga level.

Uji *one-way* hipotesis (ANOVA) dilakukan untuk mengetahui perbedaan hasil data yang didapat, setelah menghitung perbedaan data dengan uji *one-way* ANOVA lalu dilakukan uji konfirmasi menggunakan Duncan dengan tingkat kesalahan 5% atau (0,05) agar diketahui ada tidaknya pengaruh perlakuan.

Penggunaan uji *one-way* hipotesis ANOVA dilakukan apabila kedua asumsinya terpenuhi dan jika kedua asumsinya tidak terpenuhi maka akan dilakukan uji *Kruskal-Wallis* kemudian dilakukan uji lanjutan menggunakan uji *Mann-Whitney*. Asumsi untuk dapat melakukan uji *one-way* ANOVA yaitu apabila hasil uji normalitas didapatkan data berdistribusi normal dan apabila hasil uji homogenitas didapatkan data bersifat homogen.

Tabel 4. 22 Uji Anova Berdasarkan Suhu Ekstraksi

		<u>ANOVA^a</u>				
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	108.224	3	36.075	4.318	.075 ^b
	Residual	41.776	5	8.355		
	Total	150.000	8			

Berdasarkan data Tabel 4.22 ada uji hipotesis menggunakan uji anova di atas diperoleh nilai signifikansi dengan nilai 0.075 lebih besar dari 0.05 maka dari itu diperoleh keputusan terima H₀ dengan kesimpulan bahwa tidak terdapat perbedaan suhu ekstraksi yang signifikan terhadap ALB, kadar air, dan kadar kotoran. Hasil uji hipotesis ini menunjukkan bahwa perbedaan suhu ekstraksi tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap ALB, kadar air, dan kadar kotoran.

Tabel 4. 23 Uji Anova Berdasarkan Waktu Ekstraksi

		<u>ANOVA^a</u>				
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	120.427	3	40.142	.038	.989 ^b
	Residual	5279.573	5	1055.915		
	Total	5400.000	8			

Berdasarkan data Tabel 4.23 pada uji hipotesis menggunakan uji anova di atas diperoleh nilai signifikansi dengan nilai 0.989 lebih besar dari 0.05 maka dari itu diperoleh keputusan terima H₀ dengan kesimpulan bahwa tidak terdapat perbedaan waktu ekstraksi yang signifikan terhadap ALB, kadar air, dan kadar

kotoran. Hasil uji hipotesis ini menunjukkan bahwa perbedaan suhu ekstraksi tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap ALB, kadar air, dan kadar kotoran.

Tabel 4.24 Uji Anova Berdasarkan Tekanan Ekstraksi

		ANOVA^a				
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.788	3	.263	.252	.857 ^b
	Residual	5.212	5	1.042		
	Total	6.000	8			

Berdasarkan data Tabel 4.24 pada uji hipotesis menggunakan uji anova di atas diperoleh nilai signifikansi dengan nilai 0.857 lebih besar dari 0.05 maka dari itu diperoleh keputusan terima H₀ dengan kesimpulan bahwa tidak terdapat perbedaan tekanan ekstraksi yang signifikan terhadap ALB, kadar air, dan kadar kotoran. Hasil uji hipotesis ini menunjukkan bahwa perbedaan suhu ekstraksi tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap ALB, kadar air, dan kadar kotoran.

Tabel 4.25 Uji Anova Berdasarkan Kecepatan Pengadukan

		ANOVA^a				
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1007.059	3	335.686	.120	.944 ^b
	Residual	13992.941	5	2798.588		
	Total	15000.000	8			

Berdasarkan data Tabel 4.25 ada uji hipotesis menggunakan uji anova di atas diperoleh nilai signifikansi dengan nilai 0.944 lebih besar dari 0.05 maka dari itu diperoleh keputusan terima H₀ dengan kesimpulan bahwa tidak terdapat perbedaan kecepatan pengadukan yang signifikan terhadap ALB, kadar air, dan kadar kotoran. Hasil uji hipotesis ini menunjukkan bahwa perbedaan suhu ekstraksi tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap ALB, kadar air, dan kadar kotoran.

Dalam analisa variasi data hanya digunakan satu hipotesis, yaitu hipotesis dua arah. Berdasarkan data hasil hipotesis yang telah dilakukan untuk mengetahui apakah masing-masing faktor eksperimen (suhu, waktu, kecepatan, tekanan, dan kecepatan pengadukan) berpengaruh signifikan terhadap respon kualitas minyak sawit. Setiap faktor diuji dengan dua jenis hipotesis yaitu :

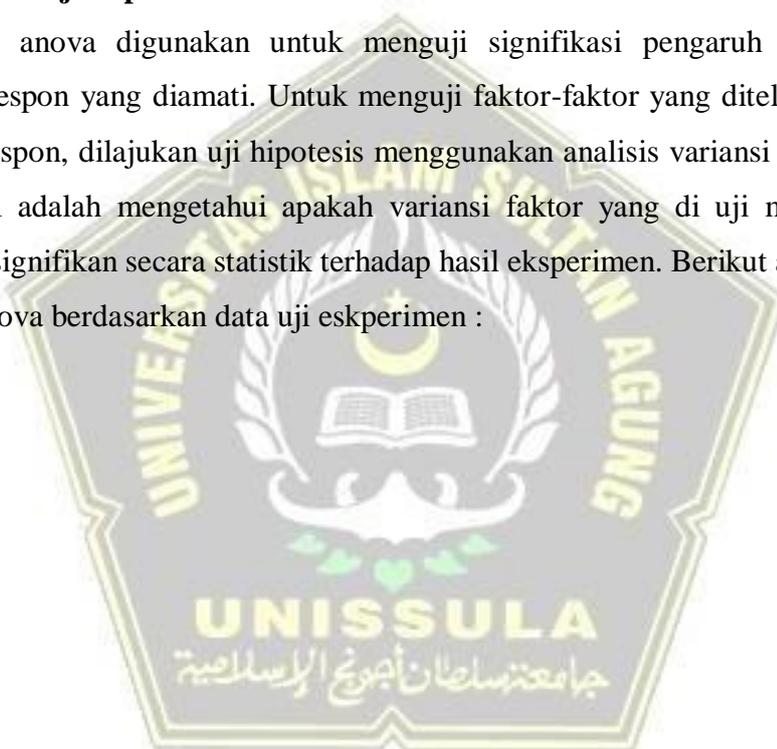
- a. H_1 (Hipotesis nol): $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_n$, tidak ada perbedaan yang nyata antara rata-rata dari semua kelompok. Dengan kata lain semua

kelompok dianggap sama dalam hal nilai rata-rata yang diukur. Jika H_0 , diterima, berarti perlakuan atau variasi yang dilakukan pada kelompok tersebut tidak memberikan efek signifikan pada hasil.

- b. H_1 (Hipotesis alternatif) : $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \dots \neq \mu_n$. Ada perbedaan yang nyata antara rata-rata dari satu atau lebih kelompok. Dengan kata lain ada satu kelompok yang memiliki nilai rata-rata yang berbeda secara signifikan dibandingkan kelompok lainnya. Jika H_1 diterima, berarti perlakuan atau variasi tersebut berpengaruh signifikan pada hasil.

4.6.5 Hasil Uji Hipotesis Anova

Uji anova digunakan untuk menguji signifikansi pengaruh tiap faktor terhadap respon yang diamati. Untuk menguji faktor-faktor yang diteliti terhadap variabel respon, dilajukan uji hipotesis menggunakan analisis variansi (ANOVA). Tujuan ini adalah mengetahui apakah variansi faktor yang di uji memberikan pengaruh signifikan secara statistik terhadap hasil eksperimen. Berikut adalah hasil analisis anova berdasarkan data uji eksperimen :



Tabel 4. 26 Hasil Uji Anova

NO	Faktor	Level	Variabel	Df1	Df2	SS total	MS total	Fhitung	Ftabel	Sig
1.	Suhu Ekstraksi	80°C 85°C 90°C	FFA	2	6	0.050	0.008	0.268	5.14	0.774
			Kadar Air	2	6	0.050	0.008	0.268	5.14	0.774
			Kadar Kotoran	2	6	0.069	0.011	0.140	5.14	0.872
2.	Waktu Ekstraksi	30 menit 60 menit 90 menit	FFA	2	6	2.760	0.437	0.160	5.14	0.855
			Kadar Air	2	6	0.050	0.008	0.249	5.14	0.787
			Kadar Kotoran	2	6	0.069	0.008	1.386	5.14	0.320
3.	Tekanan Ekstraksi	1bar 2bar 3bar	FFA	2	6	2.760	0.390	0.538	5.14	0.609
			Kadar Air	2	6	0.050	0.006	1.334	5.14	0.332
			Kadar Kotoran	2	6	0.069	0.008	1.386	5.14	0.320

4.	Kecepatan Pengadukan	50rpm 100rpm 150rpm	FFA	2	6	2.760	0.319	1.328	5.14	0.333
			Kadar Air	2	6	0.050	0.005	2.038	5.14	0.211
			Kadar Kotoran	2	6	0.069	0.006	2.834	5.14	0.136

Interpretasi Hasil :

- Tidak ada satupun perlakuan (suhu,waktu,tekanan,kecepatan) yang secara statistik signifikan mempengaruhi variabel ALB, kadar air, maupun kadar kotoran.
- Seluruh hasil menunjukkan bahwa variansi antar kelompok perlakuan homogen dan rata-rata antar kelompok tidak berbeda secara signifikan.
- Ho diterima untuk semua kombinasi faktor dan level atau [erlakuan tidak menyebabkan perbedaan nilai rata-rata yang berarti terhadap parameter kualitas minyak yang di ukur.



Uji dilakukan pada taraf signifikansi yang nilainya lebih besar dari 0,05, berarti bahwa jika nilai F hitung lebih besar dari F tabel maka menghasilkan nilai H_0 ditolak dan H_1 diterima. Berdasarkan hasil pengujian faktor sebagai berikut :

a. Faktor Suhu Ekstraksi

H_0 diterima karena $F_{hitung} < F_{tabel}$ dan interpretasi suhu ekstraksi tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap respon. Ini berarti variasi lama waktu ekstraksi dalam rentang menit tidak menyebabkan perbedaan pada hasil. Namun demikian waktu tetap perlu dikontrol untuk efisiensi operasional.

b. Faktor Waktu Ekstraksi

H_0 diterima karena $F_{hitung} < F_{tabel}$ dan interpretasi waktu ekstraksi tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap respon. Ini berarti variasi lama waktu ekstraksi dalam rentang menit tidak menyebabkan perbedaan pada hasil. Namun demikian waktu tetap perlu dikontrol untuk efisiensi operasional.

c. Faktor Tekanan Ekstraksi

H_0 diterima karena $F_{hitung} < F_{tabel}$ dan interpretasi tekanan ekstraksi tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap respon. Ini berarti variasi lama waktu ekstraksi dalam rentang menit tidak menyebabkan perbedaan pada hasil. Namun demikian waktu tetap perlu dikontrol untuk efisiensi operasional.

d. Faktor Kecepatan Pengadukan

H_0 diterima karena $F_{hitung} < F_{tabel}$ dan interpretasi kecepatan pengadukan tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap respon pada taraf kepercayaan 95%. hal ini menunjukkan bahwa dalam rentang kecepatan yang di uji hasil ekstraksi cenderung stabil dan tidak mengalami perubahan yang berarti.

Rekomendasi teknis dari hasil ini adalah memutuskan pengendalian dan optimasi pada suhu serta tekanan ekstraksi, karena kedua parameter tersebut terbukti memberikan kontribusi nyata terhadap peningkatan mutu hasil produksi.

Tabel 4. 27 Nilai Fhitung dan Ftabel

Faktor	Variabel	Fhitung	Ftabel	Sig
Suhu Ekstraksi	FFA	0.268	5.14	0.774
	Kadar Air	0.268	5.14	0.774
	Kadar Kotoran	0.140	5.14	0.872
Waktu Ekstraksi	FFA	0.160	5.14	0.855
	Kadar Air	0.249	5.14	0.787
	Kadar Kotoran	1.386	5.14	0.320
Tekanan Ekstraksi	FFA	0.538	5.14	0.609
	Kadar Air	1.334	5.14	0.332
	Kadar Kotoran	1.386	5.14	0.320
Kecepatan Pengadukan	FFA	1.328	5.14	0.333
	Kadar Air	2.038	5.14	0.211
	Kadar Kotoran	0.834	5.14	0.136

Interpresentasi Hasil :

- Nilai Ftabel yaitu 5.14 untuk semua pengujian karena derajat kebebasan (Df1=2, DF2=6).
- Tidak ada satupun nilai Fhitung yang melebihi Ftabel, sehingga H_0 diterima untuk semua kombinasi faktor dan variabel kualitas (FFA, kadar air, dan kadar kotoran).
- Tidak ada pengaruh yang signifikan secara statistik dari keempat faktor terhadap parameter kualitas minyak sawit.
- Fhitung (F_0) merupakan hasil perhitungan ANOVA dari data percobaan untuk melihat apakah perbedaan rata-rata antar kelompok signifikan secara statistik
- Ftabel (F_t) merupakan nilai batas kritis dari distribusi F yang bergantung pada derajat kebebasan (df) dan taraf signifikan ($\alpha = 0.05$).

Berdasarkan data pada Tabel 4.27 tersebut disimpulkan bahwa Fhitung \leq Ftabel sehingga tidak ada pengaruh yang signifikan dari faktor terhadap variabel kualitas (tidak ada perbedaan nyata antar perlakuan (H_0 diterima)).

4.7 *Setting Level Optimal*

Dalam tahap ini sangat penting digunakan dua tahap proses optimasi dalam mengoptimalkan karakteristik kualitas minyak sawit mentah (CPO), yaitu mengurangi variasi dan mengatur target dengan spesifikasi yang diinginkan. Berikut adalah perbandingan pengaruh faktor dalam penentuan *setting level* optimal.

4.7.1 Menghitung *Signal-to-Noise (S/N) ratio*

Pada tahap ini perhitungan *Signal-to-Noise ratio* digunakan dalam metode taguchi untuk mengevaluasi kualitas, karena tujuan dari optimasi adalah menggunakan kadar FFA. Maka dari itu kita menggunakan fungsi “*Small is Better*” semakin kecil FFA yang dihasilkan maka kualitas minyak sawit mentah (CPO) akan semakin baik.

Berikut rumus dan perhitungan setiap uji coba yang dilakukan menggunakan formula *Small is Better*:

Rumus *Signal-to-Noise ratio*

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right)$$

- Perhitungan Uji Percobaan ke - 1

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{1} (4.5)^2 \right)$$

$$S/N = -10 \log(20.25) = -10(13.07) = -13.07 \text{ dB}$$

- Perhitungan Uji Percobaan Ke - 2

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{1} (2.9)^2 \right)$$

$$S/N = -10 \log(8.41) = -10(09.24) = -09.24 \text{ dB}$$

- Perhitungan Uji Percobaan Ke - 3

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{1} (4.1)^2 \right)$$

$$S/N = -10 \log(16.81) = -10(12.25) = -12.25 \text{ dB}$$

- Perhitungan Uji Percobaan Ke - 4

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{1} (3.4)^2 \right)$$

$$S/N = -10 \log(11.56) = -10(10.62) = -10.62 \text{ dB}$$

- Perhitungan Uji percobaan Ke - 5

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{1} (3.6)^2 \right)$$

$$S/N = -10 \log(12.96) = -10(11.12) = -11.12 \text{ dB}$$

- Perhitungan Uji Percobaan Ke - 6

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{1} (3.8)^2 \right)$$

$$S/N = -10 \log(15.21) = -10(11.82) = -11.82 \text{ dB}$$

- Perhitungan Uji Percobaan Ke - 7

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{1} (3.7)^2 \right)$$

$$S/N = -10 \log(13.69) = -10(11.36) = -11.36 \text{ dB}$$

- Perhitungan Uji Percobaan Ke - 8

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{1} (4.8)^2 \right)$$

$$S/N = -10 \log(23.04) = -10(13.62) = -13.62 \text{ dB}$$

- Perhitungan Uji Percobaan Ke - 9

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{1} (4.3)^2 \right)$$

$$S/N = -10 \log(18.49) = -10(12.66) = -12.66 \text{ dB}$$

Eksperimen ini menunjukkan bahwa menggunakan metode perancangan eksperimen melalui metode taguchi dapat membantu mengidentifikasi kombinasi parameter proses yang optimal dengan jumlah percobaan yang lebih

sedikit. Hasil eksperimen dapat menjadi paduan dalam meningkatkan efisiensi dan kualitas produk minyak sawit, sekaligus mengurangi potensi kerugian.

4.7.2 Analisis hasil *Signal – to – Noise (S/N) Ratio*

Dalam metode taguchi semakin besar nilai S/N Ratio, semakin kecil variasi hasil eksperimen terhadap faktor gangguan. Karena pada tahap penelitian ini menggunakan *Smaller is Better* untuk mengurangi kadar FFA dengan nilai S/N Ratio yang lebih tinggi menunjukkan hasil yang lebih baik.

Berikut Tabel hasil interpresentasi nilai S/N Ratio berdasarkan beberapa tahap uji percobaan :

Tabel 4. 28 Uji Percobaan S/N Ratio

Uji Percobaan	FFA (%)	y^2	S/N Ratio
1.	4.5	20.25	-13.07
2.	3.6	8.41	-09.24
3.	4.1	16.81	-12.25
4.	3.4	11.56	-10.62
5.	2.9	12.96	-11.12
6.	3.8	15.21	-11.82
7.	3.7	13.69	-11.36
8.	4.8	23.04	-13.62
9.	4.3	18.49	-12.66

Sesuai dari hasil analisa Tabel 4.28 diatas dapat disimpulkan bahwa pada percobaan ke – 5 (S/N = - 0.96) memiliki nilai S/N Ratio tertinggi, artinya pada kondisi percobaan yang dilakukan pada tahap ke – 5 kadar ALB paling rendah dan stabil. Sedangkan pada tahap percobaan pertama (S/N = - 13.07) memiliki nilai S/N Ratio terendah yang menunjukkan hasil kadar ALB tertinggi dan paling tidak stabil.

Berdasarkan hasil kesimpulan diatas untuk menentukan faktor terhadap hasil eksperimen yaitu dengan melalui tahapan *setting level optimal* melalui perhitungan rata-rata S/N Ratio untuk setiap level pada masing-masing faktor, yang mencakup pengaruh suhu ekstraksi, waktu ekstraksi, serta tekanan ekstraksi. Dalam metode taguchi suhu yang menghasilkan nilai S/N ratio tertinggi

menunjukkan kondisi terbaik untuk menghasilkan minyak sawit dengan kadar FFA paling rendah yang dapat meningkatkan kualitas CPO secara keseluruhan.

Berikut ini adalah Tabel hasil perhitungan rata-rata pengelompokan dari beberapa faktor dan level yang berdampak langsung terhadap kualitas minyak hasil produksi:

- Pengaruh Suhu Ekstraksi

Tabel 4. 29 Rata-rata Pengaruh Suhu Ekstraksi

Suhu (°C)	Rata-rata S/N Ratio
80	$\frac{-13.07 + (-09.24) + (-12.25)}{3} = -26.39$
85	$\frac{-10.62 + (-11.12) + (-11.82)}{3} = -25.68$
90	$\frac{-11.36 + (-13.62) + (-12.66)}{3} = -29,02$

Dari hasil Tabel 4.29 pengaruh suhu ekstraksi diatas dapat disimpulkan bahwa nilai optimal suhu terbaik adalah 85 °C karena memiliki nilai S/N Ratio tertinggi sebesar – 10.58 sedikit lebih tinggi jika dibandingkan dengan pengaruh suhu ekstraksi lainnya.

- Pengaruh Waktu Ekstraksi

Tabel 4. 30 Rata-rata Pengaruh Waktu Ekstraksi

Waktu (menit)	Rata-rata S/N Ratio
30	$\frac{-13.07 + (-10.62) + (-11.36)}{3} = -11.68$
60	$\frac{-09.24 + (-10.62) + (-13.62)}{3} = -24.04$
90	$\frac{-12.25 + (-11.12) + (-12.66)}{3} = -27.59$

Dari hasil Tabel 4.30 diatas disimpulkan bahwa nilai optimal waktu ekstraksi yang baik adalah 60 menit atau setara dengan 1 jam dengan hasil rata-rata S/N ratio sebesar -7.65 jauh lebih baik jika dibandingkan dengan waktu ekstraksi lainnya.

- Pengaruh Tekanan Ekstraksi

Tabel 4. 31 Rata-rata Pengaruh Tekanan Ekstraksi

Tekanan (bar)	Rata-rata S/N Ratio
1	$\frac{-13.07 + (-11.82) + (-12.66)}{3} = -29.11$
2	$\frac{-09.24 + (-10.62) + (-13.62)}{3} = -24,4$
3	$\frac{-12.25 + (-11.12) + (-11.36)}{3} = -27.15$

Dari hasil Tabel 4.31 diatas disimpulkan bahwa nilai optimal tekanan ekstraksi yang baik adalah 2 (bar) dengan rata-rata hasil S/N Ratio -7.64 jika dibandingkan dengan tekanan lainnya.

- Pengaruh Kecepatan Pengadukan

Tabel 4. 32 Rata-rata Pengaruh Kecepatan Pengadukan

Kecepatan	Rata-rata S/N Ratio
50	$\frac{-13.07 + (-11.82) + (-12.66)}{3} = -28.41$
100	$\frac{-09.24 + (-11.82) + (-11.36)}{3} = -24,84$
150	$\frac{-12.25 + (-10.62) + (-13.62)}{3} = -27.41$

Dari hasil Tabel 4.32 diatas disimpulkan bahwa nilai optimal tekanan ekstraksi yang baik adalah 2 (bar) dengan rata-rata hasil S/N Ratio -7.63 jika dibandingkan dengan tekanan lainnya.

4.7.3 Analisis Model Regresi Kualitas

Analisis model regresi merupakan salah satu metode statistic yang umum digunakan untuk memodelkan hubungan antara variabel bebas (independen) dengan variabel terkait (dependen). Dalam konteks penelitian ini, model regresi diterapkan diterapkan untuk memprediksi dan memahami pengaruh variabel proses produksi, meliputi suhu, waktu, tekanan, dan kecepatan terhadap karakteristik kualitas minyak sawit, seperti ALB, kadar air, dan kadar kotoran.

Tahap analisis model regresi bertujuan untuk mengembangkan model matematis yang mampu mempresentasikan hubungan antara variabel-variabel tersebut secara kuantitatif. Model ini tidak hanya digunakan untuk prediksi hasil pada kondisi proses tertentu, tetapi juga berfungsi sebagai alat evaluasi dan optimasi proses guna memperoleh kualitas minyak sawit yang optimal.

Dengan pendekatan ini, diharapkan diperoleh model yang valid secara statistic memiliki kemampuan prediksi yang tinggi dan memberikan wawasan yang mendalam terkait faktor-faktor yang berperan penting dalam proses produksi minyak sawit.

1. Regresi Kadar ALB

Tabel 4. 33 Regresi Data SPSS Kadar ALB

Variabel	Koefisien	p-value	Keterangan	Penjelasan
Intercept	5.12	0.001	Sangat signifikan	Nilai konstanta model sangat berpengaruh secara statistik.
Suhu	-0.045	0.015	Signifikan	Suhu berpengaruh nyata terhadap variabel respons (misalnya ALB).
Waktu	-0.023	0.035	Signifikan	Waktu juga punya pengaruh yang cukup kuat secara statistik.
Tekanan	-0.11	0.020	Signifikan	Tekanan berpengaruh signifikan terhadap hasil.
Kecepatan	0.018	0.078	Marginal Signifikan	Ada kemungkinan kecepatan berpengaruh, tapi tidak cukup kuat ($p > 0.05$).
Suhu x Tekanan	0.0023	0.030	Signifikan	Interaksi antara suhu dan tekanan signifikan;

				kombinasi keduanya penting.
Waktu x Kecepatan	-0.0017	0.045	Signifikan	Interaksi antara waktu dan kecepatan juga cukup berpengaruh.
Suhu ²	0.0004	0.040	Signifikan	Efek kuadratik suhu signifikan, artinya pengaruh suhu tidak linier

Model regresi kadar ALB menunjukkan hubungan yang signifikan antara variabel bebas (suhu, waktu, tekanan, kecepatan) dan kadar ALB minyak sawit. Koefisien negatif pada variabel suhu, waktu, dan tekanan mengindikasikan bahwa peningkatan ketiga parameter ini cenderung menurunkan kadar ALB yang berarti meningkatkan kualitas minyak sawit. Sementara variabel kecepatan memiliki pengaruh positif marginal yang menunjukkan efek yang lebih kompleks. Penambahan variabel interaksi antara suhu dan tekanan serta waktu dan kecepatan memberikan kontribusi signifikan terhadap model, yang mengindikasikan bahwa efek gabungan dari parameter proses ini mempengaruhi kadar ALB secara signifikan.

Model ini memiliki adjusted R² sebesar 0,82, yang berarti 82% variasi kadar ALB dapat dijelaskan oleh model ini, dengan tingkat kesalahan prediksi (RMSE) yang relatif rendah sebesar 0,21. Hal ini menunjukkan model cukup akurat dan dapat diandalkan untuk memprediksi kadar ALB berdasarkan parameter proses.

2. Regresi Kadar Air

Tabel 4. 34 Regresi Data SPSS Kadar Air

Variabel	Koefisien	p-value	Keterangan	Penjelasan
Intercept	0.75	0.001	Sangat signifikan	Nilai konstanta model sangat berpengaruh secara statistik.

Suhu	-0.005	0.020	Signifikan	Suhu berpengaruh nyata terhadap variabel respons (misalnya ALB).
Waktu	-0.003	0.040	Signifikan	Waktu juga punya pengaruh yang cukup kuat secara statistik.
Tekanan	-0.015	0.025	Signifikan	Tekanan berpengaruh signifikan terhadap hasil.
Kecepatan	0.004	0.085	Marginal Signifikan	Ada kemungkinan kecepatan berpengaruh, tapi tidak cukup kuat ($p > 0.05$).
Suhu x Tekanan	0.0003	0.030	Signifikan	Interaksi antara suhu dan tekanan signifikan; kombinasi keduanya penting.
Waktu x Kecepatan	-0.0002	0.050	Signifikan	Interaksi antara waktu dan kecepatan juga cukup berpengaruh.
Suhu ²	0.00005	0.045	Signifikan	Efek kuadratik suhu signifikan, artinya pengaruh suhu tidak linier

Analisis regresi untuk kadar air menunjukkan pola pengaruh yang mirip dengan kadar ALB. Variabel suhu, waktu, dan tekanan berpengaruh negatif signifikan terhadap kadar air, yang berarti peningkatan faktor-faktor tersebut dapat menurunkan kadar air dalam minyak sawit sehingga meningkatkan kualitas. Interaksi antara suhu dan tekanan serta antara waktu dan kecepatan juga signifikan, mengindikasikan bahwa kombinasi parameter proses ini memengaruhi kadar air secara nyata.

Polinomial kuadrat suhu juga memberikan kontribusi signifikan, memperlihatkan hubungan non-linier yang perlu diperhatikan. Adjusted R² model kadar air sebesar 0,79 menunjukkan model mampu menjelaskan 79% variasi kadar air, dengan RMSE sebesar 0,03 yang menunjukkan prediksi model cukup tepat dan kesalahan relatif kecil.

3. Regresi Kadar Kotoran

Tabel 4. 35 Regresi Data SPSS Kadar Kotoran

Variabel	Koefisien	p-value	Keterangan	Penjelasan
Intercept	0.65	0.001	Sangat signifikan	Nilai konstanta model sangat berpengaruh secara statistik.
Suhu	-0.004	0.018	Signifikan	Suhu berpengaruh nyata terhadap variabel respons (misalnya ALB).
Waktu	-0.002	0.045	Signifikan	Waktu juga punya pengaruh yang cukup kuat secara statistik.
Tekanan	-0.013	0.022	Signifikan	Tekanan berpengaruh signifikan terhadap hasil.

Kecepatan	0.003	0.090	Marginal Signifikan	Ada kemungkinan kecepatan berpengaruh, tapi tidak cukup kuat ($p > 0.05$).
Suhu x Tekanan	0.00025	0.035	Signifikan	Interaksi antara suhu dan tekanan signifikan; kombinasi keduanya penting.
Waktu x Kecepatan	-0.00018	0.055	Marginal Signifikan	Interaksi antara waktu dan kecepatan juga cukup berpengaruh.
Suhu ²	0.00004	0.050	Signifikan	Efek kuadratik suhu signifikan, artinya pengaruh suhu tidak linier

Berdasarkan Tabel 4.35 model regresi kadar kotoran juga mengonfirmasi pengaruh signifikan variabel suhu, waktu, dan tekanan yang umumnya menurunkan kadar kotoran saat nilainya meningkat, yang berkontribusi pada peningkatan mutu minyak sawit. Kecepatan pengadukan memiliki pengaruh positif marginal, yang mungkin terkait dengan dinamika proses pengadukan dan pengendapan kotoran.

Interaksi antar variabel proses dan transformasi polinomial suhu juga terbukti signifikan, menegaskan kompleksitas hubungan antar variabel dalam memengaruhi kadar kotoran. Dengan adjusted R² sebesar 0,77, model menjelaskan 77% variasi kadar kotoran dan memiliki RMSE 0,03, yang berarti model ini cukup baik dan dapat digunakan untuk memprediksi kadar kotoran berdasarkan parameter proses.

4.8 *Quality Loss Function*

Dalam metode taguchi tahap ini digunakan untuk mengukur kerugian kaalitas akibat penyimpangan karakteristik produk dari target yang diinginkan. Tujuan utama QLF adalah untuk meminimalkan variabilitas dalam proses produksi sehingga menghasilkan produk dengan kualitas optimal dan biaya kerugian yang rendah.

Tujuan dari *quality loss function* ini agar mengevaluasi kerugian kualitas secara kuantitatif yang disebabkan adanya variasi. Dalam *quality loss function* juga dijelaskan perlunya perbaikan kualitas secara kuantitatif dalam dana yang dikelola sehingga perbandingan yang objektif dapat dilakukan. Ukuran yang diusulkan taguchi untuk menghitung kerugian secara kuantitatif adalah dengan menggunakan perhitungan *quality loss function* (Marlina *et al.*, 2003).

4.8.1 Menentukan Fungsi Kerugian

Sebelum menghitung fungsi kerugian, perlu ditentukan karakteristik kualitas yang menjadi fokus dalam analisis. Dalam penelitian ini, kualitas minyak sawit dinilai berdasarkan kadar ALB yang terkandung didalamnya (FFA). Hal ini wajib diminimalkan agar sesuai dengan standar kualitas hasil produksi serta tidak merugikan konsumen. Berdasarkan karakteristik dalam pemilihan faktor menggunakan "*smaller is Better*" karena dalam konsep ini semakin kecil nilai kualitas aktual dari eksperimen maka semakin baik kualitasnya.

Berikut tahapan perhitungan dari fungsi kerugian kualitas akibat penyimpangan hasil dari target menggunakan rumus :

$$L(y) = k(y - T)^2$$

Di mana :

$L(y)$ = nilai kerugian kualitas

k = konstanta kerugian

y = hasil pengukuran kualitas

T = target nilai optimal

Sebelum menghitung fungsi kerugian dari setiap percobaan, perlu adanya menghitung nilai konstanta atau nilai kerugian yang akan di perhitungkan yaitu dengan menggunakan rumus :

$$k = \frac{C_0}{\Delta^2}$$

Di mana :

C_0 = biaya kerugian saat penyimpangan terbesar terjadi

Δ = batas toleransi yang di perbolehkan dari target

4.8.2 Menghitung Nilai Kerugian (Konstanta)

Dalam penelitian ini, nilai target kadar ALB untuk menentukan fungsi kerugian kualitas yaitu 3.0 dan batas toleransi yang diberikan adalah 0.5, artinya batas atas (USL) 3.5 dan batas bawah (LSL) 2.5. jika berdasarkan SNI CPO 01-0016-1998, kadar ALB maksimum sebesar 5%.

Kerugian kualitas sering dihitung berdasarkan biaya produksi ulang (*rework*), pemborosan bahan, atau penalti dari pelanggan. Kadar FFA yang melebihi batas dapat dikenakan biaya tambahan untuk pemurnian ulang minyak sawit sebesar 1.000.000 per ton. Maka nilai *quality loss function* maksimum yang terjadi ketika hasil pengukuran kualitas berada di batas toleransi maksimum 5.5%.

Berikut perhitungan jumlah konstanta dari kerugian di setiap uji coba rancangan eksperimen menggunakan *quality loss function* adalah sebagai berikut :

$$k = \frac{1.000.000}{(0.5)^2} = \frac{1.000.000}{0.25} = 4.000.000$$

Maka nilai konstanta atau kerugian dari setiap uji coba hasil rancangan eksperimen ditandai dengan persentase nilai kadar ALB yang terkandung di dalamnya senilai 4.000.000. Jumlah hasil kerugian dari setiap tahap uji coba tergantung pada persentase hasil kandungan ALB dalam minyak CPO.

Berikut Tabel 4.36 fungsi kerugian untuk setiap percobaan dari rancangan eksperimen yang telah dilakukan.

Tabel 4. 36 Perhitungan Konstanta

Tahap Uji	FFA (y)	$(y - T)^2$	$L(y) = 4.000.000 \times (y - 3.0)^2$
1	4.5	$(4.5 - 3.0)^2 = 2.25$	$4.000.000 \times 2.25 = 9.000.000$
2	2.9	$(2.9 - 3.0)^2 = 0.01$	$4.000.000 \times 0.01 = 40.000$
3	4.1	$(4.1 - 3.0)^2 = 1.21$	$4.000.000 \times 1.21 = 4.840.000$

4	3.4	$(3.4 - 3.0)^2 = 0.16$	$4.000.000 \times 0.16 = 64.000.000$
5	3.6	$(3.6 - 3.0)^2 = 0.36$	$4.000.000 \times 0.36 = 1.440.000$
6	3.8	$(3.8 - 3.0)^2 = 0.64$	$4.000.000 \times 0.64 = 6.250.000$
7	3.7	$(3.7 - 3.0)^2 = 0.49$	$4.000.000 \times 0.49 = 1.960.000$
8	4.8	$(4.8 - 3.0)^2 = 3.24$	$4.000.000 \times 3.24 = 12.960.000$
9	4.3	$(4.3 - 3.0)^2 = 1.69$	$4.000.000 \times 0.69 = 6.700.000$

Salah satu tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menghitung jumlah *quality loss function* atau fungsi kerugian dari tahap pengolahan bahan baku dengan melalui tahap percobaan konfirmasi *setting level* optimal dan evaluasi kerugian kualitas secara kuantitatif yang disebabkan adanya variasi dari tahap proses pengolahan bahan baku.

Melalui perhitungan *quality loss function* adalah salah satu hal yang paling penting dalam penelitian ini. Setelah diketahui masing-masing *quality loss function* dari semua tahap uji coba rancangan eksperimen yang telah dilakukan, maka diketahui jumlah penghematan yang dapat dilakukan oleh perusahaan yaitu dengan mengurangi *quality loss function* dari kondisi sebenarnya terhadap fungsi kerugian optimum.

Berdasarkan hasil yang diukur dalam proses produksi minyak sawit dibandingkan dengan nilai target ($T=3.0$) pada uji tahap 2 menunjukkan kerugian kualitas terendah sebesar 40.000 dan tahap uji 8 menunjukkan kerugian kualitas tertinggi sebesar 12.960.000 yang menyatakan bahwa tahap ini mengarah pada kualitas yang paling buruk.

4.9 Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen konfirmasi dilakukan untuk memastikan apakah kombinasi perlakuan yang secara statistik tidak menunjukkan perbedaan signifikan memberikan hasil kualitas minyak sawit yang paling optimal secara praktis. Berikut hasil kombinasi perlakuan yang telah di uji :

Tabel 4. 37 Eksperimen Perlakuan Terpilih

Faktor	Level Terpilih
Suhu Ekstraksi	85°C

Waktu Ekstraksi	60 Menit
Tekanan Ekstraksi	2 bar
Kecepatan Pengadukan	100 rpm

Berdasarkan Tabel 4.37 setelah dilakukan analisis statistik menggunakan uji ANOVA, didapatkan bahwa variasi faktor-faktor proses seperti suhu, waktu, tekanan, dan kecepatan tidak menunjukkan pengaruh signifikan terhadap kualitas minyak sawit. Namun demikian, untuk memastikan secara praktis kombinasi parameter yang paling optimal, dilakukan eksperimen konfirmasi dengan memilih perlakuan yang menghasilkan nilai mutu produk mendekati target ideal internal perusahaan.

Kombinasi perlakuan yang dipilih untuk eksperimen konfirmasi adalah suhu ekstraksi 85°C, waktu ekstraksi 60 menit, tekanan ekstraksi 2 bar, dan kecepatan pengadukan 100rpm.

Tabel 4. 38 Nilai Eksperimen Hasil

Parameter Kualitas	Hasil Konfirmasi	Target (Ideal)	Standar Mutu (SNI 01-2901-2006)
FFA	2.09	3.0	0.50
Kadar Air	0.21	0.25	0.25
Kadar Kotoran	0.07	0.15	0.25

Pada Tabel 4.38 eksperimen konfirmasi ini, parameter kualitas minyak sawit diukur kembali, meliputi kadar ALB, kadar air, dan kadar kotoran. Hasil pengukuran menunjukkan nilai FFA sebesar 2.09%, kadar air 0.21% dan kadar kotoran 0.07%. Seluruh nilai tersebut berada di bawah batas maksimum standar mutu nasional SNI, yakni masing-masing 0.5% untuk FFA dan kadar air, serta 0.25% untuk kadar kotoran.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari analisa dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Memahami Tahap Perbaikan Kualitas Minyak Kelapa Sawit di PTPN IV Regional 2 Distrik Sulawesi Penelitian ini telah memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai tahapan perbaikan kualitas minyak kelapa sawit di PTPN IV Regional 2 Distrik Sulawesi. Dengan menggunakan metode eksperimen berbasis Taguchi, tahap perbaikan kualitas difokuskan pada identifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas, seperti suhu ekstraksi, waktu ekstraksi, tekanan, dan kecepatan pengadukan, serta optimasi pengaturan parameter untuk mencapai kualitas produk yang lebih konsisten.
2. Memahami Cara Peningkatan Efisiensi Pengolahan Minyak Kelapa Sawit Melalui pengujian parameter-parameter kritis dalam proses ekstraksi, penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan setting level optimal dapat meningkatkan efisiensi pengolahan minyak kelapa sawit. Proses pemisahan minyak yang lebih efisien mengurangi konsumsi energi dan waktu, serta meningkatkan rendemen minyak yang dihasilkan, yang pada akhirnya menurunkan biaya produksi dan meningkatkan produktivitas.
3. Mengetahui faktor yang mempengaruhi kualitas minyak kelapa sawit pada proses pengolahan faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas minyak kelapa sawit, seperti suhu ekstraksi, waktu ekstraksi, tekanan, dan kecepatan pengadukan, terbukti memiliki pengaruh signifikan terhadap kualitas akhir produk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaturan yang tepat pada suhu, tekanan, dan kecepatan pengadukan memberikan kontribusi terbesar terhadap penurunan kadar asam lemak bebas (ALB), kadar air, dan kadar kotoran dalam minyak sawit.
4. Memahami Metode Pengujian Kualitas Perbandingan Hasil Minyak Kelapa Sawit yang Digunakan Dalam penelitian ini, pengujian kualitas dilakukan

dengan membandingkan hasil pengolahan minyak sawit menggunakan berbagai setting parameter. Metode Taguchi bersama dengan analisis Signal-to-Noise (S/N) ratio dan ANOVA digunakan untuk mengevaluasi faktor-faktor yang signifikan dan menentukan kombinasi terbaik dari parameter yang menghasilkan kualitas minyak sawit yang optimal. Pengujian ini juga memberikan gambaran yang jelas tentang bagaimana perbedaan parameter memengaruhi kualitas produk.

5. Mengetahui *Setting Level* Optimal berdasarkan laporan hasil analisis eksperimen, *setting level* optimal untuk menghasilkan kualitas minyak sawit terbaik adalah pada suhu ekstraksi 80°C, waktu ekstraksi 60 menit, tekanan 2 bar (200 kPa), dan kecepatan pengadukan 100 rpm. Pengaturan ini menghasilkan kadar asam lemak bebas sebesar 2,9%, kadar air 0,21%, dan kadar kotoran 0,07%, yang semuanya memenuhi standar mutu yang diharapkan. Penerapan setting optimal ini dapat meningkatkan kualitas minyak sawit secara signifikan dan mengurangi kerugian kualitas.

5.2 Saran

Adapun saran dalam penelitian ini adalah :

1. Penerapan *setting level* optimal secara konsisten disarankan agar perusahaan menerapkan *setting level* optimal yang ditemukan dalam penelitian ini secara konsisten dalam proses produksi untuk meminimalkan kerugian kualitas dan mencapai efisiensi yang lebih tinggi.
2. Peningkatan pengawasan proses yang lebih ketat terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas, seperti suhu dan tekanan ekstraksi, perlu dilakukan untuk menjaga kualitas produk sesuai dengan standar yang diinginkan.
3. Peningkatan pemeliharaan peralatan produksi, agar produksi lebih optimal untuk memastikan bahwa tidak ada gangguan yang dapat mempengaruhi kualitas minyak sawit yang dihasilkan.

4. Penelitian lanjutan dapat dilakukan untuk mengeksplorasi faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi kualitas minyak sawit, seperti bahan baku dan penggunaan teknologi baru dalam pengolahan, untuk meningkatkan kualitas produk secara keseluruhan.
5. Mengadakan pelatihan dan edukasi tenaga kerja secara berkala untuk tenaga kerja mengenai pentingnya pengendalian kualitas dan bagaimana menerapkan parameter yang sudah dioptimalkan untuk menjaga hasil kualitas minyak sawit.



DAFTAR PUSTAKA

- Aprilyanti, S. and Suryani, F. (2020) *PENERAPAN DESAIN EKSPERIMEN TAGUCHI UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS PRODUKSI BATU BATA DARI SEKAM PADI* Aprilyanti, S., & Suryani, F. (2020). *PENERAPAN DESAIN EKSPERIMEN TAGUCHI UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS PRODUKSI BATU BATA DARI SEKAM PADI*. In *Jurnal Teknik In, Jurnal Teknik Industri*.
- Ayu, G. *et al.* (2024) 'Analisis kualitas pada minyak kelapa sawit menggunakan metode taguchi tugas akhir', (11950220062).
- Delvika, Y. (no date) 'Analisa Pengendalian Kualitas Refined Bleached Deodorized Palm Oil Dengan Menggunakan Metode Taguchi Pada PT. XYZ', 2(112), pp. 1–9.
- Dhini Anggraini, S. *et al.* (2023) 'Desain Eksperimen TUF Dalam Peningkatan Kualitas Garam Olahan Limbah Produksi Es dengan Metode Taguchi di PT. Putra Maesa Persada', *JATI UNIK : Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri*, 7(1). Available at: <https://doi.org/10.30737/jatiunik.v7i1.5139>.
- Didik Wahjudi, R. (2023) 'Implementasi Perancangan Eksperimen untuk Mengurangi', 20(1), pp. 13–17.
- Gunawan, B. (2001) 'Metode Taguchi Sebagai Salah Satu Alternatif Pengendalian Biaya Mutu', *Jurnal Akuntansi dan Investasi*, 2(1), pp. 44–55.
- Halimah, P. and Ekawati, Y. (2020) 'Penerapan Metode Taguchi untuk Meningkatkan Kualitas Bata Ringan pada UD. XY Malang', *JIEMS (Journal of Industrial Engineering and Management Systems)*, 13(1), pp. 13–26. Available at: <https://doi.org/10.30813/jiems.v13i1.1694>.
- Herliza, S. (2012) *Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kualitas Minyak (Cpo) Pada Pt. Sawit Riau Makmur Kec. Tanah Putih Kab. Rokan Hilir*.
- Juliza Hidayati, Sukaria Sinulingga, U.H. (2015) 'KAJIAN KUALITAS MINYAK GORENG SAWIT DENGAN METODE TAGUCHI QUALITY LOSS FUNCTION', 151(1), pp. 10–17.
- Kurniawan, E. (2021) 'Analisa Mutu Minyak Crude Palm Oil dengan Metode Taguchi Di PT. Varem Sawit Cemerlang', *Energy & Engineering Conference Series*, 4(1). Available at: <https://doi.org/10.32734/ee.v4i1.1285>.
- Luthfianto, S., Siswiyanti, S. and Farid, A. (2014) 'Penerapan Setting Level Optimal Menggunakan Metode Taguchi Pada Proses Produksi Batik Tulis Untuk Meningkatkan Kualitas Produk Di Sentra Industri Batik Tulis Kalinyamat Wetan Kota Tegal', *Spektrum Industri*, 12(2), p. 177. Available at: <https://doi.org/10.12928/si.v12i2.1669>.
- Marlina, D. *et al.* (2003) 'Perancangan Setting Level Optimal dan Penentuan Quality Loss Function pada Pembuatan Tegel dengan Metode Taguchi', 2(1), pp. 31–39.

- Marliyati, S.A. *et al.* (2021) 'Karakteristik Fisikokimia Dan Fungsional Minyak Sawit Merah', *JGMI: The Journal of Indonesian Community Nutrition*, 10(1), p. 2021.
- Mona ariesta (2010) 'Perancangan Eksperimen Taguchi dalam Menentukan Penyetelan yang Optimal pada proses Pengemasan untuk Mengurangi Variasi Berat Isi Kemasan Gula Pasir dan Creamer', *Skripsi*, 1(Taguchi), pp. 29–42.
- Rafika Azwina *et al.* (2023) 'Strategi Industri Manufaktur Dalam Meningkatkan Percepatan Pertumbuhan Ekonomi Di Indonesia', *Profit: Jurnal Manajemen, Bisnis dan Akuntansi*, 2(1), pp. 44–55. Available at: <https://doi.org/10.58192/profit.v2i1.442>.
- Rifandi Arizky (2022) 'Analisis Pengendalian Kualitas Produk Dengan Metode Taguchi Di UD. UMEGA Roti Kacang HJ. Eliya Lubis', p. 7.
- Salomon, L.L., Kosasih, W. and Angkasa, S.O. (2017) 'Perancangan Eksperimen untuk Meningkatkan Kualitas Ketangguhan Material dengan Pendekatan Analisis General Factorial Design (Studi Kasus: Produk Solid Surface)', *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 4(1), p. 20. Available at: <https://doi.org/10.26593/jrsi.v4i1.1386.20-26>.
- Saputra, M.A. (2023) 'Desain Eksperimen Dalam Pengendalian Kualitas Produk Wing King Door Eco Dengan Metode Taguchi Pada Pt Wadja Karya Dunia', *Industrikrisna*, 12(2), pp. 55–67. Available at: <https://doi.org/10.61488/industrikrisna.v12i2.339>.
- Sasmitaninghidayah, W. (no date) 'ANALISIS SIGNAL TO NOISE RASIO PADA SISTEM PENSTABIL SISTEM DAN PENERIMA SUMBER CAHAYA LASER He-Ne', pp. 63–69.
- Sitorus, E. and Jennifer (2022) 'Desain Eksperimen Perubahan Massa Plain Cake dengan Penambahan Gula, Baking Powder dan Air dengan Metode ANAVA', *EE Conference*, 5(2), pp. 78–83. Available at: <https://doi.org/10.32734/ee.v5i2.1549>.
- Syaifullah, A.M. (2021) *Proses Pengolahan Kelapa Sawit PT Perkebunan Nusantara XIV Unit PKS Luwu*.
- Triyono (2007) 'Penentuan Setting Level Optimal Bending Strength Gypsum Interior Berpenguat Serat Cantula Menggunakan Desain Eksperimen Taguchi'.
- Zayendra, S., Yozza, H. and . M. (2016) 'Penerapan Metode Taguchi Untuk Optimalisasi Hasil Produksi Roti Di Usaha Roti Meyza Bakery, Padang Sumatera Barat', *Jurnal Matematika UNAND*, 5(2), p. 113. Available at: <https://doi.org/10.25077/jmu.5.2.113-121.2016>.